



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة كربلاء
كلية التربية للعلوم الإنسانية
قسم الجغرافية التطبيقية

تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الإنتاجية لاستهلاك المياه الجوفية في
الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة باستخدام تقنيات
الاستشعار عن بُعد

أطروحة دكتوراه تقدّمت بها الطالبة

(فاطمة عبد الهادي صالح الأسدي)

إلى مجلس كلية التربية للعلوم الإنسانية - جامعة كربلاء

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الدكتوراه في جغرافية التنمية

بإشراف

أ.د مرتضى جليل إبراهيم المعموري

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ
فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَىٰ ذَهَابٍ بِهِ
لَقَادِرُونَ)

صدق الله العلي العظيم

(المؤمنون: 18)

الإهداء

إلى من كان أخي وسندي

إلى فقيدي الذي رحل مبكراً

إلى روحه الطاهرة التي غادرت دنيانا لكنها لم تغادر قلوبنا

(صالح عبد الهادي صالح)

الذي كان لي حقاً رفيقاً في البحث الميداني

أهدي له هذا العمل المتواضع

واسأل الله أن يرحمه ويغفر له ويجزيه عنا خير الجزاء

شكر وتقدير

بسم الله والحمد والشكر لله والصلاة والسلام على حبيبنا وحبيب رب العالمين أبي القاسم محمد خاتم الأنبياء والمرسلين وعلى آل بيته الطيبين الطاهرين إلى يوم الدين.

بحمد الله وبعد إنجاز هذا العمل لا يسعني إلا أن اتقدم بجزيل الشكر والامتنان إلى من مدوا يد العون والمساعدة في إنجاز هذا العمل فجزاهم الله خير الجزاء.

أخص بالشكر أولاً الأستاذ الدكتور (مرتضى جليل إبراهيم المعموري) على ما أبداه من رعاية واهتمام لنا خلال مراحل الدراسة وما قدمه لي من توجيه في مرحلة الكتابة، كما أقدم شكري إلى الأستاذ في الموارد المائية (عبد الكريم حسن سلومي) على ما قدمه لي من مساعدة في جمع المصادر والبيانات وعلى ما قدمه من توجيه ونصائح تخص الدراسة، وأخص بالشكر الأستاذ (كرار العنزي) مدير قسم الأملاك في محافظة كربلاء المقدسة لتقديم العون والمساعدة في الحصول على بيانات الدراسة.

كما أقدم شكري وامتناني إلى كادر هيئة الطاقة الذرية العراقية وبالخصوص مدير الهيئة (أ.د. عبد الصاحب الزيايدي) والدكتورة (سهيلة صيهود) على مساعدتهم لي في إجراء تحاليل المياه والتربة ولما بذلوه من جهد ومساعدة لي. كما أقدم شكري إلى أساتذتي في قسم الجغرافية وفي مقدمتهم رئيس القسم (د. هاني جابر المسعودي) لما بذلوه على المساعدة والتي أن دلت على شيء فإنها تدل على نبل وإخلاص في العمل وتقاني في مساعدة الباحثين.

ولا يفوتني أن اتقدم بالشكر إلى وجهاء قضاء عين التمر وقرية السيد أحمد بن هاشم على ما أبدوه من مساعدة وحسن الضيافة.

وإذا نسيت أحداً فلا يمكن أن أنسى عائلتي أُمِّي وأخوتي وأخواتي جميعاً على ما قدموه من دعم ومساندة على مدار ثلاث سنوات من الدراسة فجزاهم الله خير جزاء المحسنين ولهم كل الحب والتقدير.

والله ولي التوفيق

الباحثة

إقرار المشرف

أشهد أنّ إعداد هذه الأطروحة الموسومة بـ {تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الإنتاجية لاستهلاك المياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد}، والمقدمة من قبل الطالبة {فاطمة عبد الهادي صالح خليوي الاسدي}، قد تمّت تحت إشرافي بكلية التربية للعلوم الانسانية - جامعة كربلاء ، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الدكتوراه في الجغرافية البشرية.

التوقيع

أ. د. مرتضى جليل إبراهيم المعموري

المشرف على الأطروحة

2025 / /

بناءً على التوصيات أُرشح الأطروحة للمناقشة

التوقيع

أ. د. هاني جابر المسعودي

رئيس قسم الجغرافية التطبيقية

2025 / /

اقرار المقوم اللغوي

اشهد بأني قومت الأطروحة للطالبة {فاطمة عبد الهادي صالح خليوي
الاسدي} الموسومة بـ { تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الإنتاجية
لاستهلاك المياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة
باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد } ، لغوياً وأصبحت صالحة للمناقشة.

التوقيع

الاسم :

الدرجة العلمية :

مكان العمل :

التاريخ : / / 2025

اقرار المقوم العلمي

أشهد بأنّي قد اطلعت على الأطروحة للطالبة {فاطمة عبد الهادي صالح خليوي الاسدي} الموسومة بـ { تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الإنتاجية لاستهلاك المياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد }، وقومتها علمياً وأصبحت صالحة للمناقشة.

التوقيع

الاسم :

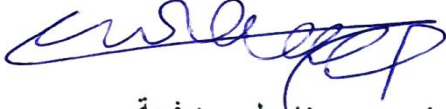
الدرجة العلمية :

مكان العمل :


التاريخ : / / 2025

إقرار لجنة المناقشة


نشهد أننا رئيس وأعضاء لجنة المناقشة، قد اطلعنا على الاطروحة الموسومة بـ 'تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الانتاجية لاستهلاك المياه الجوفية في الصحراء الغربية في محافظة كربلاء المقدسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد' وقد ناقشنا لطالبة (فاطمة عبد الهادي صالح) في محتوياتها وفي ماله علاقة بها، وقد وجدناها جديرة بالقبول لنيل شهادة الدكتوراه في الجغرافية التطبيقية وبتقدير { .. }




التوقيع :
الاسم: أ.د. حسين فاضل عبد فجة
عضواً
التاريخ : / / 2025م



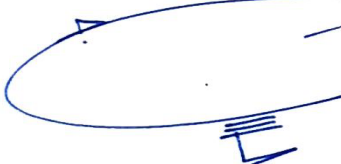
التوقيع :
الاسم: أ.د. سلام سالم عبد الهادي
رئيساً
التاريخ : / / 2025م



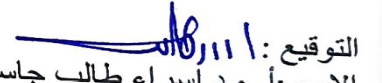
التوقيع :
الاسم : أ.م. د. ضياء بهيج رؤوف
عضواً
التاريخ : / / 2025م



التوقيع :
الاسم : أ.م. د. سندس محمد علوان
عضواً
التاريخ : / / 2025م

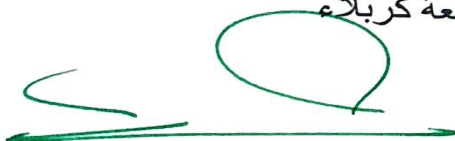


التوقيع :
الاسم : أ.د. مرتضى جليل ابراهيم
عضواً مشرفاً
التاريخ : / / 2025م



التوقيع :
الاسم : أ.م. د. اسراء طالب جاسم
عضواً
التاريخ 30/9/2025م

صُدقت من مجلس كلية التربية للعلوم الانسانية / جامعة كربلاء



التوقيع :
الاسم : أ. د. هادي شندوخ حميد السعيدي
عميد كلية التربية للعلوم الانسانية
التاريخ : / / 2025م

اجريت دراسة بعنوان (تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الانتاجية لاستهلاك للمياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد) لمنطقة الدراسة التي تقع بين خطي طول $7E - 41'6''43$ - $7E - 54'53''43$ ودائرتي عرض $9N - 1'9''32$ - $54'48''32N$ تركزت الدراسة حول معرفة المياه الجوفية، تحديداً خزان الدمام؛ كونه المصدر الوحيد للمياه في المنطقة وتعتمد عليه جميع الأنشطة البشرية بمختلف الاستخدامات والاستثمارات. هدفت الدراسة إلى تقدير كمية المياه المسحوبة من خزان الدمام، لمعرفة كمية الاستهلاك المائي لمختلف القطاعات، وتقدير البصمة المائية بأنواعها (الخضراء، الزرقاء، الرمادية)، لكل استخدام. هذا من جانب ومن جانب آخر تقدير كفاءة الوحدة المائية مقارنة بكمية ونوعية الإنتاج، وتقدير قيمتها الاقتصادية. أخذت نماذج ماء وتربة من منطقة الدراسة لإجراء تحليلات بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية وتم إجراء التحليل الاحصائي لها بعد ورود نتائج التحليل المختبري للعينات باتباع طرق إحصائية في برنامج Jenstat، إذ احتوت منطقة الدراسة على 1728 بئراً، تم اختيار 50 بئراً لمختلف الاستخدامات (الزراعية، الصناعية، الحضرية)، موزعة على جميع أجزاء منطقة الدراسة؛ لتحقيق هدف الدراسة. تم اعتماد الطرق الاحصائية لتحليل البيانات باستخدام برنامج Jenstat وبرنامج CROPWAT. توصلت الدراسة إلى انخفاض كفاءة الوحدة المائية لجميع الاستخدامات مع ارتفاع بصمتها المائية، يقابلها أيضاً انخفاض في القيمة الاقتصادية للمياه. كما أكدت الدراسة على أن المنطقة تواجه ندرة مائية ما يؤثر بشكل كبير على الاستثمارات القائمة وعمليات التنمية المختلفة، بالإضافة إلى التأثير الكبير على النظم البيئية وسكان المنطقة. إذ يتعرض خزان الدمام إلى عمليات استنزاف واسعة في جميع أجزائه، وأشارت تحليلات المياه المتمثلة لأبار منطقة الدراسة أن تركيز $14C$ المعتمد في تقدير أعمار المياه القديمة منخفض جداً في جميع الابار ومستمر في الانخفاض. كما ان $3H$ و He المستخدمين في تقدير أعمار المياه الحديثة والأقل حداثة مرتفع ويأخذ بالاتجاه السالب (الانحدار) أيضاً وبذلك فإن غالبية المياه المخزنة في طبقة الدمام تتراوح اعمارها ما بين 1 - 60 سنة. وقدرة كفاءة الوحدة المائية للبصمة المائية الزرقاء لبحيرات الاسماك (777600) لتر/يوم/ دونم، أما كفاءة البصمة المائية الزرقاء للصناعات الإنشائية فبلغت (259200) لتر/ 8 ساعة/ يوم، في حين بلغت كفاءة محطات التحلية (10000) لتر/ يوم، كما ان إجمالي البصمة المائية للأبار المستخدمة في ري هكتار من الحنطة والشعير يقدر بـ(10692000) لتر/ الموسم ما يقابله 4800 كغم/ هكتار من الحنطة أو الشعير.

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	اسم الموضوع	ت
أ	الآية	1.
ب	الإهداء	2.
ج	الشكر والتقدير	3.
ح	المستخلص	4.
ط - ل	قائمة المحتويات	5.
م - ع	فهرست الجداول	6.
ف - ص	فهرست الخرائط	7.
ق - ر	فهرست المخططات	8.
ش	فهرست الملاحق	9.
1	المقدمة	10.
35-1	الفصل الأول: الاطار النظري	11.
1	أولاً: مشكلة الدراسة	12.
2	ثانياً: فرضية الدراسة	13.
3	ثالثاً: هدف الدراسة	14.
3	رابعاً: الحافز	15.
3	خامساً: الأهمية	16.
5-3	سادساً: حدود منطقة الدراسة	17.
6	سابعاً: مناهج الدراسة وأساليبها	18.
7	ثامناً: مراحل الدراسة	19.
8	تاسعاً: عينات الدراسة	20.
10-9	عاشراً: هيكلية الدراسة	21.
10	حادي عشر: صعوبات الدراسة	22.
29-11	ثاني عشر: الدراسات السابقة	23.
35-30	ثالث عشر: مفاهيم الدراسة	24.
79-36	الفصل الثاني: الوضع المائي في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	25.
48-36	المبحث الأول: الوضع المائي لحوض نهر الفرات والمياه الجوفية	26.
36	أولاً: الوضع المائي لحوض نهر الفرات	27.
42	ثانياً: المياه الجوفية	28.

44	29.	ثالثاً: أشكال تواجد المياه الجوفية
46	30.	رابعاً: خزانات المياه الجوفية
79-49	31.	المبحث الثاني: الظروف الطبيعية المؤثرة على المياه الجوفية في الصحراء الغربية
49	32.	أولاً: الظروف الجيولوجية
51	33.	1- تكوينات الزمن الثاني الميزوزوي
51	34.	2- تكوينات الزمن الثالث الكانيزوي
56	35.	3- تكوينات الزمن الرابع البلايستوسين والهولوسين
57	36.	ثانياً: مظاهر السطح
58	37.	1- الهضبة الصحراوية
58	38.	2- منطقة الوديان
58	39.	3- مظاهر السطح الأخرى
63	40.	ثالثاً: التربة
69	41.	رابعاً: الظروف المناخية
70	42.	1- الإشعاع الشمسي
72	43.	2- درجات الحرارة
73	44.	3- التبخر
75	45.	4- الرياح
76	46.	5- الأمطار
137-80	47.	الفصل الثالث: تأثير الموارد الطبيعية المياه والتربة في الأنشطة البشرية
106-80	48.	المبحث الأول: مؤشرات المياه الجوفية على صور الاستشعار عن بُعد
80	49.	أولاً: الكشف عن المياه الجوفية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد
83	50.	ثانياً: المؤشرات المباشرة وغير المباشرة للاستدلال على وجود المياه الجوفية
83	51.	1- مؤشر البلب الطوبوغرافي
88	52.	2- مؤشر التراكيب الخطية (الخطيات)
92	53.	3- مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)
102	54.	4- مناطق التغذية
104	55.	5- نقاط التصريف
117-107	56.	المبحث الثاني: تقييم جودة المياه الجوفية في الصحراء الغربية وتحديد مدى صلاحيتها للأنشطة البشرية المختلفة

107	أولاً: محددات جودة المياه للشرب.	57.
109	ثانياً: محددات جودة المياه الجوفية في الزراعة.	58.
116	ثالثاً: محددات جودة المياه في العمليات الصناعية.	59.
137-118	المبحث الثالث: تأثير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه والتربة على عمليات الإنتاج الزراعي في الصحراء الغربية	60.
119	أولاً: التحليل الاحصائي لخصائص المياه.	61.
126	ثانياً: التحليل الاحصائي لخصائص التربة.	62.
196-138	الفصل الرابع: تقدير بصمة وكفاءة المياه الجوفية للأنشطة البشرية في الصحراء الغربية	63.
186-138	المبحث الأول: البصمة المائية وأنواعها للنشاط الزراعي	64.
138	أولاً: مفهوم البصمة المائية وأنواعها	65.
142	ثانياً: حساب البصمة المائية	66.
147	ثالثاً: التنافس على المياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء	67.
147	رابعاً: تقدير بصمة المياه للمحاصيل الزراعية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	68.
151	خامساً: تقدير البصمة المائية لإنتاج محاصيل البستنة.	69.
152	1- البصمة المائية للآبار المعتمدة في ري أشجار النخيل والسدر وكفاءتها	70.
157	2- البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري أشجار الفاكهة وكفاءتها.	71.
167	سادساً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل الحقلية وكفاءتها.	72.
167	1- تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل الصيفية وكفاءتها.	73.
171	2- تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري محاصيل الخضار الشتوية وكفاءتها.	74.
176	سابعاً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل الاستراتيجية وكفاءتها.	75.
176	1- تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري محصولي الحنطة والشعير وكفاءتها.	76.
180	2- تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري محصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس وكفاءتها.	77.
182	ثامناً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل العلفية وكفاءتها.	78.
196-187	المبحث الثاني: تقدير البصمة المائية وكفاءتها الإنتاجية في الأنشطة البشرية	79.

	(الزراعية الحيوانية، الصناعية، محطات التحلية)	
187	أولاً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في تربية الدواجن.	80.
191	ثانياً: تقدير البصمة المائية لبحيرات تربية الاسماك (الاستزراع السمكي).	81.
193	ثالثاً: تقدير البصمة المائية المستخدمة في الآبار المستخدمة في تحلية المياه.	82.
194	رابعاً: تقدير البصمة المائية المستخدمة في معامل الصناعات الإنشائية.	83.
218-197	الفصل الخامس: الاستنزاف المائي للمياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	84.
197	أولاً: مفهوم الاستنزاف المائي وأسبابه	85.
203	ثانياً: الموارد المائية في الجزء الغربي من الصحراء الغربية في محافظة كربلاء المقدسة	86.
210	ثالثاً: الاستنزاف المائي للمياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	87.
211	رابعاً: تقدير الاستهلاك الاستخدامي للمياه الجوفية باستخدام (الطريقة التقليدية)	88.
215	خامساً: تقدير عمر المياه الجوفية باستخدام الطريقة الجيوكيميائية، تحليل النظائر (الطريقة الحديثة)	89.
218	سادساً: استخدام الطرق الجيوكيميائية في تقدير عمر المياه الجوفية في الصحراء الغربية (خزان الدمام)	90.
227-225	الاستنتاجات والتوصيات	91.
250-228	الملاحق	92.
269-251	قائمة المصادر والمراجع	93.

قائمة الجداول

رقم الصفحة	اسم الجدول	ت
42	مشاريع الري في تركيا وسوريا وأثرها على الإيرادات المائية العراقية	1.
60	فئات الطبوغرافية في الصحراء الغربية في محافظة كربلاء المقدسة	2.
64	أصناف الترب الهيدرولوجية التابع للمصلحة الامريكية	3.
66	مجموعة الترب الهيدرولوجية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	4.
71	المتوسطات الشهرية للسطوح الشمسي ساعة/ يوم في محطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993-2023	5.
72	المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة المثوية لمحطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993-2023	6.
74	المتوسطات الشهرية لقيم التبخر بالملم في محطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993-2023	7.
76	المتوسطات الشهرية لسرعة الرياح كم/ ساعة لمحطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993-2023	8.
78	معامل المطر حسب تصنيف Lang	9.
79	معامل المطر ملم لعدد من محطات الصحراء الغربية مناطق التأثير لكل من (عين التمر، كربلاء، النخيب، الرطبة) للمدة 1993-2023	10.
90	التراكيب الخطية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	11.
94	الغطاء الارضي في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	12.
102	التغير المطلق والنسبي لنطاقات الغطاء النباتي للمدة (2000-2023) في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	13.
104	تصنيف الترب لأحواض الوديان واعادها في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	14.
106	إعداد المعامل وصنف انتاجها في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	15.
108	مقارنة خصائص المياه في منطقة الدراسة في المعيار العالمي والمحلي لصلاحية مياه الشرب	16.
111	تصنيف جودة المياه وصلاحيتها لري المحاصيل حسب معايير مختبر الملوحة الامريكي	17.

112	مقارنة عينات منطقة الدراسة مع مواصفات المعيار الامريكي للملوحة	18.
112	تصنيف جودة مياه الري من قبل البيئة الكندية لكل (westcot, Ayers)	19.
113	مقارنة عينات منطقة الدراسة مع المعيار الكندي	20.
114	تصنيف جودة مياه منطقة الدراسة للري بالاعتماد على تصنيف (tood)	21.
115	جودة المياه وصلاحياتها لري الحيوانات للعالم (Altorisky 1962)	22.
115	مواصفات المياه لري الحيوانات في منطقة الدراسة حسب تصنيف العالم (Altorisky 1962)	23.
116	تصنيف جودة المياه في العمليات الصناعية للعالم (Salvato 1982)	24.
117	مواصفات جودة المياه في العمليات الصناعية في منطقة الدراسة حسب تصنيف العالم (Salvato 1982)	25.
120	تحليل التباين لخصائص المياه (التوصيلية الكهربائية، الاملاح الذائبة الكلية، الفوسفات والنترات).	26.
120	المتوسطات لخصائص المياه (التوصيلية الكهربائية، الاملاح الذائبة الكلية، الفوسفات والنترات).	27.
121	تحليل التباين لكل من الكلور، الفلور، البورون.	28.
122	متوسطات تحليل التباين لكل من الكلور، الفلور، البورون.	29.
123	تحليل خصائص المياه للفوسفات والنترات والنترت.	30.
123	متوسطات تحليل خصائص المياه للفوسفات والنترات والنترت.	31.
125	تحليل التباين الكلور، الكبريتات، الكاربونات	32.
125	متوسطات تحليل التباين الكلور، الكبريتات، الكاربونات.	33.
126	تحليل التباين لنسجة التربة (طين، غرين، رمل)	34.
127	متوسطات التباين لنسجة التربة (طين، غرين، رمل).	35.
128	تحليل التباين لخصائص التربة (السعة الحقلية، السعة التشبعية، نقطة الذبول).	36.
129	متوسطات التباين لخصائص التربة (السعة الحقلية، السعة التشبعية، نقطة الذبول).	37.
130	تحليل التباين للكثافة الظاهرية والحقيقية والمسامية.	38.
130	متوسطات تحليل التباين للكثافة الظاهرية والحقيقية والمسامية.	39.
131	تحليل التباين للمغنيسيوم والسعة التبادلية الكاتيونية ودالة التفاعل.	40.
132	متوسطات التباين للمغنيسيوم والسعة التبادلية الكاتيونية ودالة التفاعل.	41.
133	تحليل التباين لكل من النيتروجين الجاهز، الفسفور الجاهز، البوتاسيوم الجاهز.	42.

133	متوسطات النباين لكل من النيتروجين الجاهز، الفسفور الجاهز، البوتاسيوم الجاهز.	43
134	تحليل النباين للصدويوم والبوتاسيوم والكالسيوم.	44
135	متوسطات النباين للصدويوم والبوتاسيوم والكالسيوم.	45
136	تحليل النباين للمادة العضوية، نسبة الصدويوم المدمص والنسبة المئوية اللازمة.	46
136	متوسطات النباين للمادة العضوية، نسبة الصدويوم المدمص والنسبة المئوية اللازمة.	47
140	مستويات البصمة المائية	48
149	الآبار الزراعية ومساحات الأراضي المعتمدة عليها في عمليات الري.	49
150	الأمطار الفعالة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	50
151	مراحل النمو لأشجار الفاكهة والنخيل في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة	51
152	اعداد النخيل وأنواعها في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	52
153	الاحتياجات المائية لأشجار النخيل في منطقة الدراسة.	53
157	أشجار الفاكهة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة لعام 2023	54
158	الاحتياجات المائية لأشجار الحمضيات في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة للمدة 2003-2023	55
161	الاحتياجات المائية لأشجار التين والزيتون في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	56
164	الاحتياجات المائية لأشجار الورديات في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	57
168	المحاصيل الصيفية والمساحات المزروعة في صحراء غرب كربلاء لعام 2023	58
168	مراحل نمو الخضار الصيفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	59
169	الاحتياجات المائية للخضار الصيفية الكبيرة والمتوسطة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	60
172	الخضار الشتوية المتوسطة والصغيرة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	61
173	مراحل نمو المحاصيل الشتوية المتوسطة والصغيرة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	62
174	الاحتياجات المائية للخضار المتوسطة الشتوية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	63

177	المحاصيل الاستراتيجية المزروعة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة لعام 2023.	64.
177	مراحل نمو المحاصيل الاستراتيجية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	65.
178	الاحتياجات المائية لمحصولي الحنطة والشعير في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	66.
180	الاحتياجات المائية لمحصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	67.
183	الاحتياجات المائية لمحصول الجت في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	68.
189	كميات المياه والمطهرات المستخدمة في عمليات تطهير وتنظيف حقول الدواجن في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	69.
195	أعداد وأنواع معامل الخابط لسنة 2023 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	70.
200	تأثيرات الإفراط في سحب المياه الجوفية.	71.
212	استهلاك المياه الزرقاء لخزان الدمام في الإنتاج الزراعي في منطقة الدراسة.	72.
214	استهلاك المياه الزرقاء لخزان الدمام في النشاط الصناعي في منطقة الدراسة.	73.
219	تراكيز النظائر المشعة في المياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	74.
221	التحليل الاحصائي لكل من $3H$ و He و C_{14} لمصادر الدراسة.	75.
221	فرق المتوسطات لكل من $3H$ و He و C_{14}	76.
222	معامل الارتباط بين الآبار للعناصر المشعة $3H$ و He و C_{14}	77.
223	الارتباط بين العناصر المشعة (المعاملات) $3H$ و He و C_{14} .	78.

قائمة الخرائط

رقم الصفحة	اسم الخريطة	ت
5	حدود منطقة الدراسة.	1.
53	التكوين الجيولوجي للصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	2.
61	طبوغرافية الصحراء الغربية لمحافظة كربلاء المقدسة.	3.
67	مجموعة الترب الهيدرولوجية في الصحراء الغربية لمحافظة كربلاء المقدسة.	4.
85	مؤشر تجمع المياه (TWI) لعام 2000 في منطقة الدراسة.	5.
86	مؤشر تجمع المياه (TWI) لعام 2013 في منطقة الدراسة.	6.
87	مؤشر البلل (TWI) لعام 2023 في منطقة الدراسة.	7.
91	التراكيب الخطية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	8.
94	الغطاء الأرضي في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	9.
96	نطاقات الغطاء النباتي لربيع 2000 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	10.
97	نطاقات الغطاء النباتي لخريف 2000 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	11.
98	نطاقات الغطاء النباتي لربيع 2013 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	12.
99	نطاقات الغطاء النباتي لخريف 2013 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	13.
100	نطاقات الغطاء النباتي لربيع 2023 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	14.
101	نطاقات الغطاء النباتي لخريف 2023 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	15.
103	الأودية الرئيسية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	16.
105	التوزيع الجغرافي للآبار في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	17.
119	قطاعات منطقة الدراسة.	18.
213	التباين المكاني لإجمالي البصمة المائية المستخدمة في عمليات الإنتاج الزراعي النباتي في منطقة الدراسة.	19.

219	التباين المكاني لتراكيز النظائر المشعة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	20.
224	التباين المكاني للمياه الجوفية الحديثة والأقل حداثة والقديمة في منطقة الدراسة.	21.

قائمة المخططات

رقم الصفحة	اسم المخطط	ت
43		1. الدورة الهيدرولوجية.
46		2. نطاقات تواجد المياه الجوفية من سطح الأرض حتى المنطقة المشبعة.
71		3. المتوسطات الشهرية للسطوح الشمسية في محطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993 - 2023 (ساعة/يوم).
73		4. متوسطات الحرارة الشهرية المتوية لمحطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993 - 2023.
75		5. المتوسطات الشهرية بالملم لقيم التبخر في محطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993 - 2023.
76		6. المتوسطات الشهرية لسرعة الرياح لمحطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993 - 2023.
82		7. نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي
142		8. أنواع البصمة المائية.
150		9. الأمطار والأمطار الفعالة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.
154		10. الاحتياجات المائية لأشجار النخيل في منطقة الدراسة.
155		11. جدولة الري لأشجار النخيل والسدر في منطقة الدراسة.
159		12. الاستهلاك المائي لأشجار الحمضيات في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة للعام 2023.
160		13. جدولة الري لأشجار الحمضيات في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.
162		14. الاحتياجات المائية لأشجار التين والزيتون في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.
163		15. جدولة الري لأشجار التين والزيتون في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.
165		16. الاحتياجات المائية لأشجار الورديات في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.
166		17. الاستنزاف المائي لرطوبة التربة لأشجار الورديات.
169		18. الاحتياجات المائية للخضار الصيفية الكبيرة والمتوسطة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.
170		19. جدولة الري للخضار الكبيرة والمتوسطة الصيفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

174	الاحتياجات المائية للخضار الشتوية المتوسطة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	.20
175	جدولة الري للخضار الشتوية المتوسطة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	.21
179	الاحتياجات المائية لمحصولي الحنطة والشعير في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	.22
179	جدولة الري لمحصولي الحنطة والشعير في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	.23
181	الاحتياجات المائية لمحصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	.24
182	جدولة الري لمحصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	.25
185	الاحتياجات المائية لمحصول الجت في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	.26
185	جدولة الري لمحصول الجت في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.	.27
220	العلاقة بين كل من $3H$ و He و ^{14}C .	.28

قائمة الملاحق

رقم الصفحة	اسم الملحق	ت
228	ملحق معامل المطر	1.
229	ملحق التغير في الغطاء النباتي.	2.
231-230	ملحق الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه.	3.
231	ملحق الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.	4.
232	ملحق الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.	5.
232	ملحق الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.	6.
233	ملحق الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.	7.
234	جدولة الري لأشجار النخيل والسدر في الصحراء الغربية.	8.
235-234	جدولة الري لأشجار الحمضيات في الصحراء الغربية.	9.
236-235	جدولة الري لأشجار التين والزيتون في الصحراء الغربية.	10.
237-236	جدولة الري لأشجار الورديات في الصحراء الغربية.	11.
238-237	جدولة الري للخضار الصيفية الكبيرة والمتوسطة في الصحراء الغربية.	12.
238	جدولة الري للخضار الشتوية المتوسطة في الصحراء الغربية.	13.
239-238	جدولة الري لمحصولي الحنطة والشعير في الصحراء الغربية.	14.
239	جدولة الري لمحصولي الذرة وعباد الشمس في الصحراء الغربية.	15.
240-239	جدولة الري لمحصول الجت في الصحراء الغربية.	16.
240	البصمة المائية الزرقاء للمحاصيل الزراعية في الصحراء الغربية.	17.
241	ملحق صورة لمزارع الحنطة.	18.
242	ملحق صورة بحيرة الاستزراع السمكي بمساحة 250 دونم.	19.
243	ملحق صورة بحيرة الاستزراع السمكي بمساحة 5 دونم.	20.
243	معامل عزل الخابط.	21.
244	الرمال المغسول.	22.
244	الحصى الناعم.	23.
245	خزان جمع المياه في المعامل.	24.

الفصل الأول

الإطار النظري

- أولاً: مشكلة الدراسة
- ثانياً: فرضية الدراسة
- ثالثاً: هدف الدراسة
- رابعاً: الحافز
- خامساً: الأهمية
- سادساً: حدود منطقة الدراسة
- سابعاً: مناهج وأساليب الدراسة
- ثامناً: مراحل الدراسة
- تاسعاً: عينات الدراسة
- عاشراً: هيكلية الدراسة
- حادي عشر: صعوبات الدراسة
- ثاني عشر: الدراسات السابقة
- ثالث عشر: مفاهيم الدراسة

المقدمة

من المعروف أن العالم يعاني من ندرة المياه الصالحة للشرب والزراعة؛ وذلك بسبب الزيادة الكبيرة في اعداد السكان إضافة إلى التطور التكنولوجي في مجالات الحياة سواء كانت الصناعة أو الزراعة أو التجارة والتي تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه لأغراض العمل، وفي هذا السياق برزت البصمة المائية (water Footprint) كأداة أساسية لدعم عملية التنمية المستدامة إذ تسعى إلى تقدير البصمة المائية للقطاعات المختلفة (الزراعة، الصناعة، الحضرية) وتحديد كميات المياه المستهلكة بشكل مباشر وغير مباشر، ما يساعد في تحسين كفاءة استخدام الموارد المائية الجوفية، لذا فإن البصمة المائية أداة ضمن ادوات التنمية فهي تسعى إلى تحقيق الأمن المائي والغذائي، كما أنها تعزز قدرة المجتمعات على مواجهة التحديات البيئية المستقبلية. ومن المعروف ان العراق يعاني باعتباره أحد هذه البلدان التي تأثرت بالتغيرات المناخية المصاحبة للنقص الحاد في الموارد المائية للأسباب المذكورة أعلاه.

تعد الصحراء الغربية لمحافظة كربلاء جزءاً من الصحراء العراقية الغربية وهي أحد المناطق الأكثر تأثير في التغيرات المناخية والتي تعاني من نقص حاد في الموارد المائية؛ بسبب صعوبة الظروف وقسوة المناخ وبما ان هذه المنطقة تشكل مساحة كبيرة يمكن استغلالها بالزراعة باعتبار ان الكثير منها اراضي بكر إضافة إلى ما هو موجود من مخزون مائي كبير تمثل بالمياه الجوفية في الصحراء والذي يعد المجهز به خزان الدمام.

إن منطقة الصحراء الغربية امتازت بانتشار الآبار فيها منذ نهاية التسعينيات وبداية القرن الحادي والعشرين وتحديداً في عام 2003 إذ وصل عدد الآبار الفعالة إلى 1726 بئراً إضافة إلى أعداد أخرى اندثرت لم ترفق في متن الدراسة.

هذه الآبار هي مصدر مياه لأغراض الزراعة والصناعة والتجارة إضافة إلى انها مصدر من مصادر تركيز التجمعات السكنية المحيطة بمنطقة الدراسة.

ومن هنا جاءت دراستنا لتقدير كميات الاستهلاك الكبيرة التي مصدرها الأم هي المياه الجوفية، ان الغرض من ذلك لمعرفة كفاءة هذه المياه المستخدمة وهل حققت غرضها الفعلي من إنتاج زراعي أو صناعي أو تجاري؟ إذ أن التفريط الزائد أو الاستخدام غير المقنن والمحسوب يعد خسارة لمصدر ومورد مهم بل هو الأهم من كل المصادر الطبيعية والذي يعبر عنه بالمورد المائي، استخدمت في هذه الدراسة تقنية الاستشعار عن بُعد للوقوف على توزيع المياه الجوفية كما استخدمت تحاليل مختبرية في تقدير عمر هذه المياه؛ لأخذ التدابير الصحيحة على ضوء النتائج ومن أهم هذه التحاليل: $3H$, He , $14 C$.

الفصل الأول: الاطار النظري

أولاً: مشكلة الدراسة:

تتمثل المشكلة الرئيسية للدراسة بالإجابة على السؤال الآتي: (هل استخدام المياه الجوفية في الصحراء الغربية متضمن للضوابط أنواع البصمة المائية الزرقاء، الخضراء، رمادية، باعتبار إن هذه المنطقة أصبحت مكان للاستثمارات كبيرة وعديدة وبكافة الجوانب)؟ ومن هذا السؤال تنفرح مجموعة أسئلة أخرى:

1- ما هي أبرز التحديات والمعوقات التي تحول دون تحقيق تنسيق فعال بين الدول المتشاطئة لحوض نهر الفرات، والتي تحول دون تحقيق إدارة مستدامة وعادلة تضمن الأمن المائي لجميع الأطراف باعتبار إن وفرة المياه السطحية لا يدفع المستهلك إلى استخدام المياه الجوفية؟

2- إلى أي مدى تؤثر الظروف الطبيعية المتغيرة مثل (انماط الهطول، الأمطار، درجات الحرارة، التركيب الجيولوجي) على كميات المياه الجوفية وجودتها؟

3- ما مقدار تأثير تدهور جودة التربة باعتبارها من المناطق الصحراوية على كمية الانتاج الزراعي في المناطق الجافة وشبه الجافة؟

4- ما هي المؤشرات التي حققتها المياه الجوفية لمنطقة الدراسة من مؤشرات المقاييس العالمية؟

5- ما مدى إمكانية استخدام علم الاستشعار عن بُعد في منطقة الدراسة لتحقيق تصور عن انتشار وتواجد المياه الجوفية؟

6- ما مدى إمكانية تطبيق برامج منظمة الغذاء العالمية في احتساب وتقدير البصمة المائية في منطقة الدراسة؟

7- هل يعد تقديرات عمر المياه الجوفية من المؤشرات التي تعتمد في إدارة المياه بمنطقة الدراسة؟

ثانياً: فرضية الدراسة:

تتمثل الاجابة الرئيسة عن مشكلة الدراسة في (تتجاوز البصمة المائية الاجمالية الزرقاء، الخضراء والرمادية للقطاعات المختلفة في منطقة الدراسة الحد المستدام للموارد المائية المتجددة المتاحة ما يؤدي الى ندرة المياه في المستقبل القريب).

1- يواجه حوض نهر الفرات تفاقماً حاداً في أزمة ندرة المياه وتدهور جودتها نتيجة زيادة الطلب من قبل الدول المتشاطئة وسلوكيات دولة المنبع، وقد تحولت هذه الأزمة إلى مصدر للصراع والتوتر بين الدول المتشاطئة على اعتبار ان نهر الفرات النهر الرئيس للمياه السطحية في المناطق المار خلالها.

2- يؤدي التغيير في الظروف الطبيعية إلى تدهور مستويات وكميات ونوعية المياه الجوفية في المناطق المتأثرة.

3- يؤدي تدهور جودة التربة وتناقص الموارد المائية إلى انخفاض ملحوظ في إنتاجية الأراضي الزراعية في المناطق الجافة وشبه الجافة.

4- تحد خصائص المياه الجوفية من صلاحية استخدامها في مختلف الاستخدامات لوجود بعض من الخصائص خارج حدود معايير الجودة العالمية.

5- تساهم تقنيات الاستشعار عن بُعد في تحديد مناطق المياه الزرقاء (الاوذية، الآبار، الغطاء النباتي، رطوبة التربة، الهطول المطري، التبخر) لكن يصعب تقدير كمية السحب والاستهلاك المائي عن طريق تقنيات الاستشعار.

6- إن تطوير منهجية تربط بين تقدير البصمة المائية وكفاءة الوحدة المائية سيؤدي إلى زيادة كفاءة استخدام المياه وتقليل إجمالي البصمة المائية وتحقيق استدامه أكبر للمياه في مختلف القطاعات.

7- إن تطبيق تقنيات النظائر المشعة على المياه الجوفية يساعد في تقدير عمر المياه الجوفية وأوقات إعادة التغذية للخزان الجوفي وهذا يساعد في وضع استراتيجيات إدارة مائية أكثر فعالية.

ثالثاً: هدف الدراسة: Study aim

لمعرفة حجم الاستنزاف الكبير لمخزون المياه لطبقة (المياه الجوفية) في منطقة الدراسة بعد الانتشار الواسع لآبار الاستهلاك للاستخدامات الزراعية والصناعية والتجارية والحضرية، كذلك معرفة كفاءة هذه الاستخدامات ومدى تحقيقها لضوابط البصمات المائية المحددة وفق القياسات العالمية.

رابعاً: الحافز Motivation

اعتبار المياه الجوفية المخزون الاحتياطي الكبير للبلد والذي لا يعوض وعليه يجب الحفاظ على هذه الثروة من الهدر وبأي وسيلة تضمن وجود هذا الخزين الناضب.

خامساً: الأهمية

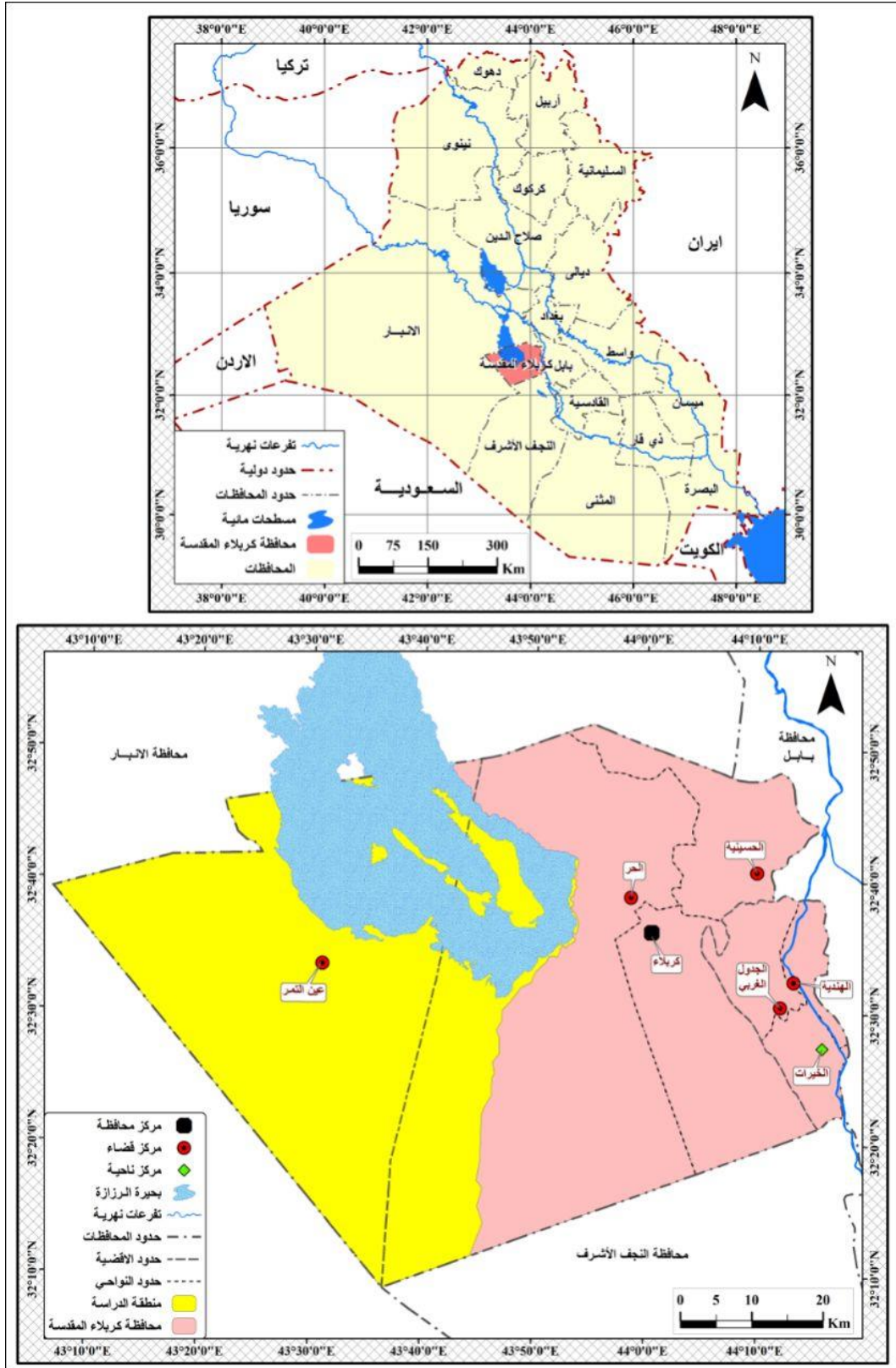
- 1- الاطلاع على طبيعة العمل الموجودة في الصحراء الغربية.
- 2- تقديم المعلومة الصحيحة والعلمية للمهتمين في الاستثمارات بالأراضي الصحراوية.
- 3- اعتبار هذه دراسة ليست وحيدة وإنما جاءت بأسلوب جديد لدراسة طبيعة المياه الجوفية في البلد.
- 4- الحفاظ على الاستخدام الامثل للمياه في كافة الجوانب.
- 5- دعم السياسات المائية إذ تعد البيانات التي توفرها الأساس لوضع سياسات مائية مستدامة للمحافظة على الاحتياطات المائية.
- 6- إن دراسة البصمة المائية تنبه إلى أهمية التعاون الاقليمي في إدارة المياه الجوفية المشتركة.

سادساً: حدود منطقة الدراسة :

1 - الحدود المكانية: تقع منطقة الدراسة فلكياً بين دائرتي عرض تقع منطقة الدراسة بين خطي طول $43^{\circ}41'6''E - 43^{\circ}54'53''E$ ودائرتي عرض $32^{\circ}19'N - 32^{\circ}54'48''N$ ، اذ تقع منطقة الدراسة جغرافياً غرب مدينة كربلاء المقدسة، وتتمثل في الجزء الغربي من الصحراء الغربية من محافظة كربلاء، والبالغة مساحتها 2924.6 كم². ويضم قضاء عين التمر والقرى التابعة له

(قرية بندر، الزقاريط، الاسالي، السيد احمد بن هاشم). يحدها من الشرق الحدود الإدارية لمدينة كربلاء، ومن الشمال والغرب ناحية الرحالية وقضاء النخيب التابعين لمحافظة الانبار، اما من الجنوب فتحدها الحدود الادارية لمحافظة النجف الاشرف. اذ اشتملت منطقة الدراسة على المناطق المعتمدة على خزان الدمام تحديدا في مختلف الانشطة البشرية.

2 - الحدود الزمانية: اعتمدت الدراسة على الواقع العام لمنطقة الدراسة خلال عامي 2023-2024.



خريطة (1) حدود منطقة الدراسة

المصدر: وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، قسم إنتاج الخرائط، خريطة العراق الجيولوجية لسنة 1990.

سابعاً: مناهج وأساليب الدراسة:

تم الاستعانة بعدد من المناهج والأساليب الاحصائية لتحقيق الهدف من هذه الدراسة ومنها:

1- المنهج الوصفي: الذي استخدم في وصف المنطقة وتحديد ملامحها. تم اعتماده تحديداً في وصف التربة والتركيب الجيولوجي والمناخ.

2 - المنهج التحليلي: من المناهج المهمة في الدراسات الجغرافية. تم استخدامه في الفصل الثالث لتحديد العلاقة بين انواع الاستهلاك المختلفة وكمية المياه المستهلكة. ومعرفة اكثر الابار استهلاكاً للمياه الجوفية، كما استخدم في الفصل الرابع لتحديد التباين المكاني في استنزاف المياه.

3 - المنهج المحصولي: تم استخدامه في الفصل الثالث. لتحديد انواع المحاصيل وتوزيعها، ومعرفة مواسم زراعتها وكمية الانتاج لكل محصول.

4- المنهج الكمي (الرياضي): يستخدم الأساليب الاحصائية والرياضية لتحليل بيانات الدراسة الميدانية، وتم استخدامه في الفصل الثالث لتقدير البصمة المائية، والفصل الرابع في تقدير الاستنزاف المائي.

اما اهم الأساليب المعتمدة في الدراسة تمثلت في ثلاث أساليب احصائية هي:

1 - برنامج (Genstat): برنامج احصائي شامل يستخدم في الدراسات الزراعية والبيئية والطبية. تم اعتماده في الفصل الثالث لتحليل بيانات التربة والمياه باستخدام طريقة Tow-way.

2 - برنامج CROPWAT: برنامج منظمة الاغذية والزراعة المعتمد من قبل المنظمة المستخدم في تقدير البصمة المائية وتحديد الاستهلاك المائي لمختلف المحاصيل.

3 - Remont sensing : باعتماد علم RS وتقنيات Gis في معالجة الصور الفضائية ورسم الخرائط على التوالي.

ثامناً: مراحل الدراسة:

1 - مرحلة العمل المكتبي: تمثلت بجمع المصادر والمعلومات من خلال مراجعة الكتب، الرسائل والأطاريح والابحاث العلمية.

2- مرحلة الدراسة الميدانية: تعد من أهم مصادر البيانات والتي اشتملت على:

أ- اجراء مسح شامل لمنطقة الدراسة لغرض تحديد مواقع الابار، ونوع الاستخدام لكل من هذه الآبار، ومعرفة نوع الانتاج.

ب- مراجعة مديرية الزراعة في محافظة كربلاء المقدسة وخاصة قسمي الاحصاء الزراعي ونظم المعلومات لجمع البيانات ذات الشأن بموضوع الدراسة.

ج- مراجعة هيئة المياه الجوفية في محافظة كربلاء وهيئة المياه الجوفية التابعة لوزارة الموارد المائية العراقية.

د- المقابلة مع عدد من المسؤولين لغرض الحصول على المعلومات التي يتعذر الحصول عليها.

هـ- توزيع استمارة الاستبيان التي قدمت للجهات المستثمرة بهدف تقدير كمية الاستهلاك المائي وكمية الإنتاج.

3 - مرحلة العمل المختبري:

أ - جمع عينات المياه والتربة وارسالها الى مختبرات هيئة الطاقة الذرية العراقية لإجراء التحاليل لبعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لهما والتي تتسجم مع متطلبات البحث.

ب - إرسال عدد من العينات إلى مختبر الدراسات والأبحاث القومية في جمهورية مصر لتحليل العناصر المشعة والتي يتعذر تحليلها داخل البلد وذلك لتقدير العمر الزمني لتراكم المياه المتجمعة في آبار الدراسة.

تاسعاً: عينات الدراسة:

اختيرت عينات عشوائية من الآبار والترب لغرض تحليلها ودراستها، وبواقع 50 عينة من مياه الابار، و 25 عينة من التربة التي تم اخذها على عمق 5-50 سم. كما اعتمدت نفس المواقع في توزيع استمارات الاستبانة بعدد 50 استمارة كما مبين في الجدول.

عدد ونوع الآبار التي أخذت من منطقة الدراسة

ت	نوع الاستخدام	عدد الآبار	عدد الاستثمارات
1	مختلف آبار البستنة	25	25
2	مختلف الآبار الصناعية	5	7
3	آبار بحيرات الاستزراع السمكي	3	3
4	آبار حقول تربية الدواجن	2	2
5	آبار المحاصيل الاستراتيجية	10	10
6	آبار محاصيل العلف	3	3
7	محطات تحلية المياه	2	2

جدول المرئيات المعتمدة في الدراسة

Image	Date	Resolution
Landsat5	2000/8/14	30m
Landsat5	2000/8/7	30m
Landsat8	2003/8/18	30M
Landsat8	2013/4/2	30m
Landsat8	2023/8/14	30M
Landsat9	2023/4/6	30m

جدول مصطلحات الدراسة

الرمز	المصطلح	الرمز	المصطلح
WF _{green}	البصمة المائية الخضراء	WF	البصمة المائية
Decade	10 ايام	WF _{blue}	البصمة المائية الزرقاء
Stage	مراحل النمو	Effrain	الامطار الفعالة
ETC	تبخر/ نتح	KC	معامل المحصول
Schedule	جدولة الري	Total	الاجمالي
L-omid	مرحلة النمو المتوسط	L-late	مرحلة النمو المتأخر
L-ini	مرحلة النمو الأولية	L-dev	مرحلة التطور
NDVI	مؤشر الغطاء النباتي	TWI	مؤشر تجمع المياه
T.D.S	الاملاح الذائبة الكلية	EC	التوصيلية الكهربائية
IQS	معيان الصحة العراقية	pH	دالة تفاعل التربة

Source of variation	مصادر الدراسة	WHO	معيار الصحة العالمية
A.B	التداخل الاحصائي ما بين عاملين	REP stratum	تباين التكرارات
d.f	درجة الحرية	Residual	المتبقي
m.s	متوسط المربعات/ درجة الحرية	S.S	إجمال التباين للمربعات
F Pr.	درجة المعنوية	V.r	نسبة التباين
L.S.d	قيمة الفرق	Ground mean	المتوسط العام لجميع القيم
3H	تريتيوم	He	الهيليوم
Feb	شباط	C14	كاربون 14
Apr	نيسان	Mar	آذار
Jun	حزيران	Mar	آيار
Aug	آب	Jul	تموز
Oct	تشرين الأول	Sep	أيلول
Dec	كانون الأول	Nov	تشرين الثاني

عاشراً: هيكلية الدراسة:

تكونت الاطروحة من خمسة فصول قسمت على النحو الآتي:

الفصل الاول: يشمل (الاطار النظري) والذي ضم المشكلة الرئيسية والفرضيات وهدف الدراسة بالإضافة إلى مجموعة مختارة من الدراسات السابقة والمفاهيم التي تتسجم مع طبيعة هدف الدراسة.

الفصل الثاني: شمل (الوضع المائي لحوض نهر الفرات والمياه الجوفية). تكون هذا الفصل من مبحثين، المبحث الاول يخص الوضع المائي لحوض نهر الفرات وبعض المواقف للدول المشاطئة. أما المبحث الثاني فيخص الظروف الطبيعية الجيولوجية والمناخية المؤثرة على كميات وجودة المياه الجوفية في منطقة الدراسة وما حولها.

الفصل الثالث: بعنوان (تأثير الموارد الطبيعية المياه والتربة في الانشطة البشرية). تكون الفصل من مبحثين. المبحث الاول أهتم في المؤشرات الطيفية للمياه الجوفية. والمبحث الثاني أشار إلى تحديد مدى صلاحية المياه الجوفية للاستخدامات الصناعية، الزراعية والحضرية، ومعرفة مدى مطابقتها لعدد من معايير الجودة العالمية. اما المبحث الثالث اختص في دراسة

تأثير خصائص التربة والمياه في الانتاج الزراعي، وتم اعتماد اكثر الخصائص تأثيراً على المزروعات.

الفصل الرابع: ركّز في (تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الانتاجية للمياه الجوفية): إذ تطرق إلى البصمة المائية وانواعها وطرق قياسها، كما تطرق إلى احصاء عدد من الآبار لمختلف الاستخدامات لتقدير بصمتها المائية وكفاءة الوحدة المائية في الانشطة البشرية الصناعية، الزراعية والحضرية.

الفصل الخامس: وهو الأخير حمل عنوان (الاستنزاف المائي للمياه الجوفية في صحراء غرب محافظة كربلاء): بحث الفصل في تقدير اعمار المياه الجوفية وعلى المستويات (حديثة، اقل حداثة، قديمة)، لمعرفة المستقبل القريب لخزان الدمام باستخدام تقنية النظائر المشعة.

وفي الختام توصلت الدراسة إلى مجموعة الاستنتاجات والتوصيات ذكرت في محلها على أمل الأخذ بها وتحسين مستوى استخدام المياه في منطقة الدراسة.

حادي عشر: صعوبات الدراسة:

هناك مجموعة من الصعوبات التي واجهت الدراسة على النطاقين النظري والميداني يمكن الإشارة إليها كالتالي:-

1- عدم تعاون بعض الدوائر في تزويد الباحثة بالبيانات المطلوبة، مما تسبب في عرقلة العمل وصعوبة الحصول عليها وتأخير وقت جمعها.

2- تحفظ المستثمرون في مختلف القطاعات على ابداء البيانات الخاصة بالمياه تحسباً لغرض عقوبات أو ضرائب على المستثمر مما زاد من صعوبة الحصول على البيانات.

3- مواجهة صعوبات كبيرة خلال توزيع استمارة الاستبيان وخاصة بالجانب الزراعي كون مواقع الدراسة تقع في منطقة صحراوية وان اصحاب المزارع يسكنون غالبهم في مركز القضاء أو مدينة كربلاء مما يتعذر التوصل إليهم اثناء الزيارة الميدانية إلا بعد ترتيب موعد للزيارة الميدانية والتي اضطر فيها إلى تعدد الزيارات تحسباً للوقوف على البيانات الصحيحة.

4- صعوبة أخذ العينات وخاصة عينات المياه من الآبار كون عملية التشغيل بالنسبة لمختلف الاستعمالات في أوقات محددة ومختلفة مما زاد من الجهد الميداني.

5- عدم وجود مختبرات تختص بتقدير العناصر المشعة في البلد، مما دفع بالباحثة إلى إرسال أكثر من مرة عينات إلى خارج القطر والمطالبة بعينات أخرى وذلك لطول الفترة الزمنية التي نصت على أخذ العينة.

6- الوضع الحرج في الصحراء الغربية (منطقة الدراسة) من حيث صعوبة الوصول إلاّ بأوقات محددة من النهار، إضافة إلى تعدد وتنوع المستثمرين فيها، مما تعرضت الدراسة إلى المنع من جمع المعلومات وكذلك إلى عدم إعطاء البيانات الصحيحة إلاّ بعد محاولات شخصية وبالعلاقات الفردية تم الحصول على البيانات.

ثاني عشر: الدراسات السابقة:

أولاً: الدراسات المحلية

1- دراسة (المنكوشي، 2001) الموسومة بـ(تكامل بيانات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد احتمالية المياه الجوفية في وادي الايض والغدف)⁽¹⁾. ركّزت الدراسة على تحديد المواقع المحتملة لوجود المياه الجوفية وتوظيف تقنيات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية لأجراء مسح هيدرولوجي اقليمي في المناطق الصحراوية، وتحديد مصادر المياه السطحية في الصحراء الغربية والتي تنحصر بالوديان الموسمية. وكان هدف الدراسة انتاج خارطة رقمية لتوزيع انطقه المياه الجوفية (Potentiality Ground water) من أجل الاستغلال الامثل للمياه، واعتمدت الدراسة على استخدام المعالجة الرقمية وتنظيم المعلومات الجغرافية لأعداد خرائط رقمية، واعتماد المعالجة الرقيمة باستخدام برنامج (ERDAS) أيضاً لاستنباط المزيد من المعلومات التي شملت شبكة التصريف الخطية.

2- دراسة (الدليمي، 2019-2020) الموسومة بـ(التحليل الجغرافي لمكامن المياه الجوفية في الهضبة الصحراوية في محافظة الانبار)⁽²⁾ سلطت الدراسة الضوء على مكامن المياه الجوفية في منطقة الدراسة وإمكانية التوسع في استثمارها، وهدفت الى تحديد مكامن المياه الجوفية،

(1) حسين جواد احمد المنكوشي، تكامل بيانات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد احتمالية المياه الجوفية في وادي الابيض والغدف، جامعة كربلاء كلية العلوم - علم الارض، 2001.

(2) آمنة جبار مطر درويش الدليمي، التحليل الجغرافي لمكامن المياه الجوفية في الهضبة الصحراوية في محافظة الانبار، مجلة مداد الأدب، العدد الخامس بالمؤتمر، 2019-2020.

اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي والدراسة الميدانية في جمع البيانات، واهم ما توصلت اليه الدراسة وجود (15) حوضاً للمياه الجوفية في منطقة الدراسة بمساحة كلية مقدارها (24095 كم²) وخزين مائي يقدر بـ(350 مليون م³).

3- دراسة (2020, A.Saleh) بعنوان: (Ground water Hydrology in Iraq)⁽¹⁾ والتي سلطت الضوء على التوزيع المكاني للتساقط المطري في العراق كونه العامل الاول الذي يتحكم بتغذية المياه الجوفية وتحديد مناسيب والمحاق المياه الجوفية والاتجاهات الاقليمية لحركتها وصلاحيتها للاستخدامات المختلفة، وكان هدف الدراسة مناقشة الظروف الهيدرولوجية لخزانات المياه الجوفية الرئيسية في الانطقه الهيدرولوجية في العراق، واعتمدت الدراسة على الخرائط الهيدرولوجية والخرائط الطبغرافية ونمذجتها باستخدام برامج RS و GIS. وكذلك لمعرفة اعادة تغذية المياه الجوفية للحفاظ على تغذية طبقات المياه الجوفية في وادي الابيض، توصلت الدراسة من خلال الميزان المائي ان كمية المياه الجوفية المتدفقة الى منطقة الدراسة (106×16،30 م³/سنة) وبالتالي فإن كمية التغير في مخزون المياه الجوفية ستكون (106×4،94 م³/سنة). كما كشفت أيضاً على غلاف فئات من مناطق التغذية وهي منطقة الملائمة الكبيرة- منطقة الملائمة المتوسطة منطقة الملائمة الضعيفة وتقع افضل المواقع لمجتمع المياه في ادنى منحدرات منطقة الدراسة والتي تتراوح بين 0-5%.

4- دراسة (الخفاجي، 2021) بعنوان (استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية في الكشف عن المياه الجوفية في هضبة العراق الجنوبية بين الصفاوي ومملحة السماوة)⁽²⁾. اهتمت الدراسة بتوضيح الدلائل والمؤشرات التي تساهم في الكشف عن اماكن المياه الجوفية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد، ومدى اهمية المؤشرات الطبيعية في الكشف عن المياه الجوفية، هدفت الدراسة الى تحديد التقنيات المناسبة للكشف عن المياه الجوفية والتمثلت بـ(النمذجة الهيدرولوجية، النمذجة الطبغرافية، تحديد مناطق التغذية للمياه الجوفية).

(¹) Sabbar A. Saleh, Ground water Hydrogen in Iraq, Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering, Vol.10, N.1, 2020.

(²) سرى باسم كاظم الخفاجي، استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية في الكشف عن المياه الجوفية في هضبة العراق الجنوبية بين الصفاوي ومملحة السماوة، جامعة ذي قار، كلية الآداب، قسم الجغرافية، 2021.

واعتمدت الدراسة على المنهج المقارن والمنهج التجريبي والمنهج التحليلي، وتوصلت الى ان دراسة تواجد المياه الجوفية بالاعتماد على الاستشعار عن بُعد يعطي نتائج اولية واحتمالية كبيرة من خلال تحديد مواقع الفيضانات والوديان والصدوع والتي تظهر بشكل واضح في المرئيات.

5- دراسة (Salim & Dawood, 2022) بعنوان (Estimation of The water footprint for the strategic crops in Iraq wheat and barley as a case study⁽¹⁾).

تهدف الدراسة إلى تقدير البصمة المائية لمحصولي الحنطة والشعير في محافظات العراق عدا اقليم كردستان، ناقشت الدراسة مفهوم البصمة المائية بأنواعها (الزرقاء، الخضراء، الرمادية) بالإضافة إلى البصمة المائية للدولة للمحصولين (البصمة المائية الداخلية والبصمة المائية الخارجية) واعتمدت الدراسة على موديلات إدارة عملية الري المعتمدة من قبل منظمة الزراعة العالمية (CROPWAT8) وموديل (GLIMWAT2.0) التي استخدمت في تقدير الاستخدام المائي للمحاصيل، أظهرت نتائج هذه الدراسة إن معدل البصمة المائية لمحصول الحنطة للمحافظات العراقية كان حوالي 908 م³/طن و 747 م³/طن للعامين (2019-2020) على التوالي وبلغت أعلى قيمة للمياه في محافظات ميسان (5,3118 م³/طن) والمثنى (2,1620 م³/طن) خلال العامين، بينما كانت أقل قيمة لها في محافظات صلاح الدين (592 م³/طن) وكركوك (495 م³/طن)، اما البصمة المائية لمحصول الشعير كانت متقاربة في جميع المحافظات بمعدل 3524 م³/طن عدا البصرة كانت مرتفعة إذ بلغت 22657 م³/طن و 45598 م³/طن.

6- دراسة (Jabbar, 2023) بعنوان (Water footprint and Virual Water trade of The main crops In Iraq⁽²⁾).

⁽¹⁾ Ahmed Hatif Salim, Sarah Mohammed Dawood, Estimation of The water footprint for the strategic crops in Iraq: wheat and barley as, case study, Journal of water Resources and Geosciences, Vol. 1, Issue 2, 2022.

⁽²⁾ Mustafa hamodi Jabbar, water footprint virtual water Trade of the main crops in Iraq, university of Al- Qadisiy, science in ecology, 2023.

سلّطت الدراسة الضوء على الأمن المائي لنهر الفرات ودوره في دعم إنتاج المحاصيل الرئيسية للمحافظات المعتمدة على هذا النهر، واعتمدت البصمة المائية لتقدير امدادات المياه المباشرة وغير المباشرة في عمليات الإنتاج، تم استخدام البيانات الاحصائية من احصاءات المناخ وكميات الانتاج وبيانات استهلاك المياه الصناعية والمنزلية لغرض تقدير احجام المياه الافتراضية الداخلة في عمليات الاستيراد والتصدير، توصلت الدراسة إلى ان بعض المحافظات تنتج محاصيل مرتفعة البصمة المائية لذا يجب استبدالها بمحاصيل اخرى كاستبدال زراعة الارز في محافظة المثنى إلى الخضروات لتوفير المزيد من المياه في حين تتخفف كمية المياه بشكل كبير في النجف ما يؤكد ضرورة استبدالها بأنواع اخرى من الانتاج الزراعي، كما ان الانبار تستخدم كميات كبيرة من المياه في زراعة القمح تفوق باقي المحافظات مع التأكيد على انخفاض كفاءة الوحدة الانتاجية مقارنة بدول الجوار، كما اكدت انه من المتوقع ارتفاع الطلب على المياه إلى ما يقارب 16% في عام 2050 بسبب ظروف المناخ والسياسات المائية.

ثانياً: الدراسات العربية

1- دراسة (الروبي، قطب، 2015) بعنوان (دراسة اقتصادية لدور التجارة الخارجية في إدارة الطلب على المياه في جمهورية مصر العربية وفقاً لمفهوم المياه الافتراضية)⁽¹⁾، ناقشت الدراسة الأهمية النسبية لنوعيات مياه البصمة المائية (FW) (الزرقاء، الخضراء، الرمادية)، وفقاً لمفهوم المياه الافتراضية. كما توقعت البصمة المائية للفرد في مصر للفترة (2015-2030) وبيّنت الدراسة أيضاً الدور الذي يمكن ان تلعبه التجارة الخارجية في إدارة الطلب على المياه الخاصة عند تثبيت متوسط نصب الفرد من المياه، هدف البحث الى استخدام مفاهيم المياه الافتراضية والبصمة المائية (WF) لتطبيق مفهوم الميزان المائي المفتوح، الذي يتيح ادراج نشاط التجارة الخارجية والانتاج المحلي من السلع الزراعية والغذائية ضمن ادوات إدارة الطلب على المياه، أوصت الدراسة بتطبيق مفاهيم المياه الافتراضية عند إدارة الطلب على المياه بهدف التحول من

(1) ايمان توفيق حامد الروبي، علاء احمد قطب، دراسة اقتصادية لدور التجارة الخارجية في إدارة الطلب على المياه جمهورية مصر العربية وفقاً لمفهوم المياه الافتراضية، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي، م25، ع1، 2015.

مفهوم الميزان المائي المغلق الى الميزان المائي المفتوح، الذي يسمح بإدراج نشاط التجارة الخارجية للسلع الزراعية عند وضع استراتيجيات إدارة الطلب على المياه في المستقبل.

2- دراسة (المومني الحاجبي، 2015) بعنوان (استثمارات المياه الجوفية من الطبقات المائية العميقة في الاحواض المائية الكبرى في الوطن العربي)⁽¹⁾. بحثت الدراسة الموارد المائية الجوفية المشتركة بين الدول العربية وبالتحديد حوض الحجر الرملي النوبي الواقع ما بين مصر والسودان وليبيا وتشاد، وحوض الجزيرة المعتمد على الحدود ما بين تركيا وسوريا والعراق، وحوض الجزيرة، كما ناقشت الدراسة المشاريع الاستثمارية التي تعتمد على خزانات المياه الجوفية بالدرجة الاولى، هدفت الدراسة الى تقييم الطبقات المائية المشتركة وغير المتحددة ما بين الاردن والسعودية والعراق وسوريا، وتوصلت الدراسة الى ضرورة قيام تعاون اقليمي بين عدة دول، لتطوير استراتيجية اقليمية، بهدف اعداد دراسات تفصيلية لاستثمار الطبقات المائية غير المتجددة بهدف استدامة خزانات المياه الجوفية.

2- دراسة (عبد الله، 2017) بعنوان (تقدير الطلب على المياه الزرقاء وفقاً لمفهوم البصمة المائية بجمهورية مصر العربية)⁽²⁾ ركز البحث على دراسة البصمة المائية لدولة مصر لما لها من اهمية كبيرة في تطوير سياستها المائية، وناقش البحث انواع البصمة المائية (الزرقاء، الخضراء، الرمادية) على مستويات عدة، منها على مستوى استخدام الفرد، وعلى مستوى الانتاج الزراعي، وعلى مستوى انتاج المحاصيل وعلى مستوى تجارة المياه، وكان هدف البحث تقدير المردود الاقتصادي لتطبيق مفهوم البصمة المائية في مصر. اعتمد البحث على اسلوب التحليل الاقتصادي الكمي الذي يهتم بتقدير دالة الطلب الزراعي على المياه، واعتماد اربع مجموعات غذائية رئيسية للإنسان (الحبوب، السكريات، الزيوت، الفاكهة). استنتج البحث التوقف عن تصدير محاصيل كثيفة الاستخدام للمياه مثل قصب السكر مع اضافة الجدوى المائية قبل الجدوى الاقتصادية لتصدير المنتجات الزراعية، والاخذ بمبدأ تجارة المياه الافتراضية لما لها من قدرة على توفير كميات كبيرة من المياه.

(1) محمد رضوان المؤمني، اياح الحاجبي، استثمارات المياه الجوفية في الطبقات المائية العميقة في

الاحواض المائية الكبرى في الوطن العربي، وزارة المياه والري، عمان - الاردن، 2015.

(2) هالة محمد نور الدين عبد الله، تقدير الطلب على المياه الزرقاء وفقاً لمفهوم البصمة المائية

بجمهورية مصر العربية، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي، المجلد 27، ع4، 2017.

3- دراسة (لجنة الرقابة على اهداف التنمية المستدامة، 2018) بعنوان (المياه الافتراضية بين الواقع والمأمول: تحقيقاً لأهداف التنمية المستدامة)⁽¹⁾، بحثت الدراسة مفهوم الماء الافتراضي والمفاهيم المرتبطة به ك(تجارة المياه الافتراضية، الوفر المائي، ميزان المياه الافتراضية، البصمة المائية وانواعها)، كما بحثت الدراسة اهمية المياه الافتراضية ودورها في تحقيق اهداف التنمية المستدامة، تهدف الدراسة الى حل مشكلة محدودية الموارد المائية في المناطق الجافة عموماً وفي منطقة الشرق الاوسط على وجه الخصوص، للحفاظ على الاداء البيئي فيما يخص المياه عموماً كموارد طبيعية (عدالة- مساواة)، ومن منظور صحي (التلوث) ومن منظور اقتصادي (العدالة الاجتماعية والأمن الغذائي)، اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي لمراجعة الادبيات من كتب ومجلات علمية. كشفت الدراسة ضرورة ان تتبنى المنظمة العربية للأجهزة العليا للرقابة والمحاسبة هنا المفهوم الحديث وتسعى الى دراسة امكانية تطبيقية بالدول العربية علاجاً للمشاكل التي تواجهها في هذا الشأن، والتأكيد على ان تكون اهم اولويات بدائل الموارد المائية في البلدان العربية تنقية المياه الصرف، واستخدامها في ري المساحات الخضراء بهدف الحفاظ على المياه النقية لأغراض الشرب، وتجنب الاضرار البيئية التي تنتج عن تصريف مياه الصرف غير المعالجة في الانهار والبحار.

4- دراسة (شنيخر، 2018) بعنوان (إدارة الطلب على المياه وفق مؤشرات الكفاءة الاستخدامية لمياه الري دراسة تحليلية وتقييمية لحالة الجزائر)⁽²⁾. ناقش البحث إدارة الطلب على المياه والمؤشرات الخاصة بكفاءة استخدام المياه ونتاجية المياه، كما ناقش واقع الانتاجية المائية في الجزائر قياساً بما هي عليه في دول العالم وكان هدف البحث تقييم الكفاءة لاستخدامية لمياه الري في اطار إدارة الطلب على المياه في الجزائر، اعتمد البحث على المنهج الوصفي والمنهج التحليلي للبيانات. وتوصل البحث الى ان محدودية الموارد المائية تجعل من الضروري اتخاذ كافة الاجراءات الكفيلة من اجل كفاءة انظمة الري مع مراعاة الزيادة في الانتاج والتوفير في استهلاك المياه.

(1) المياه الافتراضية بين الواقع والمأمول: تحقيقاً لأهداف التنمية المستدامة، لجنة الرقابة على اهداف التنمية المستدامة المنظمة العربية للأجهزة العليا للرقابة المائية والمحاسبة، 2018.

(2) عبد الوهاب شنيخر، إدارة الطلب على المياه وقت مؤشرات الكفاءة الاستخدامية لمياه الري دراسة تحليلية وتقييمية لحالة الجزائر، مجلة اقتصاد المال والاعمال، المجلد 3، العدد 1، 2018.

5- دراسة (الديناصورى، فوز، 2019) بعنوان (دراسة اقتصادية للبصمة المائية وتجارة المياه الافتراضية لأهم محاصيل الحبوب في مصر)⁽¹⁾ ركّز البحث على دراسة الازمة المائية التي تمر بها مصر مع دول حوض النيل حول السد الاثيوبي، وناقش المفاهيم الحديثة لترشيد استهلاك المياه كمفهوم البصمة المائية، وتصدير حجم المياه اللازمة لمختلف السلع، وتقدير البصمة المائية ومؤشراتها لأهم محاصيل الحبوب في مصر والتي تتمثل في (الارز، القمح، الذرة الشامية) للفترة (2000-2006). هدف البحث الى تقييم السياسة الزراعية الاروائية لكل محصول من خلال مقارنتها بالبصمة المائية، وبمتوسط نصيب الفرد من المحصول، اعتمدت الدراسة على مصادر البيانات لوزارة الموارد المائية المصرية ووزارة الزراعة، كما اعتمد الاسلوب التحليلي الكمي من خلال معادلات الاتجاه الزمني العام، ونماذج تقدير البصمة المائية ومؤشراتها لأهم محاصيل مصر، توصل البحث الى تزايد البصمة المائية للفرد من محصول القمح بمعدل بلغ 4,2% مع زيادة نصيب الفرد منه مما يعكس قصوراً بالسياسة الزراعية الاروائية للقمح، كما بلغ صافي الواردات المائية منه نحو 4,77 مليار متر مكعب خلال فترة الدراسة.

6- دراسة (محمد، 2022) بعنوان (دور تجارة المياه الافتراضية في التحديات المائية في الشرق الاوسط)⁽²⁾. ناقش البحث عدّة نقاط اهمها، التحديات المائية في منطقة الشرق الاوسط وما تعانيه المنطقة من سياسات مائية غير منصفة من قبل دول التشارك المائي، واهمية تجارة المياه الافتراضية لتحقيق استدامة المياه في المنطقة، واعتماد هذه التجارة كبديل لحل مشكلة المياه في مصر، كما ركّز البحث على دراسة البصمة المائية (fw) وانواعها، واعتقادها في اوجه القصور في تجارة المياه الافتراضية. هدف البحث الى الوقوف على حقيقة المياه الافتراضية كأداة لحفظ الموارد المائية ورفع كفاءة استعمالها، واعتمد على المنهج الوصفي في عرض البيانات والمعلومات والتحليل الاحصائي للبيانات المرتبطة في تجارة المياه الافتراضية. كشف

(1) فوزي محمد الديناصورى، محمود محمد فوز، دراسة اقتصادية للبصمة المائية وتجارة المياه الافتراضية لأهم محاصيل الحبوب في مصر، جامعة كفر الشيخ، مجلة العلوم الزراعية المستدامة، م45، ع4، 2019.

(2) أماني عصام محمد، دور تجارة المياه الافتراضية في التحديات المائية في الشرق الاوسط، مجلة العلوم السياسية، جامعة حلوان، المجلد 23، العدد 4، اكتوبر، 2022.

البحث عن الأهمية الماسة لإعادة النظر بشكل جاد في السياسات الزراعية المتبعة في مصر، لا سيما السياسات المتبعة في زراعة الرز لأغراض التصدير كي يتبنى توفير قدر من المياه الفعلية التي يمكن توجيهها لأغراض أكثر أهمية للأمن الوطني، على سبيل المثال عوضاً عن استهلاك المياه في زراعة الارز الموجه لتصدير يمكن الاستفادة منها في سد العجز المحلي من القمح والارز.

7- دراسة (العصفور) بعنوان (منهجية استكشاف المياه الجوفية باستخدام تقنية الاستشعار عن بُعد (RS) لتنظيم المعلومات الجغرافية (GIS)⁽¹⁾) ناقشت الدراسة إمكانية رصد مؤشراتها ودلائل وقرائن تدل على وجود المياه الجوفية في مكان ما وذلك من خلال الصفات والخصائص والتراكيب الجيولوجية الطبيعية لمنطقة الدراسة بواسطة بيانات مرئيات الاستشعار عن بُعد image. واعتمدت الدراسة على تحليل المرئيات واستخدام الأشعة الكهرومغناطيسية في التحليل. وكان هدف الدراسة انتاج تقارير وخرائط علمية بحيث تعكس ادق الاحتمالات الملائمة لمسارات المياه الجوفية واحتمالات تجمعها، وتوصلت الدراسة الى اعتماد مؤشرات الغطاء النباتي، ومناطق تغذية المياه والمراوح النفطية، والادوية الجافة كدلالة على وجود المياه، وبيّنت ان التقنيات الحديثة تتميز بقلّة التكلفة واعلى دقة واكثر شمولية مقارنة بالطرق التقليدية والجيولوجية والجيوفيزيائية.

8- دراسة (ابو سعد، ابو زيد، 2022) بعنوان (كفاءة استخدام مياه الري لأهم المحاصيل في الزراعة المصرية)⁽²⁾. بحثت الدراسة كفاءة استخدام مياه الري للمحاصيل المختلفة خلال فترة الدراسة وكان هدف الدراسة توافر مبدأ معظمه صافي عائد المياه المستخدمة في ري المحاصيل، واعتمدت الدراسة على حساب صافي عائد الوحدة المائية، وقيم الانتاجات الحدية لمدخل حياة الري في المحاصيل المختلفة، بيّنت الدراسة ان افضل المحاصيل استخداماً للمياه خلال العروة

(1) سعد ابراهيم العصفور، منهجية استكشاف المياه الجوفية باستخدام تقنية الاستشعار عن بُعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، معهد بحوث الغطاء مدينة عبد الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، ب.ت.

(2) حسن نبيه ابو سعد، ايمن محمد محمد ابو زيد، كفاءة استخدام مياه الري لأهم المحاصيل في الزراعة المصرية، جامعة المنوفية، كلية الزراعة، قسم الاقتصاد الزراعي، مجلد 7، العدد 27، 2022.

الشتوية هما محصولي الطماطم والبرسيم واقل المحاصيل كفاءة خلال نفس العروة محصول البنجر أذ حققت اقل صافي عائد للوحدة المائية.

9- دراسة (Mapping of Evapotranspiration and Determination of The water footprint of a potato Crop grown in Hyper- Arid Regions in Saudi Arabia)⁽¹⁾. بحثت الدراسة تقدير كمية التبخر والنتح لمحصول البطاطس خلال فترة النمو المبكرة في شهر والمتأخرة في شهر وتقدير البصمة المائية لكل فترة نمو، بهدف تحديد أي الفترات اقل استهلاكاً للمياه واكثر كفاءة في الانتاج، واعتمدت الدراسة على الصور المتعددة الابعاد المستشعرة عن بُعد، لتقدير الكتلة الحيوية والانتاجية، واعتمدت الدراسة على خوارزمية توازن الطاقة السطحية على الارض في تحليلات المرثيات، توصلت الدراسة الى ان كمية الاستهلاك المائي خلال فترات النمو المبكرة تصل الى 475 م³ في حين ان فترات النمو المتأخرة تصل الى 357 م³ بسبب تزامنها مع موسم سقوط الامطار وهي الاكثر كفاءة.

⁽¹⁾ Khalid A. Al-Gaadi, Salah, El-Hendawy, Mapping of Evapotrans Privation and Determination of The water footprint of a potato to crop Grown in Hyper- Avid Regions in Saudi Arabia, king Saud university, college of Food and Agri city sciences, Saudi, Arabia, 2023.

ثالثاً: الدراسات العالمية

1- دراسة (Renault, 2002) بعنوان (Value of Virtual water in food: Principles and Virtues)⁽¹⁾. تطرقت الدراسة الى وجهات النظر المختلفة حول المياه الافتراضية منها الرؤية الاستراتيجية للأمن الغذائي، أي استخدام الدولة الاسواق الدولية لسد امداداتها الغذائية، ومن اجل تخفيف الضغط على الموارد الطبيعية، والرؤية الليبرالية أي اعتماد المياه الافتراضية من خلال الواردات الغذائية كوسيلة لفتح سوق للمياه، والرؤية البيئية أي اعادة توجيه الانتاج الى المناطق التي تكون فيها الظروف الطبيعية افضل لتحقيق الكفاءة والاستدامة، تهدف هذه الدراسة الى تحديد قيمة المياه الافتراضية وتقييمها عملياً، بيّنت الدراسة تقاسم تجارة المياه الافتراضية في العالم بين منتجات الطاقة، ومنتجات الدهون، ومنتجات البروتين، كما اوضحت الدراسة ان تجارة المياه الافتراضية لا تؤدي الى تحقيق وفورات في المياه للبلدان المستوردة فحسب، بل توفر ايضاً وفورات حقيقية في المياه على مستوى العالم بسبب الفارق في انتاجية المياه ويؤدي تخزين الطعام ايضاً الى توفير حقيقي للمياه مع مرور الوقت، اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي والاسلوب الاحصائي.

2- دراسة (Hoekstra, Bulsink, 2009) بعنوان (The water foot print of Indonesian Provinces related to the consumption of crop products)⁽²⁾. سلطت الدراسة الضوء على البصمة المائية (الزرقاء، الخضراء، الرمادية) لجميع مقاطعات اندونيسيا، وللقطاعات الصناعية والزراعية، كما ناقشت نفقات المياه الافتراضية المقاطعات، وتدفقات المياه الافتراضية المتعلقة بالتجارة للمحاصيل المستوردة، تهدف الدراسة الى مقارنة البصمة المائية المحلية بالموارد المائية المتاحة محلياً وتقييمها، اعتمدت الدراسة على الاسلوب الاحصائي وبيانات وزارة التجارة الإندونيسية، بيّنت الدراسة ان البصمة المائية للمياه الافتراضية الخارجية كبيرة فهي تساهم بشكل كبير في التجارة الدولية والاقليمية ترتفع البصمة المائية بشكل

(¹) Daniel Renault, Value of virtual water food principles and virtues, food and Agriculture organization of the united Nations, Rome, Italy, 2002.

(²) F. Bulsnk, A.Y. Hoekstra, The water foot print of Indonesian provinces related to the consumption of crop products, Twente water center university of Twenty, Enscheda, The Netherlands, 2009.

كبير في مقاطعة سومطرة، في حين تنخفض البصمة في مقاطعة جاوة حيث ندرة المياه مقارنة بباقي مقاطعات اندونيسيا.

3- دراسة (Schwartz, 2010) بعنوان (water foot print of beef production: Critical review of current approchs)⁽¹⁾. بحثت الدراسة اهمية لحوم البقر بالنسبة للسكان في الدول المتقدمة والدول المتأخرة واماكن انتشار تربية الابقار في العالم، كما ناقشت تجارة لحوم البقر وتقدير كمية المياه المستخدمة في عملية الانتاج على مختلف مراحل تربية الابقار، وعدت المياه المستخدمة في الانتاج مياة افتراضية داخلة في التجارة الدولية، كان هدف الدراسة تقدير كمية المياه الافتراضية لتجارة لحوم البقر، توصلت الدراسة الى ان لحوم البقر هي السلعة الغذائية التي تحتوي على اعلى محتوى مائي افتراضي، أي اعلى متعلقة للمياه لكل وحدة منتج اعتماداً على قاعدة العلف وانظمة الانتاج، وسلالات المائبة المعنية، وعوامل اخرى، واعتمدت الدراسة على تقدير كمية المياه الافتراضية لعدد من المنتجات من بينها الحبوب ولحوم الابقار.

4- دراسة (Krol- Salama, 2010) بعنوان: (Remote sensing method for estimating green and blue water foot print)⁽²⁾. ناقشت الدراسة طريقة تحليل البصمة المائية باعتماد بيانات الاستشعار عن بُعد المأخوذة من نظام مراقبة الارض ومحاكاة نماذج هطول الامطار ورطوبة التربة والتبخر والنتح والجريان السطحي، هدف البحث الى تحديد حجم المياه المستهلكة في الانتاج على اساس نوع البصمة المائية فيما اذا كانت بصمة مائية زرقاء او بصمة مائية خضراء، واعتمدت الدراسة الى تقنيات الاستشعار عن بُعد بالإضافة الى البيانات الهيدرولوجية للمنطقة، توصلت الدراسة الى امكانية تقدير البصمة الخضراء والزرقاء على نطاق عالمي باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد وتنبؤات نماذج سطح الارض.

(¹) V. Horst Jueren Schwartz, water foot print of beef production: critical review of current approaches, Revisit Argentine de production Animal, V.30, 2, 2010.

(²) M. Shuhyb Salama, Maartens. Krol, remote sensing method for estimating green and blue water fool prime Remote sensing and Hydrology (Proceeding of a symposium held at Jackson Hole Wyoming, USA, September, 2010).

5- دراسة (2011, Aldaya, Salmoral) الموسومة بـ (The water foot print of olives and olive oil in Spain)⁽¹⁾. ركزت الدراسة على تقدير البصمة المائية لزيت الزيتون مع الاخذ مدن اسبانيا، مع الاخذ في الاعتبار متغيرات اخرى تختلف جغرافياً مثل نوع التربة ونظام الانتاج والاختلاف مع مرور الوقت للظروف المناخية، كما حددت مناطق زراعة الزيتون البصلية والمرورية، اعتمدت الدراسة على بيانات حوليات الاحصاءات والزراعة، ونموذج (ROPWAT) المعتمد من منظمة الاغذية والزراعة، والذي يعتمد في التميز بين الزراعة البعلية والزراعة المرورية. اظهرت الدراسة ان 99,5% من البصمة المائية لإنتاج زيت الزيتون المعبأ يرتبط بإنتاج الزيتون، و0,5% فقط يرجع الى مواد اخرى (الزجاجة، الغطاء، اللاحق)، وتمثل البصمة المائية الخضراء 72% في انظمة الاراضي الجافة، و21% فقط في بساتين الزيتون المرورية، وتمثل البصمة الرمادية 0,1% والبصمة الزرقاء 6%.

6- دراسة (2011, Cooley, fulton) بعنوان (California's water foot print)⁽²⁾. ركزت الدراسة على استخدامات المياه التقليدية للمواطن العادي في كاليفورنيا (كالشرب، الغسل، الاستحمام) والتي تشكل جزء بسيط من الاستهلاك المائي، بالإضافة الى الاستخدامات الاكثر استهلاكاً للمياه والتي تدخل في عمليات الانتاج، ضمن الانشطة الصناعية والزراعية، وتعد هذه المياه مياه افتراضية، كان هدف الدراسة تقدير البصمة المائية الداخلية والبصمة المائية الخارجية لمدينة كاليفورنيا باعتبارها اكثر المدن اكتظاظاً بالسكان، اعتمدت الدراسة على استخدام المنهج المقارن، من خلال مقارنة البصمة المائية الداخلية والخارجية لمدينة كاليفورنيا مع عدد من الدول كأستراليا وكندا. اهم استنتاجات الدراسة ان متوسط البصمة المائية للمواطن كاليفورنيا بلغ 1500 جالون وهذه الكمية اقل بكثير من متوسط بصمة المياه للمواطن الامريكي التي تبلغ 1600 جالون وهذا يشير الى ان البصمة المائية في كاليفورنيا تشمل كمية اكبر من المياه الزرقاء، كما تشير

(¹) G. Salmoral, M.M. Aldaya, The water foot print of olives and olive oil in Spain, Department of Agriculture Economics, Universidad polytechnic de Mdrid, Spain, (4-9), 2011.

(²) Julian Fulton, Heather Cooley, California's water foot print, pacific Institute, Preservation Park Oakland, California, 2011.

الى الاستهلاك الكبير للموارد المائية من خارج الولاية من خلال الواردات مرتفع أيضاً بسبب الكثافة السكانية.

7- دراسة (Remote sensing and empirical methodologies to assess green water footprint in River Basin scale)⁽¹⁾. تسلط هذه الدراسة الضوء على استخدام المياه في مدينة (western Peloponnese) في اليونان خلال الفترة ما بين (2010-2013) وتقدير بصمة المياه الزرقاء والخضراء، للاستخدامات الرئيسية في المدينة (المراعي- الغابات- الاراضي الزراعية، المياه). اعتمدت الدراسة على طريقة (Hargreaves) التي تستخدم البيانات المناخية للتبخر والنتح للنباتات، كما استخدمت تقنيات الاستشعار عن بُعد كطريقة اخرى في تقدير التبخر والنتح، وكان هدف الدراسة اجراء مقارنة بين طريقة تقدير البصمة المائية بواسطة تقنيات الاستشعار او بالطرق التجريبية واهم ما توصلت اليه الدراسة يمكن لأنظمة القياس السطحية والاقمار الصناعية ان توفر تقديرات دقيقة للتقلب اليومي والسنوي للهطول والنتح والتبخر.

8- دراسة (water food print: helper Hindrance)⁽²⁾. بحثت الدراسة تطور مفهوم البصمة المائية منذ بدايتها في التسعينات، كما استعرضت التطبيقات الرئيسية للبصمة المائية في المجالات الزراعية والصناعية باعتبارها وسيلة فعالة لزيادة الوعي بالتحديات العالمية للمياه، كان هدف الدراسة تحقيق ادارة افضل للمياه في العالم لرفع مستوى الوعي وإدارة المخاطر المشتركة المتعلقة بالمياه، اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي باعتماد الدراسات الاكاديمية الخاصة بالبصمة المائية في العالم، وباعتماد هذه الافكار توصلت الدراسة الى مجموعة من (القواعد الذهبية) لتوصية الاستخدام المستقبلي لأدوات البصمة المائية.

(¹) Tampouratzi V.L, Papadopoulou, Remote sensing and empirical methodologies to assess green water foot print in River Basin scale, Proceeding I of The 14th international conference on Environmental science and Technology, Rhodes, Greece 3-5 September 2011.

(²) Ashok kumar chapping, David tickner, water foot print: helper hindrance, water alternatives, V.5, Issue 3,2012.

9- دراسة (The water foot print of a river basin with a special focus on ground water: The case of Gaada Iquivi basing spacing)⁽¹⁾. ركزت الدراسة على المياه من طبقة المياه الجوفية لحوض الوادي الكبير في اسبانيا وعواقبها على استنفاد المياه السطحية الحالي والمستقبلي، كان هدف الدراسة تقدير الاستهلاك المائي لحوض الوادي الكبير من المياه السطحية والمياه الجوفية خلال سنوات الجفاف والسنوات الرطبة، واعتمدت الدراسة على تقدير البصمة المائية للمياه الجوفية وتقدير البصمة المائية للحياة السطحية لمختلف الاستخدامات البشرية. أهم ما توصلت اليه الدراسة ان المياه الجوفية لا تشكل موارد اضافية للتعويض عن المياه الجوفية، وان استخدام المياه عام 2008 والذي بلغ 720 م³ من المياه الجوفية قلل من توافر المياه السطحية.

10- دراسة (The agriculture water foot print assessment and the virtual water trade accounting)⁽²⁾. ناقش البحث تقييم إمكانيات الاقمار الاصطناعية في دراسة البصمة المائية الزراعية من خلال مؤشرات الرطوبة والجفاف وكتلة الغطاء النباتي والغاية من هذا البحث معرفة إمكانيات الاستشعار عن بُعد في دراسة البصمة المائية وتجارة المياه الافتراضية، اعتمدت الدراسة بشكل رئيس على بيانات (RS) من القمر الصناعي L-andsat باستخدام اجهزة استشعار تعمل بالموجات عالية التردد والتي تعتمد على الاشعة تحت الحمراء القريبة (NIR)، كشفت الدراسة ان الاستشعار عن بُعد يوفر ادوات جديدة يمكن استخدامها لتقييم البصمة المائية في الدول الاوربية، ويمثل نهجاً مبتكراً لرسم خرائط الري الاقليمية والعالمية، وأكدت الدراسة على إمكانية استخدام المنتجات

(¹) Gloria salmoral, M. Ramon Liamas, The water foot print of a river basin with a special focus on ground water: The case of Gonadal quiver basin (Spain), water observatory of The Biotin Floation, Universidad complutensede Madrid, faculty of Geology, Madrid, Spain, 2013.

(²) Leonidoas Toullos, Romaguera, Potential of remote sensing techniques to improve the a agriculture water foot print assessment and the virtual water track accounting, university of Malta, conference paper in proceeding of SPIE, the international society for optical Engineering August, 2013.

الفضائية المتعلقة بالمياه كدورة الرياح الموسمية والتبخّر، والنّتح ورطوبة التربة في تقييم البصمة المائية الزرقاء والخضراء.

11- دراسة (2013, Castro, Francke) بعنوان (Carbon and water foot print analysis of a soap bar)⁽¹⁾. ناقش البحث العلاقة بين بصمة المياه والبصمة الكربونية في الإنتاج لمنتج الصابون من شركة (Natura Cosmetics) سلط الضوء على جميع الموارد الداخلة في الإنتاج من المواد الأولية وصولاً إلى ما بعد الاستهلاك، هدف البحث إلى تحديد كيفية التعامل بشكل تآزري مع مؤشرات الضغط البيئي (والتي يعد الكربون المؤشر الرئيس فيها) من أجل المساعدة في بناء استراتيجيات مستقبلية أكثر استدامة، واعتمد البحث على عدة بيانات بدءاً من زراعة النخيل ثم الحصول على زيت النخيل، وكذلك بيانات الطاقة الكهربائية المستخدمة في إنتاج القطعة الواحدة حتى بيانات التخلص من المخلفات بعد الاستهلاك واستخدم البحث الأسلوب الكمي في تقدير النسب، كشف البحث أن الكميات الرئيسية التي تمثل اللونين الأزرق والرمادي تحدث في مرحلة الاستخدام والتخلص من المنتج عندما لا يكون الصابون تحت متناول الشركة، ويمثل استخدام المنتج والتخلص منه 70% من إجمالي البصمة المائية و61% من إجمالي البصمة الرمادية وارتفاع انحاء الكربون في مرحلة الزراعة لاستخدام الاسمدة في زراعة النخيل.

14- دراسة (2014, Hoekstra, Orlosky) بعنوان (Today's virtual water consumption and trade under future water scarcity)⁽²⁾. ركّزت الدراسة على دراسة نسب الشدة والاستدامة للمياه في العالم للفترة الحالية والمستقبلية (2009-2010) في ظل التغير المناخي الذي يشهده العالم اليوم، واعتمدت الدراسة على بيانات الأقمار الصناعية في تقسيم العالم إلى بلدان لا تعاني من ندرة المياه في الوقت الحالي مثل روسيا والسودان، وبلدان

(¹) I.C. M Francke, J.F.W. Castro, Carbon and water foot print analysis of a soap bar produced in Brazil by Nature cosmetics, journal, water resources and Industry (1-2), 2013.

(²) Borlowsky, A.Y. Hoekstra, Today's virtual water consumption and trade under future water scarcity, Department of water Engineering, Management, university of Twente, Enscheda, Netherlands, 2014.

تعاني من ندرة المياه مثل سوريا والعراق ومصر، وبلدان تعتمد الاستدامة في المياه الخضراء والزرقاء مثل كندا، نيوزلندا وأستراليا، اهم ما كشفت عنه الدراسة الانخفاض الكبير لتوافر المياه في المستقبل بسبب تغير المناخ وخاصة في البلدان التي تعاني من ندرة المياه في الوقت الحالي، ولا بد لها من إعادة تنظيم تجارة المياه، كما اكدت الدراسة على ان توافر المياه في بلد ما ليس كافياً اذا كان البلد مهتماً بالاستهلاك الافتراضي للمياه، وان تغير المناخ يتطلب تغيرات جوهرية في استهلاك المياه وإنمات تجارة المياه الافتراضية.

15- دراسة (Using Remote Sensing بعنوان (2015, Pie terse and Victory) to map and Monitor water Resources in Arid and semiarid Regions)⁽¹⁾.

بحنت الدراسة العلاقة الوثيقة بين المياه الجوفية والمياه السطحية في البيئات القاحلة والبيئات الرطبة باعتماد بيانات الاستشعار عن بُعد وقياس توزيع المياه الزماني والمكاني والتعرف على مواقع المياه الجوفية من خلال الصور المستشعرة عن بُعد باعتماد البصمة الطيفية للنبات باعتبارها مؤشر من مؤشرات الجفاف، وتهدف الدراسة الى استعراض تقنيات الاستشعار عن بُعد الاكثر فعالية لكشف ورسم خرائط الموارد المائية في البيئات القاحلة وشبه القاحلة.

16- دراسة (Water foot print and virtual water Trade of Brazil)⁽²⁾. ناقشت الدراسة التوزيع الجغرافي لمصادر المياه السطحية والجوفية في البرازيل، والتوزيع الجغرافي للمناطق شبه الجافة التي تتعرض الى حالات الجفاف المتكررة والشديدة واثرها على الانتاج الزراعي، كما حددت مناطق توزيع السكان على مستوى الدولة، والهدف من هذه الدراسة تقييم تجارة المياه الافتراضية الدولية للبرازيل والبصمة المائية للمدة (2012-1991). كشفت الدراسة امتلاك البرازيل موارد مائية وفيرة ولكن حوالي 73% من المياه الهندية المتاحة تقع في حوض الأمازون حيث يعيش اقل من 5% من السكان، وتظهر النتائج ان متوسط البصمة المائية لاستهلاك الغذاء البرازيلي هو 1619 م³/شخص/

⁽¹⁾ Victor Klemas, Aline pie terse, using Remote sensing to map and Monitor water Resources in Arid and semiarid Regions, Department of Geological sciences, university of Delaware, Newark, De, USA, 2015.

⁽²⁾ Vicente de paulo, R. da Silva, water foot print and virtual water Trade of Brazil, university of pernambuco, Recife, journal, water p, 517, 2016.

سنة، وان صافي تصدير المياه الافتراضية 54,8 مليار م³/ سنة، تتجه بشكل اساسي الى اوروبا بمقدار 41% من اجمالي كمية المياه الافتراضية. اعتمدت الدراسة على البيانات المتعلقة بالسكان والانتاج والاستهلاك السنوي للمنتجات الزراعية من قبل المعهد البرازيلي للجغرافيا والاحصاء، وكذلك البيانات المتوفرة لدى وزارة التجارة والصناعة البرازيلية.

17- دراسة (2016, Guan, Serrano) بعنوان (Virtual water Flows in The EV27 A consumption-based Approach)⁽¹⁾. ركزت الدراسة على استخدام الموارد المائية في الاتحاد الاوربي وكميات المياه المستخدمة في التجارة الدولية بين دول الاتحاد الاوربي ودول العالم الاخرى، وتقدير كمية المياه الافتراضية المتجمدة في المنتجات المستوردة والمصدرة للاتحاد الاوربي، واعتمدت الدراسة على البيانات الاقتصادية والبيئية، لتقدير البصمة المائية (الزرقاء، الخضراء، الرمادية) تشير نتائج الدراسة الى ان اوروبا تستورد مياه افتراضية بنسبة 51% من اجمالي مناطق العالم، اكثر من استهلاكها لمواردها المائية والذي يقدر بنسبة 49%، ويتم تصدير نسبة 19% من المياه الى مناطق اخرى من العالم، ويتم نقل 14% من هذه المياه داخل الاتحاد الاوربي واكبر الدول المصدرة للمياه الخضراء المتجددة في المنتجات الزراعية هي اسبانيا وفرنسا، وتعد بولندا اكبر مصدر للمياه الرمادية.

18- دراسة (2016, Grrido, Blas) بعنوان (Evaluating the water foot print of the Mediterranean and American Dieets)⁽²⁾. ركزت الدراسة على توصيف مكونات النظام الغذائي للبحر الابيض المتوسط والولايات المتحدة الامريكية في كل نظم غذائي خلال الموسم الواحد، وتضمنت الدراسة انواع الوجبات الرئيسية في كل نظام وجبة الافطار وجبات طبيعية، والوجبات الرئيسية العشاء والغداء، بالاعتماد النظام الغذائي الموصى به من قبل منظمة التغذية التابعة للوزارة الامريكية والمبادئ الغذائية التوجيهية التي وضعتها مؤسسة النظام الغذائي

(¹) Ana Serrano, Dabo Guan, Virtual water flows in the Eu27, A consumption- based Approach, Journal of Industrial Ecdogy, V. 20, N. 3, 2016.

(²) Alejandro Blas, Alberto, Evaluating the water foot print of the Mediterranean and American Diets, water observatory of the Biotin foundation, water, 6,8, Madrid, Spain, 2016.

للبحر الابيض المتوسط، كما بحثت الدراسة البصمة المائية للفرد الواحد في كل نظام، والبصمة المائية للمنتجات المستوردة في كلا النظامين، الهدف الرئيس من هذه الدراسة تقييم البصمة المائية (wf) لنظامين غذائيين موصى بهما (البحر الابيض المتوسط في اسبانيا، والولايات المتحدة الامريكية) لفهم العلاقة بين اصل المنتجات وانماط الاستهلاك وتأثيرها على اجمالي (wf) واستدامة النظام الغذائي العالمي. كشفت الدراسة ان تبني نظام غذائي متوسطي من شأنه ان يؤدي الى توفير كميات كبيرة من المياه في امريكا، وهنا يعني ان الانظمة الغذائية القائمة على استهلاك منخفض للحوم اكثر استدامة بيئياً من حيث توفير المياه، كما تعد (wf) الرمادية اكبر بكثير في الولايات المتحدة الامريكية ويرجع ذلك اساساً الى التلون الاكبر بالنيتروجين في موارد المياه عن اتاج البقوليات والمكسرات.

19- دراسة (2016, Konar, Chini) الموسومة بـ (Direct and indirect urban water foot prints of the united states)⁽¹⁾. ناقش البحث الاستهلاك المباشر وغير المباشر للمياه في البيئة الحضرية، واعتمد البحث على تحديد احجام المياه المباشر من خلال طلبات السجلات المفتوحة لمرافق المياه والتي تستخدم في الاغراض المنزلية، وتقدير البصمة المائية لمختلف الاستخدامات المباشرة، وحدد ايضاً المياه الغير مباشرة والتي تدخل في انتاج الطاقة والغذاء، كما اعتمد البحث على مسح تدفق السلع الذي اجراه مكتب الاحصاء الامريكي ووزارة الزراعة في تحديد البصمة المائية الغير مباشرة، في المناطق الحضرية في الولايات المتحدة الامريكية، يهدف البحث الى الكشف عن العلاقة بين الغذاء والطاقة والمياه على المستوى الحضري، كشفت الدراسة عن هيمنة المياه غير المباشرة التي تتكون من المياه الافتراضية والمياه مقابل الطاقة على دورة المياه في المناطق الحضرية، وتعد المياه غير المباشرة اكبر بكثير من المياه المباشرة.

(¹) Christopher M. Chini, Megan Knar, Direct and indirect water foot print of the united states, Department of civil and environmental engineering, university of I llinoisat urban- Champaign, urban, I lli nois, USA, water, Resources, research, 2016.

20- دراسة (water and food Nexus: Role of socio- Economic status on water- food nexus an urban Agglomeration Hyderabad, India using consumption water foot print)⁽¹⁾. ناقشت الدراسة الكمية الاجمالية للكميات الغذائية المستهلكة للمياه لمختلف المنتجات الغذائية ولجميع الطبقات الاقتصادية في حيدر آباد كما فسرت البصمة المائية الاستهلاكية لمختلف المنتجات الغذائية المرتبطة بالوضع الاجتماعي والاقتصادي للمنطقة، وتم تجميع المنتجات الغذائية في تسع مجموعات وهي (الحبوب، الفواكه، الماشية، القهوة والشاي، الالبان، الزيوت، البقوليات، السكريات والخضروات)، وكان هدف الدراسة تحليل العلاقة بين الماء والغذاء والخصائص الاجتماعية والاقتصادية للسكان، واعتمدت الدراسة على النهج الذي يركز على المستهلك والمنهج الوصفي بالإضافة الى الاسلوب الاحصائي، صنفت الدراسة المجموعات الغذائية الى كثيفة الاستخدام للمياه ومحايدة للمياه وصديقة للمياه، وعدت الحبوب واللحوم الاكثر استهلاكاً للمياه، كما عدت الطبقات الاقتصادية العليا الاكثر كثافة في استخدام المياه بنسبة 80%، والطبقات المتوسطة بنسبة 12% والطبقات الدنيا 8%.

21- دراسة (Spatial and temporal analysis in land and water productivity using WaPOR data)⁽²⁾. ناقشت الدراسة التوزيع المكاني والزمني لإنتاجية الاراضي من الكتلة الحيوية المنتجة وكمية المياه الداخلة في عملية الانتاج في مدينة ميتاھارا، واعتمدت الدراسة على استخدامات بيانات (WaPOR) التي توفر الوصول المفتوح الى البيانات المعتمدة في الاستشعار عن بُعد، وهدفت الدراسة الى زيادة انتاجية محصول قصب السكر مع تقليل استخدام المياه، كشفت النتائج الزمنية لهذا البحث ان انتاجية

⁽¹⁾ Koteswara Rao, satish, regna, water and food vexes: Role of socio- Economic status on water food vexes in an urban Agglomeration Hyderabad India, Asing consumption water foot print, Department Fecal Engineering, water resources Division, Indian institute of Technology Hyderabad, 2021.

⁽²⁾ Aisha Janssens, spatial and temporal analysis in land and water productivity sciences and management, Department of Geosciences, 2022.

المياه انخفضت مع مرور الزمن، بسبب حالات الجفاف وزيادة تجمع التربة، وانخفاض قدرة الترشيح خاصة في الحقول القريبة من بحيرة باسাকা.

الثاني عشر: مفاهيم الدراسة

1 - المياه الجوفية (Groundwater) : تعرف بأنها المياه الموجودة في الطبقات الحاملة للمياه في المسامات الموجودة بين حبيبات الصخور أو التربة⁽¹⁾.

2 - سطح المياه الجوفية (water Table): السطح المحدد لأعلى النطاق المشبع بالمياه والذي يكون الضغط على امتداده هو ضغط جوي تماماً؛ وذلك لأنه أسفل هذا السطح يكون الضغط أعلى من الضغط الجوي أي السطح الفاصل بين منطقة الخاصية الشعرية ونطاق التشبع⁽²⁾.

3 - الهيدرولوجيا (Hydrology): علم المياه وهو علم يختص بدراسة المياه وهو علم يتوسط بين العلوم المناخية والكيميائية والهندسية والجيولوجية وينقسم إلى قسمين هما الهيدرولوجيا السطحية والجوفية.

4 - الخزان الجوفي (Aquifer): هي طبقة صخرية لها نفاذية ومسامية تحتوي على المياه بكميات مناسبة تسمح لها بالحركة والانتقال خلال الظروف الطبيعية.

5 - الخزان الجوفي المحصور (confined aquifer): طبقة صخرية تتميز بسمك محدد اعتماداً على الطبقات الكتيمية التي تمثل الحدود العليا والسفلى للمكمن ويسمى مستوى الماء بعد ارتفاعه بالبئر بالمنسوب البيزومتري لأن الضغط الهيدروليكي فيه يكون أعلى من الضغط الجوي⁽³⁾.

(¹) kraseman, deridder, analysis and evaluation of pumping test data, for land decimation prurient, 1979, pp 209.

(²) إبراهيم حسن حميدة، الهيدرولوجيا والمياه الجوفية، كلية الزراعة، جامعة القاهرة، ط1، 1998،

(³) Kraseman, Deridder, analysis and evaluation of pumping test data, for land rechmiton provident, 1979, pp 209.

6 - الآبار (walls): البئر عبارة عن حفرة داخل الأرض تتصل بالخرزان الجوفي وتنزح منها المياه يدوياً أو باستخدام المضخات⁽¹⁾.

7 - المؤشر (Index): وسيلة لقياس تركيز ظاهرة ما، ليخلص في قيمة واحدة تفاعل الهدف مع نطاقات طبيعية محددة من الطاقة الكهرومغناطيسية، وكأنها معايرة ذلك الهدف بدرجة خصائصه⁽²⁾.

8 - نموذج الارتفاع الرقمي (DEM): تمثيل احصائي للسطح المتصل (غير المنقطع) للأرض، وذلك من خلال عدد كبير من النقاط المختارة والتي لها احداثيات ثلاثية الأبعاد (Z,y, x)⁽³⁾.

9 - جودة المياه (water quality): تقييم الحالية الفيزيائية والكيميائية للمياه مقارنة بحالتها الطبيعية وتأثيراتها على الاستخدامات البشرية، ويوفر مؤشر جودة المياه قيمة واحدة تعبر عن متوسط جودة المياه في وقت ما بناءً على القيم التحليلية للخصائص الفيزيائية والكيميائية⁽⁴⁾.

10 - مؤشرات جودة المياه (Water quality indicators): معايير تحدد مدى ملائمة المياه للاستخدامات البشرية ابتكرها العالم (Horton) الذي ابتكر أول مؤشر لجودة المياه (WQI) أجرى العلماء العديد من التعديلات على هذا المؤشر مما أدى إلى ظهور العديد من المؤشرات الأخرى كمؤشر التلوث بالمعادن الثقيلة، ومؤشر التلوث بالصرف الصحي، والمؤشر الكندي⁽⁵⁾.

(1) عصام محمد عبد الماجد احمد، عباس عبد الله إبراهيم، الهيدرولوجيا، دار جامعة السودان، الخرطوم، ط1، 2002، ص69.

(2) محمد اطخيخ ماهود، استخدام الأدلة والمؤشرات الطبيعية لمراقبة تغير الامتداد المكاني لظاهرة الكثبان الرملية في قضاء علي الغربي، مجلة جامعة البصرة، كلية التربية للبنات، 2021، ص1.

(3) عبد الله حسن محمد الاسمري، انشاء نموذج ارتفاعات رقمي واستخدامه في تطبيقات ومنتجات نظم المعلومات الجغرافية، جامعة المنوفية، كلية الآداب، شعبة البحوث الجغرافية، مجلة مركز الخدمة للاستشارات البحثية، العدد ...، 2017، ص11.

(4) Iuliana Gabriela, Alexander Ioan, water quality index- an instrument for water resources management, University, faculty of geography and geology, Romania, 2014, pp 391.

(5) ميس طه حميد، تقسيم تلوث نهر سارية (خريسات) ببعض العناصر الثقيلة، كلية الزراعة، جامعة ديالى، 2024، ص18.

11 - كفاءة المياه (Water efficiency): مؤشر للعلاقة بين كمية المياه اللازمة لغرض معين وكمية المياه المستخدمة أو المقدمة، ويهدف هذا المفهوم إلى المحافظة على المياه عن طريق التشدد في انجاز أي عمل أو عملية تحتاج إلى المياه بأدنى كمية من المياه⁽¹⁾.

12 - البصمة المائية الزرقاء (Blue water print): حجم المياه الزرقاء المستهلكة فعلياً في كامل خطوط ومراحل عمليات الإنتاج لأي منتج.

13 - البصمة المائية الخضراء (Green water footprint): تشير إلى استهلاك الموارد المائية الخضراء وهي في الأغلب مياه الأمطار والتي تستخدم مباشرة لإنتاج محاصيل أو أي استعمالات أخرى للمياه الخضراء.

14 - البصمة المائية الرمادية (grey water footprint): حجم المياه العذبة المطلوبة لاستيعاب حمولة الملوثات الناتجة عن عملية معينة⁽²⁾.

15 - المياه الافتراضية (Virtual water): تعرف بأنها: "ذلك القدر من المياه اللازم لإنتاج سلعة أو خدمة معينة، وعندما تنتقل تلك السلعة أو الخدمة من مكان إلى آخر فإنه يحدث بالتبعية انتقال طبيعي لهذه الموارد المائية"⁽³⁾.

16 - الاحتياجات المائية (Water needs): كمية مياه الري اللازمة لنمو المحصول نمواً طبيعياً خلال مدة زمنية محددة بغض النظر عن مصدره⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ عبد الوهاب شنيخر، إدارة الصلة على المياه وفق مؤشرات الكفاءة لاستخدام المياه الري دراسة تحليلية وتقييمية لحالة الجزائر، مجلة اقتصاد المال والاعمال، مجلد 3، العدد 1، 2018، ص 195.

⁽²⁾ أحمد هاتف سالم، سارة محمد داود، تقدير البصمة للمحاصيل الاستراتيجية في العراق الحنطة والشعير كحالة دراسة، وزارة الموارد المائية، مجلة علوم الأرض والموارد المائية، ج1، العدد 2، 2022، ص 6.

⁽³⁾ هالة محمد نور الدين عبد الله، تقدير الطلب على المياه الزرقاء وفقاً لمفهوم البصمة المائية بجمهورية مصر العربية، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي، مجلد 27، العدد 4، 2017، ص 2399.

⁽⁴⁾ ميثم عبد الكاظم حميدي الشباني، مؤشرات الاتجاه العام لقيم التبخر في العراق وأثرها على الاحتياجات المائية لبعض المحاصيل الزراعية، جامعة واسط، كلية التربية للعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية، 2019، ص 155-156.

17- **معامل المحصول (Kc):** "النسبة بين تبخر/ نتح المحصول والتبخر- النتح الممكن عندما يكون المحصول مزروعاً في حقل واسع وتحت ظروف مثلى للنمو".

18 - **السعة الحقلية (Field Capacity):** تتمثل بالمحتوى المائي للتربة وهي أكبر قدر من الماء يمكن أن تحتفظ به التربة بقوة الخاصية الشعرية للمسامات في التربة ضد قوة الجاذبية الأرضية عند قوة شد تتراوح ما بين $(5 - \frac{1}{3})$ بار⁽¹⁾.

19 - **الاستشعار عن بُعد (Remote sensing):** علم الحصول على معلومات عن سطح الأرض بدون الاقتراب منه عن طريق استشعار وتسجيل الطاقة المنعكسة والمنبعثة من سطح الأرض ومعالجتها وتحليلها لاستخراج المعلومات⁽²⁾.

20 - **البصمة البيئية (Environmental footprint):** تعرف بأنها "مساحة الأرض المنتجة والنظم الايكولوجية المائية اللازمة لإنتاج المواد والموارد التي يتم استهلاكها واستيعاب النفايات الناجمة عن مجتمع يعيش عند مستوى حياة معين، أي انها مؤشر لقياس تأثير مجتمع ما على الموارد الطبيعية ومستوى استدامة نمط عيش السكان وتأثيرهم على كوكب الأرض⁽³⁾.

21 - **نقطة الذبول (wilting point):** ادنى حد من المحتوى المائي المتاح للنبات في التربة، إلى الحد الذي لا يتمكن فيه النبات امتصاص الماء من التربة عندها يبدأ النبات بالذبول نتيجة فقدانه كميات كبيرة من المياه عن طريق التبخر والنتح⁽⁴⁾. وتتراوح قوة شد الماء في التربة (15 - 10000) بار.

(¹) Samiha Onda, water requirements for major crops, captions agricultural resest, center, Egypt, 2018, pp 23-25.

(²) حسين الشافعي، محمد نجيب، الاستشعار من البُعد ورادارات اختراق التربة، دار الهلال، ط1، 2016، ص13.

(³) عبد الله بوعجيلة الدرسي، البصمة البيئية والقدرة الحيوية مفاهيم اساسية واسقاطات على واقع الدول العربية، المصدر العربي للتخطيط، العدد 164، 2023، ص3.

(⁴) محمد حميد الوهبي، العلاقات المائية في النبات، جامعة الملك سعود، الرياض، 1984، ص34.

22 - الاستنزاف المائي (Water depletion): يعرف بأنه "العجز الحاصل في الميزان المائي الجوفي نتيجة زيادة حجم المياه المستخرجة من الآبار عن كمية التغذية السنوية للأحواض المائية ويرافقه هبوط في مستوى المياه الجوفية⁽¹⁾.

23 - النظائر البيئية (Environmental isotopes): اشكال من عنصر ما لها نفس عدد البروتونات والالكترونات ولكنها تختلف في اعداد النيوترونات.

24 - إنتاجية المياه (Water productivity): هي عبارة عن مقياس يفيد في معرفة كمية المياه المستخدمة لتوليد كمية أو قيمة من منتج ما، تستعمل في تقييم التحسينات في مجال انتاج المياه الزراعية مثلاً 25 انتاج المياه في المحاصيل والمواشي والمزارع، كما يجري استعمال انتاجية المياه في الانتاج الصناعي مثل معرفة حجم المياه المستخدمة لإنتاج منتج⁽²⁾.

25 - المياه المتاحة للاستخدام (water available for use): حجم المياه الممكن الحصول عليها للاستخدام في مكان ما، عند توقيت ما، تحت ظروف التقنية المتاحة وعليه فإن المفهوم ينطبق على المياه الجوفية والسطحية وهذا الحجم يتغير بتغير الظروف الطبيعية، فقد تفرض قيود على خفض المسحوب تحسباً كدورات جفاف قادمة، أو حفاظاً على صلاحية المياه الجوفية⁽³⁾.

(1) محمد بهجت ثامر، أثر النشاط الزراعي على استنزاف المياه في قضاء المحمودية، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، العدد 55، 2014، ص260.

(2) عبد الوهاب شنيخر، إدارة الصلة على المياه وفق مؤشرات الكفاءة لاستخدام المياه الري دراسة تحليلية وتقييمية لحالة الجزائر، مجلة اقتصاد المال والاعمال، مجلد 3، العدد 1، 2018، ص195.

(3) رمضان ضخرة، الواقع المائي في العراق هل سيضمن تأمين سيادة الدولة على مواردها المائية في ظل السياسات الحالية لإدارة مصادر المياه، تقرير مركز نون للدراسات الاستراتيجية، 2023، ص2-3.

الفصل الثاني

الوضع المائي في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة

المبحث الأول: الوضع المائي لحوض نهر الفرات والمياه الجوفية

أولاً: الوضع المائي لحوض نهر الفرات

ثانياً: المياه الجوفية

ثالثاً: اشكال تواجد المياه الجوفية

رابعاً: خزانات المياه الجوفية

المبحث الثاني: الظروف الطبيعية المؤثرة على المياه الجوفية في الصحراء الغربية

أولاً: الظروف الجيولوجية

1- تكوينات الزمن الثاني الميزوزوي

2- تكوينات الزمن الثالث الكانيزوي

3- تكوينات الزمن الرابع البلايستوسين والهولوسين

ثانياً: مظاهر السطح

1- الهضبة الصحراوية

2- منطقة الوديان

3- مظاهر السطح الاخرى

ثالثاً: التربة

رابعاً: الظروف المناخية

1- الإشعاع الشمسي

2- درجات الحرارة

3- التبخر

4- الرياح

5- الامطار

المبحث الأول: الوضع المائي لحوض نهر الفرات والمياه الجوفية:

المقدمة:

تعد المياه في العقود القادمة من أهم المشكلات الاقتصادية والاجتماعية التي تواجه غالبية البلدان العربية، ومن المؤكد ان أهميتها ستفوق أهمية الطاقة في المستقبل القريب، وعزز هذا الرأي في المؤتمر الدولي للمياه والبيئة المنعقد في دبلن عام 1992 في البيان الختامي حول الوضع المائي العالمي بأن هذا الوضع سينتقل من حالة الوفرة إلى حالة الندرة وخاصة في المياه العذبة وسوء استخدامها، وأشار البيان إلى ان صحة الإنسان ورفاهيته والأمن الغذائي والنظم الايكولوجية معرضة جميعاً للخطر ما لم تتم إدارة الموارد المائية. ان نقص المياه سيزداد باستمرار مع تزايد السكان مما سيؤدي إلى اختلال واضح في معادلة عرض وطلب المياه الذي سينعكس في ظهور الأزمات المائية كون دول المنبع تركّز حالياً على تطوير الزراعة فيها لمواكبة نمو السكان لديها، وأهم هذه الأزمات استنزاف المخزون المائي نتيجة الاستثمار الجائر لمياه الأنهار أولاً ومن بعدها المياه الجوفية ثانياً⁽¹⁾.

وبما ان البلدان العربية تمثل بلدان مرور أو مصبات للأنهار الدولية (دجلة الفرات، والنيل) والتي تتحكم بها دول المنبع، فإن هذا يجعلها تواجه خطراً الجفاف مبكراً، بسبب السياسات التي تتبعها الدول المتشاطئة. ونظراً لكون المياه أساس البقاء لشعوب هذه المنطقة تحاول اسرائيل المحتلة فرض سيطرتها على الموارد العربية بصورة مباشرة أو غير مباشرة بإقامة التحالفات العسكرية والاقتصادية بهدف تعطيش هذه الدول ومنع توريد المياه من دجلة والفرات والنيل إلى البلدان العربية.

اولاً: الوضع المائي لحوض نهر الفرات:

نظراً للسياسات والتصرفات التي تتبعها دول الجوار اتجاه الموارد المائية المشتركة، حان الوقت بالنسبة للعراق لتوظيف الأدوات الدبلوماسية الفعّالة (دبلوماسية المياه) مع الدول المتشاطئة، وان تكون هذه الدبلوماسية استباقية (وقائية) معززة لمعالجة المشاكل المائية. ولابد من البدء بإدارة المياه بشكل جدي لأجل

(1) محمود الاشرم، اقتصاديات المياه في الوطن العربي والعالم، مركز دراسات الوحدة العربية، ط1، بيروت، 2001، ص97.

الحفاظ على الموارد المائية وتجنّب إيجاب العراق على تسعير المياه من قبل دول المنبع والاعتماد على مياه نهري دجلة والفرات في الوقت الحالي واستبعاد استهلاك المياه الجوفية إلى ان يحين وقتها عدا بعض المشاريع الضرورية والتي تدعم الاقتصاد وتحقق ضرورة اجتماعية واتباع سياسات إدارة مائية متقدمة وخاصة في منطقة حوض الفرات التي تعد الأكثر جفافاً. والحفاظ على المياه الجوفية كونها خزين استراتيجي يخص كل الأجيال القادمة وعليه يجب اتخاذ التدابير الاحترازية عند التعامل معها وعدم هدرها ويكون المبدأ العام عدم استخدامها بصورة مطلقة في حالة توفر بديل من المياه السطحية⁽¹⁾.

فالكارثة القادمة عامة على العراق وبالأخص السهل الرسوبي ومن ضمنها اقليم كردستان، إذ ان الانخفاض التاريخي غير المسبوق في مستويات المياه السطحية والجوفية في العراق والاقليم يتزامن مع زيادة ملحوظة في الطلب، يرافقه ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الجفاف واكتظاظ السكان، لذا فإن النزاعات ستتصاعد حول من يمكنه استخدام المقدار المتاح للمورد المائي، وتدفع الندرة الحادة في المياه السطحية المعنيين إلى التوجه نحو المياه الجوفية، لكن طبقات المياه الجوفية في أحواض المكامن الجوفية هي الاخرى تواجه مشكلة قلة التغذية الكافية اللازمة لإبقاء المياه الجوفية قيد الاستخدام لذا لا بد من وضع استراتيجيات مرنة وقابلة للتطبيق بإدارة سلف المياه بما فيها المياه الجوفية وضرورة التوعية بعدم الاسراف والاستنزاف بالمياه والتركيز في الحفاظ على نوعية المياه لضمان (أمن الماء)⁽²⁾.

فالأمن المائي في العراق يواجه مزيد من التحديات بسبب اعتماده على تدفق المياه عبر الحدود من البلدان المجاورة، ويعد العراق بلد المصب إذ ينتج نحو 60% من موارده المائية خارج حدوده، وبشكل أساسي عبر نهري دجلة والفرات، كما أن العراق يتأثر بشكل كبير بتداعيات تغيّر المناخ في هذه البلدان التي ستتعرض بشكل كبير على أمنه المائي. بالإضافة إلى ندرة المياه يواجه العراق تحدي تدهور نوعية المياه إذ تعد الملوحة والتلوث المرتبط بالأنشطة الصناعية، الزراعية والبلدية من المخاوف الرئيسة التي تواجه الأمن

(1) رمضان حمزة، الواقع المائي في العراق هل سيضمن تأمين سيادة الدولة على مواردها المائية في ظل السياسات الحالية لإدارة مصادر المياه، تقرير مركز نون للدراسات الاستراتيجية، 2023، ص2.

(2) رمضان حمزة، نفس المصدر، ص3.

المائي، ويشكل هذان العاملان مخاطر كبيرة على أنظمة الصناعات الغذائية في العراق في حال عدم القيام بأي تدخل سريع⁽¹⁾.

لذا من المؤكد ان قيمة المياه ستكون أكبر قيمة من قيمة النفط في السنين القادمة، إذ ستتعاظم الأزمات الغذائية بسبب عدم توفر المياه للزراعة، كما تتعكس هذه الأزمات الغذائية على الحياة الاقتصادية والاجتماعية والسياسية في المنطقة وإذا كانت اسرائيل في تصرفاتها تجاه المياه العربية تحكمها سياسية الاستيطان والتوسع فإن تصرفات تركيا حيال نهري دجلة والفرات تحكمها دوافع اقتصادية وسياسية لا تقل خطراً عن اسرائيل إذ استغلت تركيا ضعف القرار العربي واختلاف وجهات النظر السورية- العراقية تجاه الاحداث السياسية مما ساعد على فسح المجال امام تركيا بإنشاء مجموعة السدود المائية على نهري الفرات ودجلة وقد خلق مضاعفات خطيرة على حياة الملاحين من المزارعين وعلى إنتاجهم الزراعي، وتقليص القدرة الكهربائية إذ أدى ملاً بحيرة سد أتاتورك عام 1990 إلى قطع المياه عن نهر الفرات لمدة شهر كامل. وكما نعلم ان نهر الفرات يشكل العمود لمشاريع الري والكهرباء في التنمية السورية والعراقية إذ يمثل 80% من الموارد المائية السورية و38% من الموارد المائية العراقية⁽²⁾.

نهر دجلة والفرات ينبعان من سلسلة الجبال في شرق تركيا يمر الفرات في سوريا ثم العراق ويلتقي مع دجلة بمصب في الخليج العربي، وارتبط النهران بالزراعة بشكل كبير بينما كان اهتمام تركيا بهما ضئيلاً نظراً لتوفر معاهد اخرى في المياه لديها إذ يوجد ما يقارب 26 حوضاً نهرياً مستقلاً بالإضافة إلى نهري دجلة والفرات ولكن مع بداية التسعينيات أولت تركيا اهتماماً كبيراً بتوليد الطاقة الكهربائية باستخدام النهين طاقة مع ارتفاع اسعار البترول، وعملت على إنشاء المشروع التركي جنوب شرقي الأناضول المتضمن إنشاء 22 سداً لتوليد الطاقة الكهربائية وري الأراضي الزراعية وهنا تم استخدام المياه كورقة ضغط على كل من سوريا والعراق لتحقيق المصالح السياسية والاقتصادية فإن مشروع أتاتورك مصمم لاستيعاب مياه النهر بالكامل. ويبلغ متوسط إيراد نهر الفرات عند الحدود السورية التركية 31.4 مليار م³ سنوياً، وإجمالي حجم خزانات

(1) مجموعة البنك الدولي، تقرير المناخ والتنمية، الشرق الاوسط وشمال افريقيا، العراق، 2023، ص31.

(2) محمود الأشرم، مصدر سابق، ص255.

الدولة التركية 90 مليار م3 و يبلغ خزين سدي حديثة والقادسية في العراق 12 مليار م3، وسدي الفرات وتشيرين في سوريا 16 مليار متر3، وهذه الأرقام تتعارض مع القسمة العادلة التي اقرها القانون الدولي⁽¹⁾.

ومن المرجح ان تتخذ الدول الاستعمارية في بداية الألفية الثالثة بالضغط على الشعوب العربية من خلال مورد المياه بعد ان استحكمت بمورد النفط وامواله، فالاستراتيجية الامريكية -الاسرائيلية - التركية تقوم على مبدأ السيطرة على مياه نهري دجلة والفرات وري مساحات كبيرة شرق وجنوب الأناضول من خلال اقامة شبكة سدود (GAP) وتحوّل هذه المنطقة إلى خزان للحبوب تسيطر من خلاله على الشعوب العربية وخاصة العراق⁽²⁾.

تقوم السياسة المائية التركية على وجهة نظرها الخاطئة والمخالفة لكل الأعراف والقوانين الدولية وقولها بحقها في السيادة المطلقة لتركيا على مواردها المائية في حوضي دجلة والفرات داخل أراضيها ولذلك تصرفت بشكل مطلق في النهيرين من خلال إقامة السدود والمشاريع الاروائية دون مراعاة حقوق الدول المتشاطئة فهي ترفض تقسيم مياه نهري دجلة والفرات وتؤكد على مبدأ خصخصة المياه. إذ صرّح وزير الخارجية الأسبق حكمت تشتين عام 1992 (إن تركيا تمتلك ثروة مائية على منظور عظيم من الأهمية وان من حقها بيع هذه الثروة المائية لمن تريد وحجبها على الدول التي تعرض المصالح التركية للخطر وان من حق تركيا المتاجرة بالمياه مثلما يتاجر الآخرون بالنفط ويحتكرون عائداته وان تركيا على استعداد تام لامداد اسرائيل بأي مقدار من المياه دون موافقة دول التشارك المائي ومنها العراق المستفيدة من مصادر المياه التركية ويجوز لها التصرف بهذه المصادر على وقف مصالحها الخاصة)⁽³⁾.

وفي عام 1992 اطلقت تركيا الرصاصة الأولى في حرب المياه عندما صرّح رئيس الوزراء التركي (سليمان ديميريل) عند افتتاح سد أتاتورك: (إن منابع المياه لتركيا كما ان النفط ملك العرب وبما اننا لا نقول

(1) محمد مدحت، مصطفى، اقتصاديات الموارد المائية رؤية شاملة لإدارة المياه، ط1، مطبعة الاشعاع الفنية، الاسكندرية، مصر، 201.

(2) محمود الأشرم، مصدر سابق، ص255.

(3) عبد الرزاق حمزة عبد الله، أزمة المياه في العراق: التحديات وإشكالية الحلول، مجلة دراسات دولية، مركز الدراسات الاستراتيجية والدولية، بغداد، 2024، ص260.

للغرب ان لنا الحق في نفطكم فلا يجوز ان يطلبوا بما هو لنا). تنطلق تركيا في سياستها المائية تجاه العراق على ثلاث مبادئ رئيسية:

الأول: سيادي باعتبار نهري دجلة والفرات نهريين وطنيين عابرين للحدود وليس دوليين.

الثاني: اقتصادي يدعو إلى توزيع مياههما استناداً إلى قواعد الكفاءة والاقتصاد في استخدام المياه.

الثالث: تجاري يستند إلى مبدأ مقايضة الماء التركي بالنفط العربي⁽¹⁾.

واستناداً إلى هذه المبادئ فإن تركيا ترفض مبدأ تقسيم مياه النهرين مستندة في ذلك على الفقه الدولي الذي يقول: "بأن الأنهار ان كانت تجري في اقاليم عدة دول اختصت كل من هذه الدول بمليكة الجزء الذي يقع في حدودهما". كما لا تعد النهرين انهار دولية، بالاضافة الى اعتماد المياه ورقة ضغط سياسة واقتصادية⁽²⁾.

فإن تركيا تسعى جاهدة الى تثمين المياه وجعلها سلعة تتداول تجارياً بينها وبين دول الشرق الأوسط، إذ اقترحت إنشاء بورصة المياه الدولية وتتخلص فكرة هذا الاقتراح في إنشاء صندوق للمياه تشترك فيه البلدان المتشاطئة على كل نهر دولي، وتفتح كل دولة حساباً خاصاً في هذا الصندوق، وبهذه الحالة تدفع كل دولة قيمة ما تستهلكه من مياه وتخصم هذه القيمة من حصتها في الصندوق. واقامت تركيا بهذا القصد مؤتمر دولي بدعم من البنك الدولي وصندوق النقد الدولي واشترك في هذا المؤتمر من دول الشرق الأوسط فقط الأردن وقطر واعتذرت بقية الدول عن الحضور احتجاجاً على فكرة بيع المياه. وخلال وقائع المؤتمر المنعقد للمدة 30 سبتمبر - 10 اكتوبر 1997 صرح (صالح يلدرم) الوزير التركي سنشرع في بيع مياه المشروع للغرب ودول الشرق الأوسط من خلال بورصة المياه، ولن نستمر في إعطاء مياهنا للغرب دون مقابل، فهو ويرى ان المياه ملك لتركيا كما ان النفط ملك العرب ومهد لهذه الفكرة في مشروع انابيب السلام⁽³⁾.

فإن تركيا في معارضتها لمبدأ قسمة المياه لتحديد الحصص المائية للبلدان الثلاثة (تركيا، العراق، سوريا) تركز حول تطبيق مفهوم (الاستخدام الامثل) للمياه الذي يتطلب وفق وجهة النظر التركية تطبيق (خطة

(1) حمدي الطاهري، مستقبل المياه في العالم العربي، دار الكتب القومية، القاهرة، 1991، ص74.

(2) عبد الرزاق حمزة عبد الله، ص260.

(3) مجموعة البنك الدولي، ص32.

المراحل الثلاث) إذ تقترح تركيا في هذا الجانب تشكيل لجان فرعية عديدة مهمتها إجراء دراسات ميدانية ومفصلة في الدول المتشاركة للمياه (واقع الموارد المائية، مساحة الأراضي الزراعية، أصناف التربة، الخطط المستقبلية للمشاريع الهندسية المحلية والمستقبلية، الجدول الاقتصادية، تحديد أنواع معينة من المحاصيل التي ينبغي ان تزرع في كل دولة). وفق هذه الخطة تحدد الحصص المائية. ان تركيا وفقاً لهذه الخطة التي تبحث في تنفيذها مع الدول، يمنحها فرصة لإعادة تقدير المتطلبات والاحتياجات وفقاً لرؤيتها، ما يفقد الدول جزءاً كبيراً من رؤيتها السياسية وهذا ما يدفعه كل من سوريا والعراق. وتهدف تركيا من تطبيق مفهوم (الاستخدام الامثل) استثناء مساحات شاسعة من الأراضي الزراعية في العراق التي تروى من مياه الفرات بحجة عدم خصوبة الأراضي، واستبعاد زراعة محاصيل معينة بحجة أنها تستهلك كميات كبيرة من المياه⁽¹⁾. ولذا تسعى تركيا الى تنفيذ الخطة الطموحة لمشروع جنوب شرق الأناضول والذي عند اكتماله سيقبل من تدفق نهر الفرات إلى العراق بنسبة 80% وستزداد الأضرار مستقبلاً إذ سيؤدي قلة التصريف المائي إلى اضرار كبير بالانتاج الحيواني ومياه الري للمزارع بالإضافة إلى تدهور مياه الشرب التي مصدرها الفرات، إذ أدى تنفيذ جزء من هذا المشروع إلى جفاف نهر الفرات وتصحر الأراضي الواقعة على ضفتيه.

فعلى الرغم من أن الاتفاقيات القائمة بين سوريا وتركيا والعراق نصّت على السماح بمرور 500 م³ في الثانية بالفرات عند حدود تركيا وسوريا فقد أحدث ذلك خلل كبير إذ أصبح ما يصل الفرات عند الناصرية 90 م³ في الثانية وهذا لا يكفي مطلقاً للاستخدامات المحلية، وفي بعض الأحيان يكون التدفق منخفض إذ يصل إلى 18 متر مكعب علماً أنه قبل بناء السدود الكبرى في السبعينيات كان متوسط تدفق المياه في نهر الفرات حوالي 720 م³/ثانية⁽²⁾.

أما بالنسبة للموقف السوري تجاه نهر الفرات فإن نهر الفرات يشكّل المورد الأساسي للاستخدامات الزراعية إذ تقدر احتياجات سوريا من مياه نهر الفرات 3,394 مليار م³ بضمنها الشرب والصناعة، كما انها عملت على استصلاح 545605 هكتار على نهر الفرات عام 2010، وبذلك تبلغ الاستخدامات السورية من مياه الحوض 9,68 مليار م³ ولمواجهة ذلك اتجهت سوريا إلى إنشاء مشاريع اروائية مثل سد

(1) قبل ان يدركنا الضماً أزمة المياه في العراق من سياسة الدولة الى سياسة الارض، مركز البيان للدراسات والتخطيط، ط1، المعارف، بغداد، 2023، ص13.

(2) عبد الرزاق حمزة عبد الله، مصدر سابق، ص265.

الطبقة، عام 1974 وتبلغ طاقته التخزينية 14,1 مليار م³، وكذلك السد التنظيمي وسد الحسكة الغربي والشرقي على رافد الخابور، وهذا ما يزيد من تفاقم المشكلة بين العراق وسوريا وتساعد الموقف الى التهديد بين البلدين⁽¹⁾.

إن الخلاف السوري - العراقي انعكس بدرجة كبيرة على مستويات التنسيق بينهما في قضية المياه ومن بلورة موقف مؤثر تجاه سياسات تركيا لمائية، وان اي نقص في كمية تدفق منسوب المياه من شأنه ان يتسبب في كارثة طويلة الأجل في قطاعي الزراعة والصناعة وخطط التنمية⁽²⁾.

جدول (1) يوضح مشاريع الري في تركيا وسوريا وأثرها على الإيرادات المائية العراقية

السنة	مساحة الأراضي المطورة في تركيا وسوريا/ هكتار	حجم المياه المطلوبة مليار م ³	الوارد المائي المتبقي للعراق
2000	5484	16,8	15,3
2010	6892	20,6	11,8
2020	7570	22,5	9,5

المصدر: عبد الرزاق حمزة عبد الله، أزمة المياه في العراق: التحديات وإشكالية الحلول، مجلة دراسات دولية، مركز الدراسات الاستراتيجية والدولية، بغداد، 2024، ص260.

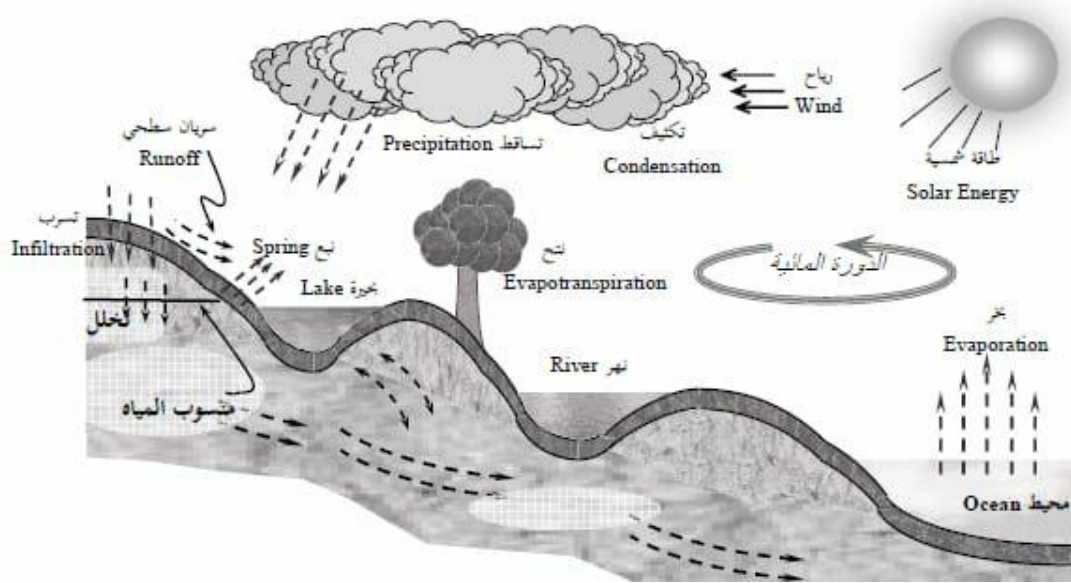
ثانياً: المياه الجوفية Ground water

تعد هيدرولوجيا المياه الجوفية احد اقسام علم الهيدرولوجي، الذي يهتم بدراسة حركة المياه في الطبيعة، ويشير مصطلح المياه الجوفية **ground water** الى الماء الموجود في مسامات الصخور وفي ترسبات المناطق المشبعة والتي تشمل مياه التربة والمياه العميقة، إذ تمثل جميع المياه الموجودة تحت سطح الأرض، والمصطلح المعادل للمياه الجوفية على سطح الأرض هو المياه السطحية. ويعود أصل المياه الجوفية الى

(¹) وليد محمود ابو سليم، صباح محمود محمد، الأمن المائي العربي، دار الكندي، ط1، الاردن، 1998، ص25.

(²) فيصل عبد الفتاح نافع، آثار شحة المياه في نهر الفرات على الإنتاج الزراعي في العراق (محافظة الانبار أنموذجاً)، حركة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، ب،ت، ص95.

الدورة الهيدرولوجية، ويشير مصطلح الدورة الهيدرولوجية الى الحركة المستمرة للمياه فوق سطح الأرض وتحتته⁽¹⁾.



مخطط (1) الدورة الهيدرولوجية

المصدر: عصام محمد عبد الماجد، عباس عبد الله ابراهيم، الهيدرولوجيا، دار جامعة السودان للطباعة والنشر، الخرطوم، السودان، ط1، 2002، ص8.

إذ إن المياه المتواجدة في الكرة الأرضية تتبادل بين أشكال تواجدتها، إذ تنتقل بين البحار أو المحيطات وبين الرطوبة الجوية وبين البحيرات أو الأنهار وبين الكائنات الحية وبين رطوبة التربة والمياه الجوفية، كما تتبادل المياه بين حالاتها المختلفة والسائلة والصلبة والغازية، ان هذا التبادل المستمر لأشكال المياه وحالاتها يسمى بالدورة الهيدرولوجية، فإن الحركة الثابتة للمياه في الطبيعة تبدأ من المحيطات لترتفع الى الغلاف الجوي ومن ثم تنزل الى سطح الأرض لتجري باتجاه المناطق المنخفضة⁽²⁾.

⁽¹⁾ Ralph Chelth, Basic ground water hydrology, Department of the interior ecological survey, library of congress capturing in publications Data, 1983, pp 1-5

⁽²⁾ صفاء عبد الأمير رستم الاسدي، جغرافية الموارد المائية، جامعة البصرة- كلية التربية للعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية، ط1، 2012، ص60.

إن عمليات جريان مياه التساقط الجوي تأخذ شكلين مختلفين، إذا كانت الامطار غزيرة، فيحدث ان تتجاوز كمية المياه التي تصل سطح التربة قدرتها على التسرب وتبدأ المياه في ملأ المنخفضات والحفر، وبعد ملأها تنخفض وتبدأ في السيلان، مكونة ما يعرف بالجريان السطحي (Surface runoff)، أي المياه السطحية وتعرف بأنها: المياه الموجودة على سطح الأرض سواء بشكل جاري كالأنهار أو بشكل محبوس كالبحيرات، اما الجريان تحت سطحي (Subsurface Runoff) ففي حالة سقوط امطار كافية تتسرب المياه نحو الاسفل من خلال قطاع التربة الى الطبقة الصخرية وتستمر عملية التسرب خلال المنطقة غير المشبعة إذا كانت الطبقة الصخرية نفاذية، حتى تصل المياه الى مستوى سطح الماء (Water - table surface)⁽¹⁾. فهي اما ان تتواجد بين حبيبات التربة على مدى غير بعيد من سطح الأرض، وهي ما يطلق عليه بـ **برطوبة التربة**، او تتواجد بشكل محبوس في تكوينات باطن الأرض وهي ما يطلق عليه **المياه الجوفية Ground water**⁽²⁾.

ثالثاً: اشكال تواجد المياه تحت سطح الأرض (Different occurrences of sup surface water)

توجد تحت الارض جميع اشكال ونوعيات المياه من ابخرة مياه الى اغشية مائية الى حركة مياه حرة، وتنقسم الى قسمين: الأول المياه الجوفية المتجددة او تحت السطحية لأنها قريبة من سطح الارض وتعتمد في تغذيتها على مياه الامطار والتسربات الناتجة عن ترشح وسريان مياه الانهار والسيول وكمياتها تكون صغيرة، اما القسم الثاني هي المياه الجوفية العميقة غير المتجددة ويرجع تجمعها الى العصور الجيولوجية القديمة⁽³⁾، وعموماً توجد المياه تحت سطح الارض في نطاقين: (نطاق التهوية، نطاق التشبع)، يفصلهما سطح المياه الجوفية.

(1) جار الله عزوز الطلحي، حتى لما نموت عطشاً، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع، ط1، ليبيا، 2002، ص59-60.

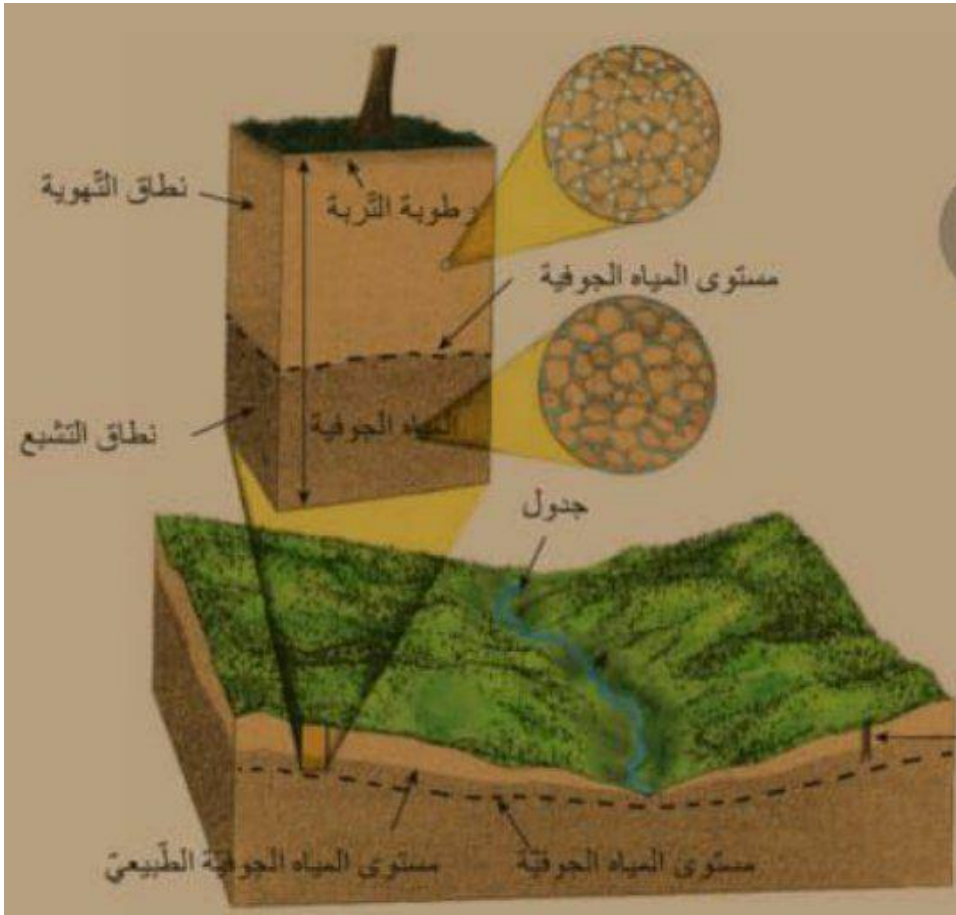
(2) محمد مدحت مصطفى، مصدر سابق، ص70.

(3) توفيق جاسم محمد، ادارة الموارد المائية في العراق الواقع والحلول، وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للسدود والخزانات، بحث منشور، 2015، ص11، <http://www.acwua.org/sites/default/filesz-tawfiq-Mohammad.pdf>

1- نطاق التهوية (Zone of aeration):

يعرف بنطاق عدم التشبع، وتسمى أيضاً (الفادوز)، تمثل الجزء العلوي غير المشبع من الصخور، وتمتد من السطح الى مستوى المياه الجوفية، وهي الطبقة الاولى من طبقات المياه الجوفية، ويتباين سمك منطقة التهوية في المناطق الجبلية عن مناطق السهلية إذ يصل الى عشرات من السنتمترات في المناطق السهلية في حين يصل الى 250 م او اكثر في المناطق الجبلية، ويعتمد سمك منطقة (الفادوز) على عدد من العوامل اهمها: (نوع التضاريس المحلية، الهطول، التراكيب الصخرية، انواع وسمك التربة والصخور المكونة لسطح الأرض)، وفي بعض الأحيان تكون منطقة التهوية غائبة، وتشكل المياه الارضية المستنقعات في حالة الصخور ضعيفة النفاذية، ويظهر الارتباط بين المياه الجوفية والغلاف الجوي بشكل واضح في منطقة التهوية، إذ تتسرب مياه الامطار الى الأعماق وتعيد تغذية المياه الجوفية، كما تتبخر المياه من منطقة التهوية الى الغلاف الجوي وتعتمد شدة هطول الامطار في الغلاف الجوي عبر منطقة التهوية على البنية والتكوين الجيولوجي للمنطقة، فإذا كانت الصخور التي تشكل منطقة التهوية رملية فإن معظم الامطار تتسرب الى مستوى المياه الجوفية، اما اذا كانت الصخور طينية فإن الامطار تخلق تدفقا سطحيا لا يقوم سوى جزء صغير منه بإعادة شحن المياه⁽¹⁾. ويقسم نطاق عدم التشبع عموماً الى ثلاث مناطق، (منطقة رطوبة التربة، منطقة مياه الجاذبية الارضية ومنطقة الخاصية الشعرية).

(¹) Zektser. I.S., GRdinD WATER HYDROGEOLOGY hydrological cycle, Encyclopedia of life support systems, Vol, 111- 20, <https://www.eolss.net/Eolss-sampleAllchpteraspx>



مخطط (2) نطاقات تواجد المياه الجوفية من سطح الارض حتى المنطقة المشبعة.

المصدر: مفاهيم العلوم الفيزيائية، بول هويت، جون سوشكوى، ترجمة عدنان عثمان الصيفي، سلسلة الكتب الجامعية المترجمة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، المملكة العربية السعودية، 2014، ص306.

2- نطاق التشبع (Zone of Saturation):

ويمثل الطبقة التي تحتوي على المياه الجوفية، فتكون جميع الشقوق والفراغات ممتلئة بالماء، ويفعل تأثير الخاصية الشعرية يأخذ هذا النطاق امتداد عمودي فوق مستوى بداية منسوب المياه الجوفية.

رابعاً: خزانات المياه الجوفية (Aquifer):

تتواجد المياه الجوفية في التكوينات الجيولوجية التي تمتلك خاصية المسامية، في تمثل الطبقة التي تسمح بتخزين المياه في مساماتها وفراغاتها، اذ تمتاز الطبقات الحاملة للمياه الجوفية بقدرتها العالية على الاحتفاظ

بالماء، خاصة الصخور الرسوبية، فصخور الحجر الرملي مثلا ذات مسامية منخفضة ولكنها ذات نفاذية عالية لذلك يمكنها الاحتفاظ بكميات كبيرة من الماء، ويطلق على الصخور الحاوية للماء (Aquifer) (1).
"وتعرف بأنها: طبقة حاملة للمياه الجوفية تتميز بمقدرتها على تخزين المياه الجوفية، وايضاً انتاج المياه الجوفية بكميات اقتصادية من خلال الآبار التي تختبر فيها".

تتواجد خزانات المياه الجوفية في جميع انواع الصخور الرسوبية والنارية والمتحولة، وافضل انواع الخزانات من الناحية الاقتصادية الصخور الرسوبية إذ تتواجد فيها حبيبات الزلط والحصى والرمل والحجر الرملي (2).
وتوجد المياه الجوفية في اشكال مختلفة تبعاً لظروف التكوينات الصخرية والجيولوجية وتقسم الى:

1- الخزان الجوفي المحصورة (Confined aquifer): "وهي عبارة عن طبقة من الصخور المسامية والحاملة للمياه الجوفية محصورة بين طبقتين حابستين (Confining layers) من الصخور الصماء او شبه الصماء من اعلى ومن اسفل" (3).

2- الخزان الجوفي المعزول (Perched Water): "عبارة عن مكامن موقعية تتواجد ضمن المكمن الحر في الطبقة غير المشبعة فوق مستوى الماء الجوفي" وتعرف بالمكامن الكاذبة لأنها تمتاز بسعة صغيرة ونتاجية قليلة، كما انها اكثر انواع المكامن عرضة للتلوث والنبوض (4).

3- الخزان الجوفي الحر (Unconfined Aqnifer): "وفيه تكون الطبقة الحاملة للماء الجوفية حرة من اعلى ويحده المستوى المائي الارضي وتتصل هذه الطبقة اتصالاً وثيقاً بسطح الارض وبالمياه السطحية"

(1) ابراهيم حسن حميدة، الهيدرولوجيا والمياه الجوفية، مركز دراسات الصحراء، كلية الزراعة، جامعة القاهرة، 1980، ص62-ص65.

(2) المصدر نفسه.

(3) عبد الفتاح صديق عبد اللاه، هيفاء عبد الله حسين الفشيان، مكتبة الرشيد للنشر، ط1، الرياض- المملكة العربية السعودية، 2008، ص78.

(4) صلاح مفتاح عبد الله، جبريل عبد المطلوب صالح خليفة، إدارة موارد المياه الجوفية في اطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية دليل تجريبي، مركز الإدارة العامة والتطوير المؤسسي، جامعة بنغازي، ليبيا، 2020، ص24.

ويسمى هذا الخزان بخزان مستوى الماء الارضي **Water Table a quifer** كونه يقع تحت تأثير الضغط الجوي ويتأثر بمياه الري والامطار ويحده من الاسفل طبقة صماء غير منفذة⁽¹⁾.

كما وتظهر المياه الجوفية على السطح اما بصورة طبيعية على شكل عيون وينابيع، او بصورة اصطناعية عن طريق تدخل الانسان على شكل آبار وكهاريز⁽²⁾.

(1) عبد الفتاح صديق عبد اللاه، مصدر سابق، ص78.

(2) توفيق جاسم محمد، مصدر سابق، ص11.

المبحث الثاني: الظروف الطبيعية المؤثرة على المياه الجوفية في الصحراء الغربية

يتم تحديد الظروف الهيدرولوجية من خلال العوامل الجيولوجية والمناخية والمورفولوجيا لمنطقة ما، وتختلف درجة تأثير هذه العوامل من مكان إلى آخر، مما يؤدي إلى خلق ظروف هيدرولوجية معقدة ومتغيرة في وحدات هيدرولوجية متميزة.

وستتطرق هنا الى اهم وابرز تلك الظروف :-

اولاً- الظروف الجيولوجية Geological conditions

تحدد العوامل الجيولوجية الشكل الهندسي (المدى والسماك) والنفاذية والمسامية لطبقات المياه الجوفية والخزانات المائية؛ إذ تؤثر الاختلافات الصخرية وظروف البيئة الهيدرولوجية بشكل كبير على تدفق المياه الجوفية وتراكمها. فالصخور الصلبة (البلورية) تحتوي على مسامية الكسر فقط في حين تعد المسامية الحبيبية من سمات الرواسب الحديثة غير المجمعلة لطبقات المياه الجوفية، وتؤثر عملية تحرك وضغط الرواسب على نفاذية ومسامية الصخور بشكل كبير فهي تعمل على إذابة الرواسب القابلة للذوبان مثل الجبس وتحويلها إلى كارست مما يؤدي إلى زيادة النفاذية⁽¹⁾. وإذا ما عدنا إلى الوضع الجلوجي للعراق ، فإن العراق يقسم تكتولياً بصورة عامة إلى ثلاث مناطق رئيسة لها صفاتها التكتونية الخاصة بها وتاريخها الجيولوجي والجيومورفولوجي وهي: منطقة الجرف المستقر، منطقة الجرف غير المستقر وسلسلة جبال زاكروس. تقع منطقة الدراسة ضمن نطاق الجرف المستقر. وهي عبارة عن طية احادية مستقرة تكتونياً لم تتأثر في الحركات التكونية التي حدثت في أواخر العصر الطباشيري، ويمثل نطاق الجرف المستقر ثلاث مناطق تكوينية رئيسة تمتد من الغرب إلى الشرق وهي (منطقة الرطبة - الجزيرة، منطقة السلطان، منطقة بلاد ما بين النهرين).

تتمثل جيولوجية منطقة الدراسة بالرواسب لمختلف الأعمار والوحدات الصخرية وتغطي الرواسب الرباعية مساحة واسعة بالقرب من بحيرة الرزازة والتي تتمثل في الخرسانة الجيرية والسبخات وردم المنخفضات والسهل

(¹) Saad Z. Jassim Geology of Iraq published by Dolin, Prague and Moravian Museum, 2006, pp252.

الفياضي والرواسب الفيضية. تحتوي منطقة الدراسة على صدعين هما صدع ابو جبير وصدوع الامام احمد بن هاشم اللذان يتعمقان اكثر من 150م داخل الارض، تكونا خلال فترة الميوسين، يتجه الصدعان من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، وأن المياه الجوفية مرتبطة بنفس الخط، ونظراً للطبيعة الجيولوجية للعراق ولمنطقة الدراسة فأنها تتميز بجيولوجيا هيدرولوجية متميزة⁽¹⁾، اذ يقسم نظام طبقات المياه الجوفية في العراق إلى خمسة أقسام⁽²⁾:

1- نظام طبقة المياه الجوفية في سفوح التلال.

2- منطقة الجزيرة الهيدرولوجية بما في ذلك منطقة سنجار.

3- نظام طبقة المياه الجوفية في سهل بلاد ما بين النهرين بما في ذلك منطقة بعقوبة وتكريت.

4- أنظمة طبقات المياه الجوفية للمراوح الغرينية، منطقة مندلي، بدرة.

5- نظام طبقات المياه الجوفية في الصحراء الغربية والصحراء الجنوبية. والتي تمثل منطقة الدراسة جزء منها. فهي تتميز بهيدروجيولوجيتها التي تعتمد على طبيعة التكوينات البنيوية الجيولوجية ونوع التكوينات وطبيعة الصخور الحاملة للمياه الجوفية والتجاويف، ووجود صدع ابو جبير والإمام احمد بن هاشم، وتتميز المنطقة بوجود وحدتين هيدورولوجيتين هما:

طبقات المياه الجوفية غير المحصورة (خزانات جوفية مفتوحة)، والتي تتمثل بتكوينات الفرات والنفاليل⁽³⁾. وطبقات المياه الجوفية المحصورة (خزانات جوفية مغلقة). فتتمثل بتكوين الدمام الذي يعد من أهم الخزانات الجوفية في المنطقة، ويتكون من صخور كربونية متغيرة أهمها الحجر الجيري والحجر الجيري الدولوماتي والدولوميت، وتتميز بوجود التجاويف والقنوات بالإضافة إلى الكسور والشقوق والمفاصل، مما يجعل التكوين

⁽¹⁾ Moutaz Al-Dabbas, Qusai Al-Kubaisi, Hydro chemical properties of grand water of Rahaliya- Ekhedhur region, West Razzaza lake, Iraq, MATE Web of conferences 162, 2018, pp1.

⁽²⁾ Saad Z. Jassim, op.st, pp259.

⁽³⁾ Moutaz Al-Dabbas, Qusai Al-Kubaisi, op.st, pp1.

يتمتع بأعلى معدلات النقل والنفاذية في معظم المناطق. وتعد طبقة الدمام المائية المصدر الرئيس للمياه الجوفية في المنطقة⁽¹⁾. تلعب البيئة الجيولوجية في أية منطقة دوراً أساسياً في ونظراً للدور الكبير الذي تلعبه البيئة الجيولوجية في التأثير على المياه الجوفية، في تحديد مواقع خزانات المياه الجوفية وامتداداتها الأفقية والعمودية، وكمية المياه الموجودة فيها ونوعيتها وحركتها التي ترتبط جميعها بميل الصخور وخصائصها الطبيعية والكيميائية، بالإضافة إلى تأثيرها بصورة غير مباشرة على تكاليف استثمارها للاستعمالات المختلفة. كل هذا يتطلب معرفة التكوينات الجيولوجية في الهضبة الغربية وأنواعها وخصائصها، ومن دراسة التطابق الجيولوجي في الصحراء الغربية نستنتج بأن المكونات الجيولوجية في منطقة الدراسة تعود الى الازمنة الثلاث، (الزمن الثاني الميزوزوي، الزمن الثالث الكانيوزوي، والزمن الرابع البلايستوسين والهولوسين):

1- تكوينات الزمن الثاني الميزوزوي: تتمثل في تكوينات عصر الترياسي وهي:

أ - تكوين الطيارات (Taya rat):

يظهر هذا التكوين بشكل واسع في الجزء الأوسط من الصحراء العراقية الغربية ويمتد من وادي حوران وصولاً إلى الحدود العراقية - السعودية، ينكشف هذا التكوين بمنطقة الدراسة في الوديان العميقة بالقرب من جديدة عرعر، ويمتد شمال وادي الغدق ويستمر الامتداد تحت السطحي لتكوين الطيارات شمالاً حتى نهر الفرات⁽²⁾. يتألف هذا التكوين من حجر كلسي مارلي في الاسفل ودولومايت في الوسط وتطبق مارلي كلسي مع دولومايت كلسي عند الجزء العلوي، يقع تكوين أم ارضمة فوق هذا التكوين وان الحد لفاصل بينهما غير متوافق.

2- تكوينات الزمن الثالث (الكانيوزوي): تشمل (تكوينات عصرالايوسين والميوسين الاعلى والاطوسط)،

تغطي تكوينات الايوسين الاجزاء القريبة من الهضبة، وتتمثل بنطاقين يشغل احدهما الجهات الغربية، اما

⁽¹⁾ Moutaz Al-Dabbas, Qusai Al-Kubaisi, op.st, pp2.

⁽²⁾ Moutaz Al-Dabbas, Qusai Al-Kubaisi, op.st, pp2-3.

الجزء الآخر فيظهر على شكل نطاق ضخم متفاوت الاتساع في الاجزاء الجنوبية الغربية⁽¹⁾، وتضم منطقة الدراسة تكوينين تابعين لهذا العصر هما:

أ- تكوين أم ارضمة (Ummer-Ralhuma) :

ينكشف هذا التكوين في الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة على طول الوديان، ويظهر على شكل بقع صغيرة ويسمك 20م، يتألف هذا التكوين من تعاقب الحجر الكلسي المارلي والطباشيري الحاوي على نسبة من السيليكات والصوان، والبيئة الترسيبية لهذا التكوين هي بيئة لا كونية مع مياه بحرية مفتوحة لنطاق الرصيف القاري الاوسط هو جزءه الاسفل الذي يتحول إلى نطاق مد وجزر، والجزء الاوسط من التكوين يتمثل بطروف بحرية ضحلة، يعلو هذا التكوين تكوينات الزهرة والفرات⁽²⁾.

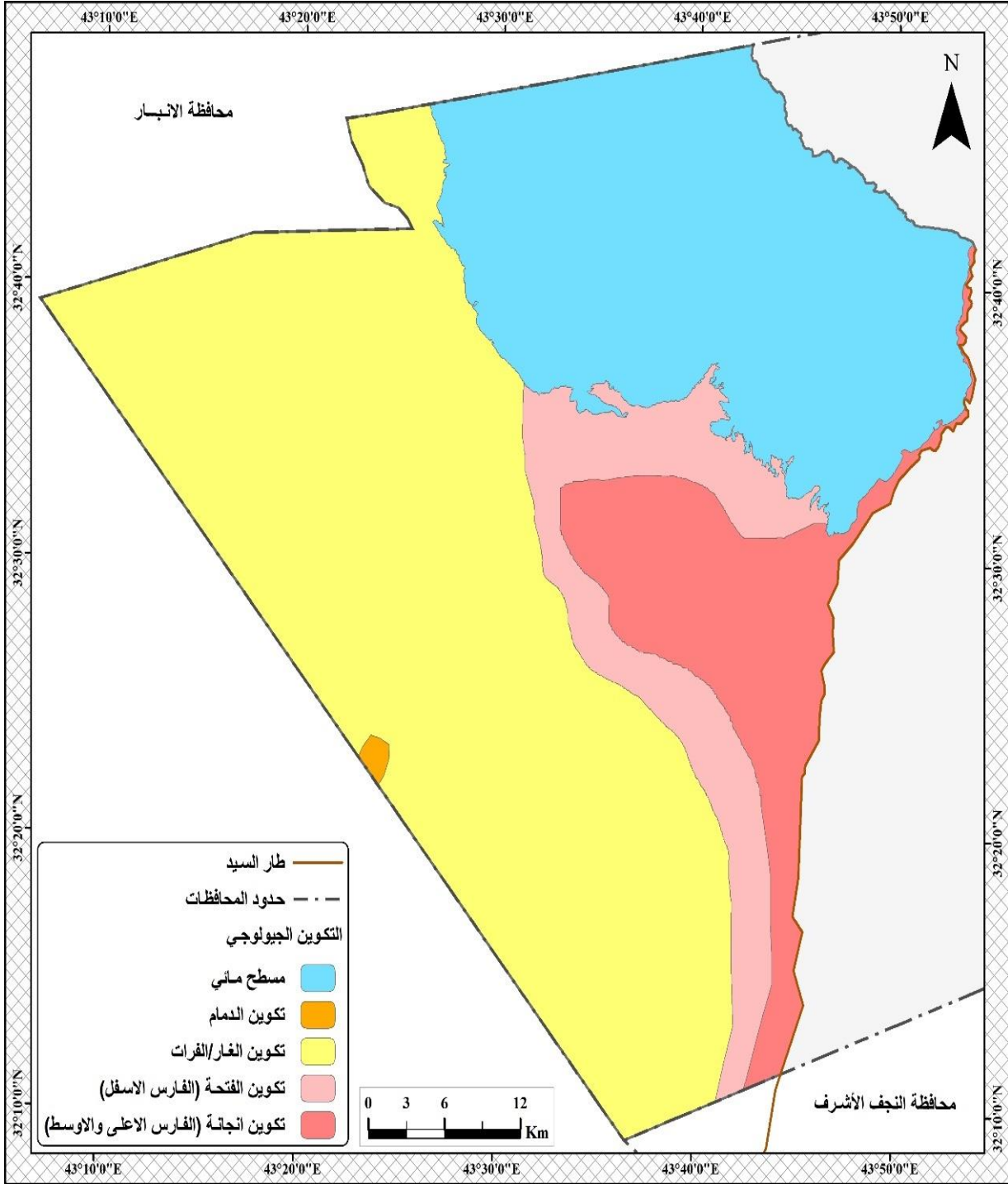
ب - تكوين الدمام (Dammam):

إنّ هذا التكوين واسع الانتشار في وسط وغرب وجنوب العراق، ويتألف هذا التكوين في منطقة النموذج من صخور جيرية قد تكون طباشيرية أو فتاتية عضوية أو دولومايت وسجيل، يصل سمك هذا التكوين إلى 290م⁽³⁾.

(1) يحيى عباس حسين، المياه الجوفية في الهضبة الغربية من العراق وأوجه استثمارها، كلية الآداب - جامعة بغداد، 1983، ص18.

(2) حاتم خضير جبوري، نضير حسن البطروي، دراسة هيدروولوجية وهيدروكيمياوية لمنطقة لوحة شثانة، 2002، ص10.

(3) عبد الله السيلي، فاروق صنع الله العمري، جيولوجيا العراق، جامعة الموصل، 1982، ص121-122.



خريطة (2) توضح التكوين الجيولوجي للصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة

المصدر: وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، قسم انتاج الخرائط، خريطة العراق الجيولوجية لسنة 1990.

ينكشف هذا التكوين في منطقة الدراسة على امتداد وادي الابيض، ويقسم العلماء هذا التكوين إلى ثلاثة اعضاء:

ب-1- وحدة الابيض (العضو الاسفل):

تتكشف هذه الوحدة على طول الوديان الشرقية من الصحراء الغربية، تتكون صخورها من صخور رملية أو صخور سلكية، تقع فوق هذه الوحدة وحدة (الفاج)، أو بعض التكوينات مثل تكوين الزهرة والفرات⁽¹⁾.

ب-2- العضو الاوسط:

يسمى بوحدة (الفاج) تتكشف في أودية (عبيد، الغد، الفاج، الركاشي) وتتكون من حجر جيري ابيض مع بقع وردية اللون وحجر جيري طباشيري.

ب-3- العضو العلوي:

تتكون من وحدة واحدة (وحدة الغانمي) والحد الأقصى لسمك هذه الوحدة 35 إلى 40 م، تتكون صخور هذا العضو من الحجر الجيري الطباشيري والمارلي والصوان، تعلو هذه الوحدة تشكيلات الفرات وهي غير قابلة للتوافق⁽²⁾.

اما تكوينات عصر (الميوسين الاعلى والاوسط) فتغطي معظم مناطق الهضبة، وتتمثل بنطاقين أحدهما يبدأ من الاجزاء الشمالية الغربية حول مجرى الفرات ثم يتجه غرباً، أما النطاق الثاني فيمثل الأقسام الشرقية

(¹) حسين جواد احمد المنكوشي، تكامل بيانات التحسس النائي وتنظيم المعلومات الجغرافية لتحديد احتمالية المياه الجوفية في وادي الابيض والغد، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الحاسبات، كلية العلوم، جامعة كربلاء، 2001، ص24.

(²) Mathanna Mohmnod Ali Al- shammari, Delineation of suitable sites for water Harvesting and Artificial Groundwater Recharging Down Stream of ubaydh watershed, west of Karbala, Iraq, dissertation, college of science, university of Baghdad, 2019, pp 53-57.

والجنوبية الشرقية من الهضبة الغربية بين التكوينات الايوسينية غرباً وتكوينات العصر الحديث شمالاً⁽¹⁾، ومن بين تكوينات هذا العصر في منطقة الدراسة.

ج- تكوين الفرات (Euphrates Formation):

ينكشف هذا التكوين غرب قضاء عين التمر، ويتسع مكاشفة الصخرية بالاتجاه شمالاً، ويشمل أراضي قضاء عين التمر، ومنطقة الاخضر، والأودية المجاورة فيها⁽²⁾.

يتألف هذا التكوين من الحجر الكلسي والطفل والبريشيا القاعية (قطع كلسية شبه مدورة)، اما الحجر الكلسي فهو معاد التبلور طفيلي طباشيري، ويبلغ سمك التكوين (25) سم⁽³⁾.

د- تكوين النفايل (Nfayil):

تمتد طبقة النفايل في الشمال والشمال الشرقي من منطقة الدراسة، وإلى الجنوب من بحيرة الرزاة، تم إضافة طبقة النفايل مؤخراً إلى العصور الطبقي للهضبة، ففي السابق كان هذا التكوين يقع ضمن تشكيلات الفرات والفتحة وانجانا⁽⁴⁾، يبلغ سمك هذه الطبقة (15 م)، وتتكون من طفل جبسي متداخل مع مواد كربونية وكذلك من طفل احمر اللون، كما ويتواجد الجبس على شكل عروق سليباتية وعلى شكل بلورات داخل الصخور⁽⁵⁾.

هـ- تكوين انجانة (Injana):

يتكون من الحجر الرملي، ويكون حجم حبيباته ناعمة وخشنة، يوجد هذا التكوين في منطقة الكهوف، التي تعرضت إلى عمليات التعرية والترسيب، ونقلت إلى مناطقها الحالية لذا تظهر بشكل تراكم رسوبية غطت

(1) يحيى عباس حسين، مصدر سابق، ص 20.

(2) حسين جواد احمد المنكوشي، مصدر سابق، ص 24.

(3) عدنان باقر النقاش، مهدي محمد الصحاف، الجيومورفولوجي، دار الكتب، بغداد، 1985، ص 636.

(4) Mathanna Mohmnod Ali Al- shammari, op.st, pp14.

(5) فاطمة علي محمد الارناؤوطي، تقييم خصائص الترب لقضاء عين التمر وأثرها على الإنتاج الزراعي باستخدام التقنيات الحديثة (مزرعة أرض الساقى نموذجاً)، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بغداد، 2021، ص 14-18.

هذه التكوينات مناطق شمال شرق بحيرة الرزازة وإلى الجنوب من النجف، إذ يغطي مناطق واسعة من كربلاء والنجف، ويتراوح سمك هذا التكوين ما بين (35-60م)⁽¹⁾.

و- تكوين الزهرة (Zahra formation) :

ينكشف التكوين في مناطق واسعة من شرق وجنوب الصحراء الغربية، ويمتاز هذا التكوين بظاهرة دورية الترسيب متمثلة بالمواد الفتاتية والكاربونية، وتتألف صخرية التكوين من حجر جيري أبيض أو أحمر وقد يكون رملياً أو كلسياً⁽²⁾. يتراوح سمك التكوين بين (30-75م) يغطي هذا التكوين بحصى الهبارية من الجهة الغربية وإلى الجنوب يغطي بالحصى المتبقي من تكوين الدببة⁽³⁾.

3- تكوينات الزمن الرابع (البلايستوسين والهولوسين):

تتمثل تكوينات هذا الزمن في ترسبات بطون الأودية والمنخفضات، كما تظهر في سلاسل الكثبان الرملية الممتدة باتجاه الجنوب الغربي من العراق حتى الحدود العراقية الكويتية⁽⁴⁾. وشملت هذه الترسبات الرواسب المنخفضة الناعمة التي تكونت نتيجة لتعرض الصخور إلى عمليات التعرية المائية التي بفضلها تم نقل الرواسب من المناطق المرتفعة إلى المناطق المنخفضة⁽⁵⁾. وأهم هذه الترسبات:-

(1) أياد هاتف عطية، سرحان نعيم الخفاجي، العوامل الطبيعية المؤثرة في نشاط التعرية الريحية غربي محافظة كربلاء، مجلة اوروك للعلوم الإنسانية، العدد 1، مجلد 17، 2024، ص134.

(2) عبد الله صبار عبود الهجيلي، وديان غرب بحيرة الرزازة الثانوية والاشكال الارضية المتعلقة بها، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بغداد، 2005، ص25.

(3) حسين جواد احمد المنكوشي، مصدر سابق، ص26.

(4) يحيى عباس حسين، مصدر سابق، ص24.

(5) احمد عيادة خضير، المؤشرات المورفوتكتونية لحوض وادي الصافية في الهضبة الغربية، مجلة الدراسات التربوية، الجامعة العراقية، العدد 8، المجلد 2، 2021، ص331.

أ- رواسب بطون الوديان:

تتميز هذه الوديان بامتلائها بترسبات القطع الصخرية والكلسية والحصى والرمل، وتظهر في أودية (الأبيض، الشاحات، خليف، فؤاد)، ولهذه الرواسب أثر في ارتفاع مناسيب المياه الجوفية، وهذا يرجع إلى طبيعة صخورها المناسبة التي تسمح بتغلغل المياه إلى باطن الأرض⁽¹⁾.

ب - رواسب ملا المنخفضات:

يرجع تكوين هذه الرواسب إلى عصر (الهولوسين) تغطي هذه الرواسب غالبية المنخفضات الصحراوية، تختلف الرواسب من مكان إلى آخر، اعتماداً على مصدر الصخور الذي تكونت منه إذ تنشأ هذه الترسبات من تجمع مياه الأمطار والسيول في المنخفضات، وتملاً بمواد غرينية تختلط مع الرمال الناتجة من التعرية الريحية⁽²⁾، لا يتجاوز سمك هذه الترسبات (1- 5م)، وأهم مناطق انتشارها فيضه الهبارية التي تغطي نهايتها وادي الأبيض، وتمتاز بمسامية تربتها لذا تكثر فيها النباتات الصحراوية⁽³⁾.

ثانياً - مظاهر السطح (Topographic):

تؤثر التضاريس على نمط تدفق المياه ومناطق تجمعها كما تحدد أماكن تواجد أحواض المياه الجوفية، إذ إن تحكم التضاريس في المياه الجوفية مشابهة لتحكمها في المياه السطحية، فالمياه الجوفية تخضع أيضاً لتضاريس الصخور الأساسية في حركتها، إذ تعمل الطبوغرافية السطحية المتمثلة بارتفاع الأرض وتدرج المنحدرات في التأثير على التدفق الهيدروليكي للمياه ويجعلها قادرة على إعادة التغذية وزيادة معدلات تدفق المياه الجوفية والجريان السطحي، فالمياه الجوفية تتأثر بشكل كبير في درجة انحدار الأرض وخطوط

(1) أحمد عبادة خضير، مصدر سابق، ص 332.

(2) إياذ علي فارس، رحيم حايف كاظم السلطاني، جيمورفولوجية أحواض وديان الجزء الشرقي لبحيرة العظيم، مجلة كلية التربية، جامعة بابل، العدد 25، 2016، ص 517.

(3) حسين جواد أحمد المنكوشي، مصدر سابق، ص 27.

الكنطور⁽¹⁾. وتؤثر مظاهر السطح تأثيراً كبيراً على وفرة المياه داخل الأرض، وتزداد كميتها في الأراضي المنبسطة والمنخفضات (خلف التلال) نتيجة تباطئ سرعة الجريان السطحي، وبالتالي إتاحة الفرصة أمام أكبر كمية من المياه للتسرب نحو الأعماق⁽²⁾.

عموماً يقسم سطح منطقة الدراسة إلى:

1 - الهضبة الصحراوية: تشغل مساحات واسعة من منطقة الدراسة تقسم الهضبة إلى عدة مناطق (الوديان، الحماد، الحجارة)، وتتميز بالانحدار والارتفاع التدريجي باتجاه الشمال الشرقي وتمثل بمنطقة الوديان العليا التي تحمل سيول الصحراء الغربية إلى منخفضات الهضبة في منطقة الاخضر وعين التمر إلى الحد الغربي من ناحية الرحالية ثم إلى الرزازة⁽³⁾.

2 - منطقة الوديان: تخترق منطقة الدراسة العديد من الوديان الموسمية، وتعمل على تغذية وادي الابيض⁽⁴⁾، وعلى الرغم من ان الاختلاف في طبغرافية المنطقة، الا انها تساهم في تجمع المياه ضمن نطاق التهوية بكميات كبيرة، إلا أنه يصعب استثمارها في عمليات الزراعة القائمة في ظل ظروف المناخ من ارتفاع درجات الحرارة ومستويات التبخر لسطح الأرض.

3 - مظاهر السطح الأخرى: في منطقة الدراسة (منظومة الصدوع) التي لها دور كبير في تجمع المياه الجوفية المتمثلة في منظومة صدوع ابو جبير ومنظومة صدع الإمام احمد بن هاشم ، تتبع خط المياه هذه الصدوع إذ تتبع مياه العيون الجوفية الخط نفسه⁽⁵⁾.

(¹) Akinwumiju, derunfemi, Modeling ground antler flow system of a Drainage Basin in The Basement complex Environment of southwestern Nigra, International cartographic Asso citation, cartograthiqueinale, 20F1, 2017, pp3.

(²) Akinwumiju, derunfemi, op.st, pp7.

(³) هاني جابر محسن المسعودي، التمثيل الخرائطي لاستعمالات الأرض الزراعية في محافظة كربلاء لعام 2011، كلية التربية، جامعة الكوفة، 2013، ص47.

(⁴) حميد محي الدين الخصيب، المراعي الصحراوية في العراق، دار السلام، بغداد، 1973، ص8.

(⁵) ايسر عبد النايف، دراسة هيدرولوجية لمنطقة الرحالية اسفل وادي الغدق، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة بغداد، 2000، ص16-17.

بينت خرائط (DEM) والدراسة الميدانية ان الصحراء الغربية تتميز بالانحدار التدريجي نحو السهل الرسوبي، لذا فإن معظم وديانها تتجه نحو الشرق، جدول (2) وخريطة (3)، ويتخلل سطحها العديد من الأودية التي تملؤها الامطار عند سقوطها واهمها (وادي ابو جهف، وادي ابو كر بل، وادي العرجاوي، وادي الفاج، وادي فواد، وادي الركاشي)، تصب هذه الأودية في الأودية الرئيسية للمنطقة (الغدفة، الابيض)، كما تتخللها العديد من الفيضات أهمها فيضة (الشاحات) والمنخفضات أهمها منخفض (الرزازة)، تتصرف مياه الامطار اليها عن طريق المسلات المائية، كما تخلو منطقة الدراسة من النبات الطبيعي عدا بعض النباتات الصحراوية المقاومة للجفاف، ما يعكس الوضع الهيدرولوجي فيها، وهذا الجفاف يعرضها إلى عوامل التعرية الريحية، وينتج عنها تضرس السطح وتكوين احواض منخفضة وتلال قليلة الارتفاع، أما المياه الباطنية فتعمل على تكوين الكهوف والمغارات نتيجة ذوبان الكلس عند سقوط الامطار وتسربها داخل طبقات الأرض. إن هذا التباين في طوبغرافية الارض يؤثر وبشكل مباشر على تجمع وحركة المياه الجوفية إذ تشير الدراسات الهيدرولوجية الى الارتباط الكبير بين السطح وانحداره وبين مناطق تجمع المياه (ينظر مؤشر TWI الفصل الثاني).

ومن خلال بيانات (DEM) نجد ان درجات الانحدار متباينة في منطقة الدراسة وتتراوح بين (22 - 163 م)، فوق مستوى سطح الارض، وهذا يشير الى عدم وجود قيم سالبة في منطقة الدراسة، وتقسم فئات الانحدار إلى خمسة فئات بحسب خطوط الكنتور كالتالي:

1 - الفئة الاولى: تتراوح قيم الارتفاع فيها ما بين (22 - 30 م) فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ نسبة هذه الفئة 24.61% من مجموع منطقة الدراسة، وتشغل هذه الفئة الجزء الشمالي والشمالي الغربي، اي منخفض الرزازة والاراضي المحاذية منه، وتمثل هذه الفئة الجهات الاكثر انخفاضاً، لذا فإن مياه السيول والوديان تتصرف اليها في موسم المطر، ما يزيد من تجمع المياه الجوفية بالقرب من سطح الارض.

2 - الفئة الثانية: تتراوح قيم الارتفاع فيها ما بين (30.1 - 60 م) فوق مستوى سطح الارض، وتبلغ نسبة هذه الفئة 26.72% من مجموع منطقة الدراسة، وتمتد هذه الفئة بمحاذاة الفئة الاولى من الشرق الى غرب منطقة الدراسة، وتشمل قرية احمد بن هاشم، وشمال مركز قضاء عين التمر، وصولاً الى طار

السيد، وتمتاز هذه المنطقة بقرب المياه الجوفية فيها من سطح الأرض، إذ يبعد الماء عن وجه الأرض ما بين (20 - 40 م)، وذلك لتأثرها بالمسيلات المائية من المناطق المرتفعة من حولها.

3- الفئة الثالثة: تتراوح قيم الارتفاع فيها ما بين (60.1 - 90 م) فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ نسبة هذه الفئة 21 - 54 % من مجموع منطقة الدراسة، وتشمل هذه الفئة الشريط المحاذي لطار السيد، وتمتد وسط الصحراء الغربية من الشرق إلى الغرب، ما بين الفئة الثانية والرابعة، ويبعد الماء عن وجه الأرض فيها ما يقارب (40 - 80 م)، وأغلب أراضي هذه الفئة مستغلة في الجانب الصناعي والزراعي، إذ تمتاز بوجود غالبية الفيضات والوديان فيها، مما يشجع على استثمارها.

4 - الفئة الرابعة: تتراوح قيم هذه الفئة ما بين (90.1 - 120 م) فوق مستوى سطح الأرض، وتبلغ نسبتها 20.97 % من مجموع منطقة الدراسة، تمتد هذه الفئة من الحدود الجنوبية لمحافظة كربلاء المقدسة وصولاً إلى الحدود الغربية للمحافظة، ما بين الفئة الثالثة والخامسة، ويستخدم جميع أراضي غالبية أراضي هذه الفئة في النشاط الزراعي، ولا يوجد نشاط آخر فيها. ويبعد الماء فيها عن وجه الأرض ما يقارب 120م، وأكثر في بعض المواقع، بسبب ارتفاع أراضيها.

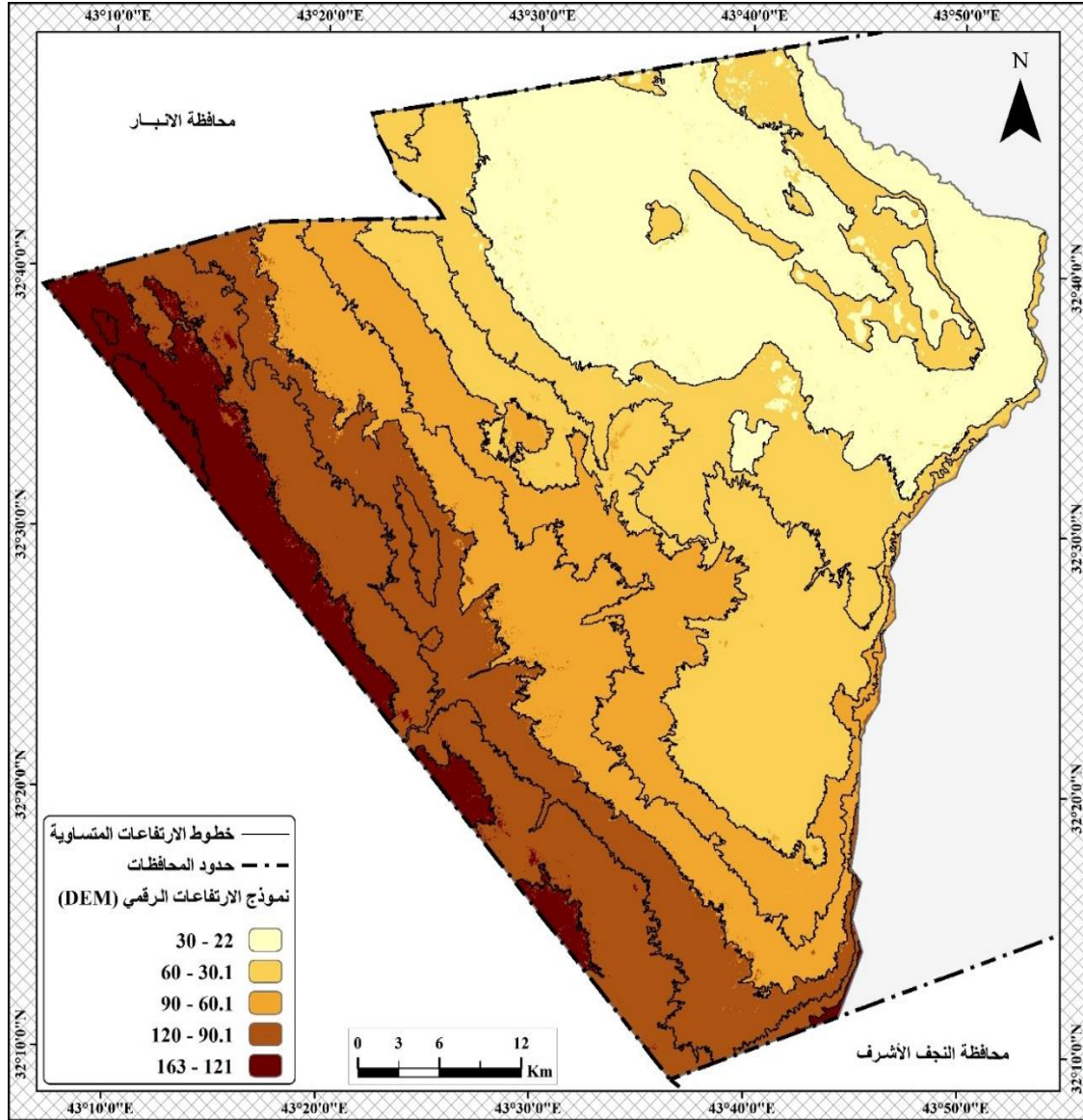
5 - الفئة الخامسة: تتراوح قيم هذه الفئة ما بين (121 - 163م) فوق مستوى سطح الأرض، وتبلغ نسبة هذه الفئة 6.16 %، وتمتد بشكل شريط محاذي لحدود محافظة النجف الأشرف، تمتاز هذه الفئة ببعيد المياه فيها عن وجه الأرض، إذ يصل في بعض الأحيان إلى 290م، ما يصعب استثمارها ويزيد من تكاليف الحفر، لذا فإن غالبية أراضي هذه الفئة غير مستغلة.

جدول (2) يوضح فئات طبغرافية الصحراء الغربية في محافظة كربلاء المقدسة.

النسبة %	المساحة كم 2	نموذج الارتفاعات
24.61	719.718	22-30
26.72	781.463	30.1-60
21.54	629.901	60.1-90
20.97	613.218	90.1-120
6.16	180.3	121-163

100%	2924.6	المجموع
------	--------	---------

المصدر: نموذج الارتفاعات الرقمية 2013.



خريطة (3) يوضح طبغرافية الصحراء الغربية في محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) باستخدام (RS) و (GIS).

ثالثاً: التربة (The Soil):

تمثل التربة "نتائج تفاعل عوامل التكوين البيئية الخمسة المتمثلة بمواد الأم، المناخ، الطبغرافية، الاحياء والزمن"، ووفق درجات اختلافية لشدة تأثير هذه العوامل من مواقع لآخر، فإن الإمكانية الكامنة في خلق وإيجاد انواع مختلفة من التربة في الطبيعة هائلة جداً، وعلى ضوء درجة تأثير مواد التربة بعمليات التكوين تقسم عملية تطور التربة إلى مرحلتين:

المرحلة الاولى: يتم خلالها تفتيت الصخور (نارية، رسوبية، متحولة)، تحت تأثير العوامل الطبيعية الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.

المرحلة الثانية: هي تطور آفاق التربة بفعل عوامل التكوين فبعض الترب تصل مرحلة النضج خلال حوالي 100 سنة، والبعض الآخر تحتاج الآلاف من السنين؛ بسبب عوامل التعرية التي تعمل على تأخير تطور التربة ووصولها إلى مرحلة النضج و الاتزان، فالتربة المتزنة مع ظروف وسطها تكون كمية الكتلة الحية المنتجة تساوي ما تستهلك من مادة عضوية⁽¹⁾.

تلعب التربة دوراً أساسياً في الدورة الهيدرولوجية العالمية من خلال التحكم في تسرب مياه الأمطار وتغذية المياه الجوفية، ما يؤثر في النهاية على إمكانية الجريان السطحي، لذا فإن معرفة الخواص الفيزيائية للتربة (النسجة، المسامية) امر ضروري؛ لمعرفة الاستجابة الهيدرولوجية لمجموعات التربة في المنطقة⁽²⁾. تعرف نسجة التربة Soil Texture بأنها "التوزيع النسبي لمجاميع الأحجام المختلفة لمفصولات التربة طين clay غرين slit، ورمل sand⁽³⁾. فهي تعبر عن نسجة التربة من حيث درجة نعومتها وخشونتها ولنسجة التربة دور كبير لفيض الماء في التربة إذ ان سقوط الامطار على الترب ذات النسجة الخشنة (الترب ذات المحتوى

⁽¹⁾ فريد عبید عبد، فاضل احمد شهاب، تلوث التربة، دار اليازوري، عمان - الاردن، 2016، ص 46-50.

⁽²⁾ C. wad Ross, lara prihalko, Data Descriptor: hyso gs250m global gridded hydrologic soil groups for curue- number- basedrunaff modeling, USA. New Mexico state university, Department of Animal and Rage Sciences, secrets edata, 2019, pp 18.

⁽³⁾ مظفر أحمد داود الموصلي، علم التربة الجنائي، سلسلة الموصلي لعلوم التربة الحديثة (2)، دار الكتب العلمية، بيروت - لبنان، 2020، ص 41.

الطيني الواطئ) يؤدي الى نفوذ الماء الساقط فيها مباشرة، مما يعمل على عدم حصول أي فقدان للماء عن طريق الجريان السطحي، وبالعكس فإن معدل الفيض في الترب ذات النسجة الناعمة (الترب ذات المحتوى العالي من الطين) يكون منخفضاً وبذلك يكون الجريان السطحي عالياً⁽¹⁾.

أما مسامية التربة (Porosity) فيقصد بها "النسبة المئوية للمسامات البينة في التربة" اي حجم المسامات مقسوماً على الحجم الكلي للتربة مضروباً في 100. وتؤثر مسامات التربة بشكل كبير على فيض الماء ونفوذ الماء خلال قطاع التربة، فالمسامات المتوسطة تخدم في توصيل الماء، والمسامات الصغيرة تخدم في خزن الماء، بينما الماء الجاهز يدمص على سطح حبيبات التربة وعلى اسطح معادن الطين⁽²⁾.

لذا فالوضع الهيدرولوجي في منطقة ما يعد العامل الأساسي في تكوين الترب، إذ عملت وزارة الزراعة الامريكية على تصنيف الترب في مجموعات هيدرولوجية تعرف (مجموعة الترب الهيدرولوجية) للعمل على تقدير جريان الأمطار في التربة معتمدة في ذلك على خصائص التربة الفيزيائية منها (المسامية والنفاذية)، جدول (3)، فالتوزيع العالمي للترب تسيطر عليه احتمالات الجريان السطحي للترب، (إمكانات الجريان السطحي العالية، إمكانات الجريان السطحي المنخفضة، إمكانات الجريان المنخفضة والعالية، إمكانات الجريان السطحي المنخفضة)، وتعد نسجة التربة العنصر الاكثر تأثيراً في الجريان السطحي. اذ تتطلب تقديرات الجريان السطحي معرفة تسرب ماء التربة بعد تشبعها نتيجة هطول الأمطار ومعدل انتقال المياه إلى الخزانات الجوفية خلال قطاع التربة، فالجريان السطحي يحدث عندما يتجاوز معدل هطول الأمطار قدرة التربة على نقل المياه خلال قطاعاتها ووصولها إلى الخزانات الجوفية.

(1) سعد الله نجم عبد الله النعيمي، علاقة التربة بالماء، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل - العراق، 1990، ص 43.

(2) سعد الله نجم عبد الله النعيمي، المصدر نفسه، ص 59.

جدول (3) يوضح اصناف الترب الهيدرولوجية التابع للمصلحة الامريكية⁽¹⁾.

صفات التربة	معدل تسرب الماء ملم/ساعة	المجموعات الهيدرولوجية للتربة
طبقة رملية عميقة مع كمية قليلة جداً من الطين والجرين (رملية- رملية أو مزيجية رملية).	12-8	A
طبقة رملية أقل عمق من صنف A مع معدل ارتشاح متوسط بعد ترطيب التربة (مزيجية غرينية أو مزيجية رملية).	8-4	B
طبقة طينية محددة العمق مع معدل ارتشاح دون الوسط قبل وصول التربة إلى حالة التشبع (مزيجية طينية رملية).	4-1	C
طبقة طينية ذات نسبة انتفاخ عالية مع وجود طبقة ضحلة من التربة الناعمة الغرينية في السطح (مزيجية طينية- مزيجية طينية غرينية - طينية رملية- طينية غرينية - طينية).	1-0	D

Sore: soil conservation service Urban heyday for small watershed, Technical releases 55, 2nd V.S. Dept of Agriculture, Washington D.C. 1986.pp6.

اتضح من الدراسة الميدانية ان غالبية ترب منطقة الدراسة في طور النضج ولم تصل إلى مرحلة الاتزان البيئي فالمناخ الجاف والغطاء النباتي الضعيف ووجود كميات كبيرة من الكلس والاملاح في التربة كلها عوامل تساهم في تأخير تطور الترب. وسيادة الترب الصحراوية في منطقة الدراسة، فالتربة كما ذكرنا نتاج العوامل البيئية، إذ يسود المناخ الحار الجاف صيفاً، والشتاء البارد مع كميات قليلة من الامطار، وهذه العوامل تعمل على زيادة نشاط عمليات التعرية ونقل التربة وتفتت الصخور ما ينتج ترب ضحلة قليلة العمق، كما ان انخفاض الغطاء النباتي في المنطقة يقلل من وجود مادة (الدبال Humus) في التربة، والتي تعمل

⁽¹⁾ soil conservation service Urban heyday for small watershed, Technical releases 55, 2nd V.S. Dept of Agriculture, Washington D.C. 1986, pp6.

على تماسك جزيئات التربة، وهذا عامل آخر يؤكد ان ترب المنطقة لازالت في طور النضج، يتضح من الجدول (4) ان غالبية الترب في الصحراء الغربية ترب رملية، إذ تتراوح نسبة الرمل في عينات الدراسة ما بين (38,6 - 90%) في حين تراوحت نسبة الطين ما بين (6,2-36,7 %) أما نسبة الغرين تراوحت ما بين (4,1-38,3%)، اما نسجة التربة في الصحراء الغربية تباينت ما بين (الخشنة، المتوسطة الخشونة، والناعمة)، واستناداً لتأثير العوامل البيئية في تكوين الترب وتأثير التربة في الدورة الهيدرولوجية تصنف (مجموعة الترب الهيدرولوجية) في منطقة الدراسة على أساس مكونات التربة (رمل، طين، غرين) وقدرتها على تصريف المياه إلى اربع مجاميع هيدرولوجية (A,B,C,D) اذ يعتمد هذا التصنيف على السعة والقدرة على الرشح المائي وفقاً لنسجة التربة جدول (4) خريطة (4). ويمكن خلاله معرفة خصائص التربة ومكوناتها وتوقع كمية الجريان السطحي المحتملة للتربة عند تشبعها، وتحديد نطاقات التربة كالاتي:

أ - مجموعة الترب الهيدرولوجية A:

يشكل الرمل غالبية مكوناتها، لذا فهي تتمتع بمعدلات تسرب عالية حتى عندما تكون مشبعة بالمياه، إذ تنتقل المياه بين جزيئاتها بسرعة كبيرة؛ بسبب نفاذيتها العالية، وتستهلك المياه بمعدلات مساوية لهطول الأمطار فهي تربة جيدة الصرف؛ بسبب كبر حجم جزيئاتها وانخفاض نسبة الدبال فيها. يمثل هذا النوع من الترب نطاق (A)، ويعد من الترب غير الناضجة، ويمثل الترب ذي نسجة (S و L.S)، والتي يتراوح نسبة الرمل فيها ما بين (83.6-90 %)، ونسبة الطين فيها ما بين (6.2-12.3 %)، ونسبة الغرين (3.6 - 5 %) ويتركز هذا النطاق من الترب وسط منطقة الدراسة.

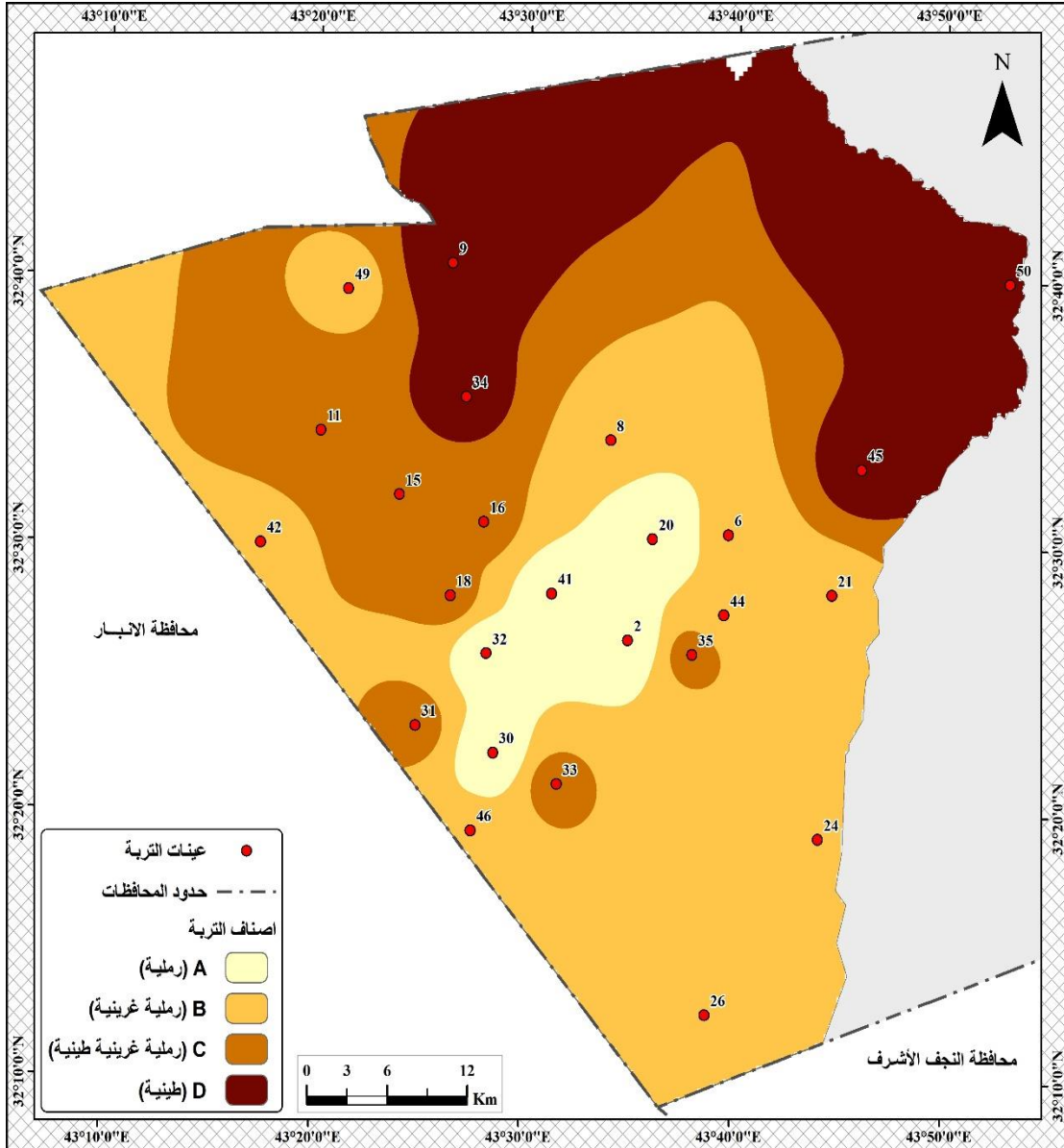
ب - مجموعة الترب الهيدرولوجية B:

إن هذا النوع من الترب ترتفع فيها نسبة الرمل والغرين ذات نسجة (L.S، و L)، تتمتع هذه التربة بمعدل انتقال معتدل للمياه، فهي تربة معتدلة التسرب حتى في حال تشبعها. إذ تتراوح نسبة الرمل فيها ما بين (45.4-65 %)، ونسبة الغرين ما بين (25.2-38.3 %)، اما الطين فيشكل نسبة (9.8-22.5%).

جدول (4) يوضح مجموعة الترب الهيدرولوجية في الجزء الغربي من الصحراء الغربية من محافظة

كربلاء المقدسة

ت	صنف التربة	X	Y	النسجة	المسامية	رمل	طين	غرين
2	A	43.582151	32.441878	S	38.5	88.4	8.0	3.6
6	B	43.661193	32.508520	S.L	40.85	50.1	22.5	27.4
8	B	43.566665	32.566663	L.	40.77	46.3	20.7	33.0
9	D	43.439419	32.676009	C.L	41.5	42.1	27.8	30.1
11	C	43.335987	32.570443	S.C.L	41.25	52.5	27.4	20.1
15	C	43.399168	32.531029	S.C.L	40.2	60.3	21.4	18.3
16	C	43.466633	32.514687	SI.L	39.7	40.8	10	49.2
18	C	43.440477	32.468403	SI.L	41.22	38.6	10.4	51.0
20	A	43.600877	32.505298	S	31.5	90.0	6.2	3.8
21	B	43.743873	32.471376	S.L	40.91	59.0	13.7	27.3
24	B	43.734583	32.318884	S.L	39.5	51.4	10.3	38.3
26	B	43.646117	32.208371	L.	40	48.3	16.5	35.2
30	A	43.476014	32.370570	S.L	38.15	88.6	7.4	4.0
31	C	43.414085	32.386970	S.C.L	40.25	60.0	21.7	18.3
32	A	43.469681	32.432523	S	36.5	87.4	7.6	5.0
33	C	43.526791	32.351406	S	41.6	56.2	15.6	28.2
34	D	43.451268	32.592608	C.L	41.2	43.7	27.3	30.3
35	C	43.633329	32.433335	S.C.L	41.25	50.4	30.3	19.3
41	A	43.521265	32.470523	S	38.9	83.6	12.3	4.1
42	B	43.289046	32.500083	L.	40.93	45.4	21.2	33.4
44	B	43.658329	32.458337	S.L	39.4	59.3	11.6	29.1
45	D	43.766666	32.549999	C.L	41.34	40.3	36.7	23.0
46	B	43.458753	32.321847	S.L	39	65.0	9.8	25.2
49	B	43.356433	32.659199	L.	40.77	46.7	19.3	34.0
50	D	43.883330	32.666669	S.C	41.41	46.2	35.8	18.0



خريطة (4) يوضح مجموعة الترب الهيدرولوجية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة

المصدر: بيانات جدول (4)

ينتشر هذا النوع من الترب في غالبية منطقة الدراسة، ويظهر على شكل نطاق يمتد من الجنوب الشرقي من منطقة الدراسة، تحديداً من كهوف الطار وصولاً الى وسط الصحراء الغربية، ثم يضيق ليظهر في حافات المنطقة، بمحاذاة حدود محافظة النجف الاشرف، ويعد من الترب في مراحل النضج الاولى.

ج- مجموعة الترب الهيدرولوجية C:

يتكون هذا النوع من الترب من مزيج من الرمل، الغرين والطين، وتتميز هذه التربة بمعدلات تسرب بطيئة عند تشبعها، كونها من الترب الناعمة لذا يكون معدل انتقال الماء بين جزيئاتها بطيء الى حد ما، فهي تتكون من طبقة رملية طينية غرينية، مما يساعد على تكوين المسيلات المائية وزيادة الجريان السطحي وانتقال المياه إلى الأودية. وتمثل هذه الترب كل من الترب ذي نسجة (S.C.L) و (Si.l)، وتتراوح نسبة الرمل فيها ما بين (38.6-60.3 %)، اما نسبة الغرين تراوحت ما بين (18.3-51 %)، ونسبة الطين بلغت (10-30.3 %)، يمثل هذا النطاق من الترب الترب المزيجية، ويعد من افضل انواع الترب في الجانب الزراعي، لقدرة على حفظ الماء لوقت اطول، فهو يمتاز في انخفاض سرعة الجريان السطحي، اما من جانب خزن المياه فأن هذا النوع من الترب يساعد على تنشيط الخاصية الشعرية وفقدان كميات من المياه الخزونة بواسطة التبخر. ينشر هذا النوع من الترب على شكل نطاق من الشرق الى الغرب محاذياً للنطاق B والى الجنوب من بحيرة الرزارة، وفي مركز قضاء عين التمر، وصولاً الى قرية السيد احمد بن هاشم حتى حدود ناحية الرحالية وقضاء النخيب، وعزى ارتفاع نسبة الغرين والطين في هذا النطاق الى النشاط الزراعي في هذا الجزء اذ يعد من اقدم المناطق الزراعية التي تم استثمارها وتنميتها، لذا ترتفع فيها نسبة الدبال، كما تتأثر بعمليات الترسيب للمياه كونها محاذية منخفض الرزارة.

د- مجموعة الترب الهيدرولوجية D:

يتكون هذا النطاق من الترب الطينة الرملية والطينية والصلصال الرمي، فهي ترب ترتفع فيها نسبة الغرين والطين، ويمتاز هذا النوع من الترب بأنها سيئة التصريف، لذا ترتفع فيها رطوبة التربة وتزيد من عمل الخاصية الشعرية، كما يصعب الزراعة في مثل هذا النوع لارتفاع كمية المياه في منطقة الجذر، ما

يعرض الجذور للتعفن، فهي تربة تحتاج الى عمليات استصلاح قبل البدء في زراعتها، لذا يعتمد المزارعين في الكثير من المزارع الى حفر خندق حول المزرعة للتقليل من الرطوبة وتحسين عملية الصرف.

ترب هذا النطاق تمتاز بأنها ترب ذي نسجة (S.C) و (C.L)، فهي ترب طينة رملية وصلصالية رملية غرينية، تراوحت نسبة الرمل في هذا النوع من الترب ما بين (40.30-42.2 %) في حين تراوحت نسبة الغرين ما بين (18-30.3 %)، وبلغت نسبة الطين (27.3-36.7 %). يظهر هذا النطاق من الترب شمال منطقة الدراسة حول بحيرة الرزاة، كونها تتكون من الطمي الناتج عن بحيرة الرزاة. لذا فإن تواجد الترب الطينية حول بحيرة الرزاة يزيد من تكون المسيلات المائية في جنوبها في موسم الامطار ما يدعم عملية تجمع المياه وخاصة باتجاه كهوف الطار ومحافظة النجف الاشرف.

نستنتج إن غالبية الترب في منطقة الدراسة هي ترب جيدة الصرف وتدعم عملية تجمع المياه في نطاقاتها (نطاق التهوية، نطاق التشبع)، فالترب جيدة الصرف تعمل على دعم نطاق التهوية وزيادة الرطوبة وتجمع المياه فيه، أما الترب الرديئة الصرف فهي تساهم في تجمع المياه وتكوين الأودية الموسمية ودعم نطاقات المياه الجوفية بنوعيتها.

رابعاً - الظروف المناخية (Climatic conditions):

تحدد الظروف المناخية ضمن الإطار الجيولوجي معدل تغذية المياه في طبقات المياه الجوفية، وكثافة تدفق المياه الجوفية وفقدانها؛ بسبب التأثيرات الشعرية والتبخر والنتح، كما وتعد القيم المتوسطة طويلة المدى والتوزيع قصير المدى لهطول الأمطار والتغيرات في درجات الحرارة الموسمية من العوامل المهمة التي تؤثر على موارد المياه الجوفية. فالوضع الهيدرولوجي يمثل انعكاس للظروف المناخية في دائرة عرض منطقة الدراسة، وتؤثر الظروف المناخية في كمية الجريان السطحي والمياه الجوفية، واختلافها من موسم لآخر ومن مكان لآخر، ويعد هطول الامطار، التبخر، درجة الحرارة والرياح العوامل الرئيسية في الدورة الهيدرولوجية. ولإعطاء صورة واضحة عن الوضع الهيدرولوجي لمناخ المنطقة ومناطق التغذية للمياه الجوفية، تم توفير المعلومات المناخية الماضية من هيئة الأنواء الجوفية العراقية لمحطات (عين التمر، النخيب، كربلاء،

الرطوبة) لتعكس التباين في الظروف المناخية لمناطق التغذية ومنطقة الدراسة واعتمدت البيانات المناخية لدورة مناخية كاملة (30 سنة)، من 1993 إلى 2023.

وأهم العناصر المؤثرة التي تم دراستها:

1 - الإشعاع الشمسي (Solar radiation):

تعد الشمس مصدر الطاقة في الكون، وعلى الرغم من بعد الشمس عن الأرض إلا أن الأرض تستقبل كميات كبيرة من الطاقة الشمسية بشكل موجات كهرومغناطيسية، ويعرف الإشعاع الشمسي بأنه: "كمية الطاقة الإشعاعية المنبعثة من الشمس على وحدة المساحة الأفقية خلال وحدة الزمن"، تختلف كمية الطاقة المستلمة من موقع جغرافي لآخر، كما تختلف في نفس الموقع ما بين الليل والنهار وبين فصول السنة؛ بسبب دوران الأرض وانحراف إشعة الشمس مع خطوط الطول ودوائر العرض وكذلك وقت وصول الأشعة إلى الأرض، لذا فإن كمية الطاقة المستلمة تعتمد على الموقع النسبي للشمس والأرض وشفاء السماء، فعندما تكون السماء صافية ولا يوجد فيها أي سحب يتم فقدان 20-30% من الإشعاع الشمسي، وفي حال وجود سحب رقيقة فإنها تمتص نسبة صغيرة من الإشعاع الواصل إلى الأرض في حين تعمل السحب السمكية حاجزاً يمنع الإشعاع من الوصول إلى الأرض⁽¹⁾.

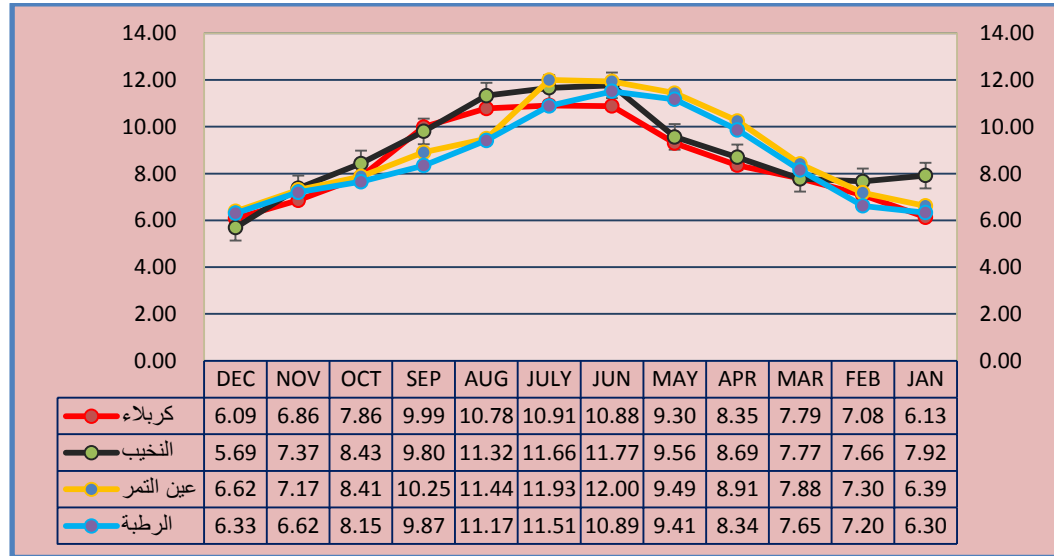
إن موقع منطقة الدراسة ومناطق التغذية ضمن الاقليم الصحراوي الجاف يساهم في زيادة كمية الإشعاع الشمسي الواصل للمنطقة على مدار فصول السنة وخاصة في فصول الصيف إذ يتضح من الجدول (5) والمخطط (1)، أن ساعات السطوع تتباين خلال فصول السنة ففي فصل الشتاء للأشهر (كانون الأول، كانون الثاني، شباط وآذار) تتراوح ساعات السطوع ما بين (5-11) ساعة في اليوم، ويرجع انخفاض ساعات السطوع في هذا الفصل إلى ظهور الغيوم وقصر النهار، أما في فصل الربيع والذي يمتد لشهر (نيسان وآيار) تراوحت متوسطات السطوع ما بين (8-13) ساعة/يوم.

⁽¹⁾ Center for Energy and Processes, Ecole mino de Paris, France, solar radiation Energy, solar energy conversion and photo energy systems, pp 2-4.

جدول (5) يوضح المتوسطات الشهرية للسطوع الشمسي ساعة/يوم في محطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993-2023.

الاشهر												
DEC	NOV	OCT	SEP	AUG	JULY	JUN	MAY	APR	MAR	FEB	JAN	المحطات
6.62	7.17	8.41	10.25	11.44	11.93	12.00	9.49	8.91	7.88	7.30	6.39	عين التمر
6.09	6.86	7.86	9.99	10.78	10.91	10.88	9.30	8.35	7.79	7.08	6.13	كربلاء
5.69	7.37	8.43	9.80	11.32	11.66	11.77	9.56	8.69	7.77	7.66	7.92	النخيب
6.33	6.62	8.15	9.87	11.17	11.51	10.89	9.41	8.34	7.65	7.20	6.30	الرطبة

المصدر: الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، مركز المناخ والبحث العلمي، قسم الرصد الجوي، بغداد ، بيانات للمدة 1993-2023.



مخطط (1) يوضح المتوسطات الشهرية للسطوع الشمسي ساعة/يوم في محطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993-2023.

المصدر: بيانات الجدول (5).

أما ساعات السطوع في فصل الصيف للأشهر (حزيران، تموز، آب وإيلول) تراوحت ما بين (9-16) ساعة/يوم، ويرجع ذلك إلى صفاء السماء وخلوها من الغيوم والغبار، وان هذا العدد الكبير لساعات السطوع يساهم في تسلم كميات اكبر من الطاقة ورفع درجة حرارة الهواء، وبالتالي فقدان كميات كبيرة من رطوبة التربة والمياه الجوفية عن طريق التبخر.

اما فصل الخريف تتراوح ساعات السطوع فيه ما بين (8-14) ساعة/يوم. ان تستلم كميات كبيرة من السطوع الشمسي خلال فصول السنة يساهم في زيادة نسب الجفاف ورفع معدلات التصحر، وهذا ما نجده في منطقة الدراسة ومناطق التغذية.

2 - درجات الحرارة (Temperature):

تعد الحرارة من اهم العوامل المؤثرة على الظروف الهيدرولوجية فعلى اساس الحرارة تختلف مناطق الضغط وتتحرك الغيوم الممطرة ويزداد التبخر والنتح، فإن انخفاض درجات الحرارة يؤدي إلى قلة التبخر من مياه الأمطار ويساهم في تغلغلها داخل الارض في حين ان ارتفاع درجات الحرارة يزيد من كميات التبخر لمياه الامطار والمياه الجوفية القريبة من سطح الارض، وعن طريق الخاصية الشعيرية في جذب الماء الجوفي الى السطح وتعرضه للتبخر.

بما ان منطقة الدراسة تقع ضمن الاقليم الصحراوي فإنها تتسم بتفاوت كبير في درجات الحرارة خلال اشهر السنة إذ سجلت ادنى متوسط لدرجة حرارة خلال فصل الشتاء في محطة عين التمر بقيمة (1,2 م) في شهر كانون الثاني وأعلى متوسط لدرجة حرارة في فصل الصيف بقيمة (38,6 م) في شهر تموز، جدول (6) مخطط (2).

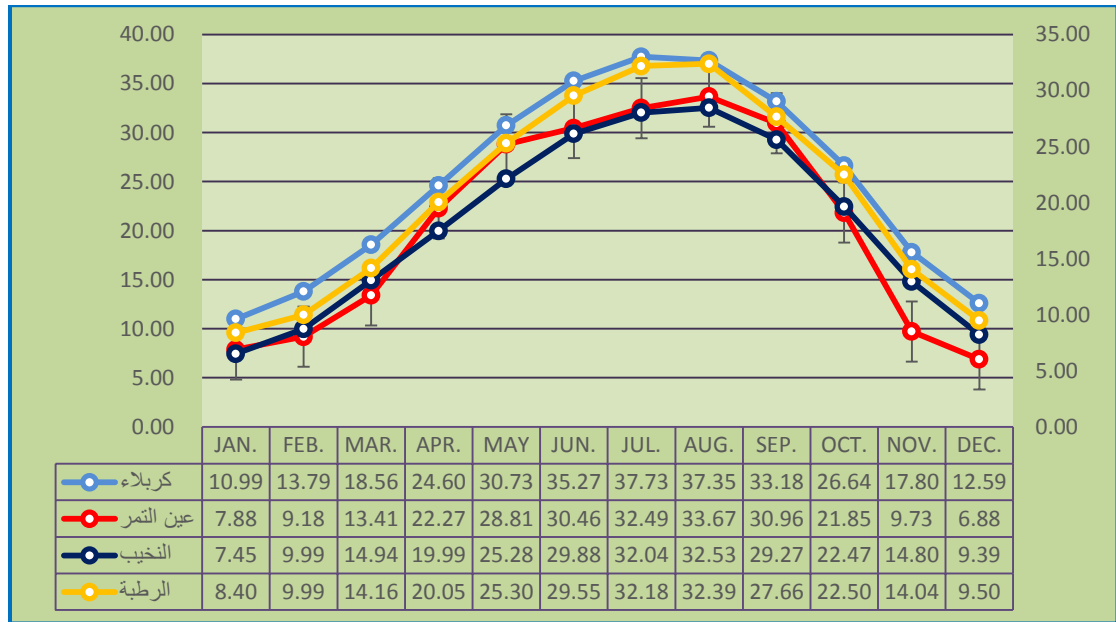
جدول (6) يوضح متوسط درجات الحرارة الشهرية المثوية لمحطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر،

النخيب، الرطبة) للمدة 2023-1993

الأشهر												المحطات
DEC.	NOV.	OCT.	SEP.	AUG.	JUL.	JUN.	MAY	APR.	MAR.	FEB.	JAN.	
12.59	17.80	26.64	33.18	37.35	37.73	35.27	30.73	24.60	18.56	13.79	10.99	كربلاء
6.88	9.73	21.85	30.96	33.67	32.49	30.46	28.81	22.27	13.41	9.18	7.88	عين التمر
9.39	14.80	22.47	29.27	32.53	32.04	29.88	25.28	19.99	14.94	9.99	7.45	النخيب
9.50	14.04	22.50	27.66	32.39	32.18	29.55	25.30	20.05	14.16	9.99	8.40	الرطبة

المصدر: الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، مركز المناخ والبحث العلمي، قسم الرصد الجوي، بغداد، بيانات

للمدة 2023-1993.



مخطط (2) يوضح متوسطات الحرارة الشهرية لمحطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب،

الرطبة) للمدة 2023-1993.

المصدر: بيانات الجدول (6).

في حين تباينت متوسطات درجة الحرارة في محطات التغذية هي الاخرى ايضاً ففي محطة كربلاء متوسطة الدرجة الحرارة ما بين (10,99-37,7م) اما محطة النخيب تراوحت متوسطات درجة الحرارة ما بين (7,45-32,53م)، اما محطة الرطبة تراوحت متوسطات درجة الحرارة فيها ما بين (8,40-32,39م)

خلال فصل الصيف، ما يزيد من كمية الفاقد للمياه المخزونة في التربة، وذلك لزيادة كميات التبخر صيفاً، ما يجعل منطقة الدراسة مهددة في استنزاف طبقة المياه الجوفية والوصول الى الاحتياطي الثابت.

3 - التبخر (Evaporation):

يعد التبخر من العناصر المهمة في تحديد التوازن المائي وتقدير الاحتياجات المائية إذ ان فاعلية المطر وتأثيرها في تغذية المياه الجوفية لا تعتمد على كمية الامطار فحسب بل انها تعتمد بدرجة كبيرة على كمية الفاقد منه عن طريق التبخر، إذ يعمل التبخر على تقليل كمية المخزون المائي من خلال تنشيط فاعلية الخاصية الشعرية⁽¹⁾، وبالنسبة لمنطقة الدراسة يمثل التبخر سمة من سماتها، إذ تمتاز الصحراء الغربية بالمناخ الجاف الذي يؤثر على قيم الامطار الساقطة.

يتضح من الجدول (7) والمخطط (3) ارتفاع قيم التبخر على طول ايام السنة وخاصة في فصل الصيف إذ يبلغ اعلى متوسط لقيم التبخر (48,83 ملم) في شهر تموز في حين بلغ ادنى متوسط لقيم التبخر (58,62 ملم) في شهر كانون الثاني، وهذا يشير إلى ارتفاع كمية المياه المفقودة عن طريق التبخر، وتناقص حجم الجريان السطحي وتراجع حجم التغذية الجوفية لتأثرها بعملية التبخر في مناطق التغذية ومنطقة الدراسة، في حين يساهم انخفاض عملية التبخر في شهر كانون الثاني وشباط فرصة لتغذية المياه الجوفية.

ويبين المخطط (3) ان قيم التبخر ترتفع في فصل الصيف لتتراوح ما بين 306.49 ملم في شهر ايار و 483.83 ملم في شهر تموز، في حين تنخفض قيم التبخر في فصل الشتاء وفي جميع المحطات، لتتراوح ما بين 58.62 ملم في شهر كانون الاول، و 201.99 ملم في شهر شباط.

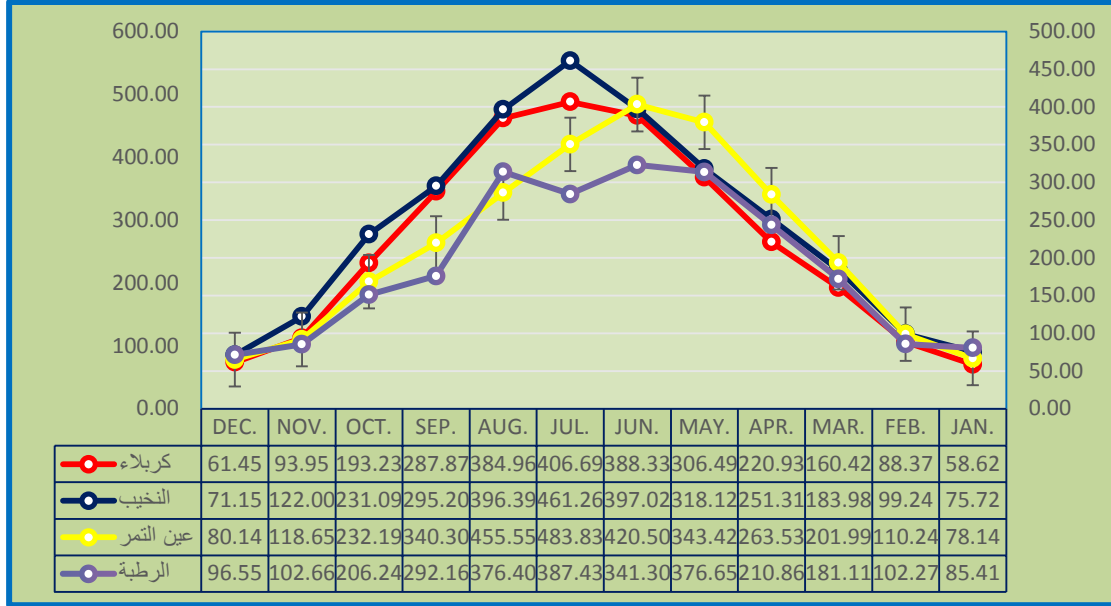
جدول(7) يوضح المتوسطات الشهرية لقيم التبخر بالملم في محطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993-2023.

(1) علي حسن موسى، جغرافية المناخ، مديرية الكتب والمطبوعات، دمشق، 2005، ص403.

DEC	NOV	OCT	SEP	AUG	JULY	JUN	MAY	APR	MAR	FEB	JAN	المحطات
93.95	193.23	287.87	384.96	58.62	406.69	388.33	306.49	220.93	160.42	88.37	58.62	عين التمر
118.65	232.19	340.30	455.55	78.14	483.83	420.50	343.42	263.53	201.99	110.24	78.14	كربلاء
122.00	231.09	295.20	396.39	75.72	461.26	397.02	318.12	251.31	183.98	99.24	75.72	النخيب
102.66	206.24	292.16	376.40	85.41	387.43	341.30	376.65	210.86	181.11	102.27	85.41	الرطبة

المصدر: الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي، مركز المناخ والبحث العلمي، قسم الرصد الجوي، بغداد، بيانات للمدة

.2023-1993



مخطط (3) يوضح المتوسطات الشهرية لقيم التبخر في محطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الربطية) للمدة 1993 - 2023

المصدر: بيانات الجدول (7).

4 - الرياح (Wind):

تعرف الرياح بأنها: "الحركة الأفقية للهواء الموازية لسطح الأرض"⁽¹⁾، وللرياح دور كبير في تأثيرها على المناخ وحالة الطقس، فالرياح تنقل الخصائص المناخية للمناطق الهابطة منها، وتؤدي إلى أحداث تغيرات في طقس المناطق المارة عليها، فهي تؤثر في درجات الحرارة، الرطوبة والأمطار، والتبخر والتكاثف، وتؤثر سرعة الرياح بشكل كبير على المياه الجوفية من خلال زيادة كمية الفاقد من المياه الجوفية بعملية التبخر والنتح، كما يؤدي اشتداد سرعتها إلى ارتفاع مناسيب المياه في الآبار في حين تساعد انخفاض سرعة الرياح على زيادة تسرب مياه الأمطار وعدم الضياع بالتبخر نتيجة اشتداد سرعة الرياح⁽²⁾.

⁽¹⁾ صباح محمود علي الراوي، عدنان هزاع البياتي، أسس علم المناخ، دار الحكمة، جامعة الموصل، ط1، 1990، ص190.

⁽²⁾ إبراهيم علي عبيدو، الجيولوجي الهندسية، ط2، الاسكندرية للطباعة والنشر، 1970، ص171، ص177.

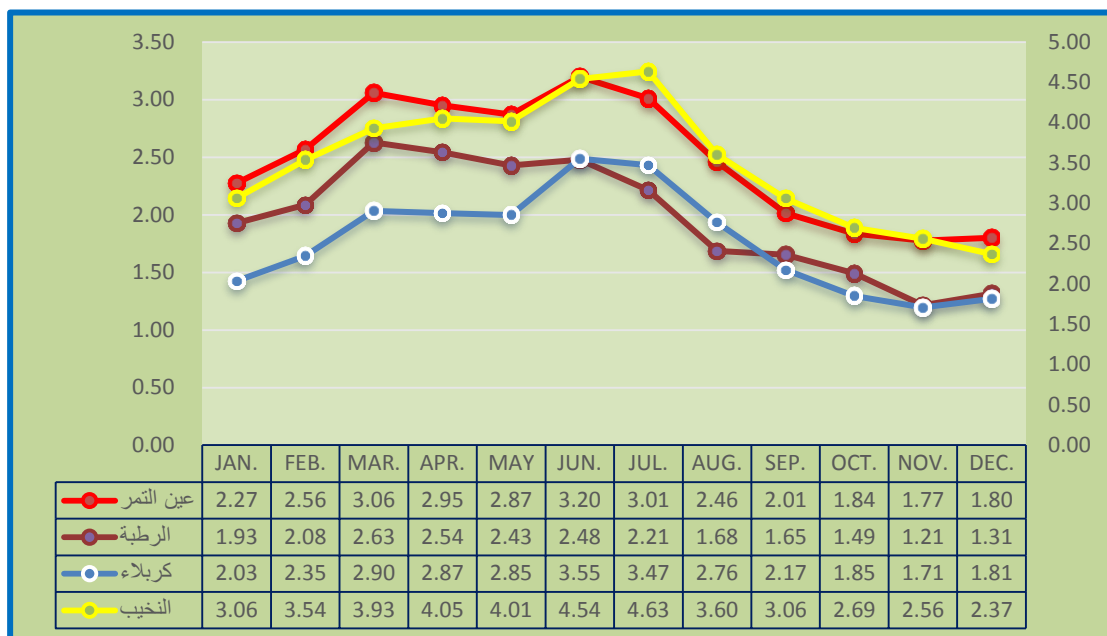
تتأثر منطقة الدراسة بالرياح الغربية والشمالية الغربية فهي الرياح السائدة في معظم ايام السنة، كما تتأثر الرياح الشمالية الشرقية في بعض الأيام، ويتضح من تحليل الجدول (8) وجود تفاوت ملحوظ في معدل سرعة الرياح خلال أشهر السنة.

جدول (8) يوضح متوسطات سرعة الرياح الشهرية كم/ ساعة لمحطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة) للمدة 1993-2023.

الأشهر												
DEC	NOV	OCT	SEP	AUG	JULY	JUN	MAY	APR	MAR	FEB	JAN	المحطات
1.81	1.71	1.85	2.17	2.76	3.47	3.55	2.85	2.87	2.90	2.35	2.03	عين التمر
1.80	1.77	1.84	2.01	2.46	3.01	3.20	2.87	2.95	3.06	2.56	2.27	كربلاء
2.37	2.56	2.69	3.06	3.60	4.63	4.54	4.01	4.05	3.93	3.54	3.06	النخيب
1.31	1.21	1.49	1.65	1.68	2.21	2.48	2.43	2.54	2.63	2.08	1.93	الرطبة

المصدر: الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، مركز المناخ والبحث العلمي، قسم الرصد الجوي، بغداد ، بيانات

للمدة 1993-2023.



مخطط (4) يوضح متوسط سرعة الرياح لمحطات الصحراء الغربية (كربلاء، عين التمر، النخيب، الرطبة).

المصدر: بيانات جدول (8).

إذ سجل أعلى قيمة لسرعة الرياح في محطة النخيب بمتوسط (4،63م/ساعة) في فصل الصيف، ويرجع ذلك لارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الضغط ما يزيد من سرعة حركة الهواء، في حين سجل أدنى متوسط لسرعة الرياح في محطة الرطبة بقيمة (1،21م/ساعة) ويرجع ذلك لانخفاض درجات الحرارة وتأثر العراق بالضغط المرتفع. ان انخفاض نسب التبخر في محطات كربلاء، عين التمر، الرطبة، النخيب يعمل على زيادة تغذية المياه الجوفية، في حين تؤدي زيادة كميات الى فقدان المياه الجوفية القريبة من سطح الارض.

5 - الامطار (The Rain):

تعد الأمطار من أكثر العوامل تأثيراً في النظام الهيدرولوجي، من خلال تحكمها في كمية الجريان السطحي ومعدلات الرشح⁽¹⁾، اذ ان زيادة معدلات الأمطار السنوية تعمل على تعاضم مخزون الماء الجوفي وارتفاع مناسيبه، بينما تعمل قلة الأمطار على اضمحلال هذا المخزون وانخفاض مناسيبه، كما ان لموسمية الأمطار اثرها البالغ على توافر المياه الجوفية، فالمناطق التي تتذبذب فيها الامطار في بعض المواسم تتيح فرصاً اكبر لنفاذ الماء كما لو كانت رطبة طول العام، كما ان انخفاض درجات الحرارة يؤدي الى قلة التبخر من المياه قبل تغلغلها داخل الارض، وانعدام التبخر في المياه الجوفية القريبة من السطح (نطاق التهوية)⁽²⁾.

ويتضح من بيانات الملحق (1) تباين المعدلات الشهرية للأمطار وتذبذبها في الموسم الواحد ومن سنة لأخرى، إذ يتضح من السلسلة الزمنية المعتمدة في الدراسة ان مجموع الامطار للمدة 1993-2023 تراوح ما بين (51-131 ملم) في محطة عين التمر (منطقة الدراسة)، وان مجموع الامطار خلال 30 عام بلغ (2753،441 ملم) كما تتباين معدلات الأمطار في محطات مناطق التغذية لحوض الدمام ايضاً في كل من محطة (النخيب، الرطبة، كربلاء).

(1) علي حسين شلش، مناخ العراق، ترجمة: ماجد السيد ولي، جامعة البصرة، 1988، ص51.

(2) إبراهيم علي عبيد، مصدر سابق، ص171.

وان هذا التباين له أثر كبير في تحديد نوع المناخ، وفاعلية المطر، وعلى عموم الوضع الهيدرولوجي في منطقة الدراسة، ولتوضح الوضع الرطوبي في مناطق التغذية ومنطقة الدراسة اعتمدت بمعامل (Lang) معامل المطر، والتي تعتمد على العلاقة بين كمية الأمطار الساقطة ودرجة الحرارة وفق المعادلة⁽¹⁾:

$$F = \frac{\rho}{T}$$

إذ ان:

F: معامل المطر (ملم/م).
 ρ: الامطار الساقطة ملم.
 T: معدل درجة الحرارة (م).

T: معدل درجة الحرارة (م).

ويقسم Lang وفق هذه المعادلة مناطق العالم إلى اربعة انواع (شديدة الجفاف، جافة، شبه جافة ورطبة) جدول (9) :

جدول (9) يوضح معامل المطر حسب تصنيف Lang.

معامل المناخ	معامل المطر F (ملم/م)
شديدة الجفاف	صفر - 10
جافة	10-40
شبه جافة	16-40
رطبة	اكثر من 160

المصدر: علي صاحب الموسوي، عبد الحسن مدفون ابو رحيل، المناخ التطبيقي، طرح، دار الضياء للطباعة والنشر، النجف الاشرف، 2013، ص89.

عند تطبيق معادلة معامل Lang لمحطة منطقة الدراسة (عين التمر) ومحطات مناطق التغذية تبين ان صفة المناخ في جميع المحطات (مناخ شديدة الجفاف) في اغلب السنوات، إذ تراوحت معامل المطر لمحطة

⁽¹⁾ علي صاحب الموسوي، عبد الحسن مدفون ابو رحيل، المناخ التطبيقي، طرح، دار الضياء للطباعة والنشر، النجف الاشرف، 2013، ص89.

كربلاء ما بين (1،26 ملم) عام 2009 و(7،11 ملم) عام 2018 وحسب معامل Lang تعد منطقة ذات مناخ شديد الجفاف.

جدول(10) يوضح معامل المطر لعدد من محطات الصحراء الغربية (مناطق التأثير) لكل من (عين التمر، كربلاء، الخيب، الرطبة) للمدة 1993-2023.

الرطوبة مناخ	F	النخيب مناخ	F	التمر عين مناخ	F	كربلاء مناخ	F	YEARS
الجفاف شديدة	6.71	الجفاف شديدة	5.33	جافة	7.01	الجفاف شديدة	4.89	1993
الجفاف شديدة	8.61	الجفاف شديدة	6.67	الجفاف شديدة	3.58	الجفاف شديدة	4.03	1994
جافة	11.55	الجفاف شديدة	4.25	الجفاف شديدة	6.42	الجفاف شديدة	4.15	1995
الجفاف شديدة	6.47	الجفاف شديدة	4.98	الجفاف شديدة	5.17	الجفاف شديدة	5.07	1996
جافة	12.15	الجفاف شديدة	4.36	جافة	7.32	الجفاف شديدة	5.95	1997
الجفاف شديدة	3.85	الجفاف شديدة	4.03	جافة	5.58	الجفاف شديدة	2.48	1998
الجفاف شديدة	3.03	الجفاف شديدة	2.59	جافة	3.05	الجفاف شديدة	1.61	1999
الجفاف شديدة	4.14	الجفاف شديدة	2.13	جافة	4.08	الجفاف شديدة	1.77	2000
الجفاف شديدة	4.89	الجفاف شديدة	3.46	جافة	4.77	الجفاف شديدة	3.34	2001
الجفاف شديدة	5.00	الجفاف شديدة	5.05	جافة	5.19	الجفاف شديدة	3.69	2002
الجفاف شديدة	4.84	الجفاف شديدة	4.01	الجفاف شديدة	3.97	الجفاف شديدة	3.30	2003
الجفاف شديدة	4.89	الجفاف شديدة	3.06	الجفاف شديدة	4.24	الجفاف شديدة	2.52	2004
الجفاف شديدة	5.52	الجفاف شديدة	2.16	الجفاف شديدة	3.27	الجفاف شديدة	2.77	2005
الجفاف شديدة	4.33	الجفاف شديدة	2.99	الجفاف شديدة	2.43	الجفاف شديدة	3.90	2006
الجفاف شديدة	3.45	الجفاف شديدة	2.88	الجفاف شديدة	2.97	الجفاف شديدة	1.63	2007
الجفاف شديدة	3.50	الجفاف شديدة	1.11	الجفاف شديدة	4.46	الجفاف شديدة	3.09	2008
الجفاف شديدة	1.11	الجفاف شديدة	1.12	جافة	7.09	الجفاف شديدة	1.26	2009
الجفاف شديدة	4.86	الجفاف شديدة	5.62	جافة	8.25	الجفاف شديدة	3.23	2010
الجفاف شديدة	4.46	الجفاف شديدة	5.20	الجفاف شديدة	5.04	الجفاف شديدة	4.23	2011
الجفاف شديدة	3.36	الجفاف شديدة	2.29	الجفاف شديدة	3.25	الجفاف شديدة	3.14	2012
الجفاف شديدة	6.70	الجفاف شديدة	5.13	الجفاف شديدة	5.32	الجفاف شديدة	7.66	2013
الجفاف شديدة	7.55	الجفاف شديدة	3.06	الجفاف شديدة	4.24	الجفاف شديدة	4.25	2014
الجفاف شديدة	3.66	الجفاف شديدة	6.60	الجفاف شديدة	4.78	الجفاف شديدة	4.67	2015
الجفاف شديدة	1.82	الجفاف شديدة	5.29	الجفاف شديدة	4.85	الجفاف شديدة	6.97	2016
الجفاف شديدة	1.06	الجفاف شديدة	1.69	الجفاف شديدة	2.27	الجفاف شديدة	1.96	2017
الجفاف شديدة	7.76	جافة	10.50	الجفاف شديدة	6.02	الجفاف شديدة	7.11	2018
الجفاف شديدة	6.39	الجفاف شديدة	4.82	الجفاف شديدة	3.63	الجفاف شديدة	3.86	2019
الجفاف شديدة	6.92	الجفاف شديدة	3.95	الجفاف شديدة	2.58	الجفاف شديدة	2.61	2020
الجفاف شديدة	0.96	الجفاف شديدة	3.48	الجفاف شديدة	1.16	الجفاف شديدة	0.54	2021
الجفاف شديدة	3.90	الجفاف شديدة	2.55	الجفاف شديدة	2.46	الجفاف شديدة	1.38	2022
الجفاف شديدة	8.94	الجفاف شديدة	2.31	الجفاف شديدة	4.62	الجفاف شديدة	4.32	2023
الجفاف شديدة	5.21	الجفاف شديدة	3.88	الجفاف شديدة	4.30	الجفاف شديدة	117.40	المجموع

المصدر: بيانات الملحق (1) .

اما محطة عين التمر تراوحت معامل المطر فيها ما بين (37،37 ملم) لسنة 2010 و(1،16 ملم) لسنة 2021 وهي بذلك تعد من مناطق المناخ شديد الجفاف، اما محطة النخيب تراوحت معامل المطر فيها

ما بين (10،50 ملم) لسنة 2018 و(1،11 ملم) لسنة 2019 وهي تعد من المناطق الجافة ايضاً. في حين تراوحت معامل المطر في محطة الرطوبة ما بين (12،15 ملم) لسنة 1997 و(1،06 ملم) لسنة 2017 وهي ايضاً تتصف بالمناخ الجاف والشديد الجفاف لمعظم السنوات.

الفصل الثالث

تأثير الموارد الطبيعية المياه والتربة في الانشطة البشرية

المبحث الأول: مؤشرات المياه الجوفية على صور الاستشعار عن بُعد

أولاً: الكشف عن المياه الجوفية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد
ثانياً: المؤشرات المباشرة وغير المباشرة للاستدلال على وجود المياه الجوفية

- 1- مؤشر البلل الطبوغرافي
- 2- مؤشر التراكيب الخطية (الخطيات)
- 3- مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)
- 4- مناطق التغذية
- 5- نقاط التصريف

المبحث الثاني: تقييم جودة المياه الجوفية في الصحراء الغربية وتحديد مدى صلاحيتها للأنشطة البشرية المختلفة

أولاً: محددات جودة المياه للشرب
ثانياً: محددات جودة المياه الجوفية في الزراعة
ثالثاً: محددات جودة المياه في العمليات الصناعية
المبحث الثالث: تأثير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه والتربة على عمليات الإنتاج الزراعي في الصحراء الغربية
أولاً: التحليل الاحصائي لخصائص المياه
ثانياً: التحليل الاحصائي لخصائص التربة

المبحث الأول: مؤشرات المياه الجوفية على صور الاستشعار عن بُعد:

المقدمة:

يشكل نقص المياه عائقاً رئيسياً أمام التنمية المستدامة وتخفيف حدة الفقر كما أنه يعد سبباً للصراعات الخطيرة في بعض البلدان وبالتالي يعد استكشاف الموارد المائية ورسم خرائطها ومراقبتها شرطاً أساسياً لتوافر الموارد المائية وإمكانية الوصول إليها والاستخدام العادل والإدارة الرشيدة لها في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، ويعد استخدام القياسات الهيدرولوجية التقليدية المقترنة بأجهزة الاستشعار عن بُعد عبر الأقمار الصناعية والمحمولة جواً من الوسائل المهمة في تشخيص توزيع المياه الجوفية وإعداد خرائط لمناطق الأمل الجوفي، فمفتاح الاستشعار عن بُعد للمياه الجوفية هو إدراك أن تدفق المياه الجوفية الضحلة غالباً ما يكون مدفوعاً بالتأثير السطحي الذي تحدده الخصائص الجيولوجية المنتجة من البيانات السطحية.

أولاً: الكشف عن المياه الجوفية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد

ترتبط المياه الجوفية والمياه السطحية ارتباطاً وثيقاً في البيئات القاحلة والرطبة، ويمكن فصل الجداول والبحيرات عن منسوب المياه عن طريق منطقة واسعة من الفادوز^(*) خلال المواسم الرطبة، فغالباً ما تستقر المياه الجوفية تحت المياه السطحية ثم تتبدد خلال مواسم الجفاف. يمكن التعرف على بروز المياه الجوفية في الصور المستشعرة عن بُعد من خلال بصمتها الطيفية النباتية والمشكلة في البيئات القاحلة والرطبة⁽¹⁾.

اذ تحتوي صور الاستشعار عن بُعد على مجموعة من النطاقات الطيفية المختلفة، والتي يمكن استخدامها في عمليات التحليل والتفسير، ويمكن دمج النطاقات الطيفية المفردة للحصول على ميزات وانماط معينة تبرز بشكل أفضل، إذ أصبح دمج النطاقات الطيفية ممارسة شائعة لأنشاء صور

(*) الفادوز: منطقة تهوية فوق منسوب المياه الجوفية . تشمل هذه المنطقة أيضاً هامش شعري فوق منسوب المياه الجوفية، يختلف ارتفاعه باختلاف حجم حبيبات الرواسب. في الأوساط خشنة الحبيبات.

(¹) Victor klemas and Alien pie terse, using Remit sensing to Map and Monitor water Resources in Arid and semiarid Regions, spring reintegration publishing Switzerland, 2015, pp 36-37.

جديدة من نطاقين او اكثر تعمل الصور الجديدة التي تم انشائها بهذه الطريقة على تحسين تمثيلات الاجسام الارضية مثل النباتات والمسطحات المائية وغيرها⁽¹⁾.

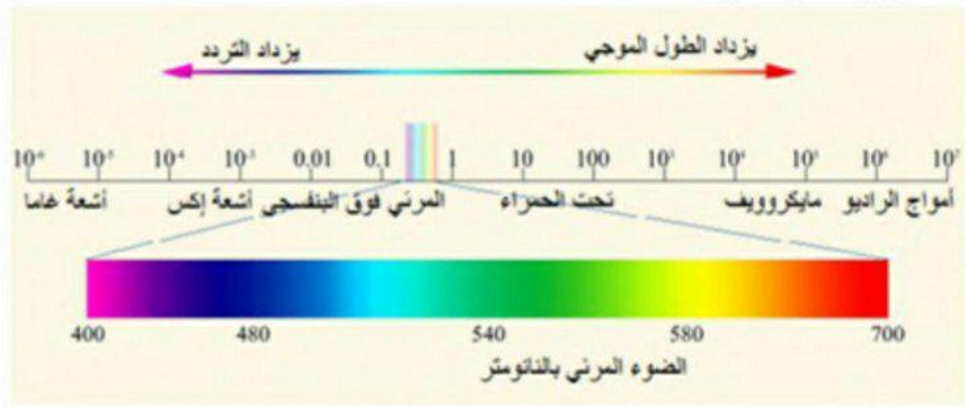
تعد صور الاستشعار عن بُعد المتعددة الاطراف فعالة للغاية للحصول على فهم أفضل للبيئة، إذ يمكن بواسطة الاستشعار الحصول على المعلومات واستخلاص المعالم بشكل طيفي ومكاني وزماني، ولبيانات الاستشعار عن بُعد العديد من مجالات التطبيق بما في ذلك تصنيف الغطاء الارضي، قياس رطوبة التربة، تصنيف أنواع الغابات، قياس محتوى الماء السائل في النبات، ورسم خرائط الثلوج، وذلك بالاعتماد على السمات الطيفية والمكانية المتكاملة للظواهر التي يتم الحصول عليها بواسطة أجهزة الاستشعار بنوعيتها (الاستشعار السلبي، الاستشعار النشط)⁽²⁾.

من خلال هذه الأجهزة يتم استلام صورة (LANDSAT) متعددة الاطراف لمنطقة الدراسة تتكون الصورة من بيانات ثلاثية النطاق، يحتوي كل نطاق على بعض المعلومات المحددة، وبمساعدة هذه النطاقات الثلاثة يمكن استخراج الميزات على أساس الطول الموجي، وهذه النطاقات هي (نطاق الاشعة تحت الحمراء الرئيسية والعاكسة، الاشعة تحت الحمراء الحرارية، والاستشعار عن بُعد بالموجات الدقيقة)، ويمكن تحليل هذه الاشعة باعتماد أدوات النطاقات المرتبطة للطيف الكهرومغناطيسي لتحليل الصورة من خلال خوارزميات ومؤشرات رياضية مختلفة تعتمد على خصائص الانعكاس⁽³⁾.

(¹) Sha Huang, Lina Tang, Acommentory review on The Use of Normalized difference vegetation index (NDVI) in The area of popular remote sensing, Department of forestry and natural Resources, Pun due university, west Lafayette, USA, J. for. Res (2021), 32 (1), pp 1-6.

(²) K. Bhandari, A. Kumar, Feature Extraction using Normalized Difference vegetation index (NDVI), a case study of sabalpur city, 2nd international conference on communication, computing procedural Technology, pp 612-615, p 612, 2012.

(³) K Bhandari, A. Kumor, op.st, pp 617-620, p GIS, 2012.



مخطط (5) نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي

المصدر: عماد الدين حسين محمد، النور والنار بين العلم والدين، الناشر ktab INC 2018، ص4،
<https://books.google.iq/books>.

لا يتعدى عمق اختراق الاشعاع الكهرومغناطيسي اجزاء من المليمتر في المنطقة المرئية وبالكاد يصل الى بضعة امتار في منطقة المايكرويف (في الظروف شديدة الجفاف) لذا يمكن اعتماد النظام المورفولوجي- الهيدرولوجي - الجيولوجي- السطحي)، الذي يحكم بشكل اساس ظروف المياه تحت سطحية ورسم خرائط على منتجات بيانات الاستشعار عن بُعد⁽¹⁾.

يمكن تصنيف استكشاف المياه الجوفية أو المؤشرات الجوفية الى فئتين:-

- الفئة الاولى: مؤشرات من الدرجة الاولى (مباشرة): ترتبط بنظام المياه الجوفية (بمعنى

مناطق التغذية، مناطق التصريف، رطوبة التربة، الغطاء النباتي).

وتتمثل المؤشرات المباشرة في:-

أ- معالم مرتبطة بمناطق التغذية (انهار، قنوات، بحيرات، برك).

ب- معالم مرتبطة بمناطق التصريف (ينابيع).

ج- رطوبة التربة.

د- الغطاء النباتي.

- الفئة الثانية: المؤشرات غير مباشرة (المرتبة الثانية):

أ- معالم تضاريسية والانحدار السطحي العام.

ب- الاشكال الارضية.

(¹) محمود فاضل الجميلي، الاستشعار عن بُعد وتطبيقاته في علوم الارض، قسم علوم الارض الطبيعية، كلية العلوم، جامعة تكريت، 2020، ص321.

ج- عمق التجوية.

د- أنواع الترب.

هـ- معالم جيولوجية (الكارست، المراوح الفيضية، التكلسات الملحية).

إن الغرض من البحث عن المياه الجوفية هو استهداف موارد المياه للأمداد المحلي، ويمكن ان توفر تقنيات الاستشعار عن بُعد بيانات لمعلومات حيوية، والتي يمكن استكمالها والتحقق منها بواسطة تقنيات حقلية اخرى (جيوفيزيائية)⁽¹⁾.

ثانياً: المؤشرات المباشرة وغير المباشرة للاستدلال على وجود المياه الجوفية:

يمكن التطرق الى عدد من هذه المؤشرات المباشرة وغير مباشرة للاستدلال على وجود المياه الجوفية وتحديد نطاقاتها واماكن تواجدها:

1- مؤشر البلل الطبوغرافي (Topographic wetness index (TWI) :

يعرف مؤشر البلل الطبوغرافي بأنه قياس لاحتمالية تسرب المياه الجوفية بسبب المعلمات الطبوغرافية، ويستخدم لتقييم السيطرة الطبوغرافية على العمليات الهيدرولوجية، إذ يؤثر التوزيع المكاني لمستويات المياه الجوفية على التربة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية كما تؤثر بشكل غير مباشر على درجة حموضة التربة والتوزيع المكاني للنباتات في المنطقة، تم تطوير هذا المؤشر من قبل العالمين بيفن وكيركي عام (1979) ضمن نموذج الجريان السطحي الذي يجمع بين منطقة المسافة المحلية (التغذية) والمنحدر⁽²⁾.

اذ تعد التضاريس احدى أدوات التحكم الرئيسية في النمط المكاني للمناطق المشبعة والتي بدورها تعد مفتاحاً لفهم الكثير من التباين في التربة والعمليات الهيدرولوجية، ويمثل مؤشر (TWI) أداة لوصف ظروف البلل على نطاق متجمعات المياه، وهذا المؤشر يفترض ان تدرجات المياه الجوفية تساوي دائماً التدرجات السطحية، والذي يمكن اعتماده في رسم خرائط رطوبة التربة، إذ توفر

(¹) محمود فاضل الجميلي، مصدر سابق ص322.

(²) R. Sorensen. Et al. on The calculation of the topographic wetness inde: evaluation of different methods based on field observations Hydrology and Earth system sciences Discussions, 2006, 10, 1.. pp 101-112. P 102.

التضاريس بديلاً لرسم خرائط الاراضي الرطبة فيكون الافتراض بأن جداول المياه الجوفية تتبع التضاريس ويرتبط مؤشر الرطوبة الطبوغرافية مع منطقة المنحدرات (1).

فالسماة الطبوغرافية الطاقة اللازمة لتحفيز حركة المياه الجوفية وتدفقها وتشكيل حدود التدفقات السائدة، ويعد نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) المصدر الرئيس لإجراء مثل هذه الدراسات، إذ يمكن من خلاله الحصول على العديد من المؤشرات الطبوغرافية لتوضيح التوزيع المكاني للسماة الطبوغرافية ورسم خرائط لها للحصول على مؤشرات طبوغرافية اولية (النقاط الرأسية التي يمكن الحصول عليها مباشرة من بيانات الارتفاع) ومؤشرات طبوغرافية ثانوية (خطوط التسلسل والانتقال) وتمثل المناطق المعرضة لتراكم المياه وتتميز بالانحدار فهي مناطق الامل للمياه الجوفية. ومؤشر (TWI) مؤشر مركب يسمح باختيار خوارزميات مختلفة تعتمد على (DEM) ويصف ميل الخلية الى تجميع الماء وفق الخوارزمية:

$$TwI = \ln(n/\tan(b))$$

حيث أن:

ln = هو اللوغارتم الطبيعي. a = مساحة النقطة التي تتجمع فيها المياه.

b = هو الانحدار $slop$ أي (زاوية الانحدار للمنطقة).

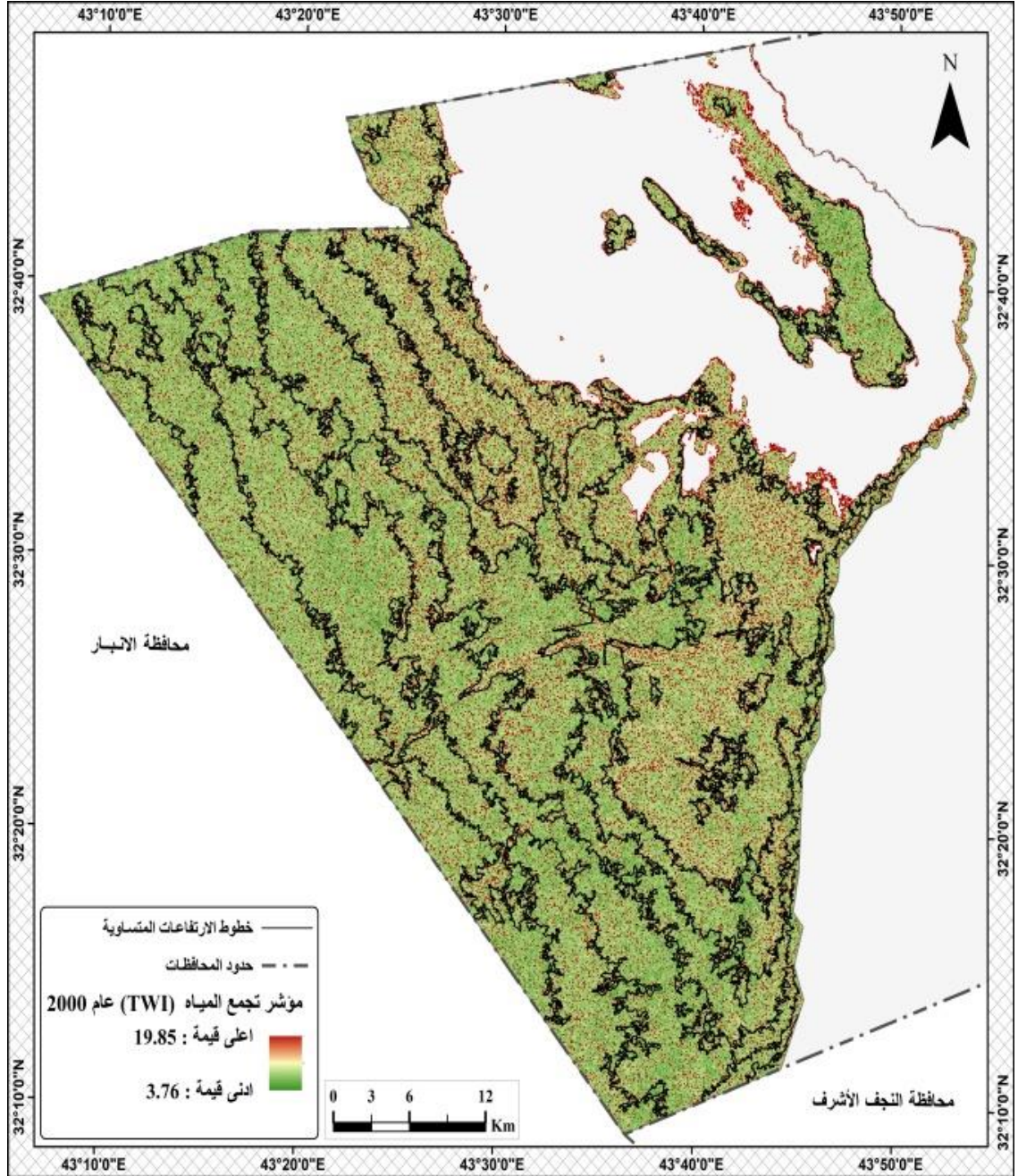
ويمكن ان يستخدم بشكل مباشر في برنامج Arc Gis من خلال البيانات الطبوغرافية والجيومورفولوجية.

وهناك العديد من الخوارزميات التي يمكن استخدامها في حساب (TWI) مثل خوارزميات التدفق الفردي (التدفق باتجاه واحد) وخوارزميات التدفق الافتراضي (اتجاه التدفق المتعدد) ويمكن لنظام (GIS) استخدام نموذج (DEM) لحساب خريطة تراكم التدفق وتحديد الحد الأدنى لقيمة المنحدر بخطوة واحدة باستخدام (أداة مؤشر البلل الطبغرافي) تحتاج هذه الاداة فقط الى اضافة (DEM) وضبط خوارزمية التدفق المعتمدة(2). ويمكن استخراج مؤشر البلل من ادوات Hydrology.

(1) T. Crabiet al. Modeling spatial patens saturated areas: A comparison of the topographic wetness index and a dynamic distributed model, sounrnal of flydrology, 373 (15-23), 2009, pp 3.

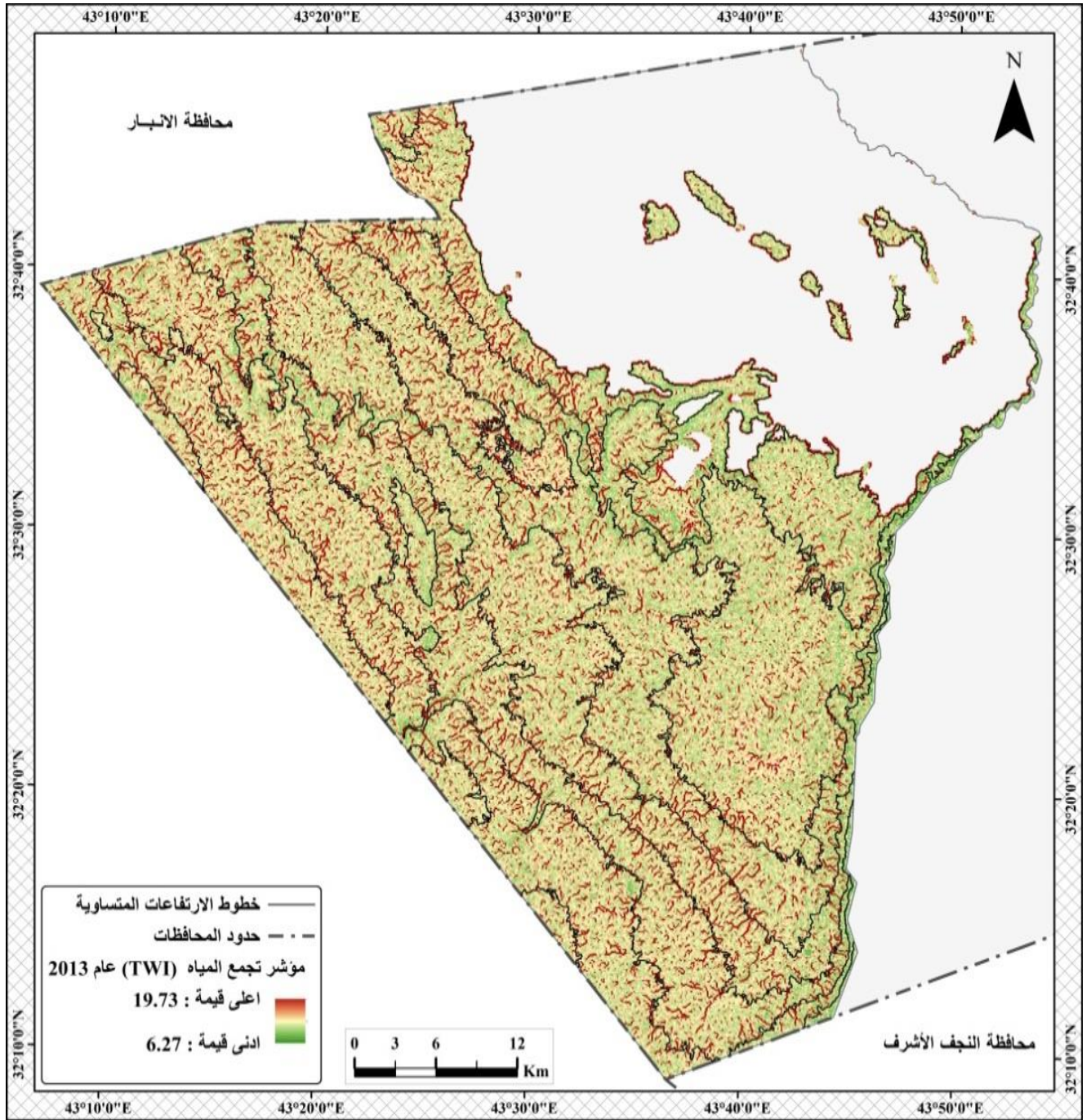
(2) Pietro Matlivieatl, Twl computation: a comprisal of different open source GISS/ open Geospatial Data, software and Standards, Department of Civil, chemical Environmental and Materials Engineering, university of Bdogna, Vial del Risorgimento, 2,1 taly , 2019, 2-12, pp 2-4.

وتبين خرائط (TWI) لمنطقة الدراسة خريطة (1، 2، 3) التوزيع المكاني لرتوية التربة بحسب طبغرافية المنطقة لسنوات (2000، 2013، 2023).



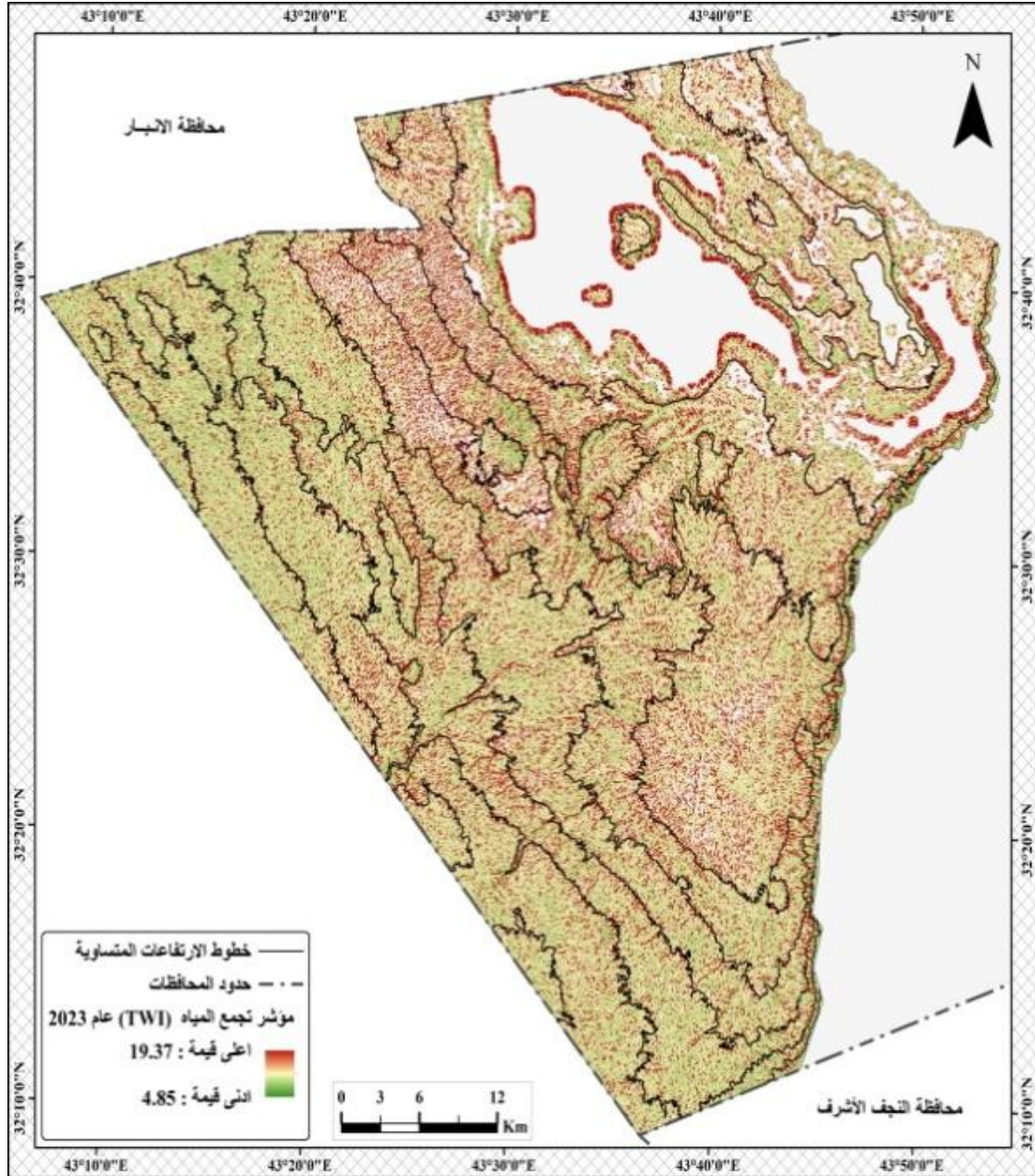
خريطة (5) يوضح مؤشر تجمع المياه (TWI) لعام 2000 في منطقة الدراسة.

المصدر : باستخدام نموذج DEM لعام 2023 وتقنيات (RS).



خريطة (6) يوضح مؤشر تجمع المياه (TWI) لعام 2013 في منطقة الدراسة.

المصدر: باستخدام نموذج DEM لعام 2013 وتقنيات (RS).



خريطة (7) يوضح مؤشر البلبل (TWI) في الصحراء الغربية لعام 2023.

المصدر: باستخدام نموذج DEM لعام 2023 وتقنيات (RS).

إن درجة مؤشر البلبل الطبغرافي تتراوح بين 3,76 كأدنى قيمة و 19,85 كأعلى قيمة، ويمكن تفسير هذه الخرائط على ان المناطق التي تظهر باللون الاحمر والاصفر تعد مناطق لتجمع المياه فهي مناطق منخفضة كما انها ترتفع فيها رطوبة التربة فهي مناطق الامل للمياه الجوفية في المنطقة، اما المناطق باللون الاخضر والاخضر المصفر تتراكم فيها المياه بدرجات متفاوتة.

ومن المحتمل ارتفاع درجة البلل في حال حدوث أي تغيرات هيدرولوجية في المنطقة، وتوضح الخرائط ان (TWI) يرتفع في الاجزاء الشمالية الغربية لتأثيره بالجريان التحت سطحي الناتج عن بحيرة الرزاة، ولوجود فالق السيد (الطار) الذي يمتد من الشمال إلى جنوب المنطقة ويزيد من تراكم المياه الجوفية بمحاذاته، في حين ينخفض مؤشر البلل (TWI) في الاجزاء الغربية لعدم وجود أي مسطح مائي قريب، ولارتفاع المنطقة مقارنة بالأجزاء الشرقية والغربية، إذ يؤدي هذا الانحدار (Slop) الى تشتت المياه في الخلايا المحتملة للمؤشر في تلك الاجزاء، وتوضع الخرائط ان سنة 2023 تعد اكثر السنوات تغطية لمؤشر تجمع المياه مقارنة بالسنوات الاخرى على الرغم من ارتفاع قيم المؤشر سنة 2000 الى 19.85، الا ان سنة 2023 شملت مساحات اضافية لم تتأثر بمؤشر البلل سابقاً، وكذلك الحال لسنة 2013، ويعود السبب لذلك الى عدم استغلال المياه الجوفية قبل 2003، ومع البدء باستغلالها بدأ مؤشر البلل ينحسر في اجزاء معينة من المنطقة وظهرت مناطق اكثر جفافا عما كانت عليه في السابق، بسبب الاستنزاف المائي الذي تعرضت له منطقة الدراسة.

2- مؤشر التراكم الخطية (الخطيات) Linear composition Index:

تعرضت طبقات القشرة الأرضية قديماً الى حركات مختلفة أدت الى انكسارها، وتكوين اشكال مختلفة عما كانت عليه يمكن ملاحظتها في المرئيات الفضائية بشكل خطوط متعرجة أو مستقيمة تأخذ مسارات مستقيمة، تعرف **بالتراكيب الخطية** ولهذه التراكيب أهمية كبيرة؛ لأنها تمثل مكامن لتجمع المعادن والمياه والنفط، وتتمثل هذه التراكيب بأنواع مختلفة من الصدوع، الفواصل، الشقوق. وتشير مثل هذه الظواهر الى حدوث (تحرك) انتقال للمواد إذ تعبر عن ظاهره سطحية أو تحت سطحية⁽¹⁾.

تعرف **الظواهر الخطية**: "بأنها عبارة عن كسور أو شقوق في الصخور تحدث نتيجة عمليات جيولوجية مثل عمليات الشد أو الضغط أو كلاهما أو هو فاصل صخري لم تحدث له إزاحة بأي اتجاه"⁽¹⁾.

(1) محمد خليل محمد جبر المعموري، التحليل المورفولوجي لتحرك المواد للسفوح الشمالية الشرقية لسلسلة تلال مكحول المطلة على قرية المسك باستخدام النمذجة الرقمية، أطروحة دكتوراه، جامعة تكريت، كلية التربية للعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية، 2016، ص 69-71.

فالخطيات القصيرة انعكاس (للكسور والشقوق والفواصل) في طبقة الصخور السطحية، في حين ان الخطيات الطويلة والاستطالات، تعبر عن تراكيب وصدوع تحت سطحية (عميقة) في صخور القاعدة بفعل الحركات التكتونية التي لها دور في تحديد اطوال الظاهرات الخطية وكثافتها واتجاهها وتقاطعها وتحديد مناطق الضعف التكتوني⁽²⁾، وتقسم التراكيب (الخطيات) الى⁽³⁾:

1- الخطيات التي يمكن ان ترى بالعين المجردة وتسمى (الخطيات الميكروسكوبية).

2- الخطيات التي تقل طولها عن (2 كم) وتسمى (الظواهر الخطية القصيرة).

3- الخطيات التي تتراوح اطوالها بين (2-10 كم) وتسمى (الخطيات الكبيرة).

4- الخطيات ذات الامتدادات الاقليمية التي تتراوح اطولها ما بين (50-100 كم) فهي تقطع وحدات صخرية وتراكيب جيولوجية وتسمى (استطاليات).

ولتوضيح الظاهرات الخطية في منطقة الدراسة، استخدمت مصادر البيانات من المرئية الفضائية لعام (2023) للقمر الصناعي وبيانات (DEM) لاستخلاص الظاهرات الخطية بالاعتماد على برامج (RS) و (GIS).

نتيجة للحركات التكتونية التي يتعرض لها العراق الذي يشغل جزءا من الصحيفة العربية ظهرت العديد من التراكيب الخطية في المنطقة أهمها (فالق شثائة) الذي يأخذ الاتجاه (الشمالي الشرقي- الجنوب الغربي)، ومن أهم الصدوع صدع غرب كربلاء الذي يمتد من الشرق الى الغرب والذي يعد امتداد لصدع (ابو جبر) وصدع بحيرة الرزاة الذي يمتد باتجاه (شمالي- جنوبي)⁽⁴⁾ وأنظمة الصدوع

⁽¹⁾ لطيف مزعل صالح، الكشف عن تحكم الظواهر الخطية في نشأة وتطور المجاري المائية (مقطع نهر دجلة بين سامراء وديالى) باستخدام التقنيات الجغرافية (GI-RS) مجلة جامعة تكريت للعلوم الانسانية، العدد (1)، مجلد (27)، 217-237، 2020، ص225.

⁽²⁾ M. Al-saud, using aster images to Analyze geologic linear features in wade Arana Basin western Saudis Arabia Space Research institute king Abdel Aziz city, for science and Technology, Riyadh, kingdom of Saudi Arabia, 2008, pp 14.

⁽³⁾ لطيف مزعل صالح، المصدر السابق، ص226.

⁽⁴⁾ قيس جاسم سعود الغازي، دراسة جيولوجية للمنطقة المحصورة بين وادي الغدق والابيض غرب بحيرة الرزاة، رسالة ماجستير- كلية العلوم، جامعة بغداد، 2004، ص12-13.

باتجاه (شرق- غرب) وأهمها صدع (وادي الغدق) وصدع (وادي الابيض)، اما طيات منطقة الدراسة فالمسطح الصحراوي يعد أهم طية، ويعد جزء من تركيب طية كبيرة تأخذ في الاتجاه الاقليمي للميل (شمالي- شرقي) وتنقسم هذه الطية الى عدد من الطيات السطحية والتحت سطحية، تكونت نتيجة السلوك التموجي للطبقات في عصر الميوسين⁽¹⁾.

وبيين الجدول (11) يوضح التراكيب الخطية في منطقة الدراسة ونسبها وكثافتها واتجاهها.

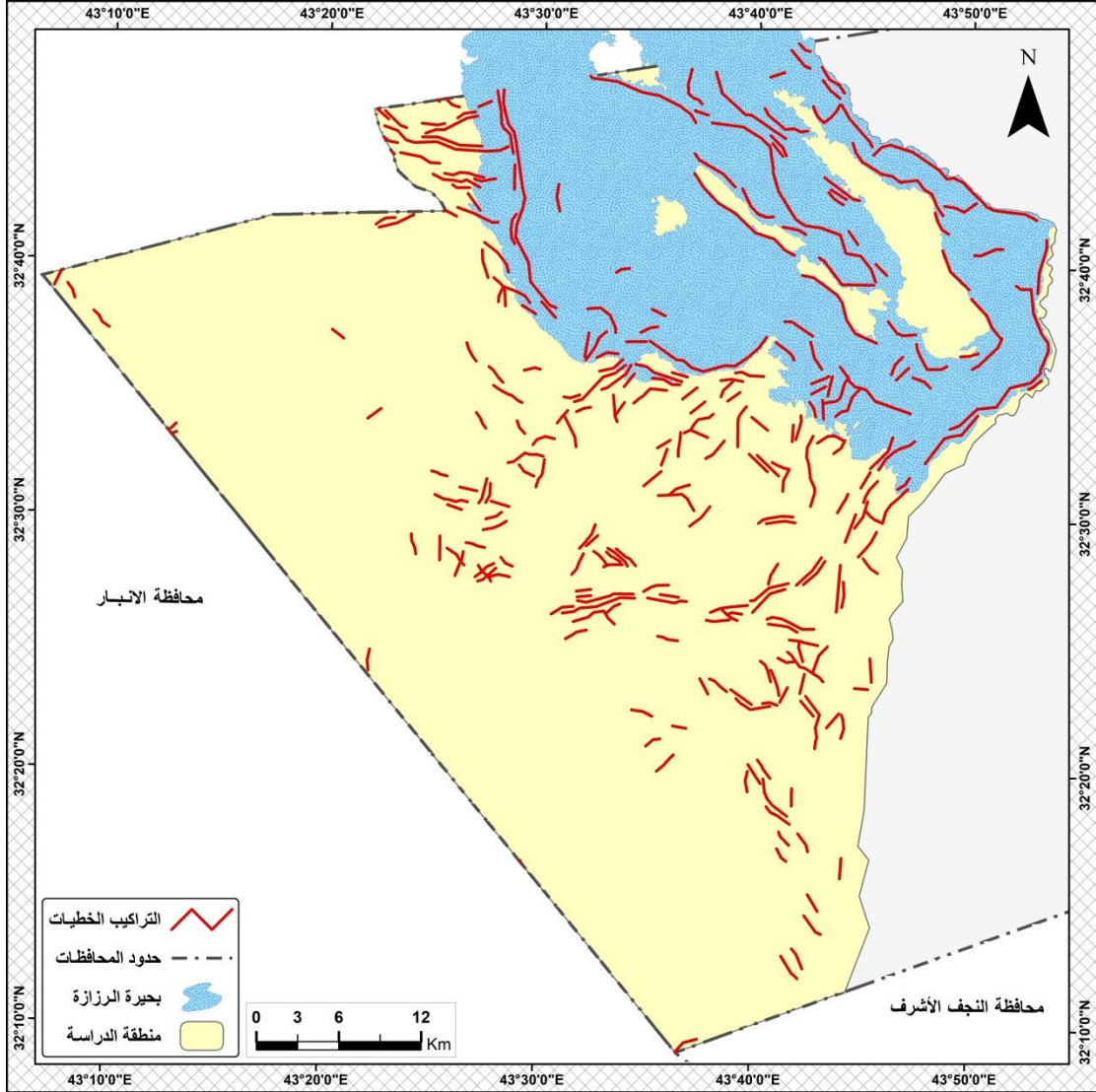
جدول (11) التراكيب الخطية في الصحراء الغربية

الاتجاه بالدرجة	اتجاه الظاهرة	العدد	النسبة %	الطول كم	النسبة %
80-90	الشمالي الشرقي	19	6.11	29.68	4.26
70-79		20	6.43	40.36	5.80
60-69		15	4.82	23.01	3.31
50-59		17	5.47	31.80	4.57
40-49		16	5.14	29.61	4.25
30-39		16	5.14	30.04	4.32
20-29		10	3.22	16.83	2.42
10-19		13	4.18	94.44	13.57
0-9		16	5.14	35.42	5.09
80-90		الشمالي الغربي	9	2.89	12.93	1.86
70-79	9		2.89	27.69	3.98
60-69	12		3.86	20.58	2.96
50-59	28		9.00	50.18	7.21
40-49	30		9.65	64.64	9.29
30-39	26		8.36	59.70	8.58
20-29	12		3.86	35.52	5.10
10-19	24		7.72	47.80	6.87
0-9	19		6.11	45.68	6.56
المجموع			311	100.00%	695.91	100.00%

المصدر: باستخدام الاستشعار عن بُعد (RS) وبرنامج (Gis).

⁽¹⁾ صباح عبود عاتي الخزعلي، اثر العوامل الطبيعية في تكوين الاشكال الارضية في الهضبة الصحراوية والغربية (غرب الفرات) في العراق، اطروحة دكتوراه، الجامعة المستنصرية، 2004، ص19-21.

يتضح من الجدول (11) ان مجموع الظاهرات الخطية في منطقة الدراسة (311) ظاهرة خطية (142) ظاهرة منها تتجه نحو الشمال الشرقي و(169) ظاهرة تتجه نحو الشمال الغربي، وتشير هذه التراكيب الى وجود كميات لا بأس بها من المياه المتجمعة نتيجة انتقال المواد في طبقات الصخور وتسربها من خلال سطح الارض، وتمتد على طول 695.91 كم، وتوضح خريطة (8) التراكيب الخطية في منطقة الدراسة.



خريطة (8) توضح التراكيب الخطية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.
المصدر: باستخدام الاستشعار عن بُعد (RS) وبرنامج (Gis).

3 - مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) (Vegetation index) :

يعرف (NDVI) بمؤشر الغطاء النباتي وهو مقياس يستخدم لتحديد كمية الغطاء النباتي في منطقة الدراسة يتم حسابه عن طريق تحليل البيانات من الأقمار الصناعية عادةً ما تستخدم نطاقين طيفيين لاستخراجه وهي النقاط الحمراء والنقاط القريبة من الأشعة تحت الحمراء وتتراوح قيمته ما بين (-1 إلى 1)، القيمة الأعلى تشير إلى وجود نباتات أما الأقل تشير إلى قلة كثافة النباتات ويستخدم (NDVI) في عدة موارد منها مراقبة نمو المحاصيل والكشف عن التغيرات في الغطاء النباتي وتقييم صحة النباتات⁽¹⁾.

يهدف مؤشر (NDVI) الى تحليل المعلومات حول الغطاء النباتي في منطقة باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد المستخلصة من المرئيات الفضائية، فهو مؤشر فعال ويمكن اعتماده في التمييز بين (السفانا، الغابات الكثيفة، الغابات الموسمية، الغابات دائمة الخضرة)، وتقدير خصائص النباتات المختلفة بما في ذلك (الكتلة الحيوية، تركيز الكلوروفيل في الاوراق، اجهاد النبات)⁽²⁾.

ولحساب مؤشر (NDVI) اعتماد معادلة تعيين العلاقة بين الاشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والاشعة الحمراء المرئية (R)، اذ ترتفع الانعكاسات الطيفية للنباتات في نطاق الاشعة تحت الحمراء المرئية، وتتنخفض الانعكاسات في نطاق الاشعة الحمراء المرئية. فالحزمة الثالثة تمثل الاشعة الحمراء بطول موجي يتراوح بين (0,63-0,60 مايكرومتر)، ومن خلالها يتم التمييز بين المناطق الجافة والخضراء، في حين ان الحزمة الرابعة تمثل الاشعة تحت الحمراء القصيرة بطول موجي يتراوح بين (0,76-0,90) مايكرومتر، يمكن من خلالها التعبير عن توزيع وكثافة الغطاء النباتي والتميز بين الظاهرات الارضية الاخرى التي تغطي منطقة الدراسة.

وتستخدم المعادلة الآتية في حساب NDVI:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

إذ ان:

⁽¹⁾ Bhuvan Noeda, Normalized Difference vegetation Index (NDVI) products by using oCM2 – GAS sensor Data, sAdopsa, National Remote sensing center Jan. 2014, pp1.

⁽²⁾ Sha Huang, Lina Tany, op,st ,pp 3.

.Land sat5 في القرية تحت حمراء الأشعة (Banda4) = NIR

.Land sat 5 في الحمراء الأشعة (Band (5) = RED

وتتراوح قيم (NDV) بنين (-1 إلى 1).

ولتوضيح نطاقات الغطاء النباتي يمكن اعتماد المعادلة⁽¹⁾:

$$NDVI = \frac{B4 - B3}{B4 + B3}$$

قبل التطرق الى مؤشر (NDVI) في منطقة الدراسة لابد من تصنيف الغطاء الارضي لإعطاء صورة واضحة من استعمالات الارض في المنطقة ويقصد باستعمالات الارض (Land Use): "النشاط البشري المرتبط بقطعة معينة من الارضي" أما الغطاء الارضي (land cover) يقصد به "تمط المعالم التي تقع على سطح الارض"⁽²⁾. ويمكن اعتماد تقنيات الاستشعار عن بُعد في تصنيف الظاهرات الارضية والتي اهمها (المياه، النبات، التربة) للحصول على اصناف الارض والغطاء الارضي في منطقة الدراسة، واعتمد التصنيف طريقة التصنيف الموجه (Supervise classification) الذي يعتمد الدراية والمعرفة المكتسبة بمنطقة لدراسة نتيجة المسح الميداني، واعتمادها في عملية التحليل البصري للمرئية باستخدام الاداة interactive Supervised Classification.

وتبين الخريطة (9) وجدول (12) تصنيف الغطاء الارضي لسنة 2023 الى (7) اصناف تمثلت في (بحيرة الرزازة، اراضي رطبة، اراضي صالحة للزراعة، اراضي مشيدة، اراضي جرداء، اراضي ملحية) سجلت الاراضي الصحراوية اعلى نسبة بنسبة (53،12%) وادنى نسبة سجلت للأراضي المشيدة بنسبة (0،22%).

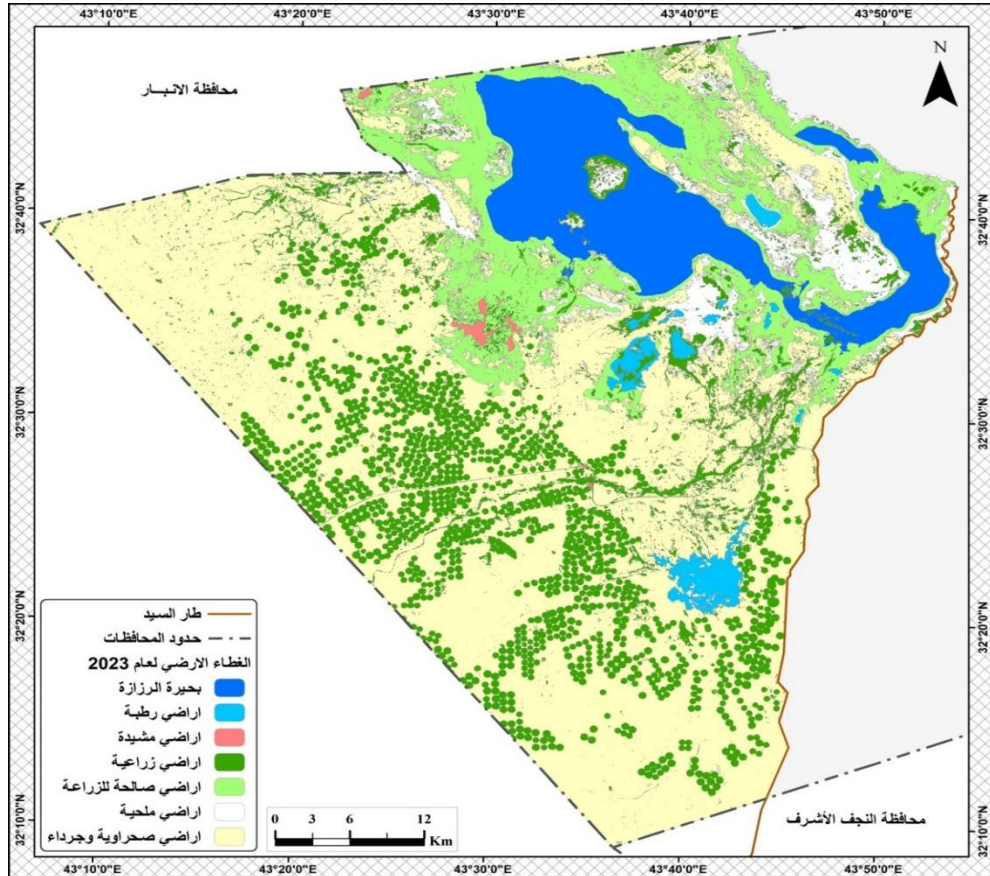
⁽¹⁾ شيرين مجبل ابو جاسم الحميداوي، نسرين عواد الحصاني، دراسة وتحليل مؤشر اختلاف الغطاء النباتي (NDVI) في مناطق مختارة من العراق، مجلة العلوم الانسانية والطبيعية، مجلد (1)، العدد 5، 2020، ص40.

⁽²⁾ سليم ياوز جمال، إستخدام الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية لتصنيف استعمالات الارض الزراعية والغطاء الارضي في مشروع ري الجزيرة الجنوبي، مجلة كلية التربية للبنات، جامعة الكوفة، العدد 25، 2019، ص299.

جدول (12) يوضح الغطاء الارضي في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

النسبة %	المساحة بالكم ²	الصف	ت
10.6253847	310.75	بحيرة الرزازة	5
1.58654175	46.4	اراضي رطبة	4
16.5301238	483.44	اراضي زراعية	3
12.7422554	372.66	اراضي صالحة للزراعة	6
0.21780756	6.37	اراضي مشيدة	7
53.1170075	1553.46	اراضي صحراوية وجرءاء	2
5.18087944	151.52	اراضي ملحية	1
100	2924.6	المجموع	

المصدر: باستخدام الاستشعار عن بُعد RS وبرنامج Gis.



خريطة (9) يوضح الغطاء الارضي في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

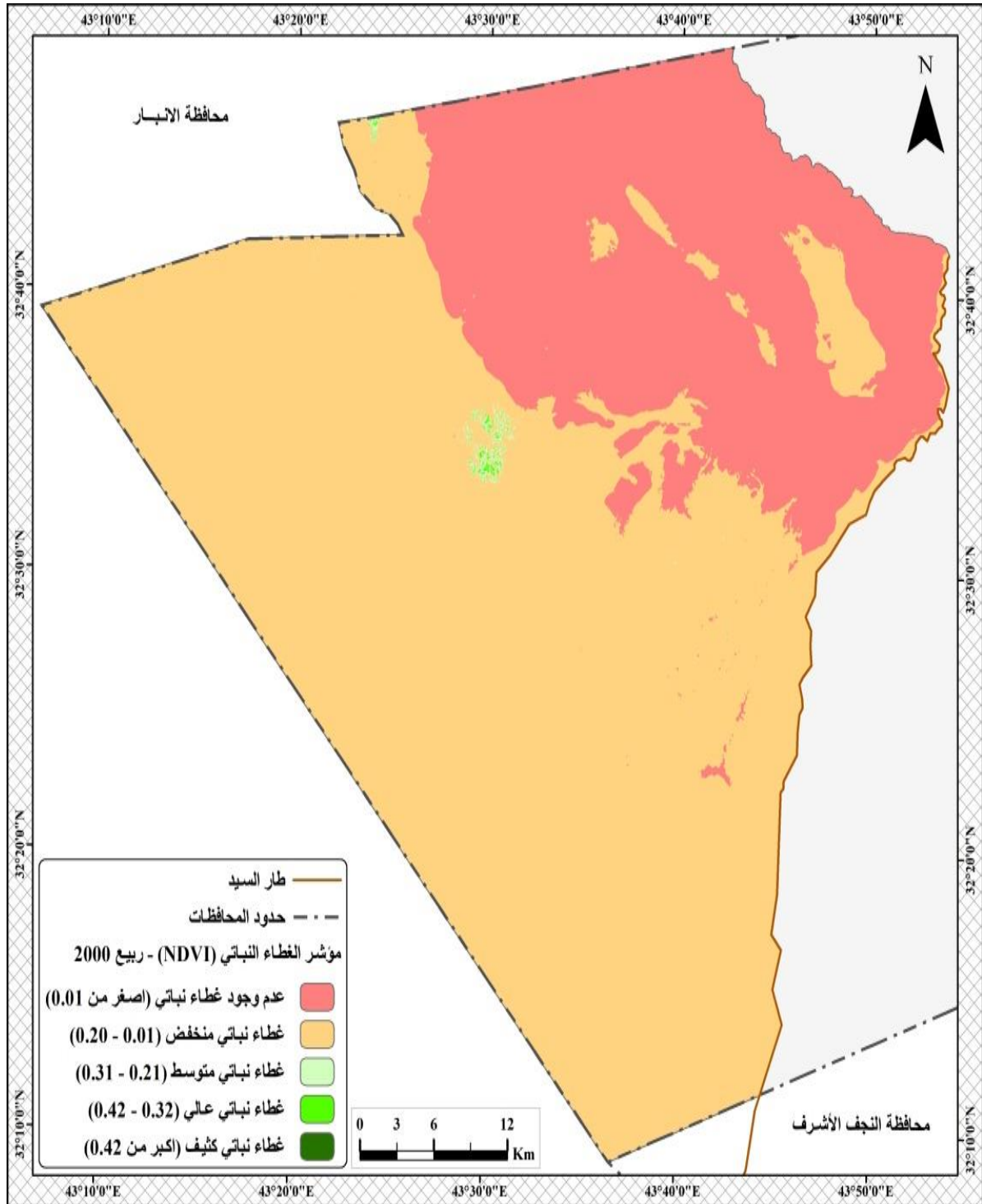
المصدر: باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد (RS) وبرنامج (Gis).

مما سبق يتضح ان غالبية الغطاء الارضي في المنطقة اراضي جرداء وهذا يدل على قلة الموارد المائية او انعدامها في بعض اجزاء منطقة الدراسة.

وإذ ما دققنا النظر في خرائط (NDVI) لعشرين سنة الماضية يتبين لنا ان المنطقة تعرضت لظروف شديدة من التغيرات بفعل الانسان أو بفعل الظروف الطبيعية، اثرت تلك الظروف على التوزيع الجغرافي للغطاء النباتي وكثافته.

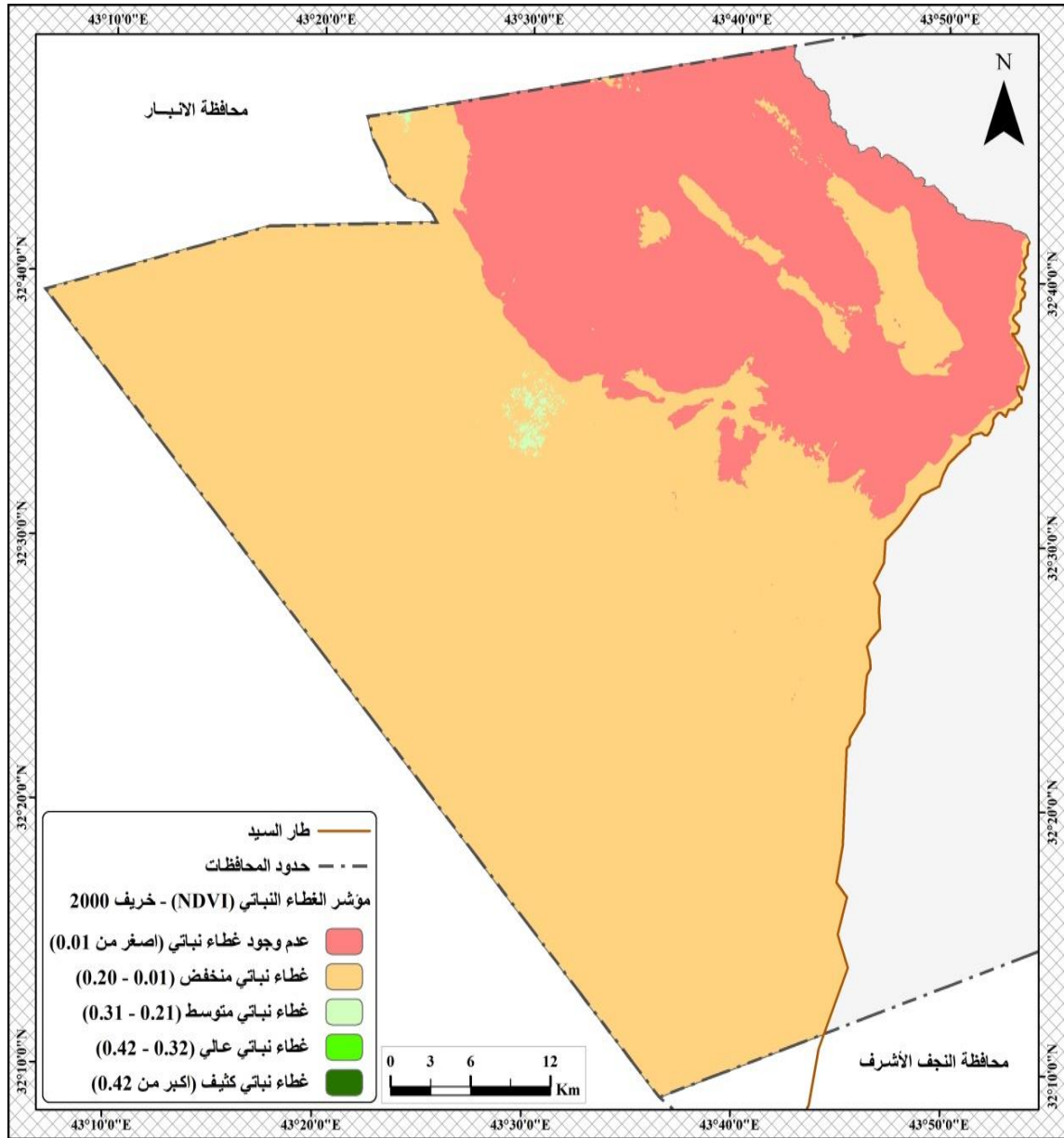
صنف الغطاء النباتي في منطقة الدراسة على (5) فئات عدم وجود غطاء نباتي وسجلت الظاهرات ضمن نطاق الطيف الكهرومغناطيسي اصغر من (0.01) وغطاء نباتي منخفض سجلت (0.1-0.20) ويمثل الغطاء النباتي الطبيعي والاراضي الجرداء ضمن الغطاء الارضي، الذي يمثل غالبية منطقة الدراسة، غطاء نباتي متوسط سجل (0.21-0.31) وغطاء نباتي عالي سجل (0.32، 0.42) وغطاء نباتي كثيف سجل اكبر من (0.42). وتبين خرائط الربيع والخريف لسنة (2000) تركز نطاقات الغطاء النباتي في (مركز قضاء عين التمر وقريه السيد احمد بن هاشم)، وهذه تشير الى غطاء نباتي بكثافة متوسطة اذ اقتصر على البساتين التي تعتمد على مياه العيون والينابيع في تلك الفترة.

تؤكد خرائط عام 2000 عدم وجود توسع في الزراعة في تلك السنه والسنوات التي سبقتها، اذ لم تظهر دوائر الاستصلاح الزراعي المنتشرة في خرائط 2013 و2023، كما تبين خريطة الخريف انعدام فئتي (العالية والمتوسطة)، لانخفاض الزراعة في موسم الصيف، وانخفاض مؤشر البلل (تجمع المياه في التربة) نتيجة التبخر ما يؤثر على صحة النبات.



خريطة (10) يوضح نطاقات الغطاء النباتي لربيع 2000 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

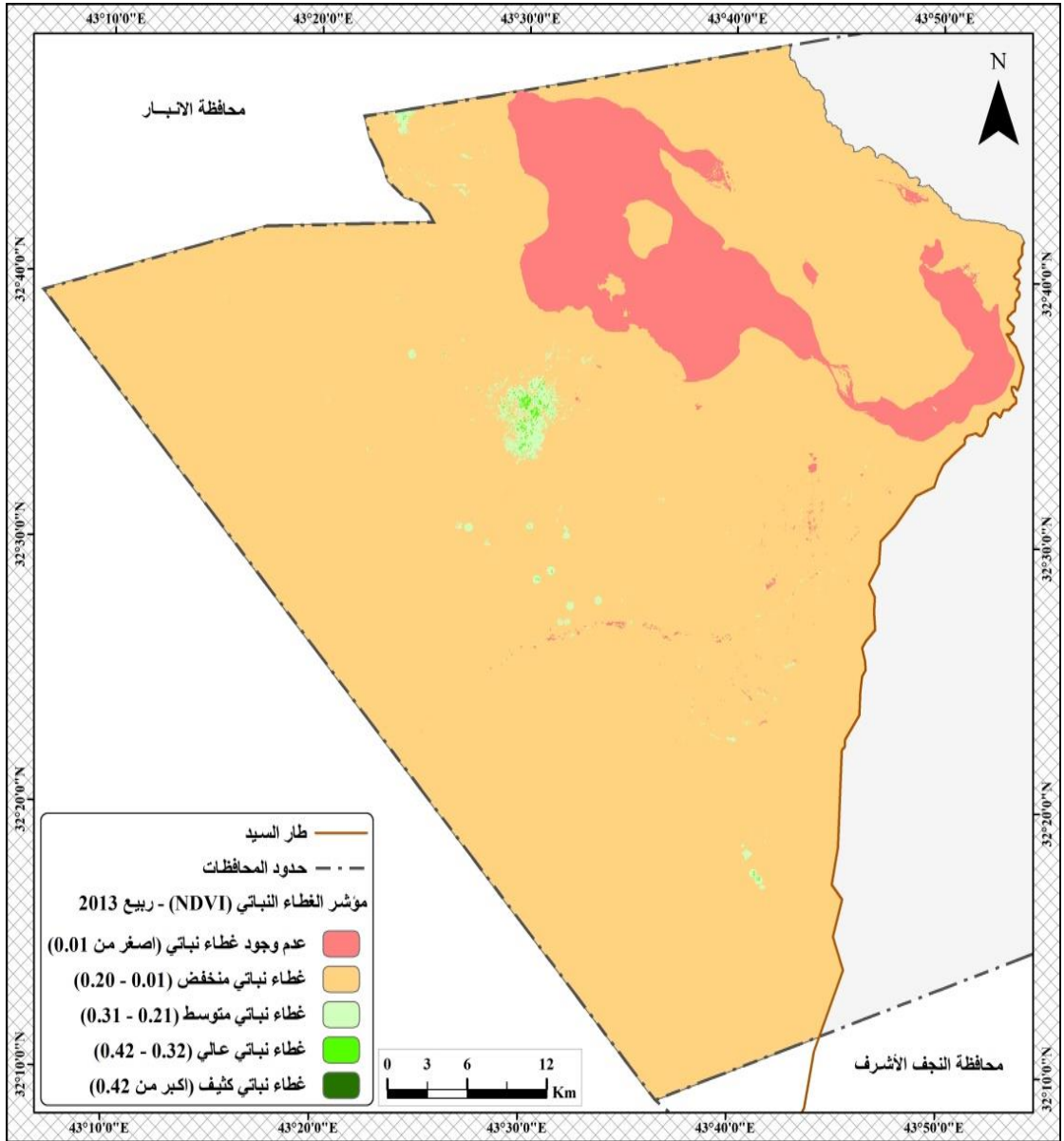
المصدر: باستخدام الاستشعار عن بُعد RS وبرنامج Gis.



خريطة (11) نطاقات الغطاء النباتي لخريف 2000 في الصحراء الغربية لمحافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: باستخدام الاستشعار عن بُعد RS وبرنامج Gis.

اما خرائط الربيع والخريف لسنة (2013) تبين انتشار اوسع للغطاء النباتي وهي توضح بداية الاستثمار الزراعي في الصحراء الغربية بكثافة متوسطة وعالية في مركز قضاء عين التمر والسيد احمد بن هاشم وفي الاجزاء الشرقية باتجاه مدينة كربلاء والى الجنوب من مركز قضاء عين التمر، إذ بدء في هذه الفترة حفر آبار شرق الرزازة واستثمارها في الاستصلاح الزراعي.



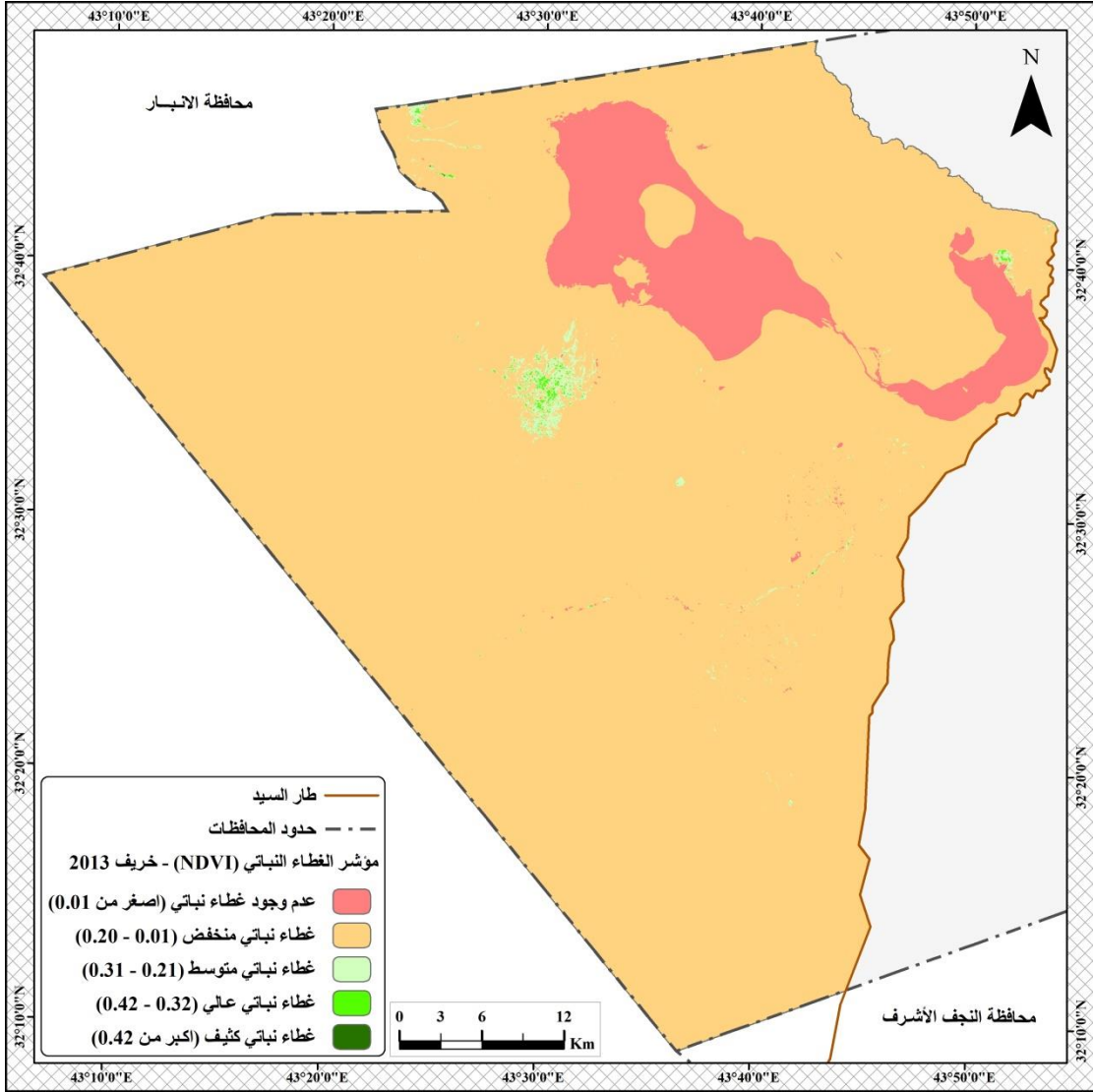
خريطة (12) توضح نطاقات الغطاء النباتي لربيع 2013 في الصحراء الغربية من محافظة

كربلاء المقدسة.

المصدر: باستخدام الاستشعار عن بُعد RS وبرامج (Gis).

اذ تؤكد خريطة (12) ظهر نطاق غطاء نباتي عالي في المنطقة مما يدل على انخفاض قيم

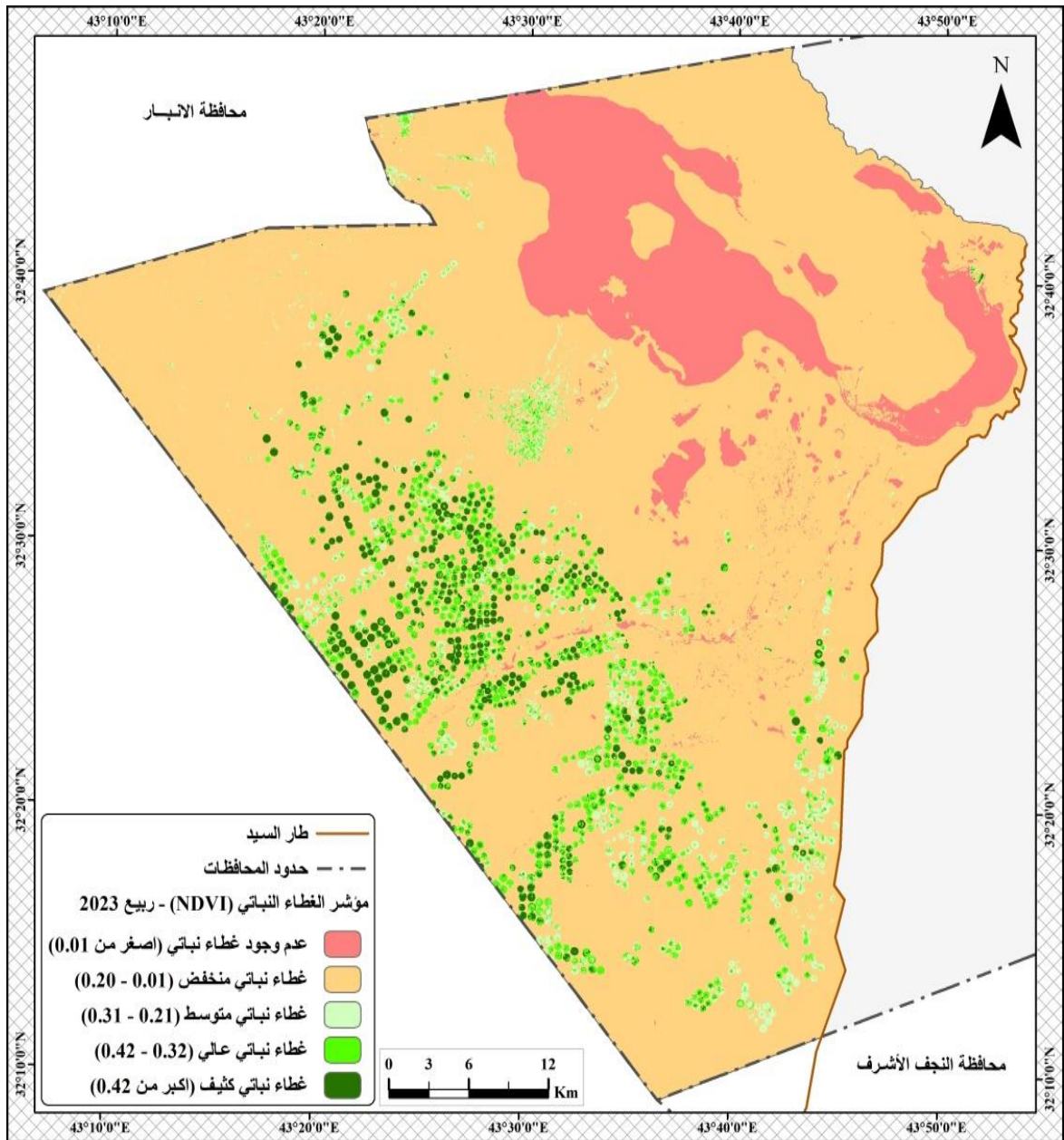
التبخر وارتفاع نسبة رطوبة التربة، وبالتالي زيادة كثافة النبات وتحسن كتلته.



خريطة (13) نطاقات الغطاء النباتي لخريف 2013 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

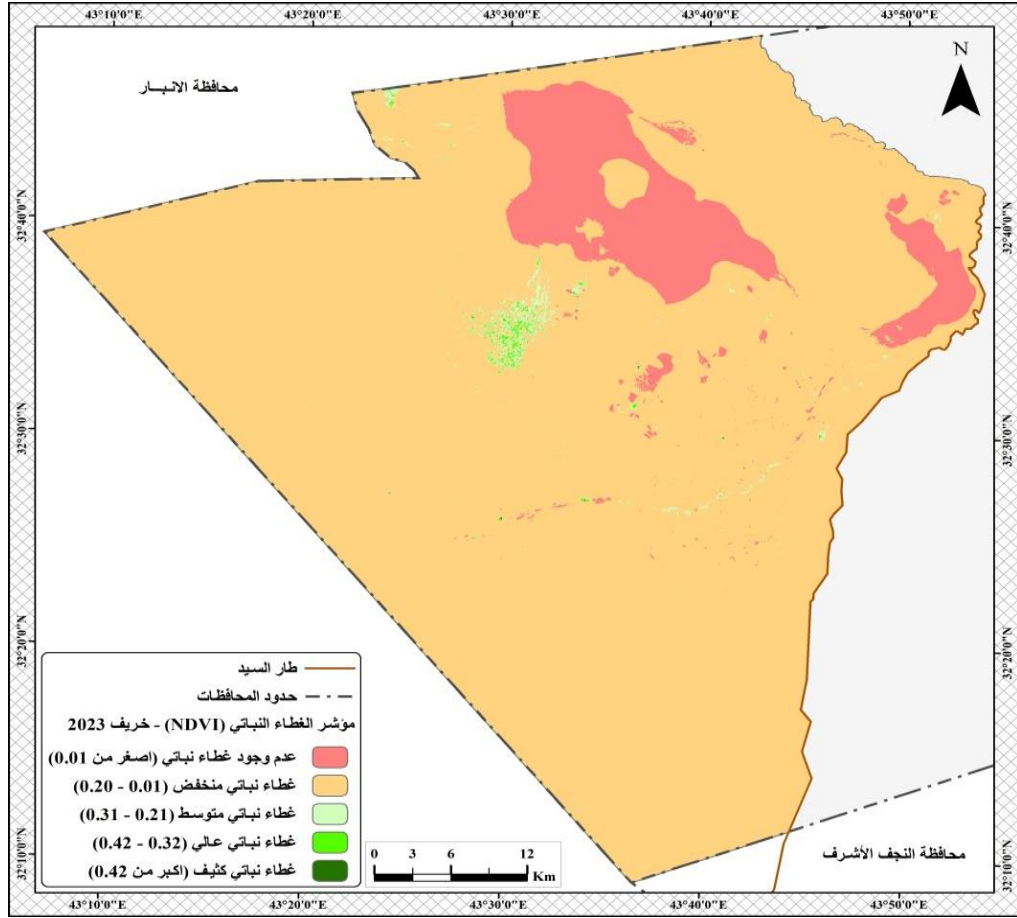
المصدر: باستخدام برامج (RS).

في حين تبين خرائط الخريف والربيع لسنة (2023) انتشار كثيف للزراعة والغطاء النباتي في الصحراء الغربية إذ تم حفر (آبار شرق الرزازة- وغرب الرزازة، وجنوب الرزازة) واعتمادها في التوسع الزراعي لمختلف المواسل الزراعية وخاصة القمح والشعير التي تعتمد المرشات المحورية والدائرية والبساتين وخاصة النخيل الذي يعتمد على الري السحي في مركز قضاء عين التمر، والري بالتنقيط في مزارع الساقى، وتبين خريطة (NDVI) لربيع (2023) الفرق الكبير في نطاقات التوسع الزراعي بالمقارنة مع ربيع لسنة (2000) و (2013).



خريطة (14) نطاقات الغطاء النباتي لربيع 2023 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: باستخدام الاستشعار عن بُعد RS وبرنامج (Gis).



خريطة (15) نطاقات الغطاء النباتي لخريف 2023 في الصحراء الغربية لمحافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: باستخدام الاستشعار عن بُعد RS وبرنامج Gis.

وتبين خريطة (15) ربيع 2023 الانتشار الواسع للغطاء النباتي في منطقة الدراسة، ويشير هذا الى عمليات الاستخدام الكثيف والجائر للمياه الجوفية في السنوات الاخيرة.

يتضح مما سبق ان الفرق في التغير المطلق في نطاقات الغطاء النباتي لربيع 2000 - 2023 بلغ (14.70-301.31)، وهذا يدل على ان الغطاء الارضي في منطقة الدراسة يشهد تغير كبير في مختلف الاستعمالات السكنية، الزراعية والصناعية، وان نسبة التغير في الغطاء النباتي خلال فصل الربيع تأخذ الاتجاه الايجابي وذلك لبداية فصل الزراعة الشتوي في حين يكون التغير سلبي في فصل الخريف وذلك لتوقف الزراعة خلال فصلي الخريف والصيف بسبب الظروف المناخية في

المنطقة. ويوضح جدول (13) وخريطة (15) قيم التغير المطلق والنسبي في الغطاء النباتي للمدة (2000-2023).

جدول (13) يوضح التغير المطلق والنسبي لنطاقات الغطاء النباتي للمدة (2000-2023) في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

ت	التغيير المطلق والنسبي	الربيع	الخريف
1	التغير المطلق 2013-2000	14.70	16.09
2	التغير المطلق 2023-2013	301.31	-0.30
3	نسبة التغير 2013-2000	1.72	2.32
4	نسبة التغير 2023-2013	12.97	-0.01

المصدر: بيانات ملحق (2).

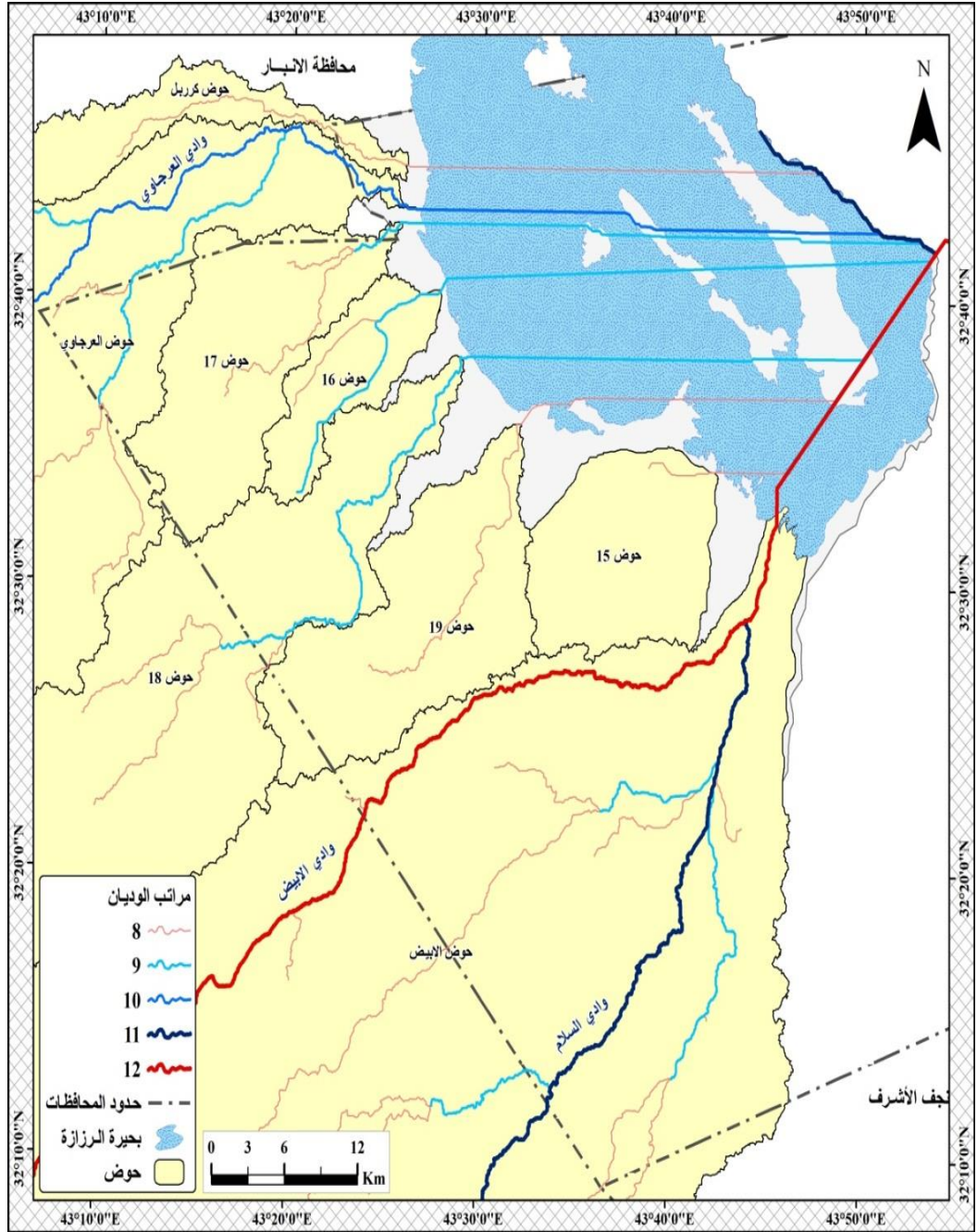
4- مناطق التغذية (feeding Areas):

يعد الهطول المطري مصدر اساسي لتغذية الخزانات الجوفية، فالهطول المطري يحدد كمية المياه التي يمكن إضافتها للمياه الجوفية بالتسرب العميق، ويؤثر الهطول بشكل مباشر على المياه الجوفية الكامنة، ويعد مؤشراً مهماً على استدامة المياه الجوفية في المناطق الجافة والشبه جافة ذات الخزانات الجوفية القديمة، وتعتمد تغذية المياه الجوفية على عدة عوامل اهمها المنكشفات الصخرية، المسيلات المائية والخطيات، اذ تصنف هذه العوامل هيدرولوجياً احدى سمات النفوذية، وبالتالي تعد مؤشراً للرشح من الجريان السطحي الى المياه الجوفية، وعادة ما تتركز مواقع الامل المائي الجوفي حول الخطيات⁽¹⁾.

تمثل المياه التي يتم ضخها من الابار المصدر الوحيد في منطقة الدراسة بالإضافة الى المياه السطحية الموسمية التي تغذي منطقة الدراسة، عبر مجاري اودية (الغدف، عبيدان، الابيض)، وتمثل التكوينات الهيدرولوجية الرئيسية في منطقة الدراسة بتكوين (الدامام وام ارضومة) وتعد طبقة الدمام الطبقة الاكثر اهمية، اذ ان جميع الابار التي تم رصدها تتصل بطبقة الدمام، وتتغذى طبقة الدمام من طبقة المياه الجوفية الاقليمية الممتدة من مدينة الدمام في المملكة العربية السعودية الى العراق،

⁽¹⁾ منذر حماد، محمد ميلاد، تحديد نطاقات الامل للمياه الجوفية الكامنة باستخدام نظام المعلومات الجغرافي (Gis) وطريقة التحليل الهرمي (AHP)، مجلة البعث، المجلد 40، العدد 75، 2018، ص 7-11.

وتوجد منكشفات خزان الدمام خارج حدود منطقة الدراسة في كل من (الدمام، النخيب، الرحالية، والرطبة)⁽¹⁾. وتبين خريطة (16) وجدول (14) الاودية الرئيسية في منطقة الدراسة.



خريطة (16) توضح الاودية الرئيسية في الصحراء الغربية من محافظة كبرلاء المقدسة. المصدر: باستخدام الاستشعار عن بُعد RS وبرنامج (Gis).

⁽¹⁾ Muthanna Mahmoud Ali Al- Shamnari, op,st, pp 53-57.

جدول (14) يوضح تصنيف الرتب لأحواض الوديان واعدادها في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة.

ت	الاسم	المرتبة	العدد	الطول ضمن منطقة الدراسة بالمتر
1	حوض 15	8	1	6146.08
2	حوض 16	9	1	62503.65
		8	1	9614.99
3	حوض 17	9	1	5263.99
		8	2	27798.60
4	حوض 18	9	1	38237.24
		8	1	2764.10
5	حوض 19	8	1	29100.61
6	حوض الابيض	12	1	52245.64
		11	1	44227.63
		9	3	41124.02
		8	7	69968.57
7	حوض العرجاوي	10	1	9229.16
		9	1	10401.66
		8	1	9071.28
8	حوض كرربل	8	1	7255.89
	المجموع	142	25	424953.12

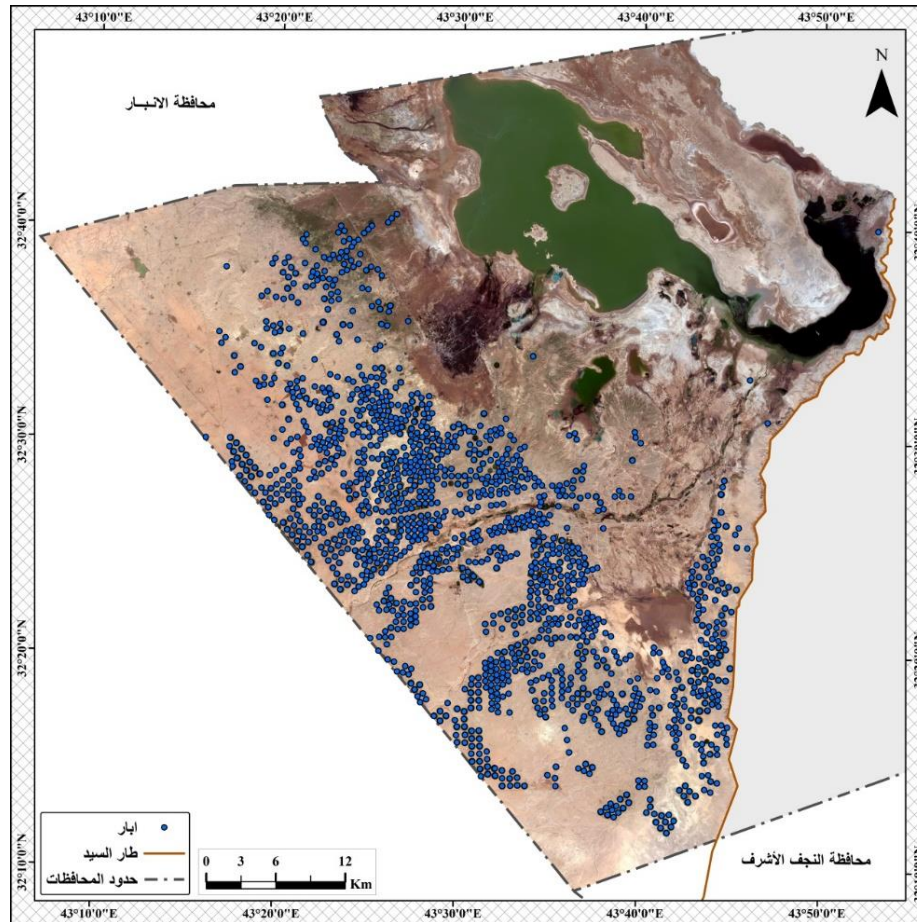
المصدر: باستخدام الاستشعار عن بُعد Rs وبرنامج Gis.

5- نقاط التصريف (WELLS):

تعد المياه الجوفية المصدر الاساس في وجود التجمعات السكنية ضمن منطقة الدراسة، اذ تعتمد جميع الانشطة البشرية كالصناعة والزراعة بشقيها (الزراعة وتربية الحيوانات) على المياه الجوفية بالإضافة الى الاستعمالات السكنية، وتمتاز العيون بكونها المصدر الرئيس لعمليات التطور التي شهدتها المنطقة، وعملت على تحويل الصحراء الى واحات خضر، الان انحسار الامطار في السنوات الاخيرة تسبب بجفاف العيون وتدني مستوى المياه الجوفية الى حد ينذر بالخطر، ففقدت المنطقة اهم عيونها (كعين السيب، عين الزرقاء والكعينات)، وعيون قرية (السيد احمد بن هاشم)، وبمحاوله من دائرة الموارد المائية للوقوف بوجه مشكلة الجفاف الذي تتعرض له الصحراء، لجأت الى حفر العديد من الابار⁽¹⁾.

⁽¹⁾ ثائر عبيد حسن الخفاجي، ظاهرة الجفاف في قضاء عين التمر وتأثيرها على واقع الانتاج الزراعي، جامعة سانت كلمنتس العالمية، كلية الزراعة، 2013، ص63-65.

بينت الدراسة الميدانية ان العيون في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة تعرضت للجفاف بسبب السياسات الخاطئة التي اتبعت في حفر الابار وخاصة بعد سنة 2003، عندما بدأت القوات الامريكية بحفر الابار الارتوازية في المنطقة، واصبح لدى دائرة الموارد المائية والسكان الرغبة في التوسع لحفر الابار الارتوازية لاستثمار الصحراء، مما ادى الى انخفاض مستوى المياه الجوفية وجفاف العيون وجفاف العديد من الابار التي تم حفرها، بل ان العديد من الابار اصبحت غير صالحة للاستخدام بسبب ارتفاع نسب الاملاح فيها. ومن خلال المسح الميداني والبيانات التي تم الحصول عليها بلغ عدد الابار التي تم حفرها في منطقة الدراسة (1728) بئر مرخصة من قبل الهيئة العامة للإبار، بالإضافة الى وجود العديد من الابار الغير مرخصة والتي تقدر بأكثر من (500) بئر، تنوعت استعمالاتها بين الانشطة الصناعية، الزراعية والاستعمالات المنزلية، وتوضح خريطة (17) التوزيع الجغرافي للإبار في منطقة الدراسة.



خريطة (17) توضح التوزيع الجغرافي للإبار في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة:
المصدر: باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد RS وبرنامج GIS.

يتضح من الخريطة (17) التوزيع الجغرافي لمختلف ابار المنطقة، ان المياه الجوفية تستهلك محليا في :

- الجانب السكني: اذ تم انشاء محطة تحلية وتصفية للمياه الجوفية في قرية الزقاريط ، اقيمت على (12) بئر، الهدف منها سد حاجة سكان القرية من المياه.
- الجانب الزراعي: تستخدم المياه الجوفية في زراعة المحاصيل وخاصة الاستراتيجية (القمح والشعير)، وفي زراعة البساتين وخاصة بساتين النخيل، كما استخدمت في تربية الحيوانات وخاصة الدواجن، اذ تم اقامة شركة خاصة في انتاج لحوم الدواجن والبيض، كما اقيمت بحيرات تربية الاسماك بالاعتماد على ابار المنطقة.
- الجانب الصناعي: نتيجة لطبيعة المنطقة الجيولوجية التي تتميز فيها الصحراء الغربية، الذي ساعدها في اقامة العديد من مناجم الرمل والحصى، وتقدر باكثر من (85) موقعا صناعيا للرمل والحصى، تتوزع فيها العديد من المعامل. جدول (15) يبين اعداد المعامل وصنف انتاجها.

جدول (15) يوضح اعداد المعامل وصنف انتاجها في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

ت	اصناف المعامل	مجموع كل صنف
1	الرمل العادي والمغسول	13
2	حصى خابط (رمل، حصى، جلمود، جريش)	74
3	الجص	8
4	الطابوق	14
5	المجموع	109

المصدر: دائرة محافظة كربلاء المقدسة، شعبة الاملاك في المحافظة، بيانات سنة 2023.

المبحث الثاني: تقييم جودة المياه الجوفية في الصحراء الغربية وتحديد مدى صلاحيتها للأنشطة البشرية المختلفة:

المقدمة:

تعد جودة المياه (Water quality) مقياساً لمدى ملائمة المياه لاستخدام معين، بناءً على الخصائص الفيزيائية والكيميائية المختارة، لذلك، فهو مقياس لظروف المياه بالنسبة إلى حاجة البشر أو غرضهم أو حتى متطلبات مختلف أنواع الحيوانات البرية أو المائية، واهم معايير جودة المياه تتمثل في الخصائص الفيزيائية والكيميائية، وتشمل الخصائص الفيزيائية لنوعية المياه (درجة الحرارة، اللون، الطعم، الرائحة، ومحتوى المواد الصلبة الذائبة)، اما الخصائص الكيميائية لنوعية المياه تتمثل بالخصائص التي تعكس البيئة التي يتلامس معها الماء، وتشمل (الأسم الهيدروجيني، مستويات الكلور، والكبريتات، والفلوريد، والمغنيسيوم، الكالسيوم، وغيرها). يكتسب الماء هذه الخصائص من الطبيعة بفعل النظام الهيدرولوجي، او بفعل نشاط الانسان في الجانب الصناعي، الزراعي والاستعمالات السكنية، فأن جودة اي مسطح مائي او خزان جوفي تعد نتيجة لتأثيرات بشرية او طبيعية او كليهما.

اولاً: محددات جودة المياه للشرب limited use of water for drinking:

تعرف المياه الصالحة للشرب بأنها: "المياه غير الضارة للبشر أو المياه غير الملوثة إلى حد غير صحي" فمياه الشرب يجب ان تكون ذات طعم مستساغ وعديمة اللون والرائحة⁽¹⁾. اذ تحتوي المياه بطبيعتها على العديد من العناصر والصفات وان زيادة اي صفة منها يؤدي الى زيادة تلوث المياه، وبحسب المعايير العالمية والمحلية فإن اكثر الخصائص الفيزيائية تأثيراً على مياه الشرب والموثة للمياه، تتمثل في (PH, EC, T.D.S)، واما اكثر الخصائص الكيميائية تأثيراً على مياه الشرب هي (NO_3^- , SO_4 , Cl^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+) جدول (16) ولقياس هذه الخصائص تم الاعتماد على تقنية (كروماتوغرافيا التبادل الايوني) (TEC)، وبوحدات ppm، لذا اعتمدت الدراسة على المعايير المعتمدة من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO) ومعيار الصحة العراقية (IQS). وبيّنت

(¹) عون احمد محمد، الماء من المصدر إلى المكسب، الهيئة العامة للبيئة، طرابلس- ليبيا، 2002، ص10.

الدراسة ان الخصائص الفيزيائية (pH, EC) تقع ضمن المعيار المحلي والعالمي في جميع ابار منطقة الدراسة وبنسبة 100%، إذ تتراوح ما بين EC (15,82-6,148) و PH (7,9-6,24)، عدا (T.D.S) فإن قيمها تقع خارج حدود المعيار المحلي والعالمي وهي غير صالحة في جميع الآبار وتتراوح ما بين (6821-2376) وبنسبة 0%. جدول (16).

جدول (16) مقارنة خصائص المياه في منطقة الدراسة بالمعيار العالمي والمحلي لصلاحية مياه الشرب.

النسبة %	أبار ضمن المعيار	خصائص المياه في المنطقة		المواصفات العراقية	مواصفات (WHO)		العناصر والخصائص ppm
		المتوسط	يتراوح بين		الحد الاعلى	الحد الادنى	
0	0	3718	2378-6821	1500	1500	500	T.D.S
100	50	8.437	6.148-15.82	1500	1500	-	EC
100	50	7.27	6.24-7.9	8.5	8.5	6.5	PH
0	0	536.5	1112.427-295.231	200	200	50	Na+
16	8	536.7	50-1925	150	150	50	Mg++
0	0	360.5	204-1117	200	200	75	Ca++
100	50	53.8	31.893-89.438	600	600	200	Cl-
0	0	1.057	0.027-16.001	400	400	200	So4-
2	1	1.775	0.027-31.336	50	80.2	11	No3-

المصدر:

1 - عدنان حسام حمادي، تقييم نوعية المياه الجوفية والصيغة الهيدروكيميائية لآبار مختارة في محافظة النجف، مجلة الدراسات التربوية، الجامعة العراقية، العدد15، مجلد 1، 2020، ص9.

2 - بيانات ملحق (3).

اما الخصائص الكيميائية فإن (So_4^- , Ca^{++} , Na^+) جميعها خارج حدود المعيار المحلي والعالمي بنسبة 100% في حين سجل Mg^{++} بنسبة 16% من الابار ضمن المعيار، وسجل Cl^- بنسبة 100% ضمن المعيار و NO_3^- بنسبة 2% من مجموع الآبار ضمن المعيار. ويرجع هذا الاختلاف في الخصائص الفيزيائية والكيميائية إلى التركيب الكيميائي للأرض التي تمر عليها وطبيعة الفضلات الصناعية والمنزلية والزراعية، ومصادر التغذية وحركة المياه الجوفية.

ثانياً: محددات جودة المياه الجوفية في الزراعة limited use of water for agriculture:

تعتمد جودة المياه في الزراعة على خصائص المياه الفيزيائية والكيميائية، وتختلف جودة المياه والمعايير المعتمدة في الزراعة في ري المحاصيل عن ري الحيوانات، فمن جانب الزراعة تتحدد جودة المياه بقدرتها على تحسن العلاقة بين التربة والنبات (مدى تحسينها للصفات الطبيعية للتربة التي تجعل تأثيرها على الانتاج افضل)⁽¹⁾. وتعتمد صلاحية مياه ري المحاصيل على عدد من العوامل اهمها كمية الاملاح الذائبة (T.D.S)، والتوصيلية الكهربائية (EC). وبالرغم من وجود عدة مقاييس يتحدد بها مدى جودة المياه للري، إلا ان هناك تداخلات تتسبب في هدم صفات سبق قياسها وتحديد مدى جودتها منها حدوث الامطار والفيضانات التي تغير من هذه الصفات وتؤثر على درجة تحمل المحاصيل المزروعة لإضافة املاح جديدة لم تكن ضمن منظومة الري سابقاً، وتعد الاملاح والتوصيلية الكهربائية اهم العوامل، وتمثل كمية الاملاح الذائبة الكلية الاهم في تقييم جودة المياه في الزراعة⁽²⁾. إذ تعد ملوحة المياه من أهم مؤثرات جودة المياه، فالأملاح عندما تنوب في الماء تتفكك أيوناتها وتزيد من كميات المواد الصلبة الذائبة وتزداد التوصيلية الكهربائية للماء التي تعد مؤشراً لكمية الاستبدال الكلي المذاب في الماء، لذا فإن (T.D.S) و (EC) ترتبط ارتباطاً طردياً⁽³⁾.

اذ تختلف نسبة المواد الصلبة الذاتية بحسب مصدر المياه ففي مياه الامطار تبلغ حوالي 20 جزء بالمليون أو اقل، اما في مياه الانهار والبحيرات تتراوح بين 20-1000 جزء بالمليون اما المياه الجوفية فإن نسبة الاملاح فيها غير ثابتة وتتحكم فيها نوع التربة والصخور ونوع المناخ في المنطقة

⁽¹⁾ جمال سعيد ديربقي، جامعة عمر المختار، مجلة التقدم في البحوث الزراعية، مجلد 22، العدد 8، 2017، ص 130-149.

⁽²⁾ Mohamed A. Elwakil, Quality of water for Irrigation, Journal of environmental science and Tednologi, 2013, pp 1-6.

⁽³⁾ S.A.M Al Dahaan, Nadhir Al-Ansari, influence of Ground water Hypothetical salts on Electrical connectivity totadissol red sold, engineering, VOI 8, No. 11, 2016, pp 10-12.

وتتجاوز نسبة الاملاح فيها 1000 جزء بالمليون واكثر خاصة في المناطق الساحلية إذ تختلط بمياه البحر فتصل إلى 3500 جزء بالمليون⁽¹⁾.

هناك العديد من التصنيفات المعتدة في تقييم جودة وصلاحية المياه في الري وجميع هذه التصنيفات راعت الاسس العامة في التقسيمات اهمها (ظروف المحصول، ظروف التربة، الخبرة في الزراعة)، وأهم هذه التقسيمات تصنيف مختبر الملوحة الامريكي الذي يقسم المياه إلى اربعة اصناف بالاعتماد على كمية الاملاح الذائبة الكلية والتوصيلية الكهربائية. جدول (17) وهي صنف C_1 مياه ذات ملوحة قليلة صالحة في جميع الترب، وصنف C_2 مياه ذات ملوحة متوسطة صالحة لمعظم المحاصيل، صنف C_3 مياه ذات ملوحة عالية تحتاج الى منظومة صرف جيدة عند استخدامها في زراعة المحاصيل. صنف C_4 مياه ذات ملوحة عالية جدا يمكن استخدامها في ترب ذات نفاذية عالية ومحاصيل مرنة لتحمل الملوحة.

(¹) S.A.M Al Dahaan, Nadhir Al-Ansari, op.st, pp 19-20.

جدول (17) يوضح تصنيف جودة المياه وصلاحيتها لري المحاصيل حسب معايير مختبر الملوحة الامريكي.

صلاحيه المياه	التوصيلية us/cm	مجموع الاملاح الذائبة TDS ppm	صنف المياه
مياه بتركيز ملحي منخفض صالحة لجميع المحاصيل وملائمة في معظم الترب احتمال تشكل الملوحة ضعيف.	اقل من 250	اقل من 200	C ₁ مياه ذات ملوحة واطئة
مياه بتركيز ملحي متوسط صالحة لمعظم المحاصيل المتوسطة لتحمل الملوحة.	750-250	500-200	C ₂ مياه ذات ملوحة متوسطة
مياه بتركيز ملحي عالٍ، لا يمكن استخدامها في الترب غير المجهزة بمنظومة صرفية، ويتطلب اصطفاء النباتات ذات المرونة الملحية الجيدة.	2250-750	1500-500	C ₃ مياه ذات ملوحة عالية
مياه بتركيز ملحي عالٍ جداً والماء غير صالح في الظروف الاعتيادية ويمكن استخدامه في ترب ذات ناقلية جيدة للماء، ويجب استخدام كميات كبيرة من الماء لتحسين الغسل، ويجب اصطفاء النباتات المرنة جداً للملوحة.	5000-225	3000-1500	C ₄ مياه ذات ملوحة عالية 6-5

المصدر: محمد حماد عطية المشقوير، عبد الناصر امين احمد عبدو الحفيظ، اصلاح الاراضي، كلية الزراعة،

جامعة الفيوم، ط1، 2009، ص68.

عند مطابقة نتائج العينات مع معايير مختبر الملوحة الامريكي لتحديد صلاحية المياه يتضح ان

نتائج التوصيلية الكهربائية (EC) في جميع المواقع خارج حدود المعيار (5000 us/cm)

جدول (18) يوضح مقارنة عينات منطقة الدراسة مع مواصفات المعيار الامريكى للملوحة.

النسبة %	T.D.S ppm	الصنف
خارج المعيار	0	C ₁
خارج المعيار	0	C ₂
خارج المعيار	0	C ₃
28	14	C ₄
%28	28	النسبة

المصدر: بيانات ملحق (3).

اما عينات (T.D.S) بيّنت ان الصنف (C₃, C₂, C₁) غير موجود في منطقة الدراسة عدا الصنف (C₄) والذي يمثل 14 بئر وبنسبة 28% منها. تؤكد حقائق النتائج ان المياه في المنطقة مشكوك بها ولا يصلح استخدامها في جميع انواع الترب عدا الترب ذات النفاذية العالية، وتحتاج إلى اصطفاء المحاصيل التي لها القدرة على تحمل الملوحة الشديدة.

من التصنيفات الاخرى المعتمدة في تقييم جودة مياه الري تصنيف (westcot, Ayers) المعدل من قبل البيئة الكندية لسنة 1998، اعتمد هذا التصنيف على (T.D.S, EC) بالإضافة إلى عدد من الايونات السالبة والموجبة.

جدول (19) يوضح تصنيف جودة مياه الري من قبل البيئة الكندية لكل من (westcot, Ayers)

المشكلة المحتملة للري	الوحدة	لا مشكلة	درجة التقيد من خفيف إلى متوسط	درجة شديدة من التقيد
الملوحة T.D.S	ppm	اقل من 700	2000-700	اكبر من 2000
EC	ppm	اقل من 1	2.5-1	3 فأكثر
السمية Na	Ppm	اقل من 70	70	70 واقل
Cl	ppm	اقل من 100	100	100 واقل
B	ppm	اقل من 0.7	3.0-0.7	3.0 واقل
آثار اخرى No ₃ ⁻	ppm	اقل من 5	30-5	30 واقل

المصدر: Agriculture and AgriFood Canada, Agriculture et, Agroalinea kaire conda,

Irrigation and Salinity, PFRA, ARAP, 2000, pp 1-4.

عند مطابقة النتائج بالمعيار الكندي تبين ان مشكلة الملوحة بالنسبة (EC) مطابقة للمعيار وبنسبة 100% في جميع آبار العينة اقل من (1) ولا تشكل أي مشاكل على المحصول والترب اما (T.D.S) خارج المعيار في جميع الآبار وتتراوح بين (2378-6821) وبنسبة 100%.

جدول (20) يوضح مقارنة عينات منطقة الدراسة مع المعيار الكندي

المجموع	درجة تقييد شديدة	درجة التقييد قليلة ومتوسطة	لا مشكلة	المشكلة
50	50			T.D.S
50			50	EC
50	50			Na
50			50	Cl
50		25	25	B
50	1	2	47	NO ₃

المصدر: بيانات ملحق (3).

اما بالنسبة إلى العناصر السمية فإن أيون (Na) يفرض قيود شديدة على نوع المحصول ونوع التربة عند الاستخدام إذ ان جميع النتائج خارج حدود المعيار، وتراوحت كمية في العينات ما بين (1112.43-295.231) بنسبة 100% خارج حدود التصنيف. اما عنصر (Cl⁺⁺) فلا يشكل اي تقييد على عملية الزراعة بالنسبة للترب والمياه، اذ تتراوح كمية (Cl) ما بين (89.438-31.893) بنسبة 100% ضمن حدود التصنيف. في حين ان عنصر (B) يشكل نسبة 50% من الآبار لا تسبب مشاكل و50% تفرض قيود متوسطة وطفيفة على عملية الزراعة وتراوحت كمية (B) في الماء ما بين (238.734-0.118)، اما المؤثرات الاخرى مثل (NO₃⁻) فإن 94% من آبار منطقة الدراسة لا تسبب مشاكل في نوعية المحصول والترب، و4% فقط تفرض قيود على عملية الزراعة في حين ان 2% منها تفرض قيود شديدة على انتقاء المحصول ونوع الترب، وتحتاج إلى منظومة فعالة للغسل، وتتراوح كمية (NO₃⁻) ما بين (31.336-0.027).

ومن التصنيف المهمة ايضاً تصنيف (tood) لسنة 2007 الذي يصنف مياه الري بالاعتماد على (EC) التوصيلية الكهربائية ودرجة تحمل المحصول للأملح في الماء.

جدول (21) يوضح تصنيف جودة مياه منطقة الدراسة للري بالاعتماد على تصنيف (tood)

المحصول	النسبة	عدد الآبار	Ec / μ s / Cm
ليمون، برتقال، مشمش، خوخ	0	0	3000-0
حنطة، شعير، كرفس، فجل، زيتون، تين، رمان	0	0	4000-3001
عباد الشمس، خيار، بصل، طماطم	0	0	6000-4001
جزر، كتان، نخيل، ذرة	72	36	000·10-6001
سبانغ، قطن، بنجر الكر	22	11	12000-10001
خارج التصنيف	6	3	اكبر من 12،000

source (1) : Ahmed Nadham Al-Fatlawi, Hydrogeolical study sour Umm Radhuma Aqnifer- west of Iraq, college scierre, university of Baghada, 2010, pp 10.

(2): بالاعتماد على بيانات ملحق (3).

اذ يبين الجدول (21) ان مياه منطقة الدراسة ملائمة لزراعة المحاصيل المتحملة للملوحة المرتفعة والمرتفعة جداً (كالجزر، الكتان، النخيل، سبانغ، قطن، بنجر السكر) إذ تراوحت التوصيلية الكهربائية الكلية للأملاح ما بين (6148-15820 مايكروسيمنز/ سم) ونسبة 72% من الآبار للأيسالية ما بين (6001-10.000 مايكروسيمنز/سم)، ونسبة 22% للآبار ما بين (10001-12000 مايكروسيمنز) و6% من الآبار غير صالحة للري إذ تجاوزت (EC) الحد المسموح ولا يمكن استخدامها في الري الا بوجود منظومة متكاملة للبلز، وترب ذات نفاذية عالية لا تسمح بتراكم كميات كبيرة من الاملاح.

اما بالنسبة لتقييم جودة المياه وصلاحيتها لشرب الحيوانات فإن جودتها تعتمد هي الاخرى على الايونات السالبة والموجبة وكمية الاملاح الكلية في المياه. ومن التصانيف المهمة لتقييم صلاحية المياه لري الحيوانات تصنيف العالم (Altorisky 1962) جدول (22).

جدول (22) يوضح جودة المياه وصلاحياتها لري الحيوانات للعالم (Altorisky 1962).

العنصر	جيدة جداً	جيدة	مسموح بها	يمكن استخدامها	الحد الاعلى	مدىات منطقة الدراسة بوحدة (ppm)
Na ⁺	800	1500	2000	2500	4000	1112.43-295.231
Ca ⁺⁺	350	700	800	900	1000	1117-204
Mg ⁺⁺	150	350	500	600	700	1925-50
Cl ⁻	900	2000	3000	4000	6000	89.438-31.893
So ₄ ⁻	1000	20000	300	4000	6000	16.001-0.027
T.D.S	3000	500	7000	100000	15000	6821-2378

المصدر (1): عدنان جسام حمادي، تقييم نوعية المياه الجوفية والصيغة الهيدروكيميائية لأبار مختارة في محافظة النجف، العراق، مجلة الدراسات التربوية، الجامعة العراقية، العدد 15، مجلد 1، 2020، ص 11.
(2): ملحق (3).

جدول (23) يوضح مواصفات المياه لري الحيوانات في منطقة الدراسة حسب تصنيف العالم (Altorisky 1962)

النوع	جيدة جداً	جيدة	مسموح بها	يمكن استخدامها	الحد الاعلى	مدىات الدراسة
Na ⁺	42	8				1112.43-295.231
Ca ⁺⁺	24	25	1 خارج الحدود			1117-204
Mg ⁺⁺	7	16	8	2	17 خارج الحدود	1925-50
Cl ⁻	50					89.438-31.893
So ₄ ⁻	50					16.001-0.027
T.D.S	14	27	9			6821-2378

المصدر: بيانات ملحق (3).

يتضح من الجدول ان عنصر (Na⁺⁺) يتواجد في مياه آبار منطقة الدراسة ضمن المواصفات الجيدة جداً والجيدة كشرط للحيوانات بواقع 42 بئر و 8 بئر بالترتيب وبنسبة 84% و 16% على التوالي، اما عنصر (Ca⁺⁺) فإن 24 بئر ضمن المواصفات الجيدة جداً و 25 بئر ضمن المواصفات الجيدة و (1) بئر خارج حدود التصنيف أي بنسبة 48% و 50% و 2% بالترتيب، في حين تباينت مواصفات (Mg⁺⁺) لشرب الحيوانات ما بين الجيدة جداً بمجموع (7) بئر والجيدة (16) بئر، والمسموح بها 8 بئر، ويمكن استخدامها (2) بئر و (17) بئر خارج حدود التصنيف،

وينسبة 14% ، 32% ، 16% ، 4% و 34% بالترتيب حسب خصائص الآبار في المنطقة المدروسة.

اما عنصر (SO_4^-) فإنه مطابق إلى المواصفات الجيدة جداً لمياه شرب الحيوانات في جميع الآبار (50) بئر وبنسبة 100% وتباينت نسب (T.D.S) بين الجيدة جداً والجيدة والمسموح بها لشرب الحيوانات وبمجموع (14) بئر جيدة جداً (27) بئر جيدة (9) بئر مسموح بها وبنسبة 28%، 54% و 18% بالترتيب.

ثالثاً: محددات جودة المياه في العمليات الصناعية guidelines to use water for industry:

يعد الماء أحد مقومات العملية الصناعية فبدون وجود مصدر للماء لا يمكن قيام العملية الصناعية، فالماء يمثل مادة أولية في العديد من الصناعات أو مادة ثانوية، وتختلف حاجة الصناعة للماء بحسب نوع الصناعة فبعض الصناعات تحتاج كميات كبيرة من المياه والبعض منها يحتاج إلى مياه ذات درجة نقاوة عالية كصناعة الأدوية والبعض الآخر يستخدم مياه بجودة أقل مثل صناعة النسيج والمواد الانشائية، لذا فإن معرفة كمية الايونات السالبة والموجبة في الماء امر ضروري في العمليات الصناعية وهناك العديد من التصانيف التي حددت جودة المياه وصلاحياتها للصناعة بالاعتماد على الايونات السالبة والموجبة ومنها تصنيف (Salvato 1982) جدول (24).

جدول (24) يوضح تصنيف جودة المياه في العمليات الصناعية للعالم (Salvato 1982).

Mg ⁺⁺ ppm	Ca ⁺⁺ Ppm	SO ₄ ⁻ Ppm	Cl ⁻ Ppm	Ph ppm	الصناعات
8.226	5.988	5.205	8.462	8.5-6.5	التعليب
-	9.980	17.697	14.103	9-6	الصناعات الكيماوية
-	-	5.205	7.052	8.5-6.5	معامل السممت
6.992	10.978	11.867	45.130	9-6	المصافي النفطية
0.987	0.998	-	5.641	9-6	صناعة الورق

المصدر: نصير حسن البصرابي، الظروف الهيدرولوجية واستخدامات المياه في محافظة الانبار، هيئة المسح الجيولوجي العراقية، 2012، ص117.

يتضح من الجدول (25) تباين جودة مياه الآبار وصلاحياتها في الصناعة باختلاف العناصر المؤثرة على الصناعة، فبالنسبة لصناعة التعليب فإن (HP) و(SO_4^-) فقط ضمن المواصفات

وينسبة 96% و98% بالترتيب، اما بالنسبة للصناعات الكيماوية فإن جميع الخصائص غير مطابقة للمواصفات عدا (Ph) و (SO_4^-) وبنسبة 100% لجميع الآبار، كذلك الحال لصناعة السمنت فإن فقط عنصر (ph) و (SO_4^-) ضمن المعيار وبنسبة 96% و98% على التوالي، اما صناعة النفط فإن (SO_4^- , Cl, Ph) فقط ضمن المواصفات وبنسبة 100%، 46%، 98% على التوالي لجميع الآبار.

جدول (25) يوضح مواصفات جودة المياه في العمليات الصناعية في منطقة الدراسة حسب تصنيف العالم (Salvato 1982)

العناصر	Ph	Cl^-	SO_4^-	Ca^{++}	Mg^{++}
صناعة التعليب	48	0	49	0	0
الصناعات الكيماوية	50	0	50	0	0
معامل للسمنت	48	0	49	0	0
المصافي النفطية	50	23	49	0	0
صناعة الورق	50	0	-	0	0

المصدر: بيانات الملحق (3).

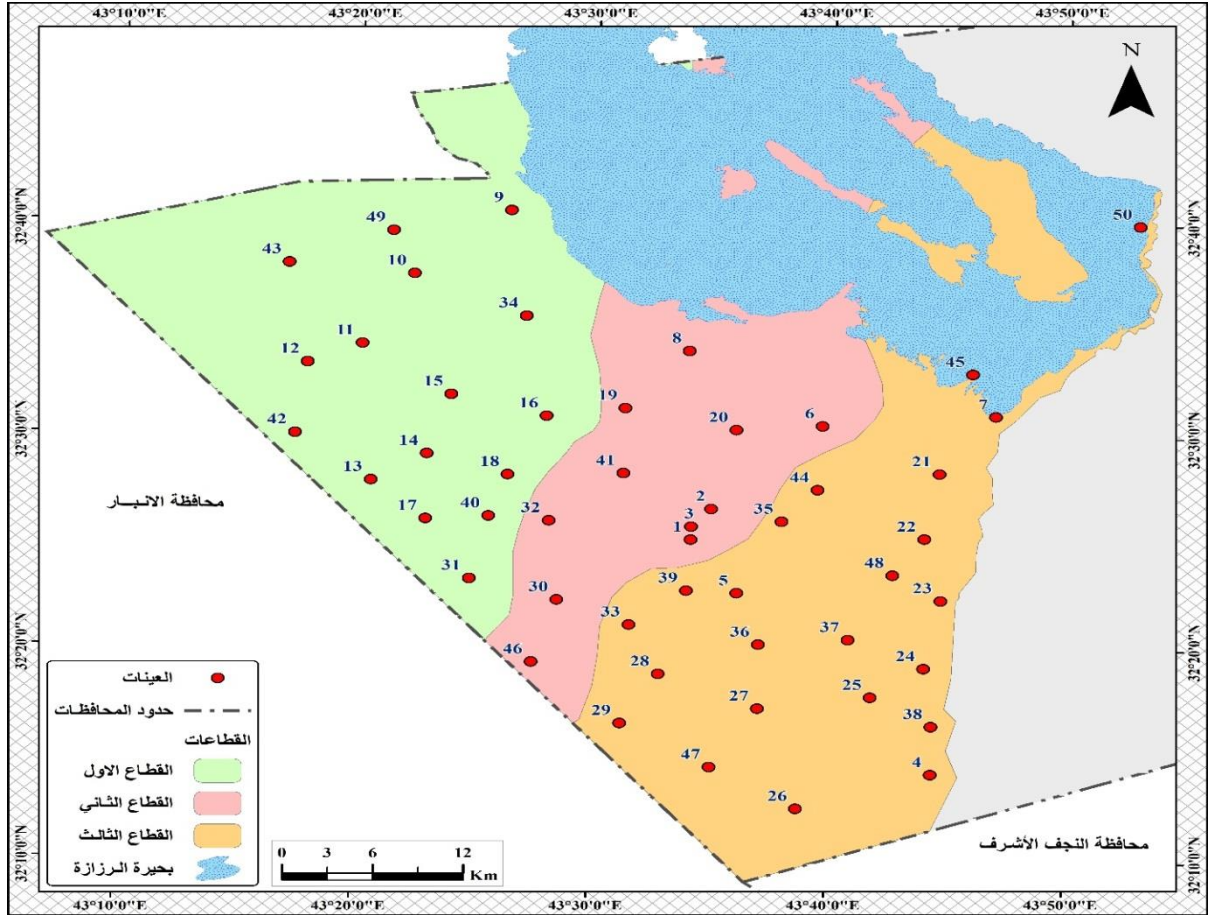
وتؤكد هذه النتائج صلاحية مياه منطقة الدراسة في الصناعات الانشائية والنفطية، اما وفي حال قيام صناعة من نوع اخر فيجب استخدام تقنيات حديثة في تنقية المياه قبل استخدامها، تجنباً للضرر ولتحسين خصائص المياه.

المبحث الثالث: تأثير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه والتربة على الانتاج

الزراعي في الصحراء الغربية:

المقدمة:

تعد المياه والتربة واحدة من الموارد الطبيعية، وتمثل العوامل الرئيسة المؤثرة في كميات الانتاج الزراعي في منطقة ما، وان اي تدهور يصيب هذه الموارد يؤثر بشكل مباشر على الانتاج الزراعي، كما يؤثر بشكل غير مباشر على مختلف جوانب التنمية الاقتصادية والاجتماعية. فأن تدهور التربة يؤدي الى انخفاض انتاجية الاراضي، اذ يؤثر على خصوبتها وقدرتها على الانتاج، وهذا من شأنه يهدد امدادات الغذاء للسكان. كما يساهم توزيع الماء بشكل غير متوازن في تصحر الاراضي الزراعية وتدهور المراعي، عموماً يتعذر استصلاح وزراعة الاراضي بدون توافر موارد مائية كافية ومقبولة، وتربة خصبة وجيدة الصرف. ان فقدان لهذين الموردتين يعد من اهم عوائق التنمية الزراعية، ما ينعكس بشكل مباشر على عمليات التنمية الاخرى الاقتصادية والاجتماعية. ولتحديد دور التربة والمياه في الإنتاج الزراعي تم تحليل العينات التي جمعت ميدانياً والبالغ عددها (50) عينة ماء مع (25) عينة تربة وحللت مختبرياً لمعرفة الصفات الفيزيائية والكيميائية الرئيسة لهما بعدها تم تحليل نتائج المختبر احصائياً باتباع طرق الاحصاء المتقدم وباختيار طريقة التقويم الاحصائي المعروفة بـ TWO-way وباستخدام البرنامج الاحصائي Genstat، إذ هناك عاملان مهمان في طريقة التحليل مثل العامل الأول (A) مواقع أخذ العينات وهي ثلاث مواقع تعرف بالقطاعات المبيّنة في الخريطة رقم (18)، أما العامل الثاني فقد خصص للصفات الفيزيائية والكيميائية والتي بلغت ثلاث مستويات.



خريطة (18) توضح قطاعات منطقة الدراسة

المصدر: برنامج Gis

أولاً: التحليل الاحصائي لخصائص المياه:

1 - التحليل الاحصائي للخصائص الكيميائية للمياه (الفوسفات، النترات، الاملاح الذائبة والتوصيلية الكهربائية):

يتضمن هذا التقييم عاملين: العامل الاول تمثيل مواقع الدراسة التي تم فرزها الى ثلاث قطاعات. اما العامل الثاني فيحدد خصائص المياه (الفوسفات، النترات، الاملاح الذائبة والتوصيلية الكهربائية).

يتبين من خلال الجدول (26) المبين في ادناه ما يأتي:

ان مواقع الدراسة لم تعطِ فرقاً معنوياً؛ وذلك لكون قيمة (F) الجدولية المحسوبة كانت اكبر من القيمة المعنوية وهي 0.180 ما بين مواقع الدراسة الثلاث المأخوذ منها العينات. اما قيمة (F) المحسوبة للعامل الثاني كانت اقل من القيمة المعنوية وهذا يدل على ان هذا العامل احدث تأثيراً

معنويًا وعند مستوى احتمال 0.01. كما لم يعطِ التداخل ما بينهما تأثير معنوي من خلال القيمة
0.125

جدول (26) يوضح تحليل التباين لخصائص المياه (التوصيلية الكهربائية، الاملاح الذائبة الكلية،
الفوسفات والنترات).

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	1393835	199119	1.70	....
REP*Units* stratum					
A	2	410809	205405	1.75	0.180
B	3	93369412	31123137	265.85	<.001
A.B	6	1216080	202680	1.73	0.125
Residual	77	9014389	117070	..	..
Total	95	105404525	...	..	..

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل فرز المعنوية ما بين عاملي الدراسة، يمكن إجراء ذلك عن طريق إيجاد فرق المتوسطات من
خلال الجدول الآتي:

جدول (27) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة (العامل الأول والثاني).

Grand mean	57.3	57.3	57.3	57.3
Location	1	2	3	4
A	495	568	656	...
B	7	0	4	2281
A.B				
1	6	0	3	1972
2	7	0	3	2262
3	8	0	4	2609
I.S.D	170.3	196.7	340.7	....

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ عدم وجود فرق معنوي ما بين المواقع الثلاثة، حيث استدلنا على ذلك من خلال طرح
المتوسط العام لكل موقع من المواقع الثلاث كالآتي: $656 - 495 = 161$ كما هو واضح من فرق
المتوسطين كما لم نجد ايضاً فرق معنوي ما بين الموقع الأول والموقع الثاني.

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات ما بين العامل الأول والعامل الثاني نجري فرق المتوسطات للعامل الثاني المتمثل بتقديرات (النترات، فوسفات، التوصيلية الكهربائية، الاملاح الذائبة الكلية) ونلاحظ ان المؤشر الرابع النترات سجل فرقاً معنوياً كبيراً ما بينه وبين المؤشرات الثلاث الأخرى عند مستوى معنوية 0.01 في حين تضاعلت هذه المعنوية ما بين المؤشرات الباقية وبذلك يكون الفرق المعنوي راجع إلى تغيرات قيم النترات في عينات التحليل لمواقع الدراسة كافة، وتعد النترات المسيطر الأول على العمليات الزراعية فإن ارتفاع نسبها في مياه الري تؤدي إلى زيادة النمو الخضري على حساب النمو الزهري ما يقلل من كميات الإنتاج.

2 - التحليل الاحصائي للمياه لكل من (الكلور الفلور والبورون):

يتبين من خلال الجدول (28) المبين في ادناه ما يأتي:

ان مواقع الدراسة لم تعط فرقاً معنوياً وذلك لكون قيمة (F) الجدولية المحسوبة كانت اكبر من القيمة المعنوية وهي 0.345. اما قيمة (F) المحسوبة للعامل الثاني كانت أقل من القيمة المعنوية وهذا يدل على ان هذا العامل احدث تأثيراً معنوياً وعند مستوى احتمال 0.01. اذ بلغت القيمة المحسوبة 0.001 . كما لم يظهر التداخل ما بينهما له تأثير معنوي ايضاً من خلال قيمة البالغة اقل من 0.441 .

جدول (28) يوضح تحليل التباين لكل من الكلور، الفلور، البورون.

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	7122.6	1017.5	1.44	...
REP*Units* stratum					
A	2	1494.7	747.3	1.06	0.354
B	2	41913.9	20956.9	29.67	<.001
A.B	4	2689.4	672.4	0.95	0.441
Residual	56	39550	706.3	...	...
Total	71	92770.6	..	...	...

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل فرز المعنوية ما بين عاملي الدراسة، يمكن اجراء ذلك عن طريق ايجاد فرق المتوسطات من خلال الجدول الاتي:

جدول (29) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة (العامل الاول والثاني).

Grand mean	34.5	34.5	34.5
Location	1	2	3
A	38.6	36.8	28.1
B	56.2	46.4	0.8
A.B			
1	58.2	56.8	0.7
2	55	54.5	0.9
3	55.5	27.9	1
L.s.d	15.37	15.37	26.62
		

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ عدم وجود فرق معنوي ما بين المواقع الثلاثة، حيث استدلنا على ذلك من خلال طرح المتوسط العام لكل موقع من المواقع الثلاث كالآتي: $10.5 = 28.1 - 38.6$

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات للعامل الثاني (27) والذي يمثل خصائص الماء، نلاحظ ان الفروقات المعنوية كانت واضحة للعيان ما بين كل من الكلور والفلور والبورون، نلاحظ ان أيون البورون قد أعطى فرق معنوي ما بينه وبين كل من الكلور والفلور في مواقع الدراسة الثلاثة. وبذلك يكون أيون البورون هو صاحب التأثير المعنوي في منطقة الدراسة وان ارتفع كميات البورون في مياه الري يؤدي إلى سمية شديدة للنباتات تصيب كل من الأوراق والسيقان فهو من العناصر الأكثر سمية بالنسبة للنبات.

3 - التحليل الاحصائي لكل من الفوسفات، النترات والنتريت:

يتبين من خلال الجدول () المبين في ادناه ما يأتي:

ان مواقع الدراسة لم تعطي فرقاً معنوياً وذلك لكون قيمة (F) الجدولية المحسوبة كانت اكبر من 0.05 وهي 0.196 ما بين مواقع الدراسة الثلاث المأخوذ منها العينات. اما قيمة (F) المحسوبة للعامل الثاني كانت اقل من 0.001 وهذا يدل على ان هذا العامل احدث تأثيراً معنوياً وعند مستوى احتمال 0.01. اذ بلغت القيمة المحسوبة 0.001 . كما لم يظهر التداخل ما بينهما له تأثير معنوي ايضاً من خلال قيمة البالغة اقل من 0.480

جدول (30) يوضح تحليل في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة.

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	16.353	2.336	0.6	...
REP*Units* stratum					
A	2	12.995	6.498	1.68	0.196
B	2	10623.558	5311.779	1373.74	<.001
A.B	4	13.669	3.417	0.88	0.480
Residual	56	216.533	3.867	...	...
Total	71	10883.108	...	...	...

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل فرز المعنوية ما بين عاملي الدراسة، يمكن اجراء ذلك عن طريق ايجاد فرق المتوسطات من خلال الجدول الاتي:

جدول (31) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة (العامل الاول والثاني).

Grand mean	10.97	10.97	10.97
Location	1	2	3
A	10.37	11.22	11.31
B	1.08	3.74	28.08
A.B			
1	0.91	3.57	26.63
2	0.99	3.92	28.75
3	1.35	3.72	28.85
L.s.d	1.137	1.137	1.970

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ عدم وجود فرق معنوي ما بين المواقع الثلاثة ، حيث استدلنا على ذلك من خلال طرح المتوسط العام لكل موقع من المواقع الثلاث كالآتي: $10.37-11.31=0.94$ وتعد القيمة المعنوية الناتجة أصغر من قيمة أقل فرق معنوي.

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات للعامل الثاني (B) والذي يمثل خصائص المياه، نلاحظ وجود فرق معنوي ما بين كل من النترات، الفوسفات، التوصيلية الكهربائية والاملاح الذائبة الكلية. وهذا تبين من خلال مقارنة فرق المتوسطات مع قيمة اقل فرق معنوي 1.970 حيث وجد إن هناك

فروق معنوية واضحة ما بين كل من الفوسفات والنترات والنتريت استناداً إلى الفرق الناتج من طرح قيم المتوسطات لهم ومقارنته مع قيمة أقل فرق معنوي، ويعد النتريت المسيطر على بقية الأيونات لوجود فروق معنوية واضحة، وتعمل زيادته إلى فقدان النتروجين من التربة على شكل غاز ما يقلل من خصوبتها، كما يعد النتريت من الغازات السامة للنباتات في حال الزيادة الكبيرة في التربة.

تظهر القيمة الناتجة أكبر من قيمة المقارنة (قيمة أقل فرق معنوي 1.970 وهذا يعني وجود فرق معنوي. كما ان التداخلات اعطت معنوية في مواقع الدراسة الثلاث اذ كانت قيم فرق متوسطاتها أكبر من قمة أقل فرق معنوي 1.970 . ان هذا الفرق يؤكد سيطرة المادة الفوسفات والنترات على انتاجية التربة والتأثير بدرجة كبيرة على كمية الانتاج.

4 - التحليل الاحصائي للكور، الكبريتات، البيكاربونات، الكاربونات

يتبين من خلال الجدول (32) المبين في ادناه ما يأتي:

ان مواقع الدراسة لم تعطي فرقاً معنوياً وذلك لكون قيمة (F) الجدولية المحسوبة كانت أكبر من 0.05 وهي 0.221 ما بين مواقع الدراسة الثلاث المأخوذ منها العينات. اما قيمة (F) المحسوبة للعامل الثاني كانت أقل من 0.001 وهذا يدل على ان هذا العامل احدث تأثيراً معنوياً وعند مستوى احتمال 0.01. اذ بلغت القيمة المحسوبة 0.001 . كما ظهر التداخل ما بينهما له تأثير معنوي ايضاً من خلال قيمة البالغة أقل من 0.786

جدول (32) يوضح تحليل التباين الكلور، الكبريتات، البيكاربونات، الكاربونات في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة.

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	163994	23428	1.24	...
REP*Units* stratum					
A	2	58482	29241	1.54	0.221
B	3	5896491	1965497	103.63	<.001
A.B	6	60064	10011	0.53	0.786
Residual	77	1460442	18967	...	...
Total	95	7639473	...	...	...

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل فرز المعنوية ما بين عاملي الدراسة، يمكن إجراء ذلك عن طريق إيجاد فرق المتوسطات من خلال الجدول الآتي:

جدول (33) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة (العامل الأول والثاني).

Grand mean	365	365	365	
Location	1	2	3	
A	330	379	385	
B	582	609	261	7
A.B				
1	545	518	251	6
2	597	652	260	6
3	604	657	271	8
L.s.d	68.6	79.2	137.1	

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ عدم وجود فرق معنوي ما بين المواقع الثلاثة ، حيث استدلنا على ذلك من خلال طرح المتوسط العام لكل موقع من المواقع الثلاث كالاتي:

$$55 = 385 - 330$$

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات للعامل الثاني (F) والذي يمثل خصائص المياه، نلاحظ ان الفروقات المعنوية كانت واضحة للعيان ما بين كل من الكلور والبيكاربونات والكاربونات، وهذا

تبين من خلال مقارنة فرق المتوسطات مع قيمة اقل فرق معنوي 68.6 في حين لم تعطِ فرق معنوي ما بين البيكاربونات والكلور إذ تظهر القيمة الناتجة اقل من قيمة المقارنة، في حين التداخلات أعطت فرقاً معنوياً ما بين العامل الاول (الموقع) والعامل الثاني (بعض الخصائص الكيميائية للمياه) في جميع مواقع الدراسة. ان هذا الفرق يؤكد سيطرة البيكاربونات على كمية الانتاج للمحاصيل المزروعة في الصحراء الغربية إذ تعمل زيادتها على تدهور التهوية ونقص الاوكسجين في التربة.

ثانياً: تأثير خصائص التربة على الإنتاج الزراعي:

1 - تأثير نسجة التربة في الانتاج الزراعي للصحراء الغربية:

يتبين من خلال الجدول (34) المبين في ادناه ما يأتي:

ان مواقع الدراسة لم تعط فرقاً معنوياً وذلك لكون قيمة (F) الجدولية المحسوبة كانت اكبر من 0.05 وهي 1.00 ما بين مواقع الدراسة الثلاث المأخوذ منها العينات. اما قيمة (F) المحسوبة للعامل الثاني كانت اقل من 0.001 وهذا يدل على ان هذا العامل احدث تأثيراً معنوياً وعند مستوى احتمال 0.01. كما أعطى التداخل تأثير معنوي ايضاً من خلال قيمة (F) الجدولية البالغة 0.001 والتي كانت أقل من القيمة المعنوية.

جدول (34) يوضح تحليل التباين لنسجة التربة (طين، غرين، رمل)

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	0.0	0.0	0.0	0.00
REP*Units* stratum					
A	2	0.0	0.0	0.00	1.000
B	2	22766.7	11383.3	87.23	<.001
A.B	4	5309.4	1327.4	10.17	<.001
Residual	56	7307.6	130.5	...	...
Total	71	35383.7	...	...	...

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل فرز المعنوية ما بين عاملي الدراسة، يمكن اجراء ذلك عن طريق ايجاد فرق المتوسطات من خلال الجدول الاتي:

جدول (35) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة (العامل الاول والثاني).

Grand mean	33.3	33.3	33.3
A	33.3	33.3	33.3
B	17.7	24.1	58.2
A.B			
1	19.9	31.8	48.3
2	11.8	13.3	74.9
3	21.3	27.3	51.4
L.s.d	6.61	6.61	11.44

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ عدم وجود فرق معنوي ما بين المواقع الثلاثة، حيث استدلنا على ذلك من خلال طرح

$$0 = 33.3 - 33.3$$

المتوسط العام لكل موقع من المواقع الثلاث كالآتي:

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات للعامل الثاني (B) والذي يمثل نسجة التربة، نلاحظ ان الفروقات المعنوية كانت واضحة للعيان ما بين كل من الطين والرمل والغرين والرمل، وهذا تبين من خلال مقارنة فرق المتوسطات مع قيمة اقل فرق معنوي 6.61 حيث سجل الرمل فرق معنوي ما بينه وبين كل من الغرين والطين في المواقع الثلاث ومن جانب آخر سجل الغرين والطين فروقاً معنوية لهما في المواقع الثلاث ايضاً كما هو واضح في الجدول (35)، وبما ان الرمل يرتفع في جميع مواقع الدراسة لذا يعد المسيطر الأول على نمو النبات وكميات الانتاج الزراعي فعلى الرغم من ارتفاع نسبة الرمل في التربة تحسن من عمليات الصرف إلا انها في المقابل تساهم في خفض قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء مما يعجل من تعرض التربة في الوصول إلى حد الجفاف.

2 - التحليل الاحصائي لخاصة التربة (السعة الحقلية، السعة التشبعية ونقطة الذبول):

يتبين من خلال الجدول (36) المبين في ادناه ما يأتي:

ان مواقع الدراسة لم تعطي فرقاً معنوياً وذلك لكون قيمة (F) الجدولية المحسوبة كانت اكبر من 0.05 وهي 0.112 وهذا يدل على تجانس منطقة الدراسة في المواقع الثلاث. اما العامل الثاني اعطى تأثير معنوي عند مستوى 0.01 . اذ بلغت القيمة المحسوبة 0.001 . في حين لم يعط التداخل ما بين العاملين تأثير معنوي. اذ كانت قيمة (F) الجدولية 0.992 . وهذا يدل على ان

التأثيرات الحاصلة في منطقة الدراسة ترجع الى العامل الثاني المتمثل (السعة الحقلية، السعة التشيعية ونقطة الذبول). ولأجل الحفاظ على انتاجية المنطقة يجب الانتباه الى كل من السعة التشيعية والسعة الحقلية بالإضافة الى تجنب الوصول الى نقطة الذبول الدائم. اذ ان الوصول لها سيمنع السعة الحقلية والتشيعية.

جدول (36) يوضح تحليل التباين لخصائص التربة (السعة الحقلية، السعة التشيعية ونقطة الذبول)

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	207.47	29.64	2.48	...
REP*Units* stratum					
A	2	54.48	27.24	2.28	0.112
B	2	12436.39	7118.2	596.25	<.001
A.B	4	3.05	0.79	0.06	0.992
Residual	56	668.54	11.94	...	...
Total	71	15169.93	...	...	...

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل الوقوف على سبب المعنوية ما بين عاملي الدراسة ومستوياتها المعنوية. يمكن العودة الى جدول المتوسطات من خلال الجدول الآتي:

جدول (37) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة العامل الاول والعامل الثاني.

Grand mean	20.79	20.79	20.79
Location	1	2	3
A	19.79	21.91	20.68
B	40.50	13.25	8.63
A.B			
1	39.34	12.32	7.71
2	41.5	14.2	10.04
3	40.66	13.21	8.15
L.s.d	1.998	1.998	3.461

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ عدم وجود فرق معنوي ما بين متوسطات مواقع الدراسة كالآتي: $20.68 - 19.79 =$

0.89

اي عند مقارنة القيمة الاولى مع قيمة اقل فرق معنوي 1.998 نلاحظ ان قيمة اقل فرق معنوي كانت اكبر من ناتج قيمة طرح متوسطي. وهذا يعني لا وجود للمعنوية المؤثرة ما بين الموقع الاول والموقع الثاني وكذلك الموقع الثالث. كما تبين ايضاً من جدول تحليل التباين المشار الية في اعلاه، اما بالنسبة لمستويات العامل الثاني المتمثل ب (السعة الحقلية، التشبعية، نقطة الذبول)، يتبين عند طرح نقطة الذبول من السعة التشبعية الاتي: $31.87 = 8.63 - 40.50$

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات لمستويات العامل الثاني تظهر الاتي تسجيل معنوية كبيرة ما بين كل من السعة الحقلية ونقطة الذبول لصالح السعة التشبعية. كما هنالك فرق معنوي ايضاً ما بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم. وعلينا هنا ان نتنبه الى الحفاظ على السعة التشبعية والحقلية في ارض الدراسة، فهاتان الخاصيتان تحددان كمية المياه المتاحة للنبات في التربة، كما ايضاً سجلت المؤشرات الثلاث فيما بينها فروقات معنوية لكل من العامل الاول والثاني. اي ما بين تداخلات العامل الاول (الموقع) والعامل الثاني (السعة التشبعية والسعة الحقلية ونقطة الذبول).

3- التحليل الاحصائي للكثافة الظاهرية والحقيقية ومسامية التربة :

يتبين من الجدول (38) ان مواقع الدراسة اعطت فرقاً معنوياً وذلك لكون قيمة (F) الجدولية التي مقدارها 0.007 اقل من 0.01 وبدل على وجود الفرق المعنوي عند مستويين هما 0.05 و 0.01 . ما بين مواقع الدراسة الثلاث المأخوذ منها العينات. اما قيمة (F) المحسوبة للعامل الثاني (الخصائص الفيزيائية) كانت اقل من القيمة المعنوية وهذا يدل على ان هذا العامل احدث تأثيراً معنوياً مؤكداً وعند مستوى احتمال 0.01. كما ان التداخل ما بينهما له تأثير معنوي ايضاً من خلال قيمة البالغة اقل من 0.001

جدول (38) يوضح تحليل التباين للكثافة الظاهرية والحقيقية والمسامية

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	4.885	0.698	0.59	...
REP*Units* stratum					
A	2	12.944	6.472	5.49	0.007
B	2	22797.141	11398.570	9676.68	<.001
A.B	4	25.393	6.348	5.39	<.001
Residual	56	65.965	1.178	...	...
Total	71	22906.327	...	...	...

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل فرز المعنوية ما بين عاملي الدراسة، يمكن اجراء ذلك عن طريق ايجاد فرق المتوسطات من خلال الجدول الاتي:

جدول (39) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة (العامل الاول والثاني).

Grand mean	14.65	14.65	14.65
Location	1	2	3
A	14.96	14.05	14.94
B	2.60	1.55	39.81
A.B			
1	2.60	1.56	40.73
2	2.59	1.54	38.02
3	2.59	1.54	40.68
L.s.d	0.628	0.628	1.087

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ وجود فرق معنوي ما بين المواقع الثلاثة، لكل من الكثافة الحقيقية والكثافة الظاهرية، كما سجلت فرق معنوي ما بين الكثافة الظاهرية والحقيقية حيث استدلنا على ذلك من خلال طرح المتوسط العام لكل موقع من المواقع الثلاث كالآتي: $10.2 = 14.5 - 14.96$

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات للعامل الثاني والذي يمثل الكثافة الظاهرية والمسامية، نلاحظ ان الفروقات المعنوية كانت واضحة للعيان ما بين كل من المسامية والكثافة الظاهرية، وهذا تبين من خلال مقارنة فرق المتوسطات مع قيمة اقل فرق معنوي 0.682 . كما نلاحظ تسجيل فرق معنوي ما بين المؤشرات جميعاً. ان التداخلات اعطت معنوية في مواقع الدراسة الثلاث اذ كانت قيم فرق متوسطاتها اكبر من قمة اقل فرق معنوي 1.087 . وان هذا الفرق يؤكد سيطرة الكثافة الحقيقية والمسامية على عمليات التصريف وقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وبالتالي تأثيره بدرجة كبير على كمية الانتاج.

4 - التحليل الاحصائي للمغنيسيوم، السعة التبادلية الكاتيونية، دالة التفاعل:

تبين من خلال الجدول (40) المبين في ادناه ما يأتي:

ان مواقع الدراسة اعطت فرقاً معنوياً وذلك لكون قيمة (F) الجدولية المحسوبة كانت اقل من 0.01 وهي 0.092 ما بين مواقع الدراسة الثلاث المأخوذ منها العينات. اما قيمة (F) المحسوبة للعامل الثاني كانت اقل من 0.001 وهذا يدل على ان هذا العامل احدث تأثيراً معنوياً وعند مستوى احتمال 0.01. اذ بلغت القيمة المحسوبة 0.001 . وهذا يعني وجود فرق معنوي مؤكد بين (المغنيسيوم، التبادلية الكاتيونية، ودالة التفاعل)، كما ظهر التداخل ما بينهما عدم وجود تأثير معنوي من خلال قيمة البالغة اقل من 0.103

جدول (40) يوضح تحليل التباين للمغنيسيوم، التبادلية الكاتيونية، دالة التفاعل

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	3653.9	522.0	1.20	...
REP*Units* stratum					
A	2	2173.5	1086.8	2.49	0.092
B	2	192901.4	96450.7	221.24	<.001
A.B	4	3539.8	885.0	2.03	0.103
Residual	56	24414.0	436.0	...	...
Total	71	226682.6	...	...	...

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل فرز المعنوية ما بين عاملي الدراسة، يمكن اجراء ذلك عن طريق ايجاد فرق المتوسطات من خلال الجدول الاتي:

جدول (41) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة (العامل الاول والثاني).

Grand mean	48.7	48.7	48.7
Location	1	2	3
A	41.1	51.3	53.8
B	121.7	16.9	7.5
A.B			
1	100.4	15.4	7.4
2	128.6	17.7	7.6
3	136.1	17.6	7.5
L.s.d	12.07	12.07	20.91

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ وجود فرق معنوي ما بين المواقع الثلاثة حيث استدلنا على ذلك من خلال طرح المتوسط العام لكل موقع من المواقع الثلاث كالآتي: $12.7 = 53.3 - 14.1$

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات للعامل الثاني (B) والذي يمثل بعض خصائص التربة، نلاحظ ان الفروقات المعنوية كانت واضحة للعيان ما بين كل من المغنيسيوم السعة التبادلية ودالة التفاعل، وهذا تبين من خلال مقارنة فرق المتوسطات مع قيمة اقل فرق معنوي 12.7 .

5 - التحليل الاحصائي للنيتروجين الجاهز، الفسفور الجاهز، البوتاسيوم الجاهز:

يتبين من خلال الجدول (42) المبين في ادناه ما يأتي:

ان مواقع الدراسة اعطت فرقاً معنوياً وذلك لكون قيمة (F) الجدولية المحسوبة كانت اصغر من 0.01 وهي 0.006 ما بين مواقع الدراسة الثلاث المأخوذ منها العينات. اما قيمة (F) المحسوبة للعامل الثاني كانت اقل من 0.001 وهذا يدل على ان هذا العامل احدث تأثيراً معنوياً وعند مستوى احتمال 0.01 . كما ظهر التداخل ما بينهما له تأثير معنوي ايضاً من خلال قيمة البالغة اقل من 0.055 .

جدول (42) يوضح تحليل التباين لكل من النيتروجين الجاهز، الفسفور الجاهز والبوتاسيوم الجاهز.

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	2521.9	360.3	2.14	..
REP*Units* stratum					
A	2	1886.2	943.1	5.60	0.006
B	2	136867.2	68433.6	406.43	<.001
A.B	4	1666.0	416.5	2.47	0.055
Residual	56	9429.2	168.4	...	..
Total	71	152370.4	...	...	...

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل فرز المعنوية ما بين عاملي الدراسة، يمكن اجراء ذلك عن طريق ايجاد فرق المتوسطات من خلال الجدول الآتي:

جدول (43) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة (العامل الاول والثاني).

Grand mean	56.3	56.3	56.3
Location	1	2	3
A	49.1	60.7	59.0
B	46.2	8.6	114.0
A.B			
1	42.4	7.5	97.4
2	49.5	8.9	123.6
3	46.8	9.4	120.9
L.s.d	7.50	7.50	13.00

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ وجود فرق معنوي ما بين المواقع الثلاثة ، حيث استدلنا على ذلك من خلال طرح

$$\text{المتوسط العام لكل موقع من المواقع الثلاث كالآتي: } 11.6 = 60.7 - 49.1$$

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات للعامل الثاني (37.6) والذي يمثل الفسفور الجاهز نلاحظ ان الفروقات المعنوية كانت واضحة للعيان ما بين كل من النيتروجين الجاهز والفسفور الجاهز والبوتاسيوم الجاهز، وهذا تبين من خلال مقارنة فرق المتوسطات مع قيمة اقل فرق معنوي 7.50 .

تظهر القيمة الناتجة اقل من قيمة المقارنة (قيمة اقل فرق معنوي) 7.50 وهذا يعني وجود فرق معنوي. في حين ظهرت المعنوية ما بين قيمة المتوسط العام للنيتروجين الجاهز مع قيمة المتوسط العام للبوتاسيوم الجاهز بدرجة 67.8 وهذه القيمة اكبر بكثير من قيمة المقارنة. ولفرز المعنوية ما بين تداخلات العامل الاول (الموقع) والعامل الثاني (الخصائص). اي التداخلات اعطت معنوية في مواقع الدراسة الثلاث. اذ كانت قيم فرق متوسطاتها اكبر من قمة اقل فرق معنوي 13.00 . وان هذا الفرق يؤكد تأثير النيتروجين على خصائص التربة وقدرتها في التأثير على كمية الانتاج الزراعي في مواقع الدراسة.

6 - التحليل الاحصائي لكل من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم :

يتبين من خلال الجدول (45) المبين في ادناه ما يأتي:

ان مواقع الدراسة لم تعطي فرقاً معنوياً وذلك لكون قيمة (F) الجدولية المحسوبة كانت اكبر من 0.05 وهي 0.599 ما بين مواقع الدراسة المأخوذ منها العينات. اما قيمة (F) المحسوبة للعامل الثاني كانت اقل من 0.001 وهذا يدل على ان هذا العامل احدث تأثيراً معنوياً وعند مستوى احتمال 0.01. اذ بلغت القيمة المحسوبة 0.001 . كما ظهر التداخل ما بينهما له عدم وجود تأثير معنوي اذ بلغت قيمته 0.253

جدول (44) يوضح تحليل التباين الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم.

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	56835	8119	1.21	...
REP*Units* stratum					
A	2	6935	3468	0.52	0.599
B	2	1226112	613056	91.32	<.001
A.B	4	39041	9260	1.38	0.253
Residual	56	375959	6714	...	...
Total	71	1702882	...	....	...

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل فرز المعنوية ما بين عاملي الدراسة، يمكن اجراء ذلك عن طريق ايجاد فرق المتوسطات من خلال الجدول الاتي:

جدول (45) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة (العامل الاول والثاني).

Grand mean	193.1	193.1	193.1
Location	1	2	3
A	179.3	198.8	201.2
B	288.0	8.6	282.8
A.B			
1	254.4	8.7	274.9
2	333.1	9.0	354.2
3	276.5	8.1	319.1
L.s.d	12.7	12.7	20.91

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ وجود فرق معنوي ما بين المواقع الثلاثة ، حيث استدلنا على ذلك من خلال طرح المتوسط العام لكل موقع من المواقع الثلاث كالآتي: $21.9 = 201.2 - 179.3$

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات للعامل الثاني (الخصائص الكيميائية) والذي يمثل خصائص التربة، نلاحظ ان الفروقات المعنوية واضحة للعيان ما بين كل من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم، وهذا تبين من خلال مقارنة فرق المتوسطات مع قيمة اقل فرق معنوي 12.07 .

تظهر القيمة الناتجة اقل من قيمة المقارنة (قيمة اقل فرق معنوي) وهذا يعني وجود فرق معنوي. كما يوجد فرق معنوي ما بين قيمة المتوسط العام للصوديوم مع قيمة المتوسط العام للبوتاسيوم 19.5 وهذه القيمة اكبر من قيمة المقارنة، في حين تبدو المعنوية واضحة في الموقع الثاني ما بين الصوديوم والكالسيوم بدرجة 279.4. ان التداخلات اعطت معنوية في مواقع الدراسة الثلاث اذ كانت قيم فرق متوسطاتها اكبر من قمة اقل فرق معنوي 20.91 . وان هذا الفرق يؤكد تأثير الكالسيوم والصوديوم في تحديد وقدرة التربة فيعلى الانتاج الزراعي في مواقع الدراسة.

7 - التحليل الاحصائي لكل من المادة العضوية، نسبة الصوديوم المدمص النسبة المئوية اللازمة:

يتبين من خلال الجدول (47) المبين في ادناه ما يأتي:

ان مواقع الدراسة لم تعطي فرقاً معنوياً وذلك لكون قيمة (F) الجدولية المحسوبة كانت اكبر من 0.05 وهي 0.196 في الموقع الاول. اما قيمة (F) المحسوبة للعامل الثاني كانت اقل من 0.001 وهذا يدل على ان هذا العامل احدث تأثيراً معنوياً وعند مستوى احتمال 0.01. اذ بلغت القيمة المحسوبة 0.001 . كما ظهر التداخل ما بينهما له تأثير معنوي ايضاً من خلال قيمة البالغة اقل من 0.480 .

جدول (46) يوضح تحليل التباين للمادة العضوية، نسبة الصوديوم المدمص والنسبة المئوية اللازمة.

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
REP stratum	7	16.353	2.336	0.6	...
REP*Units* stratum					
A	2	12.995	6.498	1.68	0.196
B	2	10623.55	5311.77	1373.74	<.001
A.B	4	13.669	3.417	0.88	0.48
Residual	56	216.533	3.867	..	...
Total	71	10883.108	...	..	...

المصدر: برنامج Genstat

ولأجل فرز المعنوية ما بين عاملي الدراسة، يمكن اجراء ذلك عن طريق ايجاد فرق المتوسطات من خلال الجدول الاتي:

جدول (47) يوضح المتوسطات لبيانات الدراسة (العامل الاول والثاني).

Grand mean	10.97	10.97	10.97
Location	1	2	3
A	10.37	11.22	11.31
B	1.08	3.74	28.8
A.B			
1	0.91	3.57	26.63
2	0.99	3.92	28.75
3	1.35	3.72	28.85
L.s.d	1.137	1.137	1.970

المصدر: برنامج Genstat

اذ لوحظ عدم وجود فرق معنوي ما بين المواقع الثلاثة ، حيث استدلنا على ذلك من خلال طرح المتوسط العام لكل موقع من المواقع الثلاث كالاتي:

$$0.94 = 11.31 - 10.37$$

وباستخدام نفس طريقة طرح المتوسطات للعامل الثاني () والذي يمثل المادة العضوية والصوديوم المدمص نلاحظ ان الفروقات المعنوية كانت واضحة للعيان ما بين كل من المادة العضوية ونسبة الصوديوم المدمص والنسبة المئوية، وهذا تبين من خلال مقارنة فرق المتوسطات مع قيمة اقل فرق معنوي 1.137 . تظهر القيمة الناتجة اكبر من قيمة المقارنة (قيمة اكبر فرق معنوي) وهذا يعني وجود فرق معنوي. وظهرت المعنوية ما بين قيمة المتوسط العام للمادة العضوية مع قيمة المتوسط العام للنسبة المئوية 27.72 وهذه القيمة اكبر بكثير من قيمة المقارنة، وايضاً تبدو المعنوية واضحة اذ اعطت فرق متوسط 25.06 لكل نسبة الصوديوم المدمص والنسبة المئوية. ان التداخلات اعطت معنوية في مواقع الدراسة الثلاث اذ كانت قيم فرق متوسطاتها اكبر من قمة اقل فرق معنوي 1.970 . ان هذا الفرق يؤكد سيطرة المادة العضوية في زيادة انتاجية المحصول والتأثير بدرجة كبير على كمية الانتاج.

الفصل الرابع

تقدير بصمة وكفاءة المياه الجوفية للأنشطة البشرية في الصحراء الغربية

المبحث الأول: البصمة المائية وأنواعها للنشاط الزراعي

أولاً: مفهوم البصمة المائية وأنواعها

ثانياً: حساب البصمة المائية

ثالثاً: التنافس على المياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء

رابعاً: تقدير بصمة المياه للمحاصيل الزراعية في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة

خامساً: تقدير البصمة المائية لإنتاج محاصيل البستنة

1- البصمة المائية للآبار المعتمدة في ري اشجار النخيل والسدر وكفاءتها الاقتصادية

2- البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري اشجار الفاكهة وكفاءتها

سادساً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل الحقلية وكفاءتها

1- تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل الصيفية وكفاءتها

2- تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري محاصيل الخضار الشتوية وكفاءتها

سابعاً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل الاستراتيجية وكفاءتها

1- تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري محصول الحنطة والشعير وكفاءتها

2- تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري محصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس وكفاءتها

ثامناً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل العلفية وكفاءتها

المبحث الثاني: تقدير البصمة المائية وكفاءتها الإنتاجية في الأنشطة البشرية (الزراعية الحيوانية،

الصناعية، محطات التحلية)

أولاً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في تربية الدواجن

ثانياً: تقدير البصمة المائية لبحيرات تربية الاسماك (الاستزراع السمكي)

ثالثاً: تقدير البصمة المائية المستخدمة في الآبار المستخدمة في تحلية المياه

رابعاً: تقدير البصمة المائية المستخدمة في معامل الصناعات الإنشائية

المقدمة:

يستخدم الإنسان الماء لأغراض كثيرة في حياته اليومية (الشرب، الاستحمام، التنظيف)، وإنَّ هذه الاستخدامات المباشرة للمياه ليست سوى جزء بسيط من المياه المستهلكة بشكل غير مباشر، والتي تتمثل بالمياه المستخدمة في الزراعة والصناعة والطهي، والطاقة، ويُشار إليها بالمياه المتضمنة أو المتجسدة، وبالتالي فإنَّ المقياس الكامل للبصمة المائية للفرد أو للقطاع الصناعي أو المجتمع أو منتج معين هو مزيج من الاستخدام المباشر للمياه والمياه المستخدمة بشكل غير مباشر؛ لتوفير السلع والخدمات. ونتيجة لتزايد الضغط على الموارد المائية على مستوى العالم أصبح من الضروري إيجاد طرق جديدة لقياس التأثيرات الملحوظة على انظمة المياه العالمية لذا اعتمدت البصمة المائية لمعرفة التأثيرات على عمليات سحب المياه والتي تقسم إلى فئتين:

الأولى: الاستهلاك الاستهلاكي: ويمثّل المياه المسحوبة من المصدر والتي أصبحت غير متاحة لإعادة الاستخدام في نفس الحوض المسحوب منه، وفقدت بـ(التبخّر، التسرب إلى حوض ملحي، التلوث)، او تتم دمجها في الانسجة النباتية.

الثانية: تمثل الاستخدام غير الاستهلاكي للمياه: التي يمكن إعادة استخدامها داخل الحوض نفسه مثل (التدفقات المرتجعة، تصريف المياه القابلة للاسترداد في المسطحات)، ان هذه الاستخدامات الاستهلاكية وغير الاستهلاكية تحدث في كل خطوة لذا تم تطوير مفهوم البصمة المائية لتقدير كمية المياه المستهلكة في إنتاج السلع والخدمات.

المبحث الأول: البصمة المائية وأنواعها للنشاط الزراعي

أولاً: مفهوم البصمة المائية وانواعها (Water foot conception)

يغطي الماء حوالي (71%) من سطح الارض ومعظم هذه المياه هي مياه مالحة ويقدر إجمالي المياه العذبة منها 2,5% فقط، وهي في الغالب مدمجة في الانهار الجليدية أو القمم الجبلية أو تحت الأرض؛ لذا فإن جزء قليل منها قابل للاستخدام إذا ما نظرنا إلى (إمكانية الوصول والجودة)، بالإضافة إلى توزيع موارد المياه العذبة غير متساوٍ، وعلى الرغم من زيادة سحب المياه فإن حوالي 1,2 مليار شخص يعيش في مناطق تعاني من ندرة المياه، ونظراً للنمو

السكاني والتغيرات في النظام الغذائي والتنمية الاقتصادية فمن المرجح ان يرتفع هذا الرقم إلى 1,9 مليار شخص بحلول عام 2025 يعيشون في مناطق تعاني من ندرة المياه المطلقة، هذا يعني ان ثلثي سكان العالم سيواجهون ظروف الاجهاد المائي، وبتزايد الوعي بندرة المياه زاد الاهتمام بمفهوم البصمة المائية (WF) في العقد الماضي، فالبصمة المائية تعد مؤشراً على الاستخدام الضئيل للمياه، فُدِّمَ هذا المفهوم من قبل (هوكسترا 2003) على غرار البصمة البيئية وتزامناً معها باعتبارها المحتوى المائي الافتراضي التراكمي لجميع السلع والخدمات التي يستهلكها فرد واحد أو افراد في بلدٍ أو منطقة فالبصمة المائية (WF) هي مؤشر جغرافي صريح يأخذ الاعتبار مكان وزمان استخدام المياه ونوع المياه المستخدمة من خلال التميّز بينهما (جوفية، سطحية، معاد استخدامها)⁽¹⁾.

وتماشياً مع مفهوم المياه الافتراضية الذي قدمه (Allan) عام 1998 ويعد هذا المفهوم البذرة الأولى للبصمة المائية، إذ وصف (Allan) المياه الافتراضية بأنها المياه المستخدمة في إنتاج السلع المستوردة، وأفترض أن واردات المياه الافتراضية هذه كانت حلاً جزئياً لمشاكل ندرة المياه في الشرق الأوسط، واتخذت هذه الافكار شكلاً اكثر دقة لدى (Hoekstra) الذي طوّر مفهوم البصمة المائية واعتمدها كأداة لمساعدة الدول التي تعاني من ندرة المياه بتطوير قطاع المياه من خلال الاعتماد المتبادل للموارد المائية بصورة سلع ومنتجات وبذلك تقلل من اجمالي الاستهلاك المائي في منطقة أو دولة ما⁽²⁾.

اكتسبت فكرة النظر في استخدام المياه على طول سلاسل التوريد الاهتمام بعد طرح مفهوم البصمة المائية من قبل (Hoekstra) والذي عرّف البصمة المائية بأنها مؤشر على استخدام المياه العذبة (الاستخدام المباشر وغير المباشر للمياه) من قبل المستهلك أو المنتج، وعدّ هوكسترا البصمة المائية مؤشراً شاملاً لتخصيص موارد المياه العذبة، فالبصمة المائية للمنتج مثلاً يتم قياسها على مدى سلسلة التوريد الكاملة ويوضح حجم الاستهلاك للمياه حسب المصدر وحجم التلوث حسب النوع، ويتم تحديد جميع مكونات البصمة المائية الاجمالية جغرافياً وزمنياً،

(¹) L. Ruini, M. Marino, Water foot Print of a large sized food Company: The case of Barilla Pasta Production, Water resources and Industry, 2013, 1-2, pp 7-14.

(²) Ashok knmar Chapagain, op. st, pp 29.

ويُشير الاستهلاك إلى فقدان المياه من المجتمعات المائية فتحدث خسائر المياه عندما يتبخّر الماء أو يعود إلى منطقة مستجمعات أخرى أو يتم دمجها في مستجمع وتمثل المياه الزرقاء، الخضراء والرمادية⁽¹⁾.

وبشكل عام فإن الهدف من تقييم آثار المياه هو تحليل كيفية ارتباط الأنشطة البشرية أو منتجات محددة بقضايا ندرة المياه والتلوث ورؤية كيف يمكن للأنشطة والمنتجات أن تصبح أكثر استدامة من منظور المياه، فالشكل الذي سيبدو عليه تقييم البصمة المائية يعتمد على محور الاهتمام للباحث، فقد يهتم الباحث في تقدير البصمة المائية لعملية محددة في سلسلة الانتاج أو البصمة المائية للمستجمع النهائي أو البصمة المائية لمجموعة المستهلكين، أو البصمة المائية لقطاع اقتصادي، أو البصمة المائية لمستجمع مياه، أو البصمة المائية لمنطقة جغرافية معينة. إذ يمكن دراسة البصمة المائية على مستويات عدة جدول⁽²⁾.

جدول (48) يوضح مستويات البصمات المائية

م	نوع البصمة المائية	م	نوع البصمة المائية
1	البصمة المائية لعملية	6	البصمة المائية لمستهلكين في منطقة احواض المياه
2	البصمة المائية لسلعة	7	البصمة المائية داخل اقليم
3	البصمة المائية لمستهلك	8	البصمة المائية لقطاع الاعمال
4	البصمة المائية لمجموعة من المستهلكين	9	البصمة المائية لبلدة ووحدة إدارية
5	البصمة المائية لسكان دولة	10	البصمة المائية للبشرية ككل.

المصدر: اسامة محمد سلام، البصمة المائية للإمارات العربية المتحدة مؤشر أمن الماء والغذاء، اصدارات إي- كتيب، ط1، لندن، 2016، ص30.

⁽¹⁾ Hoekstra, chapain, the water footprint assessment manual, earthscan publishes in association with the international institute for environment and development, 2011, pp30.

⁽²⁾ اسامة محمد سلام، البصمة المائية للإمارات العربية المتحدة مؤشر أمن الماء والغذاء، اصدارات إي- كتيب، ط1، لندن، 2016، ص30.

فالبصمة المائية تعد إحدى جوانب المياه الافتراضية الأربعة والمتمثلة في⁽¹⁾:

1- تجارة المياه: يمكن للدول التي تعاني من شحة المياه استيراد السلع عالية الاستهلاك المائي لتخفيف الضغط على مواردها المائية واستخدام هذا الوفرة في استخدامات أخرى ذات إنتاجية مرتفعة.

2- الوفرة المائي: من خلال استيراد السلع الأكثر استهلاكاً للمياه بدلاً من إنتاجها محلياً.

3- ميزان المياه الافتراضية: يحسب من الفرق بين ما تحتويه الصادرات والواردات من المياه الافتراضية لكل سلعة، فإذا زاد ما تصدره الدولة على ما تستورده من مياه فإن ذلك يحسب كعجز مائي وإذا زاد الاستيراد يصبح هناك فائض من المياه الافتراضية.

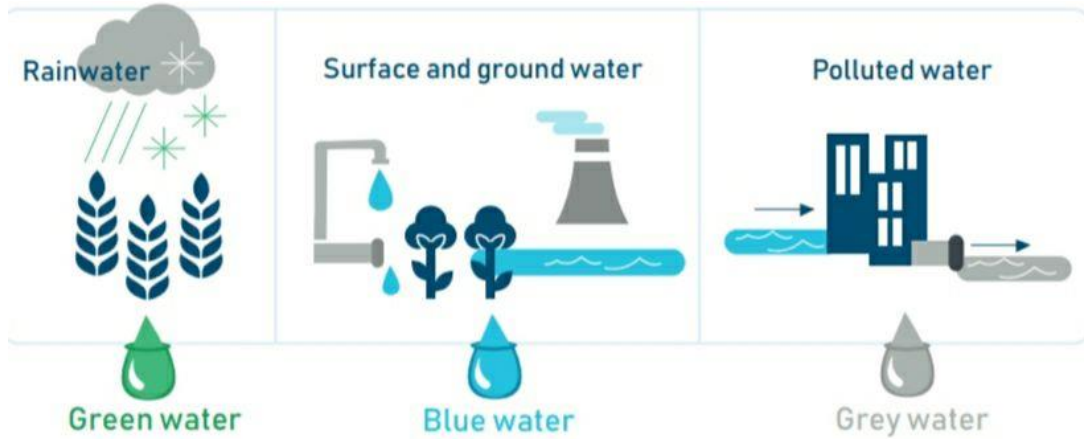
4- البصمة المائية: تمثل الوجه الثاني لمفهوم المياه الافتراضية، فالبصمة المائية لأي منتج تعني مجموع الماء الذي جرى استخدامه لإنتاج هذا المنتج بصورة مباشرة أو غير مباشرة وتشمل المياه التي استخدمت من ساعة بداية التحضير للمواد الخام حتى وصوله إلى المستهلك، كما يتم حساب نسبة التبخر وكميات المياه الملوثة ضمن البصمة المائية لهذا فالبصمة المائية للمنتج ستغير حسب المنطقة الجغرافية. وتقسّم البصمة المائية إلى ثلاث أنواع رئيسية هي:

1 - البصمة المائية الخضراء: مؤشر على الاستخدام البشري لما يسمى بالمياه الخضراء، وتشير إلى هطول الأمطار على الأرض التي لا تعمل على إعادة شحن المياه الجوفية ولكن يتم تخزينها في التربة ويتبخر جزء منها والجزء الآخر يستهلك من قبل النباتات. فالبصمة المائية الخضراء: هي حجم مياه الأمطار المستهلكة أثناء عملية الإنتاج، وينطبق هذا بشكل خاص على المنتجات الزراعية والحرجية (محاصيل الحبوب مثلاً والخشب) إذ تشير البصمة الخضراء إلى إجمالي تبخر مياه الأمطار من الحقول والمزارع بالإضافة إلى المياه المدمجة في المحصول⁽²⁾.

(¹) عبد الكريم حسن سلومي الربيعي، المياه سلعة على خطى التجارة العالمية (العراق أنموذجاً)، دار امجد، عمان - الاردن، ص 43-53.

(²) Hoekstra, Chapain, the water footprint assessment manual, earthscan publishes in association with the international institute for environment and development, 2011, pp30.

2- **البصمة المائية الزرقاء:** تمثل المياه الزرقاء بمياه الانهار والمياه الجوفية، وتشير البصمة المائية الزرقاء إلى حجم المياه الزرقاء المستهلكة فعلياً في كامل خطوط ومراحل الانتاج لأي منتج أو سلعة ويشير الاستهلاك للمياه الزرقاء إلى فقدان المياه وتعذر تعويضها في تلك الفترة أما عن طريق التبخر أو دمجها في المنتج ونقلها خارج منطقة الانتاج⁽¹⁾.



مخطط (7) انواع البصمة المائية.

المصدر: Ioana Dobreviat, Ertug Ercin, water Footprint analysis central asiay, report 6, 10, 2022, swiss agency for development and cooperation SDC.

3- **البصمة المائية الرمادية (Gray wf):** تعدُّ مؤشر لبصمة تلوث المياه العذبة ويتم تعريفها على أنها حجم المياه العذبة المطلوبة لاستيعاب كمية الملوثات بناءً على معايير جودة المياه، ويعكس مفهوم (Gray wf) فكرة ان تأثيرات تلوث المياه يمكن التعبير عنها بأنها حجم المياه المطلوبة لتخفيف الملوثات بحيث تصبح غير ضارة، وتعتمد البصمة الرمادية للمياه على كمية الملوثات (النفائيات السائلة) في المياه⁽²⁾.

ثانياً: حساب البصمة المائية:

تعد كفاءة استخدام المياه أمر بالغ الأهمية لإدارة موارد المياه الزراعية بفعالية، وأن البصمة المائية مؤشر محسن لتقييم استخدام المياه وكفاءتها وتعكس استخداماته المختلفة. سعى هوكسترا

⁽¹⁾ Ahmed Hatif, Sarah Mohammed Dauaad, op. st, pp5.

⁽²⁾ Ashok. Kumar, David Tickner, op.st, pp 566.

لإيجاد طريقة جديدة لحساب البصمة المائية على المستوى العالمي والاقليمي لإنتاج المحاصيل بناءً على العمليات الهيدرولوجية والتي تعد نتاج لكل من (المناخ والتربة والنبات). وتعد هذه الطريقة التي وضعها هوكسترا من الطرق المعتمدة لحساب البصمة المائية على النطاق العالمي والمحلي بناءً على العمليات الهيدرولوجية. وتحلل هذه الطريقة استخدام المياه خلال مراحل نمو المحصول والتي تشمل (الري، هطول الامطار، التبخر، المياه الجوفية، الصرف)، وتتضمن تقييماً أكثره مصداقية لاستخدام المياه، وتعتمد هذه الطريقة على البيانات المناخية المأخوذة من المحطات المناخية العالمية بالاعتماد على بيانات الاستشعار عن بُعد وبيانات التربة في منطقة الدراسة وطبيعة النبات. اعتمد هوكسترا في حساب البصمة المائية على نماذج منظمة الغذاء والزراعة (FAO)، تحاكي هذه الطرق التبخر النتج الفعلي (ET) في ظل الظروف المثلى مع التبخر النتج المحتمل المحسوب بواسطة معادلة Penman-Monteith وعدد من المعادلات الاخرى التي يمكن استخلاصها في تلك البرامج وحساب هطول الامطار الفعّال، وتعتمد هذه الطريقة على عدد من النماذج (جدولة الري)⁽¹⁾. وهم النماذج التي اوصى باعتمدها هوكسترا في دراسة البصمة المائية نموذج (Cropwat) نموذج (Crop-syst) ونموذج (EPIC) المناخ المتكامل للسياسة البيئية، ونموذج (GEPIC) القائم على نظام المعلومات الجغرافية، نموذج Aqua Crop وتعتمد هذه النماذج على بيانات الاستشعار ونظم المعلومات الجغرافية وبيانات التربة. إذ يمكن لهذه الطرق محاكاة معدل التبخر النتج طول فترة نمو المحصول وفقاً لتوازن مياه التربة في ظل الظروف المناخية المثلى أو دون المثالية⁽²⁾.

فعندما يكون النبات صغيراً فإن فقدان الماء يكون بشكل اساسي من التربة (بالتبخر للتربة) ولكن بمجرد ان يرتفع المحصول ويتطور تصبح عملية النتج هي العملية الرئيسية في فقدان الماء. ويتأثر التبخر /النتج بعدد من العوامل التي تؤثر في متطلبات المحاصيل للمياه أهمها الاشعاع الشمسي، درجة الحرارة، سرعة الهواء ورطوبة الهواء بالإضافة إلى محتوى التربة من الماء وقدرتها على توصيل الماء إلى الجذور، كما يتأثر معدل النتج بخصائص المحصول (نوع

(1) Xiao- Bduan, Yaloiyin, e.lt an improved Method for calculating the regional Crop water footprint based on hydrological process analysis, hydrol, earth syst, sci, 22, 111- 112, 2018.

(2) Xiao- Bduan, Yaloiyin, e.lt an, op.st, pp122-123.

المحصول، مراحل نموه) والممارسات الزراعية (كالري بالرش أو التنقيط أو الري السطحي، الري تحت السطحي، الري السحي). وجمع هذه العوامل تؤثر في المتطلبات المائية للمحصول.

ولتقدير المتطلبات المائية للمحصول تؤكد منظمة الاغذية والزراعة على اعتماد معادلة Penman – Monteith لتقدير التبخر/ النتج وحساب معاملات المحاصيل في المواقع الزراعية وعمل جدولة للري تتفق مع العوامل الفيزيائية والفسيوولوجية التي تحكم عملية التبخر والنتج باعتبار ان هذه المعادلة هي الاكثر مرونة في التطبيق لجميع المناطق واستخدامها في جميع النماذج الخاصة بجدولة الري التابعة لمنظمة (FAO). المعادلة تمثل بسيط للعوامل الفيزيائية والفسيوولوجية التي تحكم عملية التبخر/ النتج عند إجراء الحسابات لجدولة الري للمحاصيل الذي يتم من خلال تقدير التبخر النتج، مراحل نمو المحصول ومعامل المحصول⁽¹⁾.

ومعادلة بنمان- مونتيث هي معادلة تعتمد على توازن الطاقة وتعُد هذه المعادلة المعيار الدولي لتحديد التبخر والنتج اليومي على اختلاف مراحل نمو النبات، وتعتمد هذه المعادلة في تطبيقها على بيانات المناخ المأخوذ من المحطات الزراعية العالمية بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بُعد كما تحدد هذه التقنيات ضمن البرنامج الارتفاع من مستوى سطح البحر وخط الطول ودوائر العرض لمنطقة الدراسة⁽²⁾.

واعتمدت الدراسة في تقدير جدولة الري على نموذج Cropwat الذي يعمل على اساس استشعار محتوى رطوبة التربة ويحدد الوقت بين رية واخرى دون تعرض المحصول إلى الاجهاد المائي وذلك من خلال حساب عمليات التبخر والنتج باعتماد معادلة بنمان.

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_{II} - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

⁽¹⁾ FAO Irrigation and drainage paper N.56 Crop Evapotranspiration (guidelines For computing crop water requirements), Richard G. Aller, Iowis s. Pereira et, 2006, pp ..

⁽²⁾ Burt CM B. Kbell, Leachig of accumulated soil salimty under drip irrigation, Transactions of the American society of agricultural engineers, itrc paper No. 2005, pp 100.

إذ إن:

$$\begin{aligned} ET_o &= \text{التبخير / النتح المرجعي.} \\ R_{II} &= \text{الاشعاع الصافي على سطح الارض} \\ G &= \text{تدفق حرارة التربة.} \\ T &= \text{متوسط درجة حرارة الهواء.} \\ u_2 &= \text{سرعة الرياح على ارتفاع 2م} \\ e_s &= \text{ضغط البخار المشبع} \\ e_a &= \text{ضغط البخار الفعلي} \\ \gamma &= \text{ثابت}^{(1)}. \end{aligned}$$

ويستخدم عدد من المعادلات لتقدير البصمة المائية بالاعتماد على نتائج نموذج CROPWAT . إذ يتم حساب الكمية الخضراء لاستهلاك المياه في المحاصيل (CWU_green، م³/هكتار) وهي كمية مياه الأمطار التي يستخدمها محصول أثناء النتح التبخيري. يتم حسابها من خلال جمع النتح التبخيري الأخضر اليومي (ET_green، مم/يوم) خلال فترة النمو بأكملها. يتم استخدام عامل 10 لتحويل أعماق المياه بوحدة المليمتر إلى حجم المياه بوحدة المتر المكعب لكل هكتار (م³/هكتار). تتم عملية الجمع باستخدام تقدم زمني مدته 10 أيام على طول الفترة الزمنية الكاملة لتطور المحصول. كما في المعادلة:

$$1 - CWU_{green} = 10 \times \sum_{d=1}^{1gp} ET_{green}$$

ويعتمد النموذج في تحديد الامطار الفعالة باستخدام المعادلة:

$$2 - ET_{green} = \min(ET_c, Eff.rain)$$

فالمعادلة تعني ان كمية الامطار الفعالة مساوية للاحتياجات الفعلية للنبات، بمعنى آخر المعادلة تعني أن كمية المياه التي يحصل عليها النبات من الأمطار الفعالة لا يمكن أن تتجاوز احتياجاته الفعلية، وإذا كانت كمية الأمطار أقل من هذه الاحتياجات فسيستخدم النبات كل ما هو متاح منها فقط⁽²⁾.

⁽¹⁾ Richard G. Allen, Luis Pereira, Crop evapotranspiration, FAO Frication and drainage paper No. 56, RomeK Italy, 2006, pp 65-66.

⁽²⁾ Salam Hussein Ewaid, water Footprint of rice in Iraq, international virtual conference of environmental sciences, Farmhand environmental Science , 26/1/2025, pp 7.

اما استهلاك المياه الزرقاء (Blue CWU) فتتمثل بكمية مياه الري المطلوبة من المكون الأزرق من استهلاك المياه لنمو المحاصيل بما في ذلك الجوفية والمياه السطحية. اذ يعبر عن إجمالي كمية المياه الزرقاء المستهلكة خلال فترة نمو المحصول بالمعادلة الآتية، ويتم ذلك عن طريق جمع قيم ET_{blue} لكل يوم من أيام فترة النمو وضرب الناتج في 10 للحصول على القيمة بوحدة متر مكعب لكل هكتار (m^3/ha):

$$3 - CWU_{blue} = 10 \times \sum_{d=1}^{Igp} ET_{blue}$$

يتم حساب تبخر نتح المياه الزرقاء باعتماد المعادلة الآتية:

$$4 - ET_{blue} = \max(0, ET_c, Eff.rain)$$

فاذا كانت الامطار الفعالة كافية لتغطية الاحتياجات المائية للمحصول فإن ET_c يكون صفراً ما يعني عدم الحاجة الى ري اضافي. اذا لم تكن الامطار كافية فإن ET_c اكبر من $Eff.rain$ يكون الفرق بينهما $i.rrg$ ما يعكس كمية المياه المطلوبة من مصادر الري السطحية او الجوفية.

اما لحساب البصمة المائية الكلية لمحصول او منتج ما، فهي تمثل مجموع البصمة المائية الخضراء مضاف لها مجموع البصمة المائية الزرقاء. وتعبّر عن كمية المياه المستخدمة لانتاج كمية معينة من المحصول او المنتج:

$$5 - WF = WF_{green} + WF_{blue}$$

يتم حساب البصمة المائية الزرقاء والخضراء بقسمة كمية استهلاك المياه الزرقاء/ انتاجية المحصول.

$$6 - WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y}$$

ولحساب البصمة المائية الزرقاء خلال سنة او مدة زمنية يتم من خلال المعادلة.

$$7 - WF_{green} = WF_{green} \times production$$

$$8 - WF_{blue} = WF_{blue} \times production$$

اي يتم ضرب المكونات الاخضر والازرق بالانتاج السنوي، فالبصمة المائية ستمثل حجم المياه لكل فترة زمنية⁽¹⁾.

ثالثاً: التنافس على المياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة:

تعرض المياه الجوفية في الصحراء الغربية إلى عملية تنافس شديدة من قبل الاستخدامات المختلفة (الصناعية، الزراعية، السكنية) التي تم ذكرها في الفصول السابقة، إذ تستخدم تلك الاستعمالات المياه الجوفية في جميع سلاسل التوريد وكل مرحلة من مراحل الاستخدام، وإن هذا التنافس يزيد من عمليات سحب المياه اليومية والموسمية، وخاصة بعد التوسع الكبير الذي شهدته الصحراء الغربية في مختلف الاستثمارات الصناعية، الزراعية وحتى السياحية، كل هذا الضغط والتنافس على المياه الجوفية يدعونا إلى تقييم وتقدير كمية المياه المستخدمة في جميع سلاسل التوريد لكل قطاع، وتحديد مدى كفاءة وحدة المياه في الإنتاج في ظل الظروف المناخية لمنطقة الدراسة من خلال تقدير بصمة المياه وانواعها لكل قطاع.

رابعاً: تقدير بصمة المياه للمحاصيل الزراعية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة:

إن النظرة الأولية لمريثات Landsat 7 , Landsat 8 المعتمدة في الدراسة لسنة (2003، 2013، 2023) إن الزراعة أكبر مستهلك للمياه الجوفية في المنطقة. إذ بينت مريثات 2023 انتشار كبير للزراعة في الصحراء الغربية، وجاءت نتائج انتشار الغطاء النباتي والمحاصيل الزراعية مطابقة لما هو موجود في الواقع، في حين بينت المريثات وجود أكثر من (2500) بئراً في منطقة الدراسة، وهي بذلك اختلفت مع بيانات الدراسة الميدانية المعتمدة من قبل هيئة المياه الجوفية التي تؤكد وجود (1728) بئراً، ويعود الفرق في ذلك إلى وجود عدد من الآبار المتجاوزة غير المدرجة ضمن المسح الميداني، وبين العمل الميداني ان استهلاك المياه في الجانب الزراعي يأخذ شقين الاستهلاك من قبل المحاصيل الزراعية والاستهلاك من قبل الانتاج

(¹) Salam Hussein Ewaid, Salwain Ali Abed, op.st, pp 5-6.

الحيواني، وتشمل المحاصيل الزراعية كلاً من (الخضار، الفواكه) بالإضافة إلى الانتاج الحيواني على وجه الخصوص (الدواجن، الاسماك).

وتنوع المحاصيل الزراعية فيها ما بين المحاصيل الشتوية والمحاصيل الصيفية التي تعتمد على مياه الآبار ويطرق الري الحديثة والبدائية، إذ يتم الري بالطرق البدائية (الري السحي) في جميع البساتين المزروعة للنخيل والفواكه بالإضافة إلى العديد من مزارع الخضار تستخدم الطريقة البدائية، ويعتمد الري الحديث في مزارع الشعير والذرة والبطاطا، إذ يستخدم طريقة الري بالرش (الثابت والمتحرك) والتي تعد هي الاخرى من الطرق غير المناسبة لظروف منطقة الزراعة وخاصة في فصل الصيف لارتفاع كمية التبخير، النتح للنبات، والتربة على حدٍ سواء. ولتقدير البصمة المائية للمحاصيل الزراعية في منطقة الدراسة تم الاعتماد على (50 بئراً) موزعة وممثلة لمواقع منطقة الدراسة على اختلاف انواع المزارع ولمختلف المساحات جدول (49).

وبإنتاجية تتراوح ما بين (8-10 لتر/ ثانية) للبر، وتتراوح عمق هذه الآبار (بعد المياه عن وجه الارض) ما بين (85-190م).

تم الاعتماد على 50 بئر في تقدير بصمة الانتاج الزراعية موزعة ما بين انتاج المحاصيل الزراعية والانتاج الحيواني تراوحت مساحة المزارع والبساتين ما بين 45,36 - 190,29 دونم، بالنسبة لمزارع الحنطة والشعير والذرة والبطاطا اما البستنة كأشجار النخيل والفواكه والخضار فتتراوحت مساحتها ما بين (20-10 دونم)، بواقع 10000 دونم وبلغ اعداد مزارعين البستنة 1500 شخص.

تقوم الزراعة في منطقة الدراسة على ثلاث طبقات طبقة سفلية لزراعة الاعلاف والخضروات، طبقة وسطى شجرية لزراعة اشجار الفاكهة وطبقة علوية لزراعة النخيل، اعتمد هذا النظام في بداية التسعينيات في منطقة الدراسة واقتصر على مركز قضاء عين التمر، وكان الهدف منه خلق مناخ محلي رطب يساعد في تنمية المحاصيل في المناطق الجافة ولتقليل عمليات التبخر والحفاظ على رطوبة التربة وخفض الاملاح المتراكمة عليها.

جدول (49) يوضح الآبار الزراعية ومساحات الاراضي الزراعية المعتمدة عليها في عمليات الري.

ت	اسم الموقع	X	Y	مساحة المزرعة بالدونم	مساحة المزرعة بالهكتار	عمق البئر م	انتاجية البئر لتر/ثا
1	علي حسين علوان	43.569434	32.418792	78.54	19.63	120	10
2	علي حسين علوان	43.583546	32.442817	78.54	19.63	120	10
3	جواد كاظم حسين	43.569704	32.428962	75.43	18.86	120	10
4	مها حسين فرحان	43.740399	32.235695	78.54	19.63	100	10
5	مها حسين فرحان	43.602320	32.377047	78.54	19.63	100	10
6	علي حسين علوان	43.661193	32.508520	78.54	19.63	100	10
7	ماهر نعيمة جاسم	43.783330	32.516668	55.90	13.98	138	10
8	عباس يحيى نعمة	43.566665	32.566663	78.54	19.63	100	10
9	فليحة احمد حسن	43.439475	32.675709	84.95	21.24	100	10
10	نوفل كريم سعود	43.371775	32.625537	78.54	19.63	120	10
11	مروان زهير جعفر	43.335987	32.570443	78.54	19.63	120	10
12	رديف علي محمد	43.297553	32.555451	120.76	30.19	170	10
13	ماهر نعيمة جاسم	43.343542	32.463527	78.54	19.63	150	10
14	حميد حسين فرحان	43.382665	32.484516	120.76	30.19	90	10
15	ماهر نعيمة جاسم	43.399168	32.531029	78.54	19.63	90	10
16	العتبة الحسينية	43.466563	32.514839	50.27	12.57	100	10
17	مها حسين فرحان	43.382390	32.433423	78.54	19.63	110	10
18	جواد كاظم حسين	43.439900	32.468581	78.54	19.63	110	10
19	حسن عبيد حسن	43.522112	32.521351	128.68	32.17	110	10
20	عبد الله حسين	43.600498	32.505046	78.54	19.63	100	10
21	مروان زهير جعفر	43.744106	32.471607	128.68	32.17	110	10
22	مها حسين فرحان	43.734089	32.420526	78.54	19.63	100	10
23	نوفل كريم سعود	43.745992	32.372034	120.76	30.19	100	10
24	حميد حسين فرحان	43.734685	32.318828	120.76	30.19	100	10
25	فليحة احمد حسن	43.697394	32.295999	66.48	16.62	190	10
26	غانم منصور حطاب	43.646269	32.208373	78.54	19.63	120	10
27	رديف علي محمد	43.618233	32.286690	128.68	32.17	120	10
28	محمد جابر عودة	43.548144	32.313203	78.54	19.63	90	10
29	مشروع السافي	43.521590	32.274225	128.68	32.17	110	10
30	مشروع السافي	43.475813	32.370806	128.68	32.17	120	10
31	مشروع السافي	43.414140	32.386741	78.54	19.63	54	10
32	فهد حسن مجبل	43.469374	32.432677	45.36	11.34	100	10
33	فهد حسن مجبل	43.526945	32.351598	113.10	28.27	120	10
34	محمد عبد الله ناجي	43.451227	32.593022	78.54	19.63	85	10
35	عبد كاظم فليح	43.633329	32.433335	78.54	19.63	90	8
36	محمد رشيد عيسى	43.618169	32.336904	128.68	32.17	90	8
37	فهد حسن مجبل	43.681259	32.340969	78.54	19.63	120	10
38	حسن كاظم محمد	43.740519	32.273358	78.54	19.63	120	10
39	فرات وهاب سطاي	43.566912	32.378589	78.54	19.63	100	9
40	فرات وهاب سطاي	43.426836	32.435995	78.54	19.63	120	10
41	حسن كاظم محمد	43.521488	32.470325	78.54	19.63	120	10

10	120	32.17	128.68	32.499889	43.289523	عبد كاظم فليح	42
8	150	19.63	78.54	32.633336	43.283337	محمد جابر عودة	43
10	85	19.63	78.54	32.458337	43.658329	غانم منصور حطاب	44
10	120	47.57	190.29	32.549999	43.766666	حسن كاظم محمد	45
10	90	19.63	78.54	32.321761	43.458586	فرات وهاب سطاي	46
9	120	32.17	128.68	32.240446	43.584985	فرات وهاب سطاي	47
10	120	19.63	78.54	32.391834	43.712009	رديف علي محمد	48
10	129	12.57	50.27	32.659199	43.356433	حسن كاظم محمد	49
10	90	29.47	117.87	32.666669	43.883330	رديف علي محمد	50

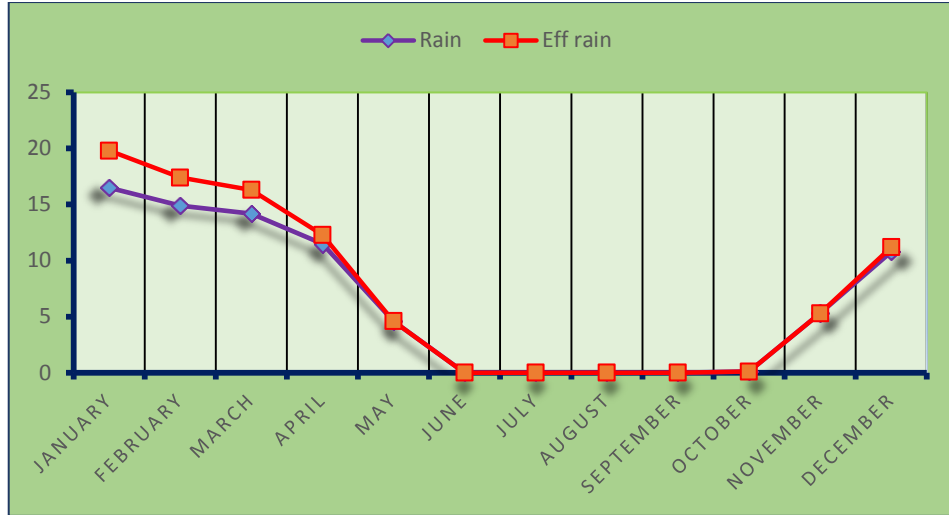
المصدر: الهيئة العامة للمياه الجوفية العراقية، بيانات غير منشورة، 2023.

ولتقدير البصمة المائية لجميع محاصيل منطقة الدراسة تم الاعتماد البيانات المناخية لمنطقة الدراسة لتقدر الامطار الفعالة وبرنامج cropwat والاخذ بالحسبان نوع التربة وقابليتها على حفظ المياه. تبين ان فاعلية المطر محدودة جدا وتتراوح بين 3.3 ملم في شهر آيار و 0.4 ملم في شهر كانون الاول وبمجموع 9.0 ملم للأمطار الفعالة. جدول (50) مخطط(7).

جدول (50) يوضح الامطار الفعالة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

Month	Rain	Eff rain
	Mm	Mm
January	16.5	3.3
February	14.9	2.5
March	14.2	2.1
April	11.5	0.8
May	4.6	0.0
June	0.0	0.0
July	0.0	0.0
August	0.0	0.0
September	0.0	0.0
October	0.1	0.0
November	5.3	0.0
December	10.8	0.4
Total	77.9	9.0

المصدر: برنامج CROPWAT.



مخطط (8) يوضح الامطار والامطار الفعالة في الصحراء الغربية من محافظة كبرلاء المقدسة.

المصدر: بالاعتماد على جدول (50).

خامساً: تقدير البصمة المائية لإنتاج محاصيل البستنة:

تتباين البصمة المائية من شجرة لأخرى نتيجة لاختلاف الاحتياجات المائية لكل شجرة والفروق البيئية في منطقة الزراعة. فهناك بعض الأشجار لها قدرة عالية على تحمل الجفاف مثل أشجار السدر بخلاف بعض الأشجار التي تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه كأشجار الحمضيات، كما تتباين البصمة المائية لكل شجرة خلال الدورة الزراعية للسنة الواحدة على طول مراحل النمو جدول (51).

جدول (51) يوضح مراحل النمو لأشجار الفاكهة والنخيل في الصحراء الغربية من محافظة كبرلاء المقدسة.

الفصيلة	Total	L_late	L_omid	L_dev	L_ini	Crop
الفوفلية	365	45	150	30	140	النخيل
السدرية	365	45	150	30	140	السدر
عائلة الحمضيات	365	95	120	90	60	الحمضيات النومي النارنج

						البرتقال
عائلة الورديات	365	40	125	50	150	التفاح العنب المشمش الرمان
عائلة الزيتون	365	40	125	50	150	التين الزيتون
عائلة البطمية	365	95	90	90	90	الفسنق الحلبي

المصدر: بيانات الدراسة الميدانية 2023 2024.

اذ تترفع البصمة المائية في المراحل الاولية من النمو وتزداد في مرحلة التطور ومرحلة منتصف الموسم وتعاود الاحتياجات المائية والبصمة المائية بالانخفاض مع نهاية الموسم، وهذا الاختلاف هو نتيجة اختلاف معامل المحصول (KC) وتعتمد معامل المحصول على معامل الري التي تتكون من ثلاث مكونات هي معامل الري الاخضر (هطول الامطار الفعال) ومعامل الري الازرق (متطلبات الري) ومعامل الري الرمادي (حجم المياه العذبة اللازمة لتخفيف الاسمدة الكيماوية). ويبين الجدول إن جميع محاصيل اشجار الفاكهة واشجار النخيل اجمالي موسم زراعتها 365 يوم، وتتحكم عدة عوامل في تقدير البصمة المائية لها اهمها (نوع المحصول، نوع التربة، مستويات الرطوبة، درجة الحرارة). وتقسم البصمة المائية لاشجار الفاكهة بالاتي:

1- البصمة المائية للآبار المعتمدة في ري اشجار النخيل والسدر وكفاءتها:

تتنوع اشجار النخيل في منطقة الدراسة، اذ تزرع النخيل على اختلاف انواعها، واهمها الزهدي بواقع 16800 نخلة، الخستاوي 50400 نخلة، المکتوم 6484 نخلة، البريم 2000 نخلة، التبرزل 80 نخلة، الخضراوي 500 نخلة، اسطة عمران 150 نخلة، البرين 1030 نخلة، البرحي 2800 نخلة، المطوك 60 نخلة، وانواع اخرى غير معروفة بواقع 600 نخلة، وبلغ مجموع اعداد النخيل في منطقة الدراسة 232104 نخلة. جدول (52)

جدول (52) يوضح اعداد النخيل وانواعها في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

ت	انواع النخيل	عدد النخيل	ت	انواع النخيل	عدد النخيل
1	الزهدي	168000	7	المطوك	60
2	الخشراوي	50400	8	البرحي	2800
3	البريم	2000	9	البرين	1030
4	المكتوم	6484	10	اسطة عمران	150
5	التبرزل	80	11	اخرى	600
6	الخضراوي	500		المجموع	232104

المصدر: مديرية دائرة زراعة كربلاء المقدسة، شعبة الاحصاء الزراعي، بيانات 2023، بيانات غير منشورة.

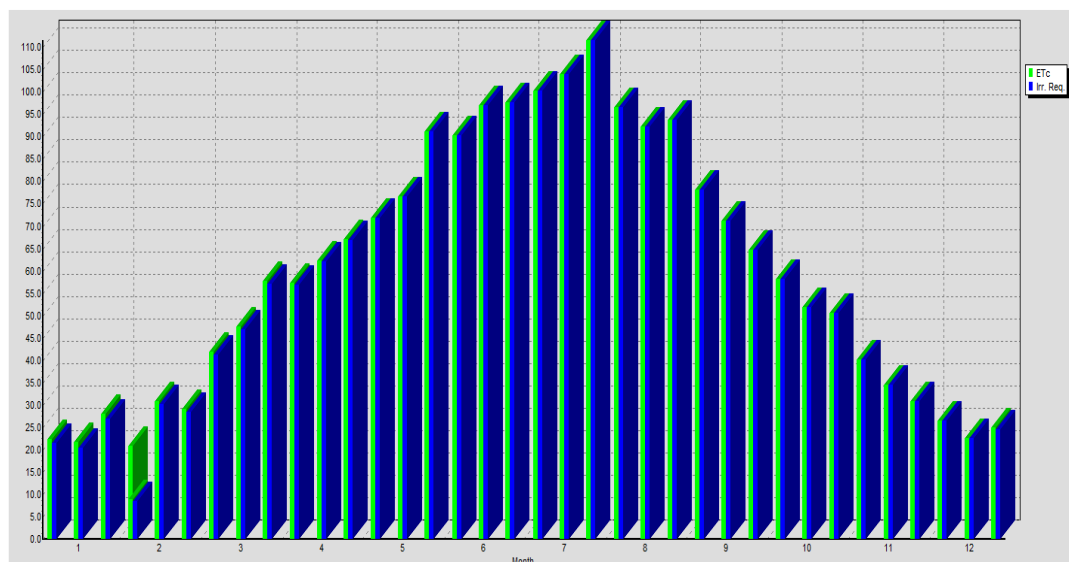
تتباين الاحتياجات المائية لأشجار السدر والنخيل باختلاف مراحل النمو الاولية ومرحلة التطور ونهاية الموسم. وبالاعتماد على نموذج (CROPWAT) يتبين ان اجمالي الاحتياجات المائية لأشجار النخيل والسدر حسب ظروف منطقة الدراسة (2152.1 ملم) من الاحتياجات المائية (Irr.Req) و(9,1 ملم) من الامطار الفعالة (Effrain) و(2173,0 ملم) من التبخر (ETC) جدول (53) ومخطط (8) للهكتار الواحد الذي يزرع ما يقارب 500-750 نخلة و 175 شجرة سدر حسب طريقة الزراعة.

جدول (53) يبين الاحتياجات المائية لأشجار النخيل في منطقة الدراسة.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			Coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Feb	1	Init	0.97	2.97	20.8	0.6	8.4
Feb	2	Init	0.90	3.09	30.9	0.8	30.1
Feb	3	Init	0.90	3.64	29.1	0.8	28.4
Mar	1	Init	0.90	4.20	42.0	0.7	41.2
Mar	2	Init	0.90	4.75	47.5	0.7	46.8
Mar	3	Init	0.90	5.24	57.6	0.5	57.1
Apr	1	Init	0.90	5.73	57.3	0.4	56.9
Apr	2	Init	0.90	6.23	62.3	0.3	62.0
Apr	3	Init	0.90	6.71	67.1	0.2	66.9
May	1	Init	0.90	7.19	71.9	0.1	71.8
May	2	Init	0.90	7.67	76.7	0.0	76.7
May	3	Init	0.90	8.29	91.2	0.0	91.2
Jun	1	Init	0.90	9.02	90.2	0.0	90.2
Jun	2	Init	0.90	9.70	97.0	0.0	97.0

Jun	3	Deve	0.91	9.77	97.7	0.0	97.7
Jul	1	Deve	0.93	10.04	100.4	0.0	100.4
Jul	2	Deve	0.96	10.41	104.1	0.0	104.1
Jul	3	Mid	0.98	10.14	111.6	0.0	111.6
Aug	1	Mid	0.98	9.65	96.5	0.0	96.5
Aug	2	Mid	0.98	9.22	92.2	0.0	92.2
Aug	3	Mid	0.98	8.52	93.7	0.0	93.7
Sep	1	Mid	0.98	7.82	78.2	0.0	78.2
Sep	2	Mid	0.98	7.12	71.2	0.0	71.2
Sep	3	Mid	0.98	6.47	64.7	0.0	64.7
Oct	1	Mid	0.98	5.83	58.3	0.0	58.3
Oct	2	Mid	0.98	5.18	51.8	0.0	51.8
Oct	3	Mid	0.98	4.60	50.6	0.0	50.6
Nov	1	Mid	0.98	4.02	40.2	0.0	40.2
Nov	2	Mid	0.98	3.44	34.4	0.0	34.4
Nov	3	Mid	0.98	3.08	30.8	0.0	30.8
Dec	1	Mid	0.98	2.66	26.6	0.0	26.6
Dec	2	Mid	0.98	2.27	22.7	0.0	22.6
Dec	3	Late	0.98	2.27	25.0	0.4	24.6
Jan	1	Late	0.97	2.23	22.3	0.9	21.5
Jan	2	Late	0.97	2.17	21.7	1.2	20.4
Jan	3	Late	0.97	2.55	28.0	1.1	27.0
Feb	1	Late	0.97	2.97	8.9	0.3	8.4
					2173.0	9.1	2152.1

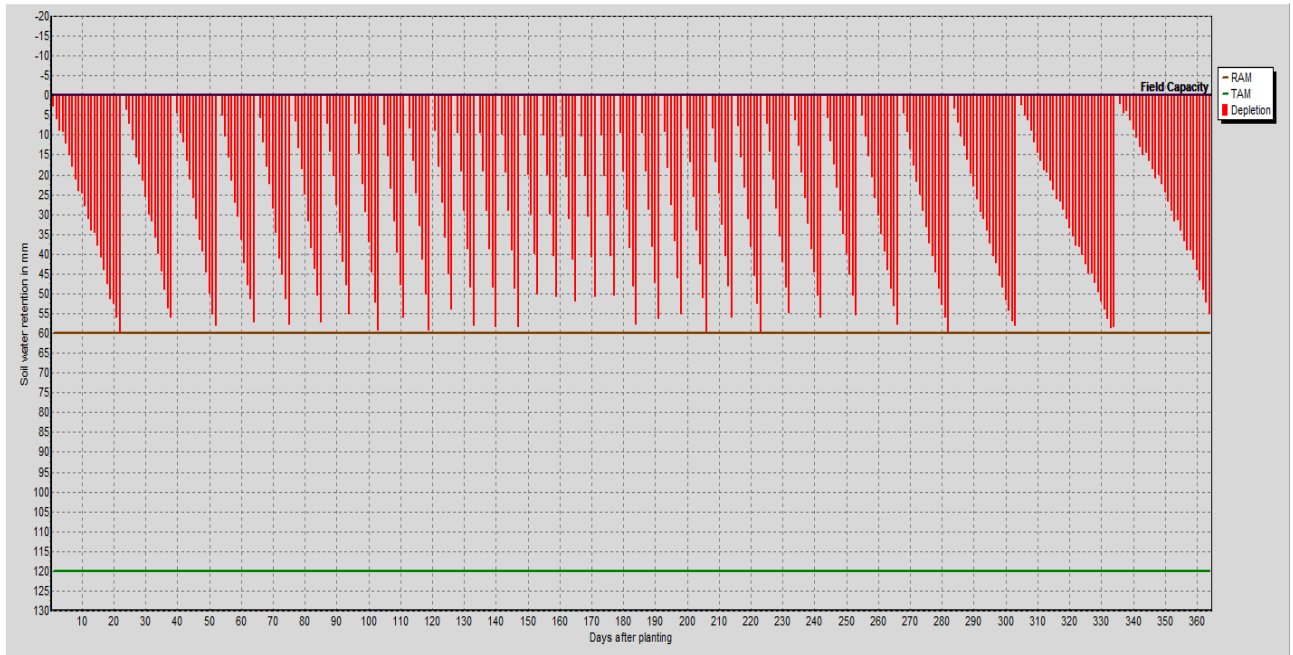
المصدر: نموذج CROPWAT.



مخطط (9) يوضح الاحتياجات المائية لأشجار النخيل بالملم في منطقة الدراسة.

المصدر: باعتماد بيانات الجدول (53).

يبين الجدول والمخطط ان احتياجات اشجار النخيل ولسدر من المياه تكون منخفضة في بداية مراحل نموها في الاشهر الاولى كشباط. إذ ان الجزء الاكبر من احتياجات المياه يغطيها المطر، وتأخذ بالارتفاع في (ايار وصولاً إلى تشرين الاول) اي مرحلة تطور المحصول ومرحلة منتصف النمو، وذلك لظروف الجفاف في هذه الاشهر حتى تعاود الانخفاض في total المحصول اي شهر (تشرين الثاني وحتى شباط) وان معامل المحصول تراوحت ما بين (0,90-0,98) خلال مراحل النمو، بين هذا الجدول الاحتياجات المائية للمحاصيل في ظل الظروف الطبيعية للمنطقة، أما في حال اعتماد جدولة للري بهدف التقليل من الاستهلاك المائي وحفظ البصمة المائية وزيادة الانتاج فلا بد من عمل إدارة للمياه تساهم في تحقيق الزيادة في الانتاج والحفاظ على خزين المياه فيمكن اتباع الجدولة لبرنامج CROPWAT والتي تستخدم كفاءة للمياه والري بمعدل 70% واعتماد الري بالرش. ويمكن استخدام (Schedule) لإدارة اتخاذ القرارات بشأن كمية وتوقيت الري اللازمين لتحقيق نمو المحصول بشكل افضل أو استبعاد زراعة المحصول وايجاد بدائل له. مخطط (10).



مخطط (10) يبين جدولة الري لأشجار النخيل ولسدر في منطقة الدراسة.

المصدر: باعتماد بيانات معلق جدولة الري رقم (10).

وتجنب الري إلا عند استنزاف المياه بشكل كامل قبل الوصول إلى نقطة الذبول الدائم.

يتبين من الجدول انخفاض كمية المياه تدريجياً بسبب التبخر/ النتح (استنزاف المياه) بالخط الأحمر، ويبدأ الري عندما يصل استنزاف المياه إلى حد الذبول أي يصل التربة إلى (النوبة) عندها يتم إضافة الماء عن طريق الري بعدد الاشرطة الرأسية الحمراء بجميع مراحل النمو أي بواقع 30 رية في السنة، ويبيّن الخط الأخضر الحد الذي يصل عنده المحصول إلى النوبة أي حد المياه المتاحة في التربة، أما الخط الأسود اجمالي المياه التي يمكن للتربة الاحتفاظ بها وان تكرر عملية الري في الوقت المحدد يضمن للنبات النمو بالشكل المناسب.

ولتقدير البصمة المائية لأشجار النخيل والسدر، وبمعرفة ان الاستهلاك الكلي للمحصول يساوي التبخر ETC فإن البصمة المائية الخضراء تساوي Eff.ran فهي تتمثل بمجموع الامطار الفعّالية وبما ان مجموع (ETC) (2173،0) ملم اكبر من مجموع (Effirain) (9،1 ملم) واكبر من الاحتياجات المائية 2152.1 ملم فإن هذا يعني وجود عجز في المياه، ويلزم تعويض هذا النقص باستخدام الري والذي يمثل الفجوة المائية، وان البصمة المائية الخضراء بلغت (91م/3 الهكتار/ السنة).

اما البصمة المائية الزرقاء لاشجار النخيل والسدر فبلغت (21430) م/3 هكتار/السنة والذي يمثل العجز في المياه الواجب توفيره لتفادي تعرض المحصول إلى نوبات العجز المائي خلال مدة الزراعة (365 يوم). وتبلغ البصمة المائية الكلية لاشجار النخيل في منطقة الدراسة 21521 م/3الهكتار/السنة.

اما في حال اعتماد بيانات الدراسة الميدانية لتقدير بصمة المياه وتقدير الكفاءة الاقتصادية للبئر في إنتاج التمور للوحدة المائية فالأمر مختلف خاصة إذا عرفنا ان سقي دونم واحد من النخيل يحتاج إلى 1.30 ساعة لتحقيق متطلبات الري وبمتوسط انتاجية 9 لتر/3 ثانية للبئر فإن الهكتار الواحد يحتاج إلى (6 ساعات) اي بمعدل 194،400 لتر/3 هكتار في كل رية وبمتوسط (25 رية) فإن كمية المياه الزرقاء (البصمة المائية الزرقاء للبئر) الاجمالية للاستعمال 4،860،000 وبتقدير كفاءة الوحدة الانتاجية للمياه فإن الدونم الواحد يزرع فيه بمتوسط 50 شجرة نخيل أي 200 شجرة في الهكتار الواحد ويبلغ إنتاج متوسط شجرة النخيل 51 كيلو غرام

للشجرة الواحدة وبيجمالي انتاج 10.200 كغم للهكتار الواحد أي ما يعادل (10.2 طن) للهكتار الواحد وبذلك فإن البصمة المائية لإنتاج 10.2 طن من النخيل 4,860,000 لتر 3 بالسنة وان البصمة المائية للطن 476470.5 لتر، فالبصمة المائية للنخلة الواحدة باليوم 66.57 لتر في حين الاستهلاك الازرق للنخيل في الدول العربية مصر، تونس، ابو ظبي والقطيف يقدر بـ63، 36، و 53،66 لتر/يوم على التوالي⁽¹⁾. وهذا يؤكد انخفاض كفاءة الانتاجية للمياه بالنسبة للنخيل في منطقة الدراسة خاصة اذا ما اخذنا بنظر الاعتبار الشحه المائية التي يتعرض لها العراق مقارنة بالدول انفة الذكر.

وبتقدير البصمة المائية الكلية للمحصول بالقيمة النقدية فإن قيمتها 0.43315508 دينار /كغم، اما قيمتها بالنسبة للطن فتقدر 4.418182 دينار للطن. ويرجع ارتفاع البصمة المائية لأشجار النخيل وانخفاض كفاءتها الاقتصادية الى اعتماد طريقة الري السحي وارتفاع درجات الحرارة. اما البصمة المائية لأشجار السدر فإن الهكتار الواحد تزرع فيه 175 شجرة، وبمتوسط انتاج 2450 كغم / هكتار/ سنة. وتبلغ البصمة المائية لشجرة السدر باليوم 76.08 لتر. والبصمة المائية للطن 1983673.469/لتر. اما بتقدير القيمة الاقتصادية للبصمة المائية فإن متوسط سعر الكيلوغرام من النبق التقاحي الزراعي يبلغ 1250. وتبلغ بصمته النقدية 0.809662641 فلس، وقيمة المياه للطن 1.983673469 دينار.

2- البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري اشجار الفاكهة وكفاءتها:

تتنوع اشجار الفاكهة في منطقة الدراسة، اذ تتوزع فيها 83084 شجرة. جدول (54). وتعد اشجار الرمان والتين الاكثر انتشاراً، بواقع 56730 شجرة، 7746 شجرة تين، يليها الزيتون بواقع 3900 شجرة، ثم النبق والعنب بواقع 3500 شجرة، ويأتي في المرتبة الرابعة التفاح بواقع 3100 شجرة، يليه المشمش بواقع 2340 شجرة، وأخيراً اشجار الحمضيات بواقع 1068 للبرتقال، 1000 شجرة نومي و النومي بواقع 200 شجرة.

⁽¹⁾ عبد الرحمن سليمان حبيب، تقدير استهلاك النخيل للمياه، تقرير المجلس الدولي للتمور، 2020، ص 1-10.

جدول (54) اشجار الفاكهة في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة للعام 2023.

ت	الفواكه	عددها
1	التين	7746
2	البرتقال	1068
3	النارنج	1000
4	الرمان	56730
5	المشمش	2340
6	التفاح	3100
7	الزيتون	3900
8	اشجار النومي	200
9	النبق	3500
10	العنب	3500
	المجموع	83084

المصدر: المديرية العامة للزراعة في كريلاء، شعبة الاحصاء الزراعي، بيانات غير منشورة، سنة 2023.

اعتمدت الدراسة على تقدير البصمة المائية وكفاءتها لجميع اشجار منطقة الدراسة على التوالي:

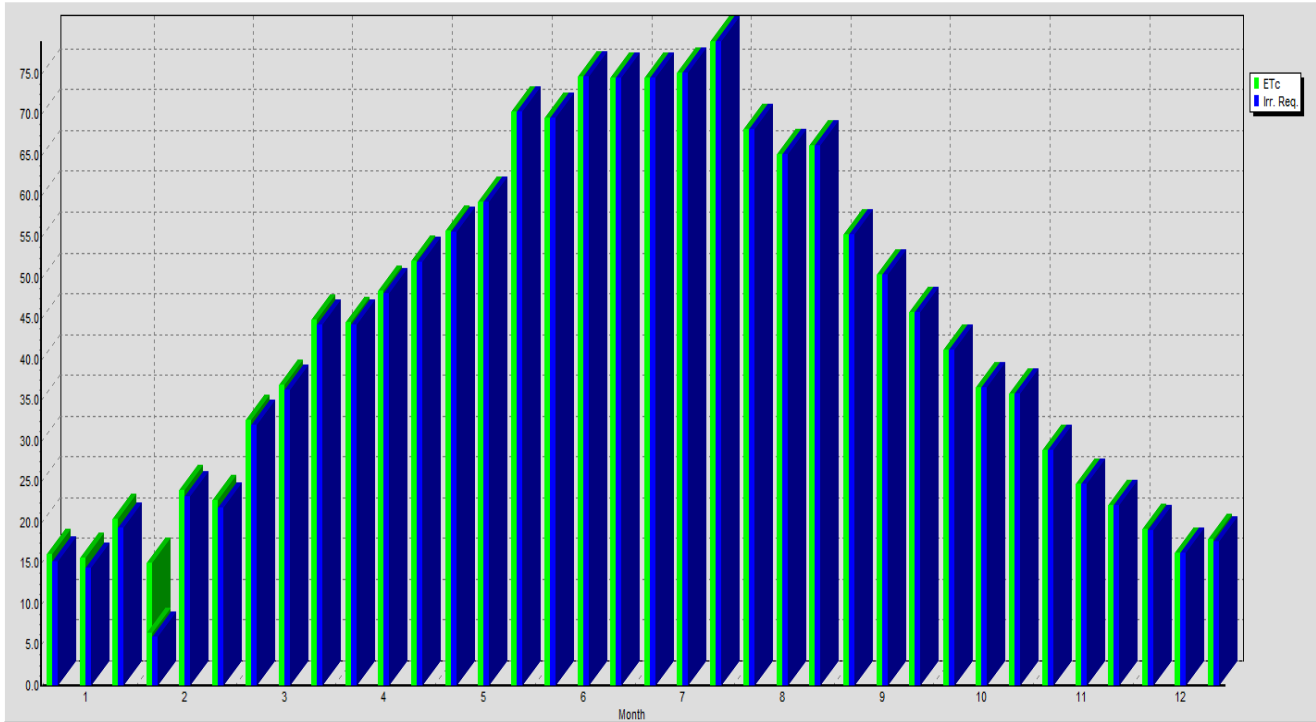
أ - تقدير البصمة المائية للابار المستخدمة في ري اشجار الحمضيات وكفاءتها الانتاجية في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة:

يبين جدول (55) والمخطط (11) ان مجموع الاحتياجات المائية Irr. Req. للحمضيات بحسب ظروف منطقة الدراسة 1589.1 ملم، وان التبخر/النتح 1606.8 ETC ملم. وان الاستهلاك المائي يرتفع في شهري حزيران و تموز، لارتفاع درجات الحرارة، في حين يصل الاستهلاك المائي ادنى مستوياته في شهر شباط اذ يبلغ 6.1 ملم.

جدول (55) الاحتياجات المائية لأشجار الحمضيات في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة للمدة 2003-2023.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Feb	1	Init	0.70	2.16	15.1	0.6	6.0
Feb	2	Init	0.70	2.40	24.0	0.8	23.2
Feb	3	Init	0.70	2.83	22.7	0.8	21.9
Mar	1	Init	0.70	3.26	32.6	0.7	31.9
Mar	2	Init	0.70	3.69	36.9	0.7	36.2
Mar	3	Init	0.70	4.08	44.8	0.5	44.3
Apr	1	Deve	0.70	4.46	44.6	0.4	44.2
Apr	2	Deve	0.70	4.84	48.4	0.3	48.1
Apr	3	Deve	0.70	5.20	52.0	0.2	51.9
May	1	Deve	0.70	5.57	55.7	0.1	55.6
May	2	Deve	0.70	5.93	59.3	0.0	59.3
May	3	Deve	0.70	6.40	70.4	0.0	70.4
Jun	1	Deve	0.69	6.96	69.6	0.0	69.6
Jun	2	Deve	0.69	7.47	74.7	0.0	74.7
Jun	3	Deve	0.69	7.45	74.5	0.0	74.5
Jul	1	Mid	0.69	7.44	74.4	0.0	74.4
Jul	2	Mid	0.69	7.51	75.1	0.0	75.1
Jul	3	Mid	0.69	7.18	79.0	0.0	79.0
Aug	1	Mid	0.69	6.83	68.3	0.0	68.3
Aug	2	Mid	0.69	6.52	65.2	0.0	65.2
Aug	3	Mid	0.69	6.02	66.3	0.0	66.3
Sep	1	Mid	0.69	5.53	55.3	0.0	55.3
Sep	2	Mid	0.69	5.04	50.4	0.0	50.4
Sep	3	Mid	0.69	4.58	45.8	0.0	45.8
Oct	1	Mid	0.69	4.12	41.2	0.0	41.2
Oct	2	Mid	0.69	3.66	36.6	0.0	36.6
Oct	3	Mid	0.69	3.25	35.8	0.0	35.8
Nov	1	Late	0.70	2.89	28.9	0.0	28.9
Nov	2	Late	0.70	2.48	24.8	0.0	24.8
Nov	3	Late	0.70	2.22	22.2	0.0	22.1
Dec	1	Late	0.70	1.91	19.1	0.0	19.1
Dec	2	Late	0.70	1.63	16.3	0.0	16.3
Dec	3	Late	0.70	1.64	18.0	0.4	17.6
Jan	1	Late	0.70	1.61	16.1	0.9	15.3
Jan	2	Late	0.70	1.57	15.7	1.2	14.5
Jan	3	Late	0.70	1.85	20.4	1.1	19.3
Feb	1	Late	0.70	2.16	6.5	0.3	6.0
					1606.8	9.1	1589.1

المصدر: بالاعتماد على برنامج CROPWAT.

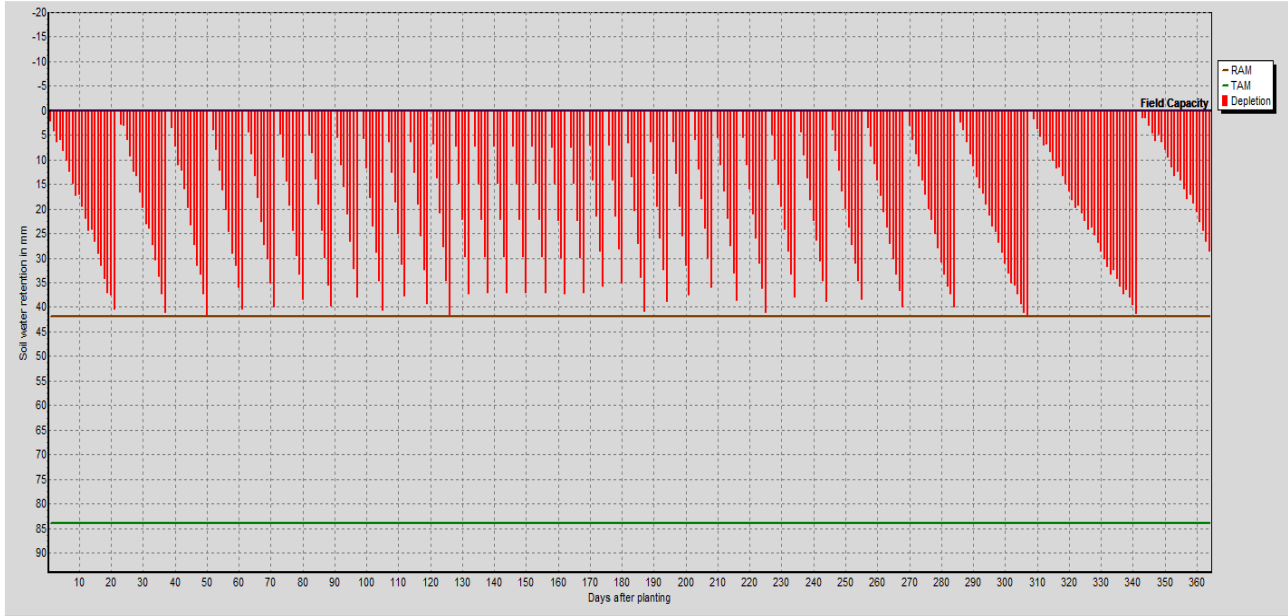


مخطط (11) الاستهلاك المائي لأشجار الحمضيات في الصحراء الغربية من محافظة كبرياء المقدسة للعام 2023.

المصدر: بالاعتماد على بيانات الجدول (56).

إن الاستهلاك الخضراء لأشجار الحمضيات (9.1 ملم) أي ما يعادل 91 لتر/3 هكتار للبصمة المائية الخضراء. أما الاستهلاك الأزرق للمياه بلغ 1580 ملم والتي تمثل الفجوة المائية والواجب توفيرها عن طريق الري لتفادي تعرض المحصول إلى نوبات العجز المائي. فالبصمة المائية الزرقاء تبلغ 15800 لتر/3 هكتار. والبصمة المائية الخضراء للكيلو غرام الواحد 0.033 ملم. والبصمة المائية الزرقاء للطن الواحد 5745 والمجموع الإجمالي للبصمة المائية لأشجار الحمضيات في منطقة الدراسة 5745.033 لتر/3 هكتار.

ولتحقيق كفاءة الري وتحقيق كفاءة الوحدة المائية يمكن اعتماد جدولة للري بكفاءة 70% للحفاظ على المياه وتجنب الري إلا عند استنزاف المياه بشكل كامل قبل الوصول إلى نقطة الذبول الدائم.



مخطط (12) جدولة الري لاشجار الحمضيات في الصحراء الغربية من محافظة كبرياء المقدسة.

المصدر: بيانات ملحق جدولة الري رقم (10).

يتبين إن رطوبة التربة تتغير بمرور الوقت، ويتبين إن المناطق الحمراء المتزايدة تظهر في بداية الموسم تشير إلى زيادة الاستهلاك المائي من قبل النبات أو التربة أو تعرضها إلى التبخر، والتي تبين العجز المائي خلال مراحل النمو، وتشير هذه الانخفاضات في المناطق الحمراء إلى ان المحصول يعاني من الاجهاد في بعض الفترات من مراحل النمو. ويتضح من جدولة الري ان اشجار الحمضيات يتم ربيها خلال السنة 34 رية في منطقة الدراسة لتجنب الاجهاد المائي.

ولتقدير البصمة المائية وكفاءة الانتاج للبئر الواحد المستخدم في انتاج محاصيل الحمضيات فإننا نجد من خلال الدراسة الميدانية الفرق الكبير في كمية المياه المعتمدة في الري، إذ يتبين ان اجمالي البصمة المائية الزرقاء للبئر الواحد بالهكتار 6998400 لتر/ثا في 36 رية. اذ ان البصمة المائية لإنتاج كيلو غرام واحد من البرتقال 2544.873 لتر/سنة، 2544873 لتر/سنة لإنتاج 2 طن و75كغم / هكتار بالسنة. بواقع 25448.73 لتر/الشجرة بالسنة. واذا ما اعتمدنا تقدير كفاءة المياه بالقيمة النقدية فأن الكفاءة الاقتصادية للكيلوغرام الواحد 4.241454545 دينار. وهي كفاءة منخفضة جدا مقارنة بكميات المياه المستهلكة للشجرة الواحدة بمجموع 25448.73 لتر. ويرجع هذا الى انخفاض انتاجية الشجرة في منطقة الدراسة.

ب - البصمة المائية للآبار المعتمدة في ري اشجار التين والزيتون:

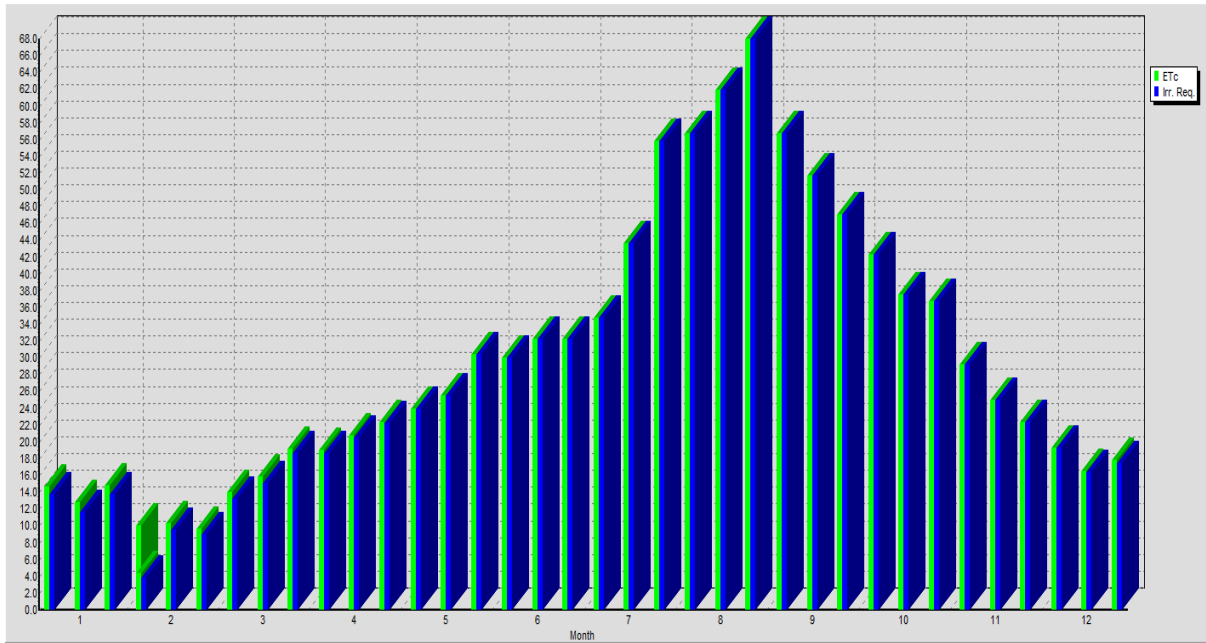
تعد اشجار التين والزيتون من اكثر الاشجار انتشارا في منطقة الدراسة، لما تتمتع به من مردود اقتصادي مرتفع مقارنة بالأنواع الاخرى من اشجار الفاكهة. كما ان الاستهلاك المائي هو الاخر مرتفع ايضا. اذ ان متطلبات الري بلغت 1071.3 ملم، وان الاستهلاك المائي بين رية واخرى يزداد في اشهر الصيف خاصة شهر اب اذ يبلغ 68.0 ملم للمتر المربع في الريه الواحدة . وسبب ذلك فبالإضافة الى ارتفاع درجات الحرارة فأن هذ الشهر تبلغ اشجار التين والزيتون اقصى مراحل التطور للأشجار. جدول (56) ومخطط (12). اذ نلاحظ ان الاستهلاك الاخضر لها 91 ملم/هكتار/سنة. في حين ان الاستهلاك الازرق لأشجار التين والزيتون يبلغ 1062.2 ملم وهي الفجوة الواجب توفيرها للأشجار لتجنب الاجهاد المائي، وتساوي 10622 لتر/هكتار/سنة، من المياه الزرقاء.

جدول (56) يوضح الاحتياجات المائية لأشجار التين والزيتون في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Feb	1	Init	0.47	1.44	10.1	0.6	3.9
Feb	2	Init	0.30	1.03	10.3	0.8	9.5
Feb	3	Init	0.30	1.21	9.7	0.8	8.9
Mar	1	Init	0.30	1.40	14.0	0.7	13.2
Mar	2	Init	0.30	1.58	15.8	0.7	15.1
Mar	3	Init	0.30	1.75	19.2	0.5	18.7
Apr	1	Init	0.30	1.91	19.1	0.4	18.7
Apr	2	Init	0.30	2.08	20.8	0.3	20.5
Apr	3	Init	0.30	2.24	22.4	0.2	22.2
May	1	Init	0.30	2.40	24.0	0.1	23.9
May	2	Init	0.30	2.56	25.6	0.0	25.6
May	3	Init	0.30	2.76	30.4	0.0	30.4
Jun	1	Init	0.30	3.01	30.1	0.0	30.1
Jun	2	Init	0.30	3.23	32.3	0.0	32.3
Jun	3	Init	0.30	3.23	32.3	0.0	32.3
Jul	1	Deve	0.32	3.48	34.8	0.0	34.8
Jul	2	Deve	0.40	4.37	43.7	0.0	43.7
Jul	3	Deve	0.49	5.07	55.8	0.0	55.8
Aug	1	Deve	0.57	5.67	56.7	0.0	56.7
Aug	2	Deve	0.66	6.19	61.9	0.0	61.9
Aug	3	Mid	0.71	6.18	68.0	0.0	68.0

Sep	1	Mid	0.71	5.68	56.8	0.0	56.8
Sep	2	Mid	0.71	5.18	51.8	0.0	51.8
Sep	3	Mid	0.71	4.70	47.0	0.0	47.0
Oct	1	Mid	0.71	4.23	42.3	0.0	42.3
Oct	2	Mid	0.71	3.76	37.6	0.0	37.6
Oct	3	Mid	0.71	3.34	36.8	0.0	36.8
Nov	1	Mid	0.71	2.92	29.2	0.0	29.2
Nov	2	Mid	0.71	2.50	25.0	0.0	25.0
Nov	3	Mid	0.71	2.24	22.4	0.0	22.4
Dec	1	Mid	0.71	1.93	19.3	0.0	19.3
Dec	2	Mid	0.71	1.65	16.5	0.0	16.4
Dec	3	Late	0.70	1.62	17.9	0.4	17.5
Jan	1	Late	0.64	1.47	14.7	0.9	13.8
Jan	2	Late	0.58	1.29	12.9	1.2	11.6
Jan	3	Late	0.51	1.35	14.8	1.1	13.7
Feb	1	Late	0.47	1.44	4.3	0.3	3.9
					1086.2	9.1	1071.3

المصدر: باعتماد نموذج CROPWAT.



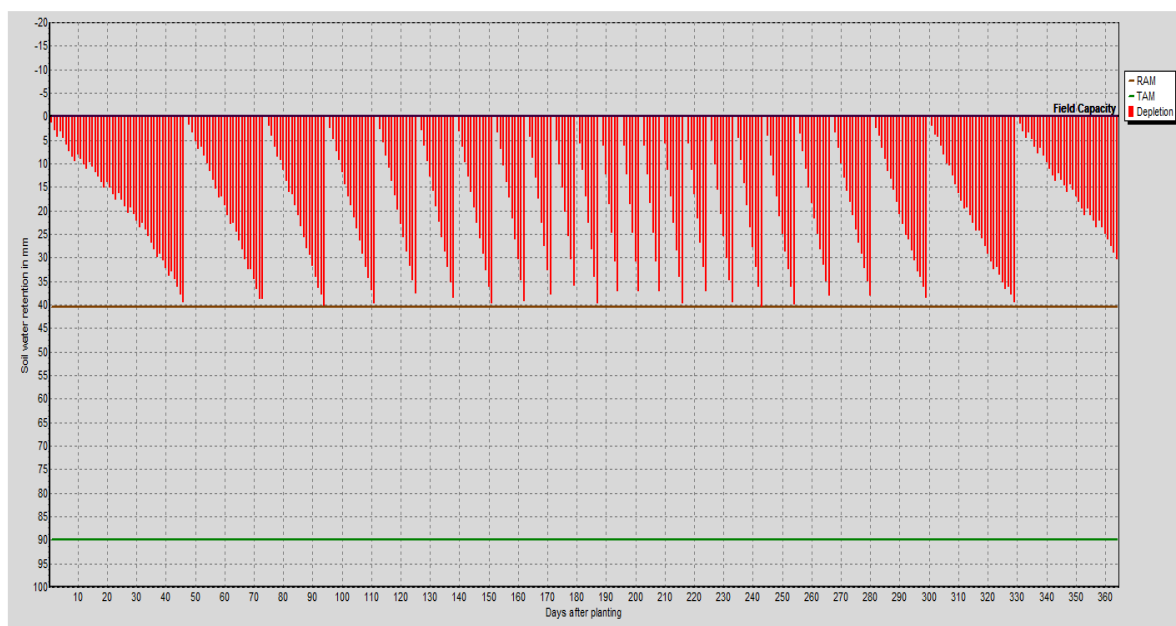
مخطط (12) يوضح الاحتياجات المائية لأشجار التين والزيتون في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة

المصدر: باعتماد بيانات الجدول (58).

باعتماد جدولة الري للاستفادة من السعة القصوى للرطوبة التي يمكن ان تحتفظ بها التربة، تبين انه يمكن تقليل الري لأشجار التين والزيتون في منطقة الدراسة الى حد 24 رية سنوياً، وبكفاءة ري 70% دون تأثير على انتاجية الاشجار. مخطط (13). فكلما زاد الانخفاض في الخطوط الحمراء قلت رطوبة التربة ويتم الري قبل وصول التربة الى نقطة الذبول.

مخطط (13) يوضح جدولة الري لأشجار التين والزيتون في الصحراء الغربية من محافظة

كربلاء المقدسة.



المصدر: ملحق جدولة الري رقم (11).

بتقدير البصمة المائية الزرقاء لأشجار التين والزيتون باعتماد البيانات الميدانية، يتبين ان اجمالي البصمة المائية للبر/هكتار تقدر 194400 لتر للرية الواحدة/هكتار لكل من التين والزيتون بواقع 32 رية لأشجار التين و 30 رية لأشجار الزيتون. بمجموع 6220800 لتر/هكتار/سنة لاشجار التين، اذ بلغت البصمة المائية لاشجار التين 13321.045 لتر للكيلو غرام، و 1321045 لتر للطن الواحد. اي ما يقارب 22457 لتر/ شجرة/سنة. وبتقدير كفاءة المياه بالقيمة النقدية يتضح القيمة النقدية لكمية المياه المستخدمة في انتاج كيلو غرام واحد من التين 0.75 دينار. وان القيمة النقدية للمياه المستخدمة في انتاج طن واحد 3.554743 دينار/ طن. اي ما يقارب قيمة المنتج نفسة البالغة 8240.75 دينار عراقي لإنتاج هكتار واحد من التين.

اما البصمة المائية الزرقاء للآبار المستخدمة في انتاج الزيتون 5832000 لتر/ سنة/ هكتار بواقع 30 رية بالسنة و 300 شجرة للهكتار الواحد، وان البصمة الزرقاء للكيلو عرام من الزيتون 388.8 لتر، و 388800 لتر/طن. اي ان الشجرة الواحدة تستهلك 19440 لتر/شجرة/سنة.

اما تقدير البصمة المائية للزيتون من الناحية الاقتصادية فبلغت 0.598153 كغم/دينار عراقي. و 8.972307692 دينار دينار عراقي/طن.

ج - تقدير البصمة المائية للابار المستخدمة في زراعة الورديات (التفاح، العنب، المشمش، الرمان):

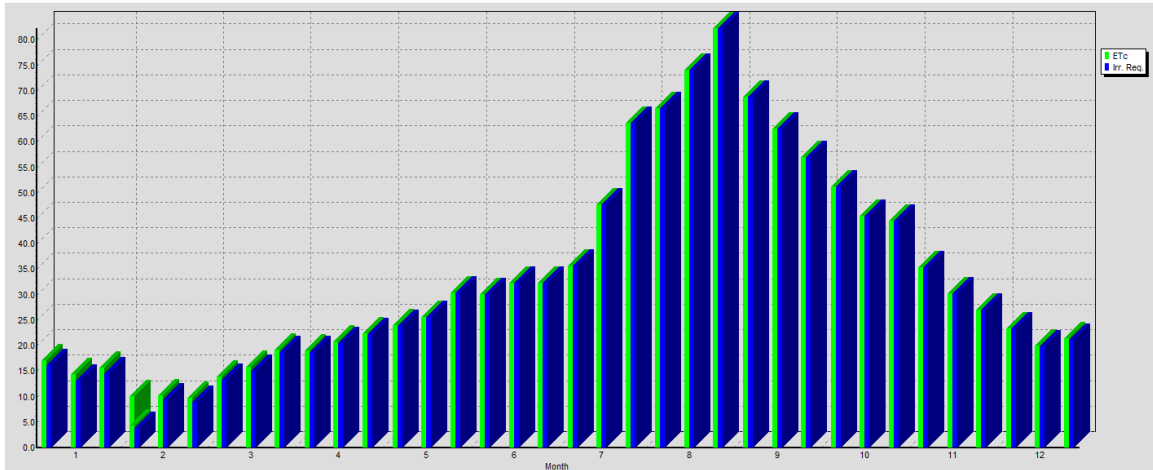
تزرع في منطقة الدراسة اربعة انواع من اشجار الورديات (العنب، التفاح، المشمش، الرمان). واكثرها انتشاراً الرمان بواقع 56730 شجرة، يليها العنب بواقع 3500 شجرة، ثم المشمش بواقع 2340 شجرة، واخيراً التفاح بواقع 3100 شجرة. تتباين متطلبات الري في منطقة الدراسة خلال اشهر السنة، اذ تنخفض الاحتياجات المائية للورديات في فصل الشتاء وخاصة شهر شباط وتصل الى 3.9 ملم للمتر المربع الواحد، في حين ترتفع الاحتياجات المائية في فصل الصيف لارتفاع درجات الحرارة وبداية موسم الانتاج والازهار. وتبلغ الاحتياجات المائية اقصاها في شهر اب بمجموع 82.3 ملم للمتر المربع الواحد جدول (59) ومخطط (14)، اي في نهاية مرحلة النمو الوسطى. ويبلغ مجموع الاحتياجات المائية على مدار السنة 1210.0 ملم/هكتار/سنة. ويتقدير الاستهلاك المائي للورديات يتضح ان الاستهلاك المائي الاخضر يبلغ 91 ملم/هكتار وهو ثابت لكل الاشجار. وتبلغ الفجوة المائية الواجب توفيرها 1200.9ملم/هكتار/سنة. اما الاستهلاك المائي الازرق 12009 ملم /هكتار/سنة.

جدول (57) الاحتياجات المائية لاشجار الورديات في الصحراء الغربية من محافظة كبرياء المقدسة.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Feb	1	Init	0.47	1.45	10.1	0.6	3.9
Feb	2	Init	0.30	1.03	10.3	0.8	9.5
Feb	3	Init	0.30	1.21	9.7	0.8	8.9
Mar	1	Init	0.30	1.40	14.0	0.7	13.2
Mar	2	Init	0.30	1.58	15.8	0.7	15.1
Mar	3	Init	0.30	1.75	19.2	0.5	18.7
Apr	1	Init	0.30	1.91	19.1	0.4	18.7
Apr	2	Init	0.30	2.08	20.8	0.3	20.5
Apr	3	Init	0.30	2.24	22.4	0.2	22.2
May	1	Init	0.30	2.40	24.0	0.1	23.9
May	2	Init	0.30	2.56	25.6	0.0	25.6

May	3	Init	0.30	2.76	30.4	0.0	30.4
Jun	1	Init	0.30	3.01	30.1	0.0	30.1
Jun	2	Init	0.30	3.23	32.3	0.0	32.3
Jun	3	Init	0.30	3.23	32.3	0.0	32.3
Jul	1	Deve	0.33	3.57	35.7	0.0	35.7
Jul	2	Deve	0.44	4.78	47.8	0.0	47.8
Jul	3	Deve	0.56	5.79	63.7	0.0	63.7
Aug	1	Deve	0.68	6.66	66.6	0.0	66.6
Aug	2	Deve	0.79	7.42	74.2	0.0	74.2
Aug	3	Mid	0.86	7.48	82.3	0.0	82.3
Sep	1	Mid	0.86	6.88	68.8	0.0	68.8
Sep	2	Mid	0.86	6.26	62.6	0.0	62.6
Sep	3	Mid	0.86	5.69	56.9	0.0	56.9
Oct	1	Mid	0.86	5.12	51.2	0.0	51.2
Oct	2	Mid	0.86	4.55	45.5	0.0	45.5
Oct	3	Mid	0.86	4.04	44.5	0.0	44.5
Nov	1	Mid	0.86	3.53	35.3	0.0	35.3
Nov	2	Mid	0.86	3.03	30.3	0.0	30.3
Nov	3	Mid	0.86	2.71	27.1	0.0	27.1
Dec	1	Mid	0.86	2.34	23.4	0.0	23.4
Dec	2	Mid	0.86	1.99	19.9	0.0	19.9
Dec	3	Late	0.84	1.95	21.5	0.4	21.1
Jan	1	Late	0.75	1.71	17.1	0.9	16.2
Jan	2	Late	0.65	1.44	14.4	1.2	13.2
Jan	3	Late	0.54	1.43	15.7	1.1	14.6
Feb	1	Late	0.47	1.45	4.3	0.3	3.9
					1224.9	9.1	1210.0

المصدر: باعتماد نموذج CROPWAT.

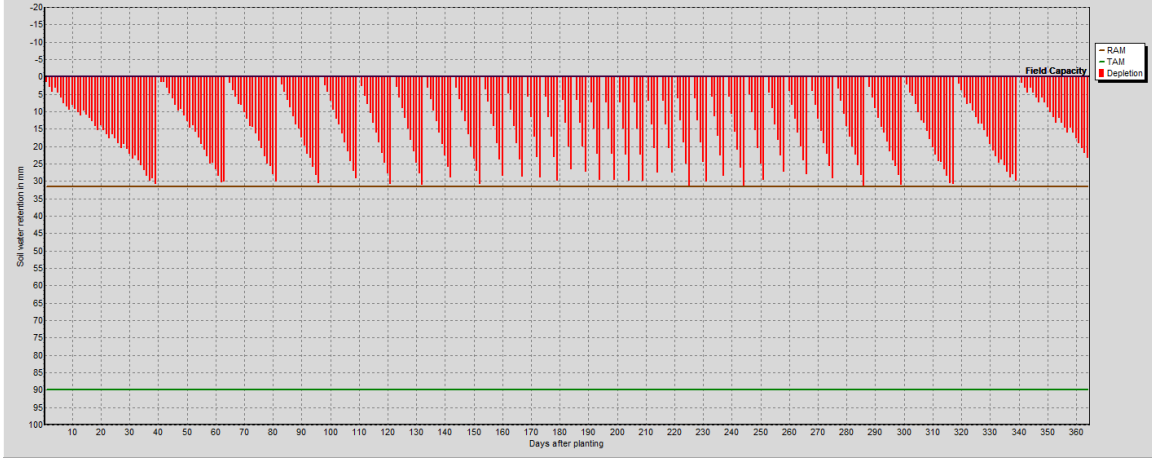


مخطط (14) يوضح الاحتياجات المائية لأشجار الورديات في الصحراء الغربية من محافظة

كربلاء المقدسة.

المصدر: بيانات جدول (57).

ولتقليل الاستهلاك المائي وتقليل البصمة المائية للورديات فيمكن اعتماد جدولة الري لزيادة كفاءة الوحدة المائية وزيادة الانتاج في آن واحد، وبكفاءة ري 70%. تبين انه يمكن ري الاشجار 33 رية خلال السنة. يتبين من مخطط رطوبة التربة (15)، وجود تغييرات في نطاق رطوبة التربة خلال مراحل النمو الا ان الاشجار تبقى قادة على امتصاص الماء بشكل كافي. وان الاستنزاف السريع لرطوبة التربة يزداد في وسط مراحل النمو.



مخطط (15) الاستنزاف المائي لرطوبة التربة لأشجار الورديات.

المصدر : بيانات ملحق (12).

ولتقدير كفاءة البصمة المائية للزرقاء للبئر المستخدم في زراعة اشجار الورديات في منطقة الدراسة فإن متوسط ريها 40 رية في السنة، وبأجمالي 7776000 لتر/ هكتار. وتختلف هذه الاشجار من حيث عدد الاشجار في الدونم والهكتار، كما تختلف في متوسط كمية الانتاج للشجرة الواحدة وهذا ما يؤدي الى اختلاف البصمة المائية الانتاجية لكل نوع منها. اذ يزرع في الهكتار الواحد 350 شجرة رمان وبمتوسط انتاج 35 كغم للشجرة الواحدة، اي بمقدار 12.25 طن. وتبلغ البصمة الزرقاء للطن من الرمان 634775.5 لتر/هكتار/سنة، في حين تبلغ البصمة المائية لشجرة رمان واحدة 22217.14 لتر/سنة. ويتقدير كفاءة البصمة المائية بالقيمة النقدية نجد ان البصمة المائية للكيلو غرام الواحد تبلغ 0.846367 فلس، وللطن 10.368 دينار. اما المشمش فيبلغ عدد الاشجار في الهكتار الواحد 500 شجرة وبمتوسط انتاج 13 كغم، 6.5 طن. تقدر البصمة المائية للشجرة الواحدة 15552 لتر، وللطن 1196308 لتر. اما

بتقدير البصمة المائية بالقيمة النقدية للكيلو غرام من المشمش 0.664615 فلس، وللطن 4.32 دينار.

اما اشجار العنب فأن الهكتار الواحد تزرع فيه ما يقارب 800 شجرة، وبمتوسط انتاج 23 كغم، اي ما بمجموع 18.4 طن/هكتار. وتقدر البصمة المائية للشجرة الواحدة 9720 لتر/سنة، و 422608.7 لتر للطن. وبتقدير بصمتها المائية وكفائتها بالنسبة لاشجار العنب نجد انها بلغت 0.704348 فلس/كغم، و 12.96 دينار/طن.

اما اشجار التفاح فأن عدد الاشجار في الهكتار الواحد 600 شجرة وعلى الرغم من هذا الا ان انتاجيتها منخفضة بشكل كبير، اذ يبلغ متوسط انتاج الشجرة الواحدة 11 كغم. وتقدر البصمة المائية للشجرة 12960 لتر/سنة، اي ما يعادل 1178182 لتر/طن. في حين بلغت كفاءة البصمة المائية بالقيمة النقدية 2.142149 دينار/كغم، و 14.13818 دينار/ للطن. وتعد كفاءة المياه بالقيمة النقدية للتفاح مرتفعة مقارنة باشجار الورديات الاخرى.

سادساً: تقدير البصمة المائية لآبار المستخدمة في ري المحاصيل الحقلية وكفاءتها:

تنتشر في صحراء غرب محافظة كربلاء المقدسة زراعة العديد من المحاصيل الحقلية الصيفية والشتوية. على اختلاف انواعها كل من الخضار، ومحاصيل العلف والمحاصيل الحاصلية. ويمكن تقدير البصمة المائية لكل محصول منها وعلى اختلاف اوقات الزراعة ومراحل النمو كالاتي:

1 - تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل الصيفية وكفاءتها:

تزرع في منطقة الدراسة العديد من المحاصيل الحقلية الصيفية المختلفة في مراحل نموها واحتياجاتها المائية. واهم هذه المحاصيل الذرة الصفراء وتبلغ المساحة المزروعة من الذرة 5465 هكتار. جدول (58) والبايما بمساحة 3.75 هكتار، والباذنجان بمساحة 11.25 هكتار، والرقى بمساحة 30 هكتار، واخيرا البطيخ بمساحة 7.5 هكتار.

جدول (58) المحاصيل والمساحات المزروعة في صحراء غرب كربلاء للعام 2023.

ت	اسم المحصول	المساحة/دونم	المساحة/هكتار	عدد الفلاحين
1	الذرة الصفراء	21860	5465	234
2	الباميا	15	3.75	3
3	البانجان	45	11.25	5
4	رقي	120	30	8
5	بطيخ	30	7.5	3
6	الجت	1000	250	900
	المجموع	23070	5767.5	1153

المصدر: مديرية زراعة كربلاء المقدسة، شعبة الاحصاء الزراعي، بيانات غير منشورة، بيانات 2023.

ان تقييم البصمة المائية لهذا النوع من المحاصيل يمكن ان يساهم في ادارة المياه بشكل مستدام، اذ ان على الرغم من قصر موسم زراعتها الا انها تحتاج الى كميات كبيرة من المياه خلال مراحل النمو. اذ تتباين مراحل نموها ما بين 90-120 يوم. وذلك حسب نوع المحصول ووقت الزراعة في بداية الموسم او زراعة متأخرة. اذ يصل طول مراحل النمو للبانجان 115 يوم في منطقة الدراسة، في حين يبلغ اقصى حد لمرحل نمو الرقي ، البطيخ والباميا 90 يوم جدول (59).

جدول (59) مراحل نمو الخضار الصيفية في الصحراء الغربية غرب محافظة كربلاء المقدسة.

Total	L-late	L-omid	L-dev	L-ini	Crop
115	30	35	30	20	البانجان
90	23	30	25	12	الباميا
90	20	30	30	10	الرقي
90	20	30	30	10	البطيخ

المصدر: الدراسة الميدانية 2023-2024.

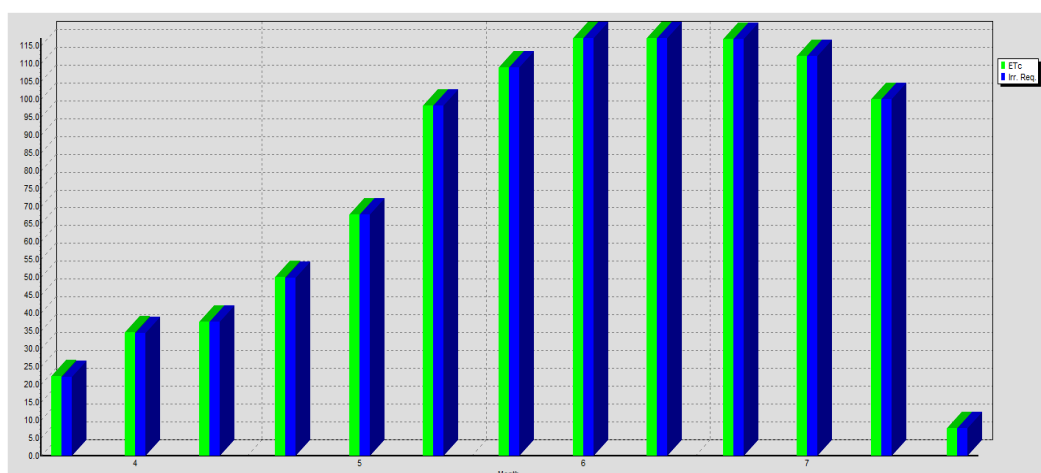
بتقدير الاحتياجات المائية لمحاصيل الخضار نلاحظ ان تأثير الامطار الفعالة في فصل الصيف يقتصر على شهري نيسان وايار، ويصل الى 0.3 ملم. في حين ان مجموع التبخر النتح بلغ 989.5 ملم، وبلغ مجموع الاحتياجات المائية الزرقاء 988.8 ملم. وهذا يعني ان الاستهلاك المائي الاخضر يمثل مجموع الامطار الفعالة اي بمقدار 8 ملم. اما الاستهلاك

المائي الازرق فبلغ 9888 ملم. وبلغ اعلى معدل للاحتياجات في شهر تموز بمعدل 1.09 ملم. جدول (62) ومخطط (16) وهذا يعني ان مجموع الاستهلاك المائي الازرق للمحاصيل الصيفية 9888 ملم/هكتار والاستهلاك الاخضر 80 ملم/هكتار.

جدول (60) يوضح الاحتياجات المائية للخضار الصيفية الكبيرة والمتوسطة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Apr	1	Init	0.50	3.19	22.3	0.3	22.1
Apr	2	Init	0.50	3.46	34.6	0.3	34.3
Apr	3	Deve	0.51	3.76	37.6	0.2	37.5
May	1	Deve	0.63	5.00	50.0	0.1	49.9
May	2	Deve	0.79	6.76	67.6	0.0	67.6
May	3	Deve	0.97	8.92	98.1	0.0	98.1
Jun	1	Mid	1.08	10.87	108.7	0.0	108.7
Jun	2	Mid	1.09	11.70	117.0	0.0	117.0
Jun	3	Mid	1.09	11.70	117.0	0.0	117.0
Jul	1	Mid	1.09	11.69	116.9	0.0	116.9
Jul	2	Late	1.03	11.20	112.0	0.0	112.0
Jul	3	Late	0.87	9.08	99.8	0.0	99.8
Aug	1	Late	0.78	7.73	7.7	0.0	7.7
					989.5	0.8	988.8

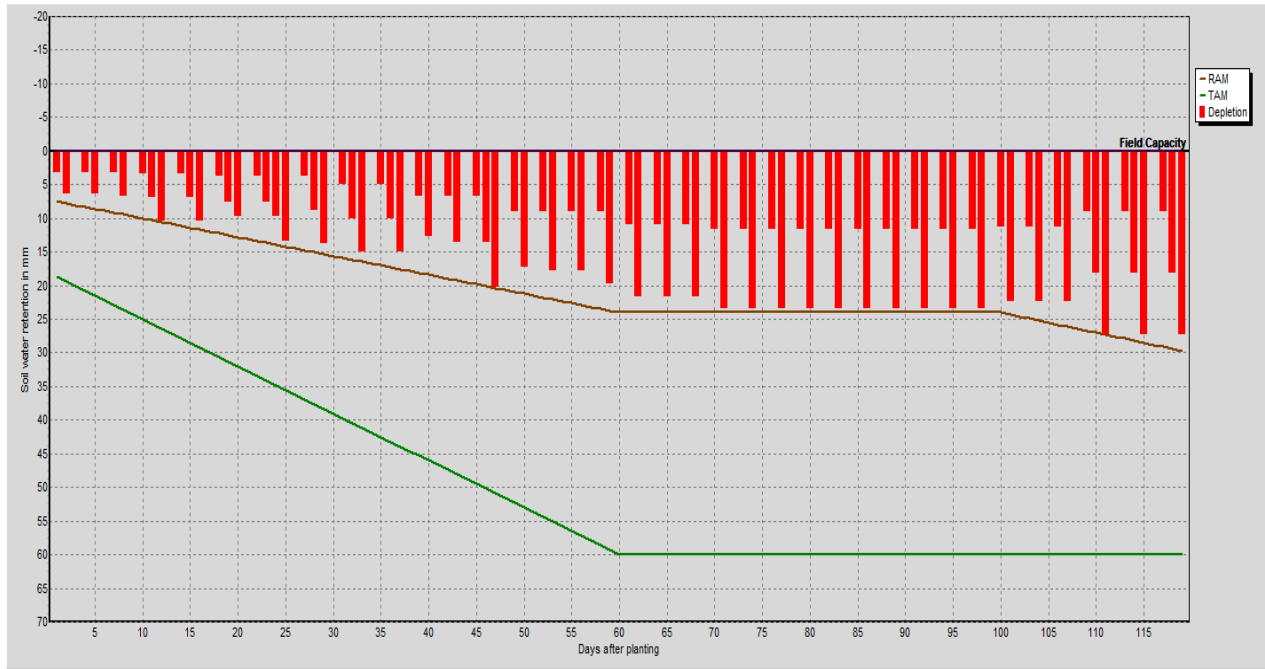
المصدر: برنامج CROPWAT.



مخطط (17) يوضح الاحتياجات المائية للخضار الصيفية الكبيرة والمتوسطة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: بيانات جدول (62).

ويمكن اعتماد جدولة للري خلال موسم الزراعة لزيادة كفاءة المياه وكفاءة المحاصيل من كمية مياه الري المضافة. فبأستخدام جولة الري نلاحظ ان استنزاف رطوبة التربة يكون مرتفع في المرحلة الاولى من النمو وتحتاج الارض الى الري كل 2 او 3 يوم اي 36 رية خلال الموسم لتجنب الاجهاد المائي. ويبلغ اقصى حد لزيادة الري في شهر تموز ويصل الى 10 رية. وذلك لزيادة استهلاك المياه وارتفاع درجات الحرارة فأن المياه المتاحة للجذور في التربة تكون قليلة جدا لا تمكن النبات من الحصول عليها.



مخطط (18) يوضح جدولة الري للخضار الكبيرة والمتوسطة الصيف في الصحراء الغربية من محافظة كبرلاء المقدسة.

المصدر: بيانات ملحق (13).

بتقدير البصمة المائية للبار المستخدمة في زراعة الخضار الصيفية الكبيرة والمتوسطة في منطقة الدراسة فأن كفاءة البصمة المائية لمحصول الباميا مثلا تختلف عن الخضار الاخرى. اذ ان كمية المياه المستخدمة في انتاج كغم من الباميا تزيد او تقل بالنسبة لكل كغم من المحاصيل الاخرى. وتراوح عدد الريات للخضار الصيفية ما بين 30-38 رية في الموسم. فالباميا بلغت كمية المياه الزرقاء المستخدمة في ري هكتار 7387200 لتر. فالبصمة المائية الزرقاء للطن الواحد من الباميا بلغ 2172706 لتر. بمجموع 3.4 طن/هكتار، اي ان البصمة المائية للكغم

2172.706 لتر. وبتقدير كفاءة البصمة المائية بالقيمة النقدية فبلغت 1.086353 دينار. اي ما يقابل 3.6936 دينار/طن. اما الباذنجان فأن البصمة المائية الزرقاء للآبار المستخدمة في ري هكتار واحد بلغت 5832000 لتر. اي ما يعادل 416571.4 لتر للطن الواحد. بمجموع 14 طن/هكتار، اي ان البصمة المائية للكغم 416.5714 لتر. وبلغت القيمة النقدية للبصمة المائية الزرقاء 1.041429 دينار/كغم، اي ما يقابل 14.58 دينار/طن.

اما الآبار المستخدمة في سقي محاصيل الرقي والبطيخ تساوت من جانب كمية المياه الزرقاء المستخدمة في ريها، وذلك لان عدد الريات خلال الموسم 33 رية لكل منهما. الا انها اختلفت من جانب البصمة المائية الانتاجية والنقدية. اذ بلغت البصمة الزرقاء للطن من الرقي 844105.3 لتر، بمجموع 7.6 طن/هكتار، اي ما يقارب 488.1053 لتر/كغم. اما قيمتها النقدية فبلغت 1.688211 دينار/كغم، اي ما يعادل 12.8304 دينار/طن. اما البطيخ فبلغت البصمة المائية للانتاج 668250 لتر/طن بمجموع 9.6 طن/هكتار، اي ما يقارب 668.25 للكغم. في حين بلغت قيمة البصمة المائية النقدية 1.909268 دينار/كغم، اي ما يعادل 8.32914 دينار/طن.

2 - تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري محاصيل الخضار الشتوية وكفاءتها:

ان ظروف الجفاف التي تتميز بها صحراء غرب كربلاء تحد بشكل كبير من زراعة الخضروات في فصل الصيف، بخلاف فصل الشتاء فأن اعتدال المناخ فيها يساهم في زراعة العديد من الخضروات الصغيرة والمتوسطة وبمساحات واسعة. واهم المحاصيل المتوسطة في منطقة الدراسة الفلفل المغطى وبلغ مجموع المساحات المزروعة منه 8 دونم، والبقلاء بمجموع 10 دونم، اما البصل فبلغت المساحات المزروعة منه 30 دونم، في حين بلغت المساحات المزروعة بالخيار المغطى 5 دونم والخس 4 دونم. جدول (60) وبلغت المساحات المزروعة بالشلغم 8 دونم والشوندر 4 دونم. اما المساحات المزروعة بالبطاطا الربيعية بلغت 10 دونم.

جدول (61) يوضح الخضار الشتوية المتوسطة والصغيرة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

ت	المحاصيل المزروعة	المساحة المزروعة بالدونوم	عدد الفلاحين
1	فلفل مغطى	8	6
2	باقلاء	10	10
3	بصل	30	17
4	خيار مغطى	5	5
5	خس	4	3
6	سبانغ	3	6
7	الكرات	3	14
8	حلبة	2	10
9	الفجل	2	5
10	شبننت	1	2
11	الشلغم	8	5
12	سلق	5	6
13	كرفس	4	4
14	رشاد	4	18
15	شوندر	4	4
16	بطاطة ربيعية	10	4
	المجموع	103	116

المصدر: مديرية زراعة كربلاء المقدسة، شعبة الاحصاء الزراعي، بيانات غير منشورة، بيانات 2023.

اما الخضار الصغيرة تمثلت جميعها بالخضار الورقية وتمثلت في السبانغ والكرات وبلغت المساحة المزروعة 3 دونم لكل منهما، والحلبة والفجل بمساحة 2 دونم لكل منهما. اما الشبننت فبلغت المساحة المزروعة منه 1 دونم، والشلغم 8 دونم. في حين بلغت المساحة المزروعة لكل من الكرفس، الرشاد والشوندر 4 دونم، والسلق 5. وبينت الدراسة الميدانية ان طول موسم النمو 90 يوم لجميع المحاصيل الشتوية المتوسطة والصغيرة، وتختلف الاحتياجات المائية لكل مرحلة من مراحل نمو المحاصيل جدول (62).

جدول (62) يوضح مراحل نمو المحاصيل الشتوية المتوسطة والصغيرة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

Total	L-late	L-omid	L-dev	L-ini	Crop
90	22	30	23	15	فلفل مغطى
90	20	38	20	12	باقلاء
90	25	26	21	18	بصل
90	30	22	20	18	خيار مغطى
90	21	30	24	15	خس
90	20	30	20	20	سبانغ
90	23	30	23	14	شبننت
90	23	30	23	14	حلبة
90	25	26	21	18	شلغم
90	25	26	21	18	شوندر
90	26	30	20	14	فجل
90	23	30	23	14	سلق
90	20	25	25	20	كرفس
90	26	30	20	14	كرات
90	26	30	20	14	رشاد
90	20	30	20	20	بطاطة ربيعية

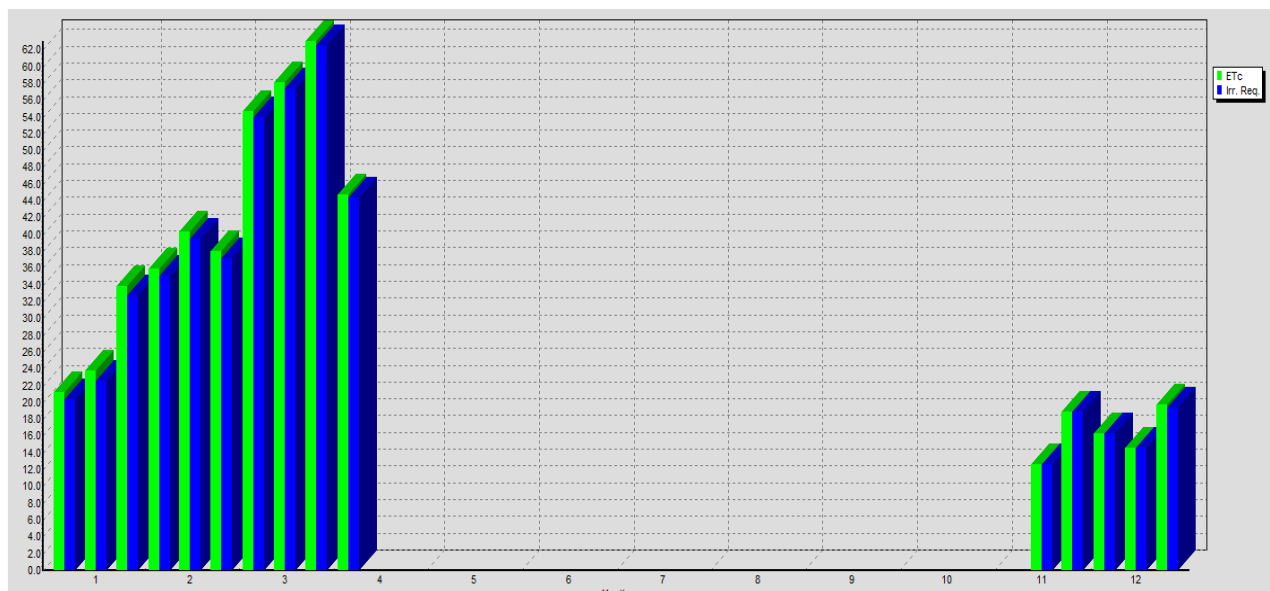
المصدر: الدراسة الميدانية في 2023-2024.

ان هذا التباين في حجم الخضار الشتوية الصغيرة والمتوسطة يعكس لنا طبيعة التباين في الاحتياجات المائية والاستهلاك المائي لكل منها. اذ ان الخضار متوسطة الحجم تختلف في الاحتياجات المائية عن الخضار صغيرة الحجم. وبتقدير الاحتياجات المائية للخضار الشتوية المتوسطة يتبين ان مجموع الاحتياجات المائية 487.1 ملم على طول موسم الزراعة، وان مجموع الامطار الفعالة خلال الموسم بلغت 8.5 ملم واقتصر على اشهر كانون الثاني، شباط، اذار ونيسان. وان مجموع الاستهلاك المائي يصل الى 495.7 ملم. وسجل اعلى استهلاك مائي للمحاصيل الشتوية المتوسطة في شهر نيسان بمعدل 63.0 لكل 10 ايام. جدول (65) ومخطط (18) وهذا يعني ان الاستهلاك المائي الاخضر للمحاصيل الشتوية بلغ 85 ملم/هكتار، والاستهلاك المائي الازرق يبلغ 4871 ملم/هكتار.

جدول (63) يوضح الاحتياجات المائية للخضار المتوسطة الشتوية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	2	Init	0.60	2.11	12.7	0.0	12.7
Nov	3	Init	0.60	1.89	18.9	0.0	18.9
Dec	1	Init	0.60	1.63	16.3	0.0	16.3
Dec	2	Deve	0.63	1.46	14.6	0.0	14.6
Dec	3	Deve	0.77	1.79	19.7	0.4	19.3
Jan	1	Deve	0.92	2.12	21.2	0.9	20.3
Jan	2	Deve	1.07	2.38	23.8	1.2	22.5
Jan	3	Mid	1.17	3.08	33.8	1.1	32.8
Feb	1	Mid	1.17	3.60	36.0	0.9	35.1
Feb	2	Mid	1.17	4.03	40.3	0.8	39.5
Feb	3	Mid	1.17	4.75	38.0	0.8	37.2
Mar	1	Late	1.17	5.46	54.6	0.7	53.9
Mar	2	Late	1.10	5.81	58.1	0.7	57.4
Mar	3	Late	0.98	5.73	63.0	0.5	62.5
Apr	1	Late	0.88	5.59	44.7	0.3	44.3
			495.7		8.5		487.1

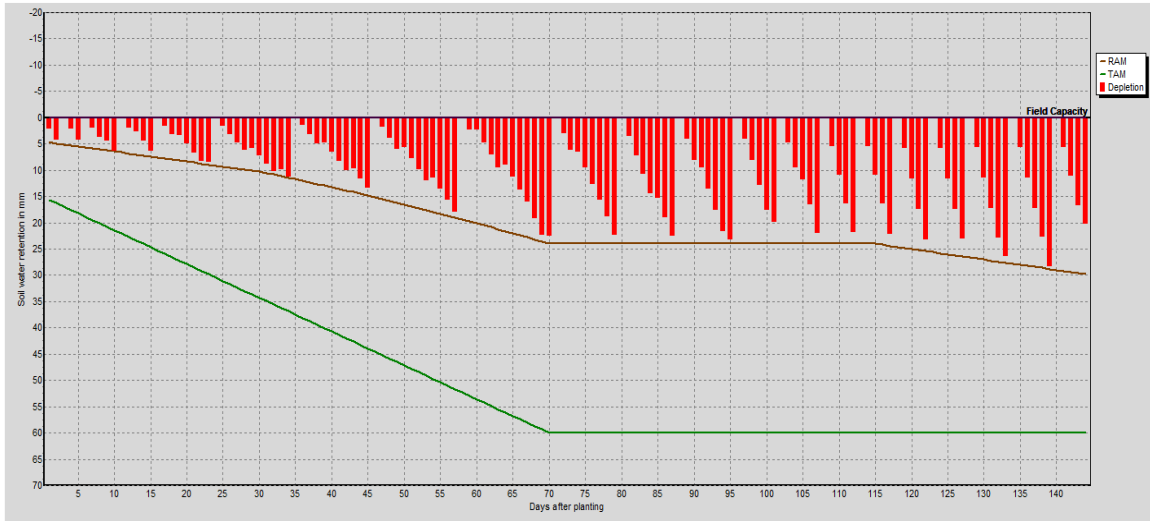
المصدر: بأعتماد برنامج CROPWAT.



مخطط (19) الاحتياجات المائية للخضار المتوسطة الشتوية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: بيانات جدول (63).

وباعتماد جدولة الري لادارة المياه وزيادة كفاءتها وكفاءة الاستفادة منها من قبل المحاصيل يتبين انه يمكن اعتماد 21 رية للخضروات المتوسطة في الموسم الزراعي دون تعرض النبات للاجهاد المائي، ويتراوح عدد الريات بين رية واخرى 3-11 يوم. اي ري المحاصيل قبل الوصول الى نقطة الذبول الدائم. وان انخفاض مستوى رطوبة التربة يزداد في المراحل الاولية لنمو المحصول، وان كمية المياه المتاحة للجذور تزداد في مراحل النمو المتوسطة.



مخطط (20) جدولة الري للخضار الشتوية المتوسطة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: باعتماد بيانات ملحق (14).

بتقدير كفاءة الاستهلاك المحاصيل للمياه نجد ان بعض المحاصيل تتخفف كفاءتها الانتاجية اذ ان كمية المياه المستخدمة في انتاج كغم من الفلفل تحتاج الى 1363 لتر، في حين ان نفس هذه الكمية يمكن ان تنتج 2 كغم من الخس. لذا لا بد من تقدير البصمة المائية للابار المستخدمة في ري كل نوع من محاصيل الخضار. وبلغت البصمة المائية لجميع الابار المستخدمة في ري المحاصيل الشتوية الصغيرة والمتوسطة 4471200 لتر لكل بئر، وبلغ عدد الريات لجميع المحاصيل 23 رية في الموسم. اي ما يقارب ريتين في الاسبوع. اذ بلغت الكفاءة الانتاجية للبئر المستخدم في ري الفلفل 1363.171 لتر/كغم و 1363171 لتر/طن. وبلغت قيمة البصمة المائية من صافي الانتاج 8.129455 دينار/طن. اما الباقلاء والبصل فتقدر كفاءة الانتاجية للبئر 745.2 لتر/كغم، اي 745200 لتر/طن، وبلغت القيمة النقدية للبصمة

المائية للباقياء 6.878769 دينار/طن، وهي بذلك تساوت مع القيمة النقدية للخس الا انها اخفقت في كفاءة الانتاج، اذ بلغ كفاءة انتاج ابار الخس 486 لتر/كغم و 486000 لتر/طن. اما البصل فبلغت قيمة البصمة المائية للطن 8.129455 دينار، وهي بذلك تساوت مع قيمة البصمة المائية للخيار والبطاطا. اذ تقدر كفاءة انتاج البئر المستخدم في ري الخيار 1064.571 لتر/كغم، و 1064571 لتر/طن. في حين بلغت الكفاءة الانتاجية لآبار البطاطا 223.56 لتر/كغم و 223560 لتر/طن. اما الخضار الورقية فيتم بيعها بهيئة شدات ويعتمد حجم الشدة الواحدة على حجمها وكثافة الاوراق وكمية المياه في الاوراق، تحتوي اوراقها على كمية كبيرة من المياه. ويبلغ الكيلوغرام من السبانغ والسلق 4-6 شدات اي الشدة الواحدة تتراوح ما بين 200-250 غم. اما الخضار الاصغر كالكرفس والرشاد فيتراوح حجم الشدة 100-150 غم، اي ما يقارب 10 شدات لكل كغم.

بتقدير كفاءة البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري كل من السبانغ، السلق، الكراث، الرشاد، الكرفس، الحلبة، الشبنت والفجل متساوية في قيمتها وبلغت 8.9424 دينار/طن. الا انها تختلف من كفاءة الانتاج، اذ بلغت 1461.176 لتر/كغم من السبانغ اي ما يقدر 1461176 لتر/طن. اما الكراث الحلبة، الشبنت والكرفس فبلغت كفاءتها الانتاجية من استهلاك المياه 1760.315 لتر/كغم اي 1760315 لتر/طن.

سابعاً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل الاستراتيجية وكفاءتها:

تواجه الزراعة في صحراء غرب كربلاء تحديات كبيرة اهمها نقص المياه وارتفاع درجات الحرارة وقلة خصوبة التربة. وعلى الرغم من هذه التحديات الا انها تشهد زيادة واضحة في المساحات المزروعة بالمحاصيل الاستراتيجية، بهدف تحقيق الاكتفاء الذاتي والامن الغذائي، متناسية ما يسببه هذا الاستثمار الجائر من هدر كبير في المخزون المائي. واهم المحاصيل الاستراتيجية المزروعة في منطقة الدراسة، الحنطة اذ بلغ اجمالي المساحة المزروعة منها 104500 دونم وعدد الفلاحين 838. يليها الذرة الصفراء بمساحة 21860 دونم وبلغ عدد الفلاحين 234، ثم الشعير بمساحة 200 دونم و5 فلاحين، واخيراً عباد الشمس اذ بلغ اجمالي المساحة المزروعة منه 80 دونم و 3 فلاحين. جدول (64) وبلغ صافي اجمالي المساحة المزروعة من النحاصيل الاستراتيجية في صحراء غرب كربلاء 126640 دونم وعدد الفلاحين الكلي 1080 فلاح.

جدول (65) المحاصيل الاستراتيجية المزروعة في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

عدد الفلاحين	المساحة المزروعة	المحاصيل المزروعة
838	104500	الحنطة
234	21860	الذرة الصفراء
5	200	الشعير
3	80	عباد الشمس
1080	126640	المجموع

المصدر: مديرية زراعة كربلاء المقدسة، شعبة الاحصاء الزراعي، بيانات غير منشورة، بيانات سنة 2023.

تختلف البصمة المائية للمحاصيل الاستراتيجية في منطقة الدراسة خاصة محصول الذرة الصفراء وعباد الشمس فهي تستهلك كميات كبيرة من المياه كونها تزرع في فصل الصيف. وقدر مجموع ايام مراحل نمو كل منهما 120 يوم. اما الحنطة والشعير فأنها تتصف باستهلاك مائي متوسط كونها تزرع في منطقة الدراسة في فصل الشتاء وتستمر حتى نهاية الربيع. ويقدر مجموع ايام مراحل نمو كل منهما في منطقة الدراسة 150 يوم. جدول (66) وبسبب الاختلاف في مواسم الزراعة تختلف الاحتياجات المائية لكل محصول.

جدول (66) مراحل نمو المحاصيل الاستراتيجية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

Total	L-late	L-omid	L-dev	L-ini	Crop
150	30	50	50	20	الحنطة
120	35	40	25	20	الذرة الصفراء
150	30	50	50	20	الشعير
120	35	40	25	20	عباد الشمس

المصدر: الدراسة الميدانية في 2023-2024.

ان تقدير البصمة المائية للمحاصيل الاستراتيجية يمكن ان يساعد في ادارة الموارد المائية بشكل اكثر كفاءة، وتحسين كفاءة الانتاج كما وتساعد في اتخاذ قرارات مستدامة لتحقيق الامن الغذائي

مع الحفاظ على المياه. فأنها تساهم في تقليل متطلبات المياه ويمكن تقدير البصمة المائية للمحاصيل الاستراتيجية على النحو الآتي:

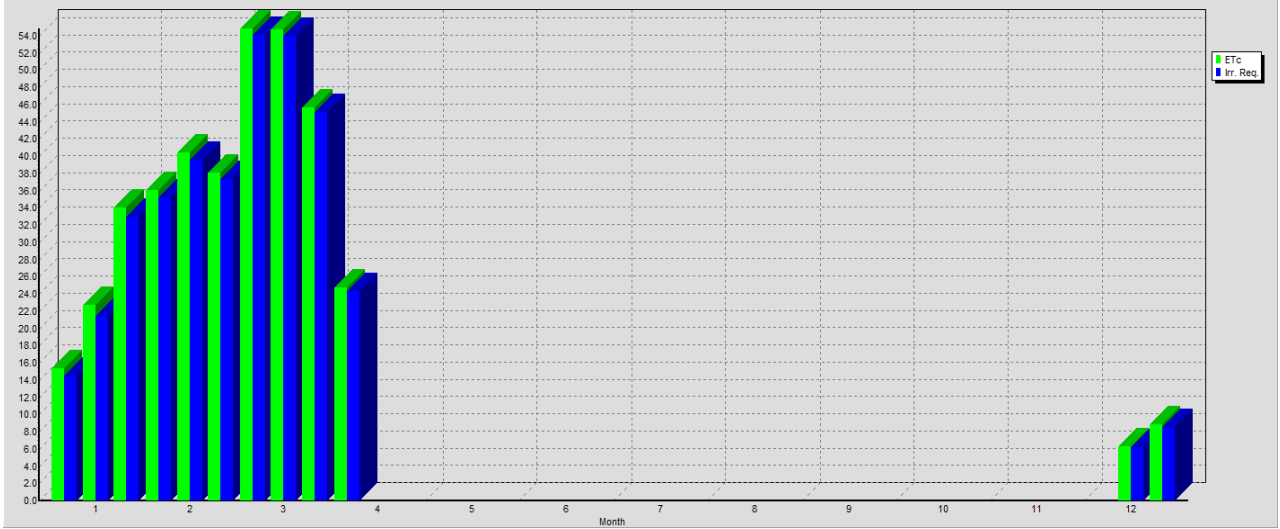
1 - تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري محصول الحنطة والشعير في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة:

تقدير البصمة المائية لمحصول الحنطة والشعير: نظراً لان الاحتياجات المائية الى محصولي الحنطة والشعير متقاربة الى حد كبير، اذ ان الفرق بينهما بسيط اذ يبلغ 15 ملم بينهما. كما انهما من نفس الفصيلة (الفصيلة النجيلية)، بالاضافة الى ان موسم الزراعة هو واحد لكل منهما، لذا تم اعتماد تحليل احصائي واحد. وبتقدير الاستهلاك المائي الاخضر لهما وهو ثابت خلال الموسم 8.5 ملم اي ما يعادل 85 ملم/هكتار. اما الاستهلاك المائي الازرق لهما بلغ 373.5 ملم اي ما يعادل 3735 ملم/هكتار خلال الموسم في حين بلغ الاحتياج المائي الكلي 382.0 ملم، جدول (68) ومخطط (20). ويتبين ان الاستهلاك المائي والاحتياجات المائية ترتفع في شهر نيسان وبلغ اعلى مستوى للاستهلاك للحنطة والشعير في مرحلة ما قبل الفطام المائي 5.49 ملم/يوم، واعلى مستوى للاحتياجات المائية 54.1 ملم. في حين ينخفض الاستهلاك المائي في مرحلة البذار اذ تبلغ الاحتياجات المائية ادنى مستوياتها بمجموع 6.2 ملم/يوم.

جدول (66) الاحتياجات المائية لمحصولي الحنطة والشعير في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dec	2	Init	0.30	0.70	6.3	0.0	6.2
Dec	3	Deve	0.35	0.81	8.9	0.4	8.5
Jan	1	Deve	0.67	1.53	15.3	0.9	14.5
Jan	2	Deve	1.02	2.27	22.7	1.2	21.5
Jan	3	Mid	1.18	3.10	34.1	1.1	33.0
Feb	1	Mid	1.18	3.61	36.1	0.9	35.2
Feb	2	Mid	1.18	4.04	40.4	0.8	39.6
Feb	3	Mid	1.18	4.76	38.1	0.8	37.3
Mar	1	Mid	1.18	5.49	54.9	0.7	54.1
Mar	2	Late	1.04	5.47	54.7	0.7	54.0
Mar	3	Late	0.71	4.15	45.7	0.5	45.1
Apr	1	Late	0.39	2.48	24.8	0.4	24.4
					382.0	8.5	373.5

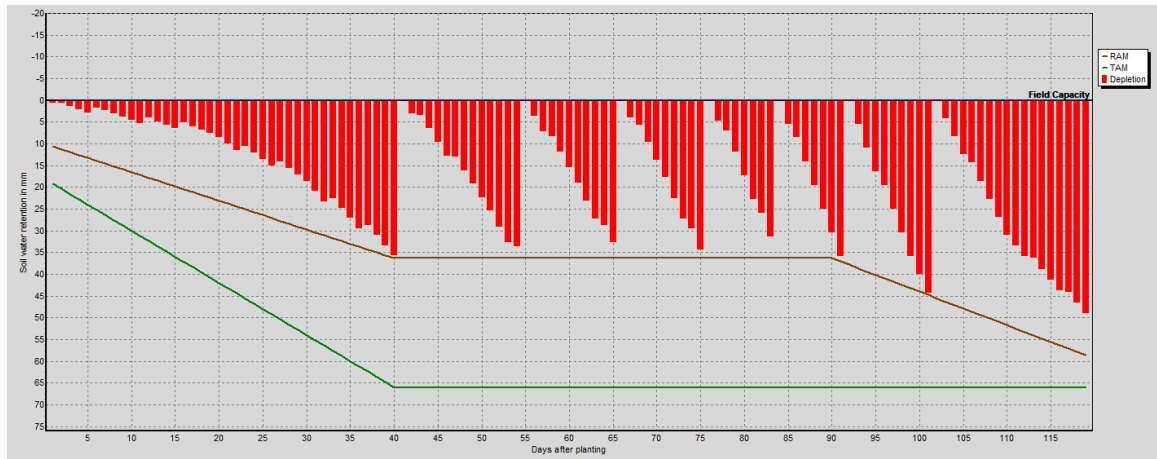
المصدر: باعتماد برنامج CROPWAT.



مخطط (20) الاحتياجات المائية لمحصولي الحنطة والشعير في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: باعتماد بيانات الجدول (68).

وفي حال اعتماد جدولة الري لمحصولي الحنطة والشعير يتبين ان المحتوى الرطوبي للتربة في منطقة الدراسة يساهم بشكل كبير في دعم احتياجات المحصولين، اذ يمكن ريهها 8 مرات فقط خلال الموسم مع تجنب تعرضها الى الاجهاد المائي مخطط (21). اي ما يقارب 10-14 يوم بين ريه واخرى، وان استنفاد رطوبة التربة يزداد في مراحل التطور وما قبل الفطام.



مخطط (21) جدولة الري لمحصولي الحنطة والشعير في الصحراء لغربية غرب محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: بيانات ملحق (15).

اما في حال تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري محصولي الحنطة والشعير فأن الفرق كبير، اذ ان مرحلة النضج الاخيرة (ما قبل الفطام) يتم فيها اري بشكل يومي اي 30 رية بسبب شدة التبخر وطبيعة التربة. ويبلغ مجموع ري المحصولين في الموسم الواحد 55 رية. وان اجمالي البصمة المائية للبرر المستخدم في ري هكتار واحد من الحنطة او الشعير 10692000 لتر، في حين يقدر صافي الانتاج للهكتار الواحد 4800 كغم. وان الكفاءة الانتاجية للبصمة المائية تقدر ب 2227.5 لتر/كغم، و 2227500 لتر/طن لكل من الحنطة والشعير. اما بتقدير كفاءة البصمة المائية بالقيمة النقدية فأنها تقدر ب 2.620588 دينار/كغم، اي ما يعادل 12.57882 دينار/طن بالنسبة للحنطة. اما الشعير فتقدر القيمة النقدية ب 5.56875 دينار/كغم، اي ما يعادل 26.73 دينار/طن.

2 - تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري محصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس وكفاءتها:

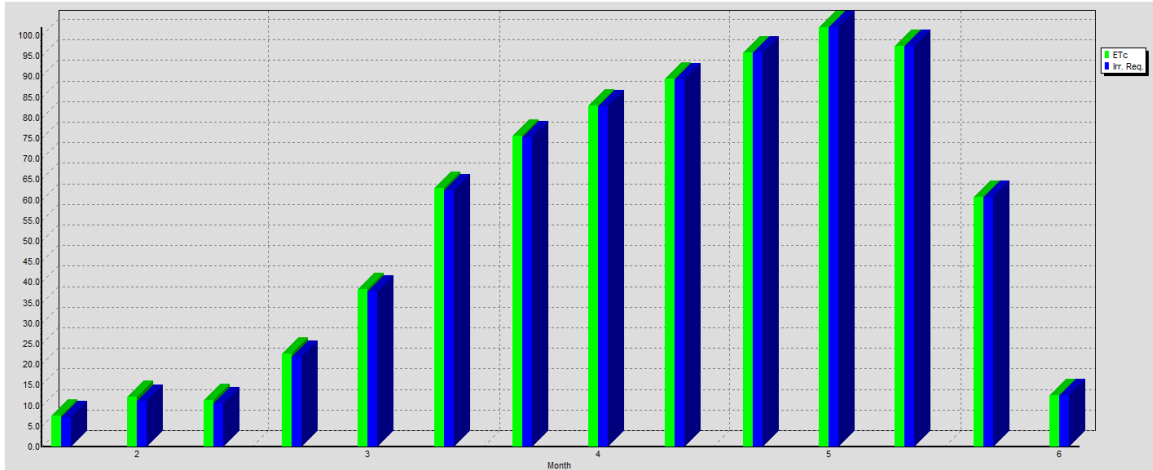
نظرا لان كل من الذرة الصفراء وعباد الشمس يتم زراعتها في نفس الموسم، وان الاحتياجات المائية متقاربة لكلا المحصولين وبشكل كبير، لذا تم اعتماد تحليل احصائي واحد اذ ان الفرق في الاحتياجات المائية بلغ 10 ملم. ويتقدير الاستهلاك المائي الاخضر 5.1 ملم اي ما يقارب 51 ملم/هكتار. اما الاستهلاك المائي الازرق فيقدر ب 765.8 ملم اي ما يقارب 7658 ملم/هكتار. جدول (67) ومخطط (22)، ويبلغ اعلى مستوى للاحتياجات المائية والتبخ/النتح في شهر اذار بمعدل 97.4 ملم.

جدول (67) الاحتياجات المائية لمحصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس في الصحراء الغربية من محافظة كريات المقدسة.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Feb	1	Init	0.35	1.07	7.5	0.6	7.1
Feb	2	Init	0.35	1.20	12.0	0.8	11.2
Feb	3	Init	0.35	1.42	11.3	0.8	10.6
Mar	1	Deve	0.48	2.25	22.5	0.7	21.8
Mar	2	Deve	0.73	3.83	38.3	0.7	37.6
Mar	3	Deve	0.98	5.71	62.8	0.5	62.3
Apr	1	Mid	1.19	7.55	75.5	0.4	75.1

Apr	2	Mid	1.20	8.30	83.0	0.3	82.7
Apr	3	Mid	1.20	8.94	89.4	0.2	89.2
May	1	Mid	1.20	9.58	95.8	0.1	95.8
May	2	Late	1.20	10.20	102.0	0.0	102.0
May	3	Late	0.96	8.85	97.4	0.0	97.4
Jun	1	Late	0.60	6.06	60.6	0.0	60.6
Jun	2	Late	0.38	4.14	12.4	0.0	12.4
					770.7	5.1	765.8

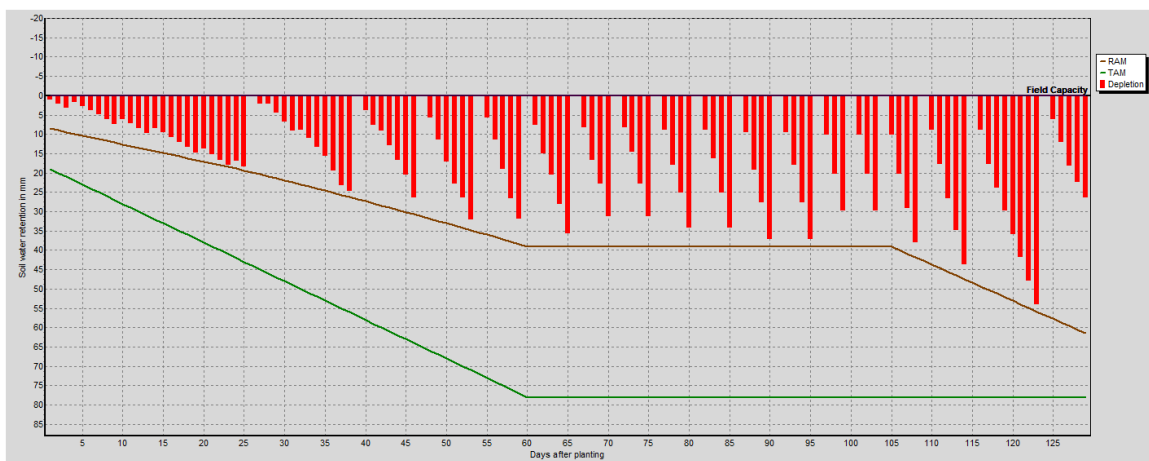
المصدر: برنامج CROPWAT.



مخطط (22) الاحتياجات المائية لمحصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: بيانات جدول (67).

وفي حال اعتماد الاحتياجات المائية للانفة الذكر يمكن اعتماد جدولة لري الذرة الصفراء وعباد الشمس لادارة المياه وتجنب عملية الاستنزاف المائي. اذ تبين جدولة الري انه يمكن ري المحصولين 18 رية خلال موسم الزراعة، دون تعرض المحاصيل الى الاجهاد المائي، اي ما يقارب 4-9 بين رية واخرى. ويزاد الاحتياج المائي في مرحلة النضج المتأخرة والمرحلة النهائية ما قبل الفطام، وان المحتوى الرطوبي للتربة يصل الى 20% في مراحل النمو الاولى والى 45% في مرحلة ما قبل الفطام مخطط (23).



مخطط (23) جدولة الري لمحصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: بيانات ملحق (16).

اما بتقدير كفاءة البصمة المائية الزرقاء للآبار المستخدمة في ري محصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس، فإن البصمة المائية للبر الواحد تقدر بلغت 5054400 لتر، ان هذا الارتفاع في استهلاك المياه الزرقاء من شأنه ان يعمل على تقليل كفاءة الانتاج، اذ ان زيادة المياه تزيد من النمو الخضري وتقلل من انتاج الازهار والثمار، او تؤدي الى انتاج حبوب قليلة الجودة غالبا. ويقدر انتاج البر المستخدم في ري هكتار من الذرة الصفراء ب 4000 كغم، اي ما يعادل 4 طن. وتبلغ كفاءة البر الانتاجية 1263.6 لتر/كغم، و 1263600 لتر/طن. اما كفاءة المياه بالقيمة النقدية فبلغت 1.15316 دينار/كغم و 6.12654 دينار/طن. اما عباد الشمس فبلغ انتاج البر 2600 كغم/هكتار اي ما يعادل 2.6 طن. وبلغت قيمة المياه النقدية ب 4.86 دينار/كغم و 12.636 دينار/طن.

ثامناً - تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في ري المحاصيل العلفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة:

تعرف المحاصيل العلفية بأنها كل نبات تصلح اجزاءه الخضراء لغذاء الحيوان. وتتنطبق لفظة علف على المادة الخضراء أو المادة الخضراء المحفوظة للنبات العلفية وبقايا المحاصيل العلفية.

واهم المحاصيل العلفية التي تحتوي على طاقة كبيرة الشعير، محاصيل الحبوب كالشعير والذرة، محاصيل البذور كالبذور القولية والبذور الزيتية، ومحاصيل العلف الخضراء كالجوت والبرسيم⁽¹⁾.

وعلى الرغم من ان الشعير واذرة تزرع في منطقة الدراسة الا انها لا تعد من المحاصيل العلفية كون الهدف منها هو تسويقها لاغراض الصناعة والتصدير. في حين تنشر زراعة العلف الاخضر وتحديدًا (الجوت) في منطقة الدراسة على مساحة واسعة تبلغ 1000 دونم حسب احصاء الزراعة لسنة 2023، وعدد المزارعين 900 شخص. يستخدم محصول الجوت في سد حاجة الحيوانات في منطقة الدراسة بالإضافة الى تسويقها خارج المنطقة. وبعد محصول الجوت من المحاصيل المعمرة، اذ يبلغ متوسط عمرة 6 سنوات في منطقة الدراسة. وغالباً ما تبدأ زراعتها في شهر شباط وصولاً الى شهر نيسان. ويتقدير المياه الخضراء المستخدمة في ري محصول الجوت فأنها بلغت 91 ملم/هكتار/سنة. وان الاستهلاك المائي الاخر يقدر ب 15192 ملم/هكتار/سنة، وكفاءة ري 70%.

ويتبين من خلال الجدول(68) والمخطط (24)، ان الاحتياجات المائية الزرقاء ترتفع في فصل الصيف خاصة في شهر تموز اذ تصل الى 94.7 ملم من عمق الري لكل 10 ايام. ونلاحظ ان الاحتياجات المائية تبدأ لانخفاض وصولاً الى فصل الشتاء وتحديدًا شهر شباط اذ يصل الى 7.9ملم، وذلك لاعتدال الظروف المناخية في هذا الشهر، وتعاود الاحتياجات المائية الزرقاء بالارتفاع مرة اخرى.

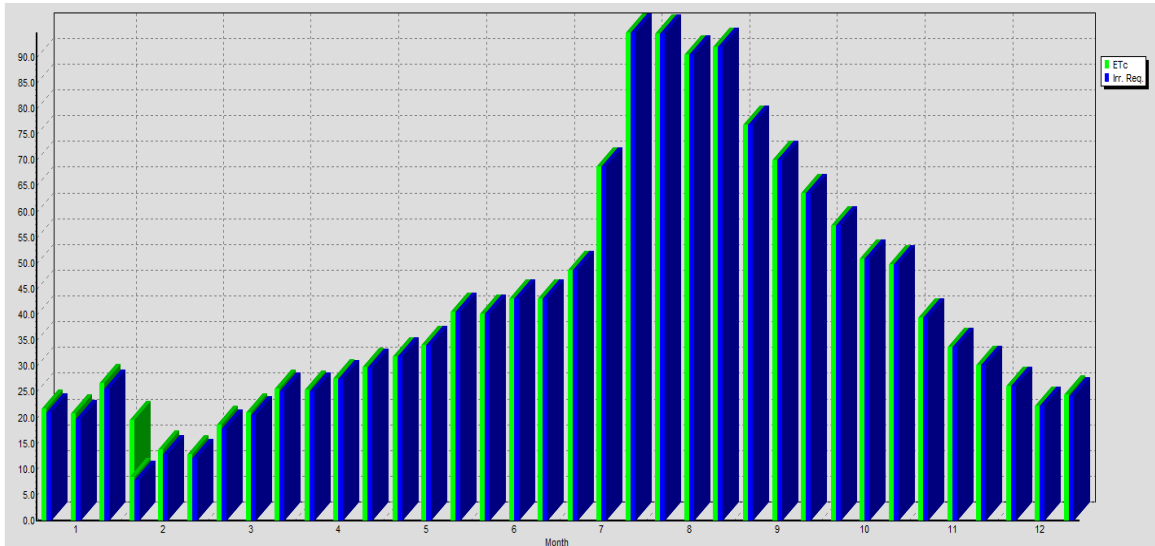
جدول (68) يوضح الاحتياجات المائية لمحصول الجوت في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Feb	1	Init	0.91	2.80	19.6	0.6	7.9
Feb	2	Init	0.40	1.37	13.7	0.8	12.9
Feb	3	Init	0.40	1.62	13.0	0.8	12.2
Mar	1	Init	0.40	1.86	18.6	0.7	17.9
Mar	2	Init	0.40	2.11	21.1	0.7	20.4

⁽¹⁾ ياسر لفته حسين العزاوي، الصناعات العلفية في محافظة اربيل، جامعة ديالى، كلية التربية للعلوم الانسانية، قسم الجغرافية، 2012، ص 13-20.

Mar	3	Init	0.40	2.33	25.6	0.5	25.1
Apr	1	Init	0.40	2.55	25.5	0.4	25.1
Apr	2	Init	0.40	2.77	27.7	0.3	27.4
Apr	3	Init	0.40	2.98	29.8	0.2	29.6
May	1	Init	0.40	3.20	32.0	0.1	31.9
May	2	Init	0.40	3.41	34.1	0.0	34.1
May	3	Init	0.40	3.68	40.5	0.0	40.5
Jun	1	Init	0.40	4.01	40.1	0.0	40.1
Jun	2	Init	0.40	4.31	43.1	0.0	43.1
Jun	3	Init	0.40	4.31	43.1	0.0	43.1
Jul	1	Deve	0.45	4.87	48.7	0.0	48.7
Jul	2	Deve	0.63	6.88	68.8	0.0	68.8
Jul	3	Deve	0.83	8.61	94.7	0.0	94.7
Aug	1	Mid	0.96	9.46	94.6	0.0	94.6
Aug	2	Mid	0.96	9.05	90.5	0.0	90.5
Aug	3	Mid	0.96	8.37	92.1	0.0	92.1
Sep	1	Mid	0.96	7.68	76.8	0.0	76.8
Sep	2	Mid	0.96	7.00	70.0	0.0	70.0
Sep	3	Mid	0.96	6.36	63.6	0.0	63.6
Oct	1	Mid	0.96	5.72	57.2	0.0	57.2
Oct	2	Mid	0.96	5.09	50.9	0.0	50.9
Oct	3	Mid	0.96	4.52	49.7	0.0	49.7
Nov	1	Mid	0.96	3.95	39.5	0.0	39.5
Nov	2	Mid	0.96	3.38	33.8	0.0	33.8
Nov	3	Mid	0.96	3.03	30.3	0.0	30.2
Dec	1	Mid	0.96	2.61	26.1	0.0	26.1
Dec	2	Mid	0.96	2.23	22.3	0.0	22.2
Dec	3	Late	0.96	2.23	24.5	0.4	24.2
Jan	1	Late	0.95	2.18	21.8	0.9	21.0
Jan	2	Late	0.94	2.09	20.9	1.2	19.7
Jan	3	Late	0.92	2.43	26.7	1.1	25.6
Feb	1	Late	0.91	2.80	8.4	0.3	7.9
					1539.5	9.1	1519.2

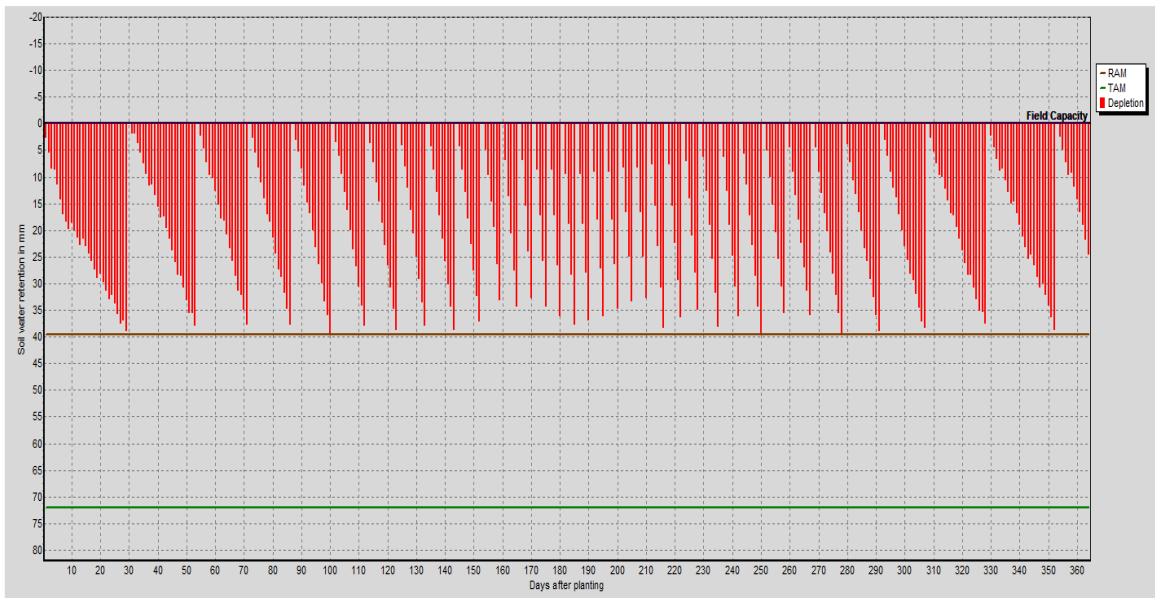
المصدر: باستخدام برنامج CROPWAT.



مخطط (24) يبين الاحتياجات المائية لمحصول الجت في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: بيانات جدول (68).

يأخذ جدول الري يتبين ان عمق الري يبدأ بالاستزاف بشكل بطيء خلال شهر شباط بسبب انخفاض درجات الحرارة، ثم يأخذ بالارتفاع بشكل تدريجي في أشهر الصيف نتيجة لزيادة الاحتياجات المائية وارتفاع عمليات التبخر والتتح من النبات والتربة على حدٍ سواء مخطط (25).



مخطط (25) جدول الري لمحصول الجت في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

المصدر: بيانات ملحق (17).

ويتقدير الكفاءة الإنتاجية للآبار المستخدمة في ري محصول الجت فأن المياه الزرقاء للبر على مدار العام بلغت 5248800 لتر/هكتار/سنة، بواقع 27 رية. يتم حصاد الجت بواسطة الحش، ويتم حشة مرة واحدة في الأشهر الحارة، أما في الأشهر المعتدلة والباردة فيتم حشة كل 10 ايام، اي 3 مرات في الشهر. وتقدر انتاجية الهكتار الواحد ب 8000 كغم، اي ما يعادل 8 طن/هكتار في كل حشة. وتبلغ كفاءة البصمة المائية الزرقاء للآبار المستخدمة في ري الجت 656.1 لتر/كغم و 656100 لتر/طن. وتقدر قيمة البصمة المائية للمياه بالقيمة النقدية فأن قيمة المياه المستخدمة تبلغ 0.4374 دينار/كغم، و 3.4992 دينار/طن. اذ ما علمنا ان متوسط سعر الكيلوغرام من الجت 1500 دينار.

المبحث الثاني: تقدير البصمة المائية للإنتاج الحيواني والصناعات الإنشائية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة:

أولاً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في تربية الدواجن:

تعد جودة المياه من أهم مستلزمات التربية الصناعية للدواجن وأهم عنصر من عناصر نجاح تربيتها. إذ لا بد أن تكون ضمن المعايير المعتمدة عالمياً. وبينت نتائج الفحص المختبري المذكورة في الفصل الثالث ملائمتها لتربية الدواجن. إلا أن الشركة تقوم باتخاذ بعض الإجراءات للمحافظة على جودتها في فروع تربية الحيوانات، أهمها تركيب مصفاة في مقدمة المضخة لتقليل المواد الصلبة العالقة، معالجة الماء في في الخزانات دورياً باستعمال الكلور، وتحليل الماء بصفة دورية من مقدمة الانابيب للتأكد من جودتها.

أن مشروع الدواجن القائم في قلب الصحراء الغربية إحدى مشاريع شركة صحاري كربلاء للإنتاج الحيواني والنباتي. تم إنشاء على مساحة 20000م²، تتكون الشركة من سبعة أقسام قسم المبيعات، قسم التفقيس، قسم التسمين، قسم المجازر، قسم الآبار، قسم المختبرات، وقسم الأمن الحيوي. يتكون قسمي المجازر والتفقيس في الوقت الحالي من 30 فرع لكل فرع بئر بواقع 30 بئر، كل فرع يحتوي على 16 حقل أي بواقع 480 حقل في الوقت الحالي، . و يبلغ طول الحقل الواحد 120م بعرض 14م وارتفاع 3م، أي تبلغ مساحة الحقل الواحد 1680م². يحتوي الحقل الواحد على 27000 من الصوص في مرحلة التفقيس وتستغرق مرحلة التفقيس 21 يوم. ثم ينقل إلى قسم التسمين ويحتوي في هذه الحقل المرحلة على 25000 صوص، حتى يصل حجم الصوص إلى الوزن المناسب وتستغرق هذه المرحلة ما يقارب الشهر أو أكثر. بعدها تبدأ مرحلة البيع عندما يبلغ أقل وزن للدجاجة 1.5كغم، وتسمر لعدة أيام حسب قوى الطلب في السوق. ففي بعض الفترات من السنة تستمر لمدة شهر. وفي أوقات أخرى تصل إلى 14 يوم.

يستهلك كل 16 حقل (الفرع) خزان من الماء كل اسبوع وبئر لكل فرع، و يبلغ حجم الخزان 75000 لتر على طول فترة التربية لدواجن المجازر والبيض أي دورة كاملة. تتمثل هذه بالبصمة المائية الزرقاء للبئر بالنسبة لإنتاج البيض وحقول مجازر اللحم.

اما البصمة المائية الرمادية لانتاج الدواجن فهي اكبر تقريبا من البصمة الزرقاء. يعد قسم الامن الحيوي القسم المسؤول عن تنظيف وتطهير جميع اقسام الشركة والمحدد لكميات المياه والمطهرات في كل حقل وفرع. اذ تستخدم المياه في التخلص من الملوثات العديد من مراحل انتاج الدواجن، فإن بيئة الدواجن تعد وسطاً ملائماً لتواجد وتكاثر الفيروسات، وفي غياب عمليات التطهير والتنظيف والفراغ الصحي تتوفر لها القدرة على الانتقال من فوج الى فوج اخر. وتشمل عملية التنظيف والتطهير مجموعة من المراحل التي ينبغي الشروع بها للحد من نمو الجراثيم والفيروسات. اذ يستخدم ماء الابار في عمليات التنظيف عند بيع الدجاج وتنظيف مسالك العلف والماء وازالة الغبار من الاجهزة، استخدام المياه في تنظيف البيوت بطريقة الرش وتشمل كل مساحات بيوت التربية (الارضية، الجدران، السقف)، لتجنب انتشار الامراض والتخلص من الفيروسات بأضافة مواد التطهير الى الماء مثل الفورمول والفينول. كما يستخدم الماء في في احواض تطهير الاقدام للعاملين بجهاز خاص يعمل على تنظيف الاحذية الملوثة للحفاظ على الامن الحيوي. ويستخدم ايضاً في تطهير عجلات نقل المنتج. وان كل مرحلة او عملية من هذه العمليات لها كميات محددة من المياه والمطهرات جدول (71).

جدول (69) يوضح كميات المياه والمطهرات المستخدمة في عمليات تطهير وتنظيف حقول الدواجن في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

ت	العملية	كمية المطهر/لتر	كمية المياه/لتر	وقت التلامس
1	قبل البيع 3 ساعات يتم رش محيط الحظيرة من الخارج بمطهر الملائثيون	2	200	الى بداية التحميل
2	بعد البيع يتم تحزيم الحظيرة وتفريغ 50سم لمحيط الحظيرة ورشها بالملائثيون مع نص متر من الواط	2	200	من بداية التحميل
3	تفضية خطوط العلف واخراج الناقد منها			
أ	بعد تحميل السماد يراعى ان يرش مبيد السوس للحظيرة كلها والرباطات وصلالات الخدمة وفتحات الصرف وحول الحظائر على الخرسانه والدوج هاوس	4.5	600	24 ساعة
ب	يراعى تشغيل الهياتر وغلق المراوح والابواب لقتل الجراثيم			
ج	يتم رش فتحات الصرف الخارجية وغرفة الصرف الرئيسية للمحطة بالملائثيون	5	500	24 ساعة
د	يتم رش الاماكن الخدمية مثل الادارة والمخازن والسكن بمادة دلتاتوكس	2	200	24 ساعة
هـ	غسل أطباق العلف الفيركون	2.5	250	30 دقيقة
و	تطهير أطباق العلف فورمول	2.5	250	30 دقيقة
4	عمليات الغسل القلوي			

أ	الغسل القلوي للحظيرة بمادة من الخارج أولاً وغسل الاسقف والتبريد ثم الغسل من داخل الحظيرة	30	1500	30 دقيقة
ب	غسيل احواض التبريد ثم تشغيل دورة مغلقة بأستخدام مياه بيضاء RO			4 ساعات
5	نهاية النظافة الجافة قبل بداية الغسيل الحامضي			
أ	تمهيد وتطهير حامضي للحظيرة 2% paraguard	30	1500	30 دقيقة
ب	غسيل حامضي لخطوط المياه 2% paraguard	10	500	24 ساعة
6	الغسل الحامضي			
أ	تنظيف فتحات الصرف الداخلية والخارجية وتطهيرها بأستخدام بلاك استريم	10	500	24 ساعة
ب	تطهير الحظائر بمادة فيركون أس 1% من الداخل بما فيها الهيتر والباريد والدوج هاوس ومن الخارج لمداخل الهواء	15 كغم	1500	24 ساعة
ج	تطهير الحظائر بمادة سيزجيز 1% وعمل دورة مغلقة	7.5	750	4 ساعات
د	تطهير الحظائر بمادة فورمالين 5% من الداخل والخارج	230	1500	24 ساعة
هـ	شطف الارضيات والرباط ورش البلاك استريم 2%	12	1500	24 ساعة
و	تبخير الحظائر بمادة سينرجيز بعد دخول النشرة وتغليف المراوح	12	48	24 ساعة
ي	التضبيب البارد ورش النشرة بمادة فيركون اس 1% مباشرة قيل توزيع ورق العلف	4 كغم	400	4 ساعات
	المجموع	381	11898	

المصدر: بيانات الدراسة الميدانية لشركة صحاري كربلاء في 2024/4/20.

يبلغ انتاج مجازر صحاري كربلاء 748 الف طائر يومياً، من الدجاج المجدد علامة البوادي، والدجاج الفرش بعلامة الريان، لواقع 1122000 كغم من الدجاج، وان الطاقة الانتاجية للمقطعات 456 الف طائر يومياً و والمصنعات 150 طن يومياً، وبلغت الطاقة الانتاجية من البيض ما يقارب 8400000 بيضة باليوم، بواقع 840000 طبقة باليوم ويعادل تقريباً 3 مليار بيضة سنوياً. وبتقدير البصمة المائية الزرقاء للابار المستخدمة في انتاج الدجاج والبيض نجد ان الدجاج يحتاج الى امدادات ثابتة من المياه خلال مراحل نموها، وتزداد احتياجات الدجاج اللحم والبياض الى المياه وفقاً لعمر الدجاجة. كما ان الاحتياج المائي يزداد في فصل الصيف لارتفاع درجات الحرارة. وان متوسط عمر الدجاج اللحم 7 اسابيع اي ما يعادل 49 يوم. ويصل متوسط عمر الدجاج البياض الى 3 سنه، تبدأ بالانتاج بعمر 5 او 6 اشهر. وتقدر البصمة المائية الزرقاء ل 30 بئر بالاسبوع ب 2250000 لتر. وللبئر الواحد بالاسبوع اي الفرع 75000 لتر، موزعة على 16 حقل وان الحقل الواحد تبلغ البصمة المائية الزرقاء له في الاسبوع 4687.5 لتر، و 669.64286 لتر باليوم للحقل. وهذا يعني ان كفاءة الابار المستخدمة في انتاج الدجاج اللحم تحتاج الى 0.0267857 لتر/طائر باليوم وما يقارب

1.3125 لتر خلال 49 يوم لكل طائر. وان هذه الكمية تحقق انتاج 1.5 كغم لحم لتر/حقل. بواقع 0.42857143 لتر/يوم لكل طائر، اي ان انتاج 1.5 كغم من لحم الدجاج طول فترة التربية الطائر الواحد يحتاج الى لتر من المياه خلال الاسبوع في منطقة الدراسة خاصة في فصل الصيف يزداد الاحتياج المائي.

اما بالنسبة للدجاج البياض فأن كفاءة الانتاج للبئر الواحد مطابقة للدجاج اللحم، اي ان الاحتياجات المائية مشابهة للنوعين من حيث عدد الدجاج. الا انها تختلف في كفاءتها من حيث القيمة النقدية وطول فترة الانتاج والتربية. اذ تقدر البصمة المائية الانتاجية للبئر المستخدم في انتاج البيض للحقل الواحد ب 17500 بيضة باليوم و 280000 بيضة لكل فرع اي ما يعادل 840000 لجميع الفروع في اليوم الواحد. وبتقدير كفاءة الانتاج لمياه البئر بالقيمة النقدية يتبين ان قيمة انتاج 30 بئر من البيض باليوم الواحد تقدر ب 2520000000 بواقع 840000 طبقة بيض، اي ان قيمة البصمة المائية لانتاج بيضة واحدة باليوم ما يقارب 0.000558 لتر من المياه لكل بيضة. و 0.08928 لتر لكل طبقة باليوم، وتشير البيانات المذكورة الى ارتفاع كفاءة الابار المستخدمة في انتاج بيض الدجاج مقارنة بابار الدجاج اللحم.

اما البصمة المائية الرمادية للابار المستخدمة في انتاج الدجاج فأنها تتمثل في كميات المياه المستخدمة في التخلص من الفضلات وتطهير الحظائر، وتتم هذه العملية كل 49 يوم لكل حقل. ان مجموع كمية المياه الرمادية للبئر الواحد المستخدمة في عمليات التطهير لحقل واحد تبلغ 11898 لتر. اي بواقع 190368 لكل 16 حقل ولدورة كاملة، يعادل 5711040 لتر لجميع فروع الشركة في الدورة الواحدة. وبتقدير البصمة المائية للمياه الرمادية في كل يوم فأنها تبلغ 242.816 لتر/ حقل. ما يعادل 3885.06 لتر كل فرع باليوم.

ثانياً: تقدير البصمة المائية لبحيرات تربية الاسماك (الاستزراع السمكي):

تعد المياه الجوفية المصدر الرئيس لامداد بحيرات تربية الاسماك في الصحراء الغربية من محافظة كرىلاء المقدسة. وان جودة مياه خزان الدمام تساهم الى حد ما في تربية عدة انواع من الاسماك في الوقت الحالي اهمها الكارب، السلفر، والكراص وتعد اسماك الكارب الاكثر ملائمة لجودة مياه خزان الدمام. الا ان استمرار عمليات سحب المياه يمكن ان يؤثر بشكل كبير على

تغيير خصائص المياه، وتقليل جودة الخزان الجوفي. لذا فإن زيادة البصمة المائية لامداد تربية بحيرات الاسماك تتطلب تطبيق اساليب مستدامة بهدف خفض البصمة المائية للبئر وللخزان الجوفي. فإن هذه البحيرات تواجه خطر ندرة المياه ما يعيق تنميتها، فإن ابار منطقة الدراسة تعد خزناً استراتيجياً رئيساً لتنميتها في المستقبل، وان استخدامها في اقامة بحيرات الاستزراع السمكي سابق لاوانه. لذا لا بد من الحفاظ على بصمة ابار الاستزراع السمكي في الوقت الحاضر وتجنب استنزافها. فإن الاستزراع القائم بالطرق الحالية يعد استخدام غير مستدام لموارد المياه الجوفية.

تشير البصمة المائية لبحيرات تربية الاسماك المعتمدة على الابار الارتوازية الى اجمالي حجم المياه العذبة المستخدمة بشكل مباشر وغير مباشر لانتاج الاسماك في تلك البحيرات على مدار عملية الانتاج. وبما ان المياه المستخدمة في تربية الاسماك هي مياه الابار الارتوازية فإن هذا يعني التركيز بشكل مباشر على البصمة المائية الزرقاء، التي تتمثل في سحب المياه من الخزان الجوفي بشكل مباشر لملأ البحيرات، ويعتمد حجم السحب على حجم مزارع الاستزراع، حجم البحيرة في المزرعة، وعمق البحيرات، ومعدل التبخر لتقليل الفاقد، وطبيعة ارضية البحيرة التي تؤثر على كمية المياه المتسربة⁽¹⁾.

ان بحيرات الاستزراع السمكي في منطقة الدراسة يتم انشائها على سطح الارض مباشرة بعد تعديلها وتنظيفها، ثم احاطتها بسواتر ترابية بأرتفاع 3م والذي يمثل عمق البحيرة، ويتراوح احجام بحيرات منطقة الدراسة ما بين 5 - 250 دونم، ويبلغ عدد البحيرات الكلي في المنطقة 30 بحيرة. يعمل هذا النوع من البحيرات بنظام البحيرات المكثفة، اي انها تعتمد التغذية الاصطناعية، لتحقيق انتاجية عالية، ويكون الغرض منها التسويق الى الاسواق المحلية وتحقيق اكبر قدر ممكن من الربح، وتعتمد بشكل مباشر على مياه الابار المتدفقة. وتعد جودة المياه وحرارة السطح العامل الاساسي في تحقيق انتاجية عالية، اذ يؤدي ارتفاع درجة حرارة السطح وخاصة في فصل الصيف الى خفض الانتاجية.

(¹) Natella Mirzoyan, Narek Avetisyan, ground water use and efficiency in small and medium-sized aquaculture farms in Avatar valley Armenia, international center for agribusiness research, and education, v6,2018,pp1-5.

ينتج الدونم الواحد من البحيرات 1000 سمكة، يتم زراعتها بوزن 50 غم، وتستمر مدة التربية 4-6 اشهر، تكون الاسماك قد وصل حجمها الى مايقارب 1.250 كغم في الشهر الرابع عند بداية المباشرة بالبيع، اذ نادرا ما يبادر مزارعين المنطقة على بيع الكفيات في بداية الاستزراع، وفي نهاية الاستزراع في الشهر السادس يصل حجم السمكة الى 3.250 كغم نهاية الحصاد. عندها يتم تجفيف البحيرة وحصاد الاسماك بشكل كامل، ولا بد من الاشارة الى عدم استخدام اي تدابير وقائية لتجنب الامراض في المزارع، لارتفاع ملوحة التربة التي تمنع نمو الامراض والفطريات.

ان البصمة المائية لبحيرات الاستزراع السمكي مرتفعة جدا فهي تعتمد على الابار المتدفقة اولاً، كما ان هذه الابار تستمر في العمل على طول موسم الزراعة (6 اشهر) دون توقف، لان غلقها سيقلل من عمق الماء بسرعة كبيرة بسبب التسرب كونها بحيرات غير مبطنة وترتبتها لها قابلية كبيرة على الصرف، كما ان توقفها يعمل على خفض كمية الاوكسجين في البحيرة. وان البصمة المائية الزرقاء لبحيرات الاسماك مساوية للبصمة الرمادية في أن واحد، اذ ان عملية التدوير للمياه مستمرة طوال اليوم وعلى مدار مدة الاستزراع. وبذلك فإن البصمة المائية المضمنة للانتاج هي نفسها البصمة المائية الزرقاء والرمادية للبئر. وهذا يعني ان البحيرة بسعة دونم واحد تحتاج الى 2500000 لتر لملاً الدونم، ويقدر الوقت اللازم لملاً الدونم الواحد 78 ساعة وهذه تمثل كمية المياه الزرقاء الثابتة التي يجب المحافظة عليها في البحيرة بسعة دونم واحد خلال 6 اشهر، وان ما يزيد عنها عن طريق التدوير يمثل المياه الرمادية المضمنة. وان البحيرة الواحدة بسعة دونم تحتاج الى 32400 لتر/ ساعة، و 777600 لتر/يوم، و 139968000 لتر/سنة اشهر، لانتاج 1000 سمكة. بمتوسط حجم 2.250 غم، وان مجموع كفاءة الانتاج للبئر 2250 كغم، اي 2.25 طن/ دونم / ستة اشهر.

ويتقدير قيمة المياه بالقيمة النقدية فإن سعر 2250 كغم من السمك يبلغ 11250000 دينار عراقي، اي 5000000 دينار عراقي/طن. علما ان سعر كغم من السمك عند بحيرات الاستزراع 5000 دينار. وان البصمة المائية بلغت 62208 لتر/كغم لكل 6 اشهر، و 62208000 لتر/طن. بقيمة نقدية 12.4416 دينار/ كغم للمياه و 27.9936 دينار/طن.

ثالثاً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في محطات تحلية المياه:

توجد في منطقة الدراسة محطتين لتحلية المياه الجوفية، هما محطة تحلية مركز قضاء عين التمر، ومحطة تحلية قرية الزقاريط. تزود بالمياه من بئر خاص بكل محطة. تلغ مساحة المحطة 100م². وتتكون من معمل التصفية وخزان ماء البئر (الخزان الذي تنقل الية المياه من البئر بشكل مباشر وترتبط بهذا الخزان المحطة) وخزان التحلية (الخزان الذي تنقل الية المياه الملاء بعد تنقيتها ويرتبط هو الآخر بمعمل التحلية). ويبلغ حجم الخزان الواحد 100م³، ويسعة 100000 لتر، وتمثل هذه الكمية المياه الزرقاء المسحوبة من البئر يومياً. ان محطات التحلية في منطقة الدراسة محطات امريكية الصنع، وتعمل بتقنية التناضح العكسي (Reverse osmosis)، لتحسين جودة المياه وتقليل الاملاح، كما يتم اضافة كميات محددة من الكلور لقتل البكتريا ومنع الجراثيم من النمو في اغشية المحطة. تستخدم المياه المنتجة في كلا المحطتين لاغراض الشرب وغسل الاراضي الزراعية من الاملاح.

إنّ البصمة المائية الزرقاء للآبار المستخدمة في تحلية المياه 100000 لتر/يوم، اما البصمة المائية الرمادية فهي مختلفة بشكل كبير، فأن المياه التي يتم تصفيتها من خزان البئر تفقد ما يقارب 35% بعد التحلية، وهذه الكمية تشير الى البصمة المائية الرمادية الناتجة عن التخلص من الملوثات. وتبلغ 35000 لتر لكل 100000 لتر. في حين بلغت كمية المياه النقية 65% من المياه الزرقاء المسحوبة البالغة 65000 لتر. تم بيع المياه الى السكان بقيمة 5000 دينار لكل 1000 لتر، اي 5000000000 دينار لكل 100000 لتر. وتقدر قيمة البصمة المائية من المياه 20 دينار لكل 1000 لتر. و 0.0002 لكل 100000 لتر. ان بصمة ابار محطات تحلية المياه مرتفعة جداً، مع انخفاض قيمتها النقدية. وعلى الرغم من اهميتها فهي مياه تستخدم للاغراض الملحة كالشرب، الا انها سابقة لاوانها اذ يمكن اعتماد مياه الاساله خاصة ان المنطقة مجهزة بخط ناقل للمياه المسحوبة من نهر الفرات، واستثناء السحب من هذه الآبار في الوقت الحالي.

رابعاً: تقدير البصمة المائية للآبار المستخدمة في معامل الصناعات الإنشائية :

ان معامل استهلاك المياه في الجانب الصناعي يشير الى المياه الزرقاء المستخرجة من نظام المياه الجوفية بالإضافة الى المياه العادمة (الرمادية)، الكامنة وراء نمط معين من الانتاج. وهذا يشير الى كمية المياه المدمجة في المنتج والمياه الملوثة. ويتم استخدام المياه وتلويثها في الانشطة الصناعية ومنها عمليات التعدين والمقالع (اي عملية استخراج المعادن والمواد الاولية الموجودة تحت سطح الارض). اذ يستخدم في عمليات قمع الغبار ونقل النفايات ومعالجة المعادن⁽¹⁾.

كشف المسح الميداني وجود العديد من المقالع في منطقة الدراسة وتركز وجودها في منطقة الشعيب، منطقة الاخضر ومنطقة الزازة، تتكون هذه المقالع عن طريق السيول التي تتعرض لها المنطقة شتاءً. اذ تعد الصحراء الغربية مصدراً هاماً لانتاج (الخابط)، اي المواد الاساسية المستخدمة في أعمال البناء، وتطلق هذه التسمية على مواد (الرمل، الحصى، حصى، جريش، جلود) توجد تحت سطح الارض على شكل طبقة يتراوح عمقها 1-2 م، وبعدها تأتي طبقة الطين المستخدمة في إنتاج الطابوق، وتبعد طبقة الخابط 1م عن وجه الارض. يتم استخراجها بعد ازالة التربة، ويتم نقلها الى المعمل لغرض الغسل والغرلة والعزل حسب الصنف. ونتيجة لتنوع طبقة الخابط تختلف انواع المعامل في منطقة الدراسة واهمها، معامل الحصى الخابط التي تنتج جميع الانواع من الحصى (الحصى الناعم وحجمه اقل من 5.16 ملم، الحصى المتوسط ويتراوح احجامه ما بين 5.17- 5.19 ملم، وحصى كبيرة الحجم يتراوح حجمها ما بين 5.20- 5.27 ملم)، والجلود (يتراوح حجمة ما بين 5.28-50 ملم، والجريش وعددها 74 معمل، معامل تنتج انواع معينة من طبقة الخابط معامل الرمل العادي والمغسول 13 معمل، معامل الجص 8 معمل ومعامل الطابوق 14 معمل. وبلغ مجموع معامل الخابط في المنطقة 109 معمل. جدول (70).

(¹) Arjen. Hoekstra, the water footprint of industry, university of twenty, twenty water center Enschede, the Netherlands, 2015, pp263.

جدول (70) اعداد وانواع معامل معامل الخابط لسنة 2023 في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة.

ت	انواع المعامل	المجموع
1	الرمال العادي والمغسول	13
2	حصى خابط (رمل، حصى، جلود، جريش)	74
3	الجبص	8
4	الطابوق	14
	المجموع	109

المصدر: محافظة كربلاء المقدسة، قسم الاملاك والاراضي، شعبة الاملاك، بيانات 2023.

يبدأ استخدام المياه من بداية تشغيل المعمل وتحميل المواد على أمشطة العزل، غسل المواد وتصفيتها وعزلها حسب الحجم باستخدام المياه وامشطة المعمل، ويتم تشغيل المعمل بمتوسط 8 ساعات باليوم الواحد.

يتم تجهيز المعمل بالمياه من البئر الخاص بالمعمل، اذ يتم سحب المياه بشكل يومي وتحولها الى خزان المعمل (وهو عبارة عن بحيرة ترابية يتم انشائها ضمن الموقع بسعة 2500م اي دونم كامل وبعمق 3م، تستخدم في خزن المياه وتحويلها الى المعمل، وتحتاج هذه البحيرة الى تشغيل 8 ساعات مستمرة لملئها). وهذا يعني ان صافي المياه الزرقاء التي يتم سحبها من البئر خلال اليوم الواحد لملأ البحيرة 259200 لتر/ 8 ساعات، وتمثل البصمة المائية الزرقاء للبئر خلال اليوم. ان هذا الاستخدام الجائر للمياه الزرقاء يزيد من خطر استنزافها خاصة اذا ما علمنا عدم وجود عمليات تدوير للمياه، كما ان مثل هذا النوع من البحيرات يعرض المياه الى التبخر اولاً، والى التسرب ثانياً كونها بحيرات غير مبطنة، بالاضافة الى عدم استخدام تقنيات ومعامل حديثة تقلل من استخدام المياه المسحوبة (الزرقاء) ما يزيد من حجم المياه المتضمنة للمنتج.

تختلف كمية المياه المستخدمة في عمليات العزل والتنظيف بحسب كمية التحميل لجميع انواع الخابط عدا الجص لا يستخدم في الماء والطابوق فأن جميع معامل الطابوق في المنطقة مغلقة. اذ يتم التحميل في سيارة سكس ويبلغ متوسط حملها 18 طن من الحصى او الرمل او الجريش والجلمود فوزن الحمل ثابت لكل الية الا انه يختلف في كمية المياه الداخلة في الانتاج ولا بد من ملاحظة ان جميع المياه المستخدمة في معامل الخابط تعد المياه المتضمنة لها جميعها مياه رمادية، فهي لا تدخل ضمن مكونات المنتج ولكن تنتج مياه متضمنة بشكل مياه ملوثة.

وهذا يعني ان البصمة المائية الرمادية للمياه بالسنبلة للبئر مساوية للبصمة المائية الزرقاء اذا ما اعتمدنا اساليب حديثة تقلل من الفوائد لعمليات التبخر وعمليات التسرب. وبحسب نوع الحمل فان خزان المعمل يساهم في عزل وتنظيف 30 الية سكس اي بواقع 540 طن من الخابط وهي المياه الزرقاء الداخلة في عملية الانتاج، لمتوسط 18 طن لكل سكس. وتقدر البصمة المائية الرمادية للمنتج 8640 لتر/ سكس، بمجموع 480 لتر/طن. وبتقدير كفاءة البصمة المائية الانتاجية بالقيمة النقدية يتبين ان سعر سكس من انواع الخابط 144000 دينار، اي 8000 دينار لكل طن. بقيمة نقدية للمياه للسكس الواحد 1.8 دينار لكل طن.

اما اذا كانت الالية المستخدمة تريلة فأن خزان المعمل يساهم في تنظيف وعزل 20 تريلة اي ما يقارب 520 طن يتم انتاجها من المياه الزرقاء للبحيرة باليوم، وان البصمة الرمادية لجميع التريلات بلغت 12960 لتر لكل 20 تريلة و 498 لتر/طن. بقيمة نقدية للمياه الرمادية بلغت 208000 دينار لكل 26 طن و 1.24 دينار/طن. اما اذا كانت الالية المستخدمة قاطرة ومقطورة فأن المياه الزرقاء لخزان المعمل تكفي 15 الية. بوزن 40 طن اي كمية الانتاج للمياه الزرقاء 600 طن لكل قاطرة. وان البصمة الرمادية لكل 15 قاطرة من الخابط 17280 لتر، وللطن 432 لتر. وبلغت القيمة النقدية لمادة إنتاج القاطرة 0.81 دينار.

الفصل الخامس

الاستنزاف المائي للمياه الجوفية في الجزء الغربي من الصحراء الغربية لمحافظة كربلاء المقدسة

- أولاً: مفهوم الاستنزاف المائي وأسبابه
- ثانياً: الموارد المائية في الجزء الغربي من الصحراء الغربية في محافظة كربلاء المقدسة
- ثالثاً: الاستنزاف المائي للمياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة
- رابعاً: تقدير الاستهلاك الاستخدامي للمياه الجوفية باستخدام (الطريقة التقليدية)
- خامساً: تقدير عمر المياه الجوفية باستخدام الطريقة الجيوكيميائية، تحليل النظائر (الطريقة الحديثة)
- سادساً: استخدام الطرق الجيوكيميائية في تقدير عمر المياه الجوفية في الصحراء الغربية (خزان الدمام)

المقدمة:

إنّ الاحتياطات المائية للعراق محدودة فهي تعتمد بالدرجة الاولى على مياه نهري دجلة والفرات. ووجود نهريين في بلد ما يزيد من توافر الموارد المائية المتجددة ويحقق الامن المائي؛ إلا أنّ ما يثير القلق ويهدد الامن المائي في العراق ومنطقة الدراسة بشكل خاص ان هذه الانهار هي انهار دولية، وان العراق بلد المصب لا المنبع. وهذا يزيد من مخاوف الشحة المائية في المستقبل القريب والتي بدت اثارها واضحة في السنوات الاخيرة، خاصة ان العراق يتشارك مياه انهاره مع دول لا تحترم حقوق الدول المتشاطئة، فهي تعتمد سياسة الحق المطلق تجاه الموارد المائية العابرة للحدود.

وما يزيد الوضع سوءاً ان منطقة الدراسة لا تتأثر احتياطاتها المائية بمياه النهريين، لبعدها عن مصادر المياه السطحية. لذا فإن المنطقة تعتمد بشكل كامل على مياه الامطار والمياه الجوفية لتوفير الاحتياطات المائية. كما ان تغيير المناخ ساهم في تقليل كمية الهطول المطري، وان كميات الهطول المضافة حديثاً تساهم في اعادة شحن طبقات المياه الجوفية الضحلة القريبة، وسرعان ما يتم استثمارها. ولا بد من الاشارة الى ان الاحتياطات الجوفية العميقة في منطقة الدراسة هي الاخرى (عابرة للحدود) ما يزيد الامر سوءاً ويعرض الاحتياطات المائية الى الاستنزاف العاجل، وهذا يعرض جميع الاستثمارات القائمة في المنطقة الى الخطر والخسائر، كما يتسبب في تخريب النظم البيئية الطبيعية. لذا لا بد من التعامل بحذر مع هذا المورد.

اولاً: مفهوم الاستنزاف المائي وأسبابه:

يرتبط مع مفهوم الاستنزاف المائي بمفاهيم عديدة اخرى، تفضي جميعاً الى مؤثر سلبي على المياه، فالاستنزاف، التبذير، الهدر، الضياع، الافراط والنضوب تعبر عن ما تقول الية المياه؛ إذ تتعرض المياه في مختلف مناطق العالم سطحية كانت ام جوفية وبدرجات متباينة الى الاستخدام غير الفعال لمواردها المائية. فالاستغلال المفرط للمياه الجوفية واكثرها من مصادر غير متجددة ادى الى استنفاد الموارد المائية في بعض المناطق، لا سيما التوسع في الزراعة في المناطق

الصحراوية سيقود حتما الى الافراط في موارد المياه الجوفية. فهذا الاستغلال لا يتم على اساس دراسة علمية ميدانية للكميات المائية الموجودة وكميات التغذية الحقيقية السنوية⁽¹⁾.

يعرف استنزاف المياه الجوفية: بأنه " السحب (المطول) المتعدد السنوات من طبقة المياه الجوفية، بكميات تتجاوز متوسط التجديد السنوي" ما يؤدي الى انخفاض مستمر في مستويات المياه الجوفية وانخفاض احجام المياه الجوفية، ان معدلات الاستخراج المتسارعة تضع موارد المياه الجوفية في خطر، ففي نهاية المطاف سوف يواجه الاشخاص المستخدمين للمياه الجوفية نقطة تحول خطيرة عندما ينخفض منسوب المياه دون عمق البئر. وهذا يحمل مخاطر على انظمة الغذاء والمستهلكين⁽²⁾.

ويرى العلماء مصطلح استنزاف الخزان الجوفي تعبير عاطفي لا يرتقي الى التعريف العلمي، ولكن لا يمكن اهماله من قبل مديري الموارد المائية، فهذا المصطلح له سجل واضح عند الجمهور وعلى المستوى السياسي، والبعض يعبر عن الخزان الجوفي يستنزف عندما تظهر مناسيب المياه الجوفية به دليل على انخفاض مستمر على المدى الطويل. واخرون يأخذونه على انه يعني (ان متوسط معدل التغذية للمياه الجوفية على المدى الطويل أقل من السحب). حتى هذا التعريف لا يمكن اعتماده⁽³⁾؛ لأنه غير قادر على التعريف العلمي المحدد نتيجة حاجته لتحديد⁽⁴⁾:

1- ما هي الفترة الزمنية التي يتم على مدارها تقييم رصد المصدر المائي، وبخاصة في الحالات التي يتم توزيع ما يضح بأسلوب غير متساو.

(1) هادي احمد الفراجي، ترشيد استهلاك المياه، مكتب التربية العربي لدول الخليج، مسقط، 2006، ص36.
(2) صادق ابراهيم، محمود عبد الجواد، الامن المائي والتخزين الاستراتيجي للمياه في الكويت والوطن العربي، مجلة العلوم والتكنولوجيا، العدد51، الكويت، 2000، ص5.
(3) الادارة المستدامة للمياه الجوفية المفاهيم والادوات، سلسلة المذكرات الموجزة، ترجمة كمال عودة غديف، البنك الدولي، الولايات المتحدة الاميكية، 2006. Stephen foster, Albert tuinhof.
(4) البنك الدولي، المياه الجوفية من منظور القوانين والسياسات، الولايات المتحدة العربية، النسخة العربية، ط1، 2003، ص25-26.

2 - ما هي الفترة الزمنية التي يتم تقييم رصد المصدر المائي فيها، وبخاصة في حالة المناخ الأكثر جفافاً، اذ لا تحدث عملية الشحن في كل موسم ومن الممكن ان تتم عملية الشحن كل عقد من الزمن.

يمكن النظر الى استنزاف المياه الجوفية من منظوريين مختلفين: في الحالة الاولى يعتبر الاستنزاف حرفياً وبكل بساطة انخفاض في حجم المياه في المنطقة المشبعة بغض النظر عن اعتبارات جودة المياه. ويرى منظور ثان ان الاستنزاف هو انخفاض في الحجم القابل للاستخدام من المياه الجوفية العذبة المخزنة فمثلاً (يعد تسرب مياه البحر الى طبقة المياه الجوفية استنزافاً كبيراً فيما يتصل بجودة لمياه في حين انه لا يؤدي الى استنزاف الحجم الاجمالي من السوائل)⁽¹⁾.

غالباً ما يعزى استنزاف المياه الجوفية الى عمليات السحب الزراعي، وان هذا الاستنزاف يؤدي الى العديد من التأثيرات الخارجية بما في ذلك جفاف الاراضي الرطبة والمجاري المائية المعتمدة على المياه الجوفية نتيجة لانخفاض منسوب المياه، وضغط طبقات التربة القابلة للضغط، وهجرة المياه الجوفية الجيدة الى اسفل، وتسرب المياه المالحة الى انظمة المياه السطحية⁽²⁾.

وتعد هذه من اخطر الاثار الجانبية الظاهرية على الافراط في سحب المياه والتي يصعب اصلاحها لان الماء المالح الذي غزى الشقوق منتشر بسرعة الى داخل قاعدة الاحواض الجوفية القابلة لنفاذ المياه اليها، وفي معظم الاحيان سيحتاج الامر إلى عقود لكي يتم تصريف هذه المياه المالحة حتى بعد مرور المياه العذبة القادمة اليها من مناطق الشحن⁽³⁾.

(1) Lenard F. konikow, Eloise .Kendy, grown water depletion : a global problem, hydrologic consulting, USA, vol13, 2005, pp 317-320.

(2) United nations, the united world water development, report / making the invisible UNESCO, 2022, pp 175.

(3) البنك الدولي، مصدر سابق، ص27.

جدول (71) يوضح تأثيرات الافراط في سحب المياه الجوفية.

زيادة تكاليف الضخ/الرفع.	التدخل الذي يمكن إصلاحه
زيادة معدلات السحب من البئر.	
نقص معدل تدفق الماء من المنبع.	
التأثير على النظم البيئية الطبيعية والزراعية.	
دخول المياه المالحة الى مصدر المياه الجوفية.	التدهور الذي لا يمكن إصلاحه
دخول المياه الملوثة الى الخزان الجوفي.	
انخفاض معدل تدفق الماء من الاحواض الجوفية.	
تأثيرات التسربات على الارض.	

المصدر: البنك الدولي، المياه الجوفية من منظور القوانين والسياسات، ط1، النسخة العربية، الولايات المتحدة الامريكية، 2003، ص27.

وان اكثر تعريفات الافراط في السحب منطقية هو التعريف الاقتصادي، عندما تكون مزايا استخدام المياه الجوفية اقل من تكاليف تبعات السحب منها⁽¹⁾.

فعندما نتحدث عن استنزاف الخزان الجوفي فأنا بدون شك نكون معنيين اكثر بعواقب السحب الشديدة للمياه الجوفية عن مستواه المطلق، لذلك فإن التعريف الاكثر مواءمة هو التعريف الاقتصادي الذي يعرف الاستنزاف بأنه (التكلفة الكلية للتأثيرات السلبية لسحب المياه الجوفية، تتخطى صافي فوائد استخدام المياه الجوفية)⁽²⁾.

ان زيادة استغلال المياه الجوفية جاء نتيجة توافر عوامل العرض مثل (قدرتها على توفير الري المرن لدعم الزراعة، التوافر السهل للمضخات غير المكلفة، توفر تقنيات الحفر والطاقة التي غالباً ما تكون مدعومة من الدولة) كما ساهمت عوامل الطلب الناشئة عن الحاجة الى

(¹) البنك الدولي، مصدر سابق، 26.

(²) الادارة المستدامة للمياه الجوفية المفاهيم والادوات، مصدر سابق، ص5.

توفير المزيد من الغذاء للسكان الى استنزاف المزيد من المياه الجوفية. ان هذا الاستخدام المفرط سيؤدي حتماً الى ندرة المياه الجوفية وتلويثها بالمستقبل.

إنَّ استنزاف المياه الجوفية في منطقة ما غالبا ما يكون ناتج للأسباب الآتية:

1 - الاستخراج العشوائي من الابار الخاصة وعدم التعاون مع الجهات الرسمية، واصرار المستخدم على التمتع بالحرية الكاملة في استعمالات المياه دون اي نوع من الرقابة والضوابط.

2 - جهل المزارعين بالاحتياجات المائية الحقيقية لكل نوع من انواع النباتات.

3 - استصلاح المزيد من الاراضي الصحراوية يتطلب هدر كميات كبيرة من المياه الجوفية⁽¹⁾.

يعد التوازن في استخراج المياه الجوفية واعادة الشحن امر بالغ الاهمية للحفاظ على مستويات المياه المستقرة وضمان امداد موثوق المياه الي الشرب وتجنب استنزافها.

خلال النصف من القرن الماضي ادى سهولة الوصول الى الابار التي يتم ضخها الى انفجار عالمي في تطوير المياه الجوفية للإمدادات البلدية، الصناعية والزراعية، وعلى الصعيد العالمي بلغ سحب المياه 750 - 800 كم³/السنة. ساهمت هذه الامدادات في تحقيق مكاسب اقتصادية هائلة، ما ادى الى استنفاد احتياطات المياه الجوفية في العديد من الاماكن الى الحد الذي الى انخفاض في انتاج الابار وارتفاع تكاليف الضخ وتدهور جودة المياه وتضرر النظم البيئية وهبطت الارض بشكل لا رجعة فيه.

إنَّ استنزاف المياه الجوفية هو النتيجة الحتمية والطبيعية لسحب المياه من طبقة المياه الجوفية، ويشير الانخفاض المستمر والكبير في منسوب المياه الجوفية في طبقات المياه الجوفية المتجددة الى النضوب وظهر هذا الاستنزاف بشكل واضح في دول شمال افريقيا والشرق الاوسط ووسط وشرق الصين ، ففي بعض هذه المناطق اصبح استخدام المياه الجوفية مستحيلا او مكلفا، وقد تحذو بعض الدول حذو المملكة العربية السعودية الى التخلي عن هدفها في تحقيق

(¹) محمد بهجت ثامر، اثر النشاط الزراعي على استنزاف المياه الجوفية في قضاء المحمودية، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، العدد 55، 2014، ص260.

الاكتفاء الذاتي من زراعة الحبوب عندما لم يعد من الممكن استدامة استخراج المياه الجوفية. إذ الجهود المبذولة لمواجهة استنزاف المياه الجوفية معقدة بسبب المطالب التنافسية على الموارد المائية، لذا لا بد من إعادة توزيع المياه بين القطاعات لتحسين الاستخدام المشترك . وفي مناطق أخرى تؤدي مشاريع نقل المياه واسعة النطاق إلى الحفاظ على الأنشطة والسكان الذين يعتمدون على استنزاف موارد المياه الجوفية حتى على حساب التأثيرات البيئية في حوض تصدير المياه. وتمثل الصادرات والواردات (الافتراضية) للمياه في شكل حبوب استجابة عالمية لاستنزاف المياه الجوفية الإقليمية. إذ تشير التحليلات للعرض والطلب على المياه أي الأساليب المعتمدة لاستدامة المياه غير كافية وبدلاً من ذلك لا بد من إعادة تخصيص المياه للاستخدامات الحضرية والصناعية واستيراد الحبوب بدلاً من إنتاجها. وهذا ما بدأ تطبيقه في الصين اليوم وخاصة في شمال الصين وذلك لتحقيق التوازن لتحقيق الاحتياجات المتنافسة في الجوانب الصناعية والزراعية، الحضرية وحتى البيئية⁽¹⁾.

ان تأثير استهلاك واستغلال المياه الجوفية يتحدد بأسلوب ونوع الاستخدام الذي يتعرض له الخزان الجوفي في منطقة ما وتتمثل في⁽²⁾:

1- الإنتاج الآمن: ينصرف الجريان الجوفي إلى مكان ما بفعل السحب الذي يقلل من هذه التصريفات، ولكن مصدر الماء الجوفي المضخوخ يمكن ان يكون معقداً ويسمى بالإنتاج الآمن (وهو محدود بمتوسط معدل التغذية الحالية للخزان الجوفي على المدى الطويل) أي الحد الأقصى للسحب من المياه الجوفية الذي تعد عواقبه مقبولة. ومع ذلك يجب اعتبار:

أ - إصدار الأحكام على قيمة وأهمية ابقاء (على الأقل جزء من) بعض التصريفات الطبيعية من نظام الخزان الجوفي.

ب - مراعاة الاستخدام الاستهلاكي والتصدير من الحوض وتعارضهما من الاستخدامات المحلية غير الاستهلاكية التي تتسبب في توليد محلي للتغذية الراجعة⁽¹⁾.

(1) Lenard F. konikow, op.st, pp317-320.

(2) البنك الدولي، المياه الجوفية من منظور القوانين والسياسات، الولايات المتحدة العربية، النسخة العربية، ط1، 2003، ص4.

2- تعدين المياه: يشير الى الانخفاض التدريجي على المدى الطويل في كمية المياه المخزونة في نظام طبقة المياه الجوفية المتوقع حدوثه، كطبقات المياه الجوفية غير المتجددة في المناطق الجافة وشبه الجافة⁽²⁾. ويشير للاستنزاف بهذا المفهوم في الظروف التي تنتج عن السحب من المياه الجوفية واستخدامها حدوث استنزاف متسارع لمصدر المياه، وفي هذا الوضع تميل النظم التشريعية بالتشريع الذي يوفر مناطق محمية يطبق عليها قواعد تنظيمية اكثر صرامة⁽³⁾.

3- الاستغلال المفرط: ما يعرف بسحب المياه من طبقة المياه الجوفية بمعدلات مرتفعة مع اعتبار كل الآثار السلبية لاستغلال المياه الجوفية⁽⁴⁾.

ثانياً: الموارد المائية في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء:

يقصد بالموارد المائية في منطقة ما جميع الموارد المائية الموجودة فيها بغض النظر عن مصدرها (سطحية، جوفية، امطار). ولا بد من ادراك ان الموارد المائية بنوعها (السطحية، الجوفية) تمتد الى ما هو ابعد من الحدود الادارية ما يشكل تحدياً كبيراً، ولا تشكل طبقات المياه الجوفية استثناءً بل تحدياً اكبر، لان مياهها مخفية تحت الارض، وتلك التي تعبر الحدود تشكل حالات معقدة فالقانون الدولي بشأن المياه الجوفية المشتركة ما زال في مرحلة الاولى ما يشكل تحدياً ادارياً وخاصة بالنسبة لبلدان المناطق القاحلة التي تعتمد على المياه الجوفية العابرة للحدود. فان فقدان الامن الذي توفره المياه الجوفية مقارنة بالمياه السطحية يشكل خطراً على الاجيال الحالية والمستقبلية ويؤثر بشكل واضح على الامن المائي والغذائي. وبالتالي تأثيره على

(1) الادارة المستدامة للمياه الجوفية المفاهيم والادوات، ص4.

(2) ادارة موارد المياه الجوفية في اطار الادارة المتكاملة للموارد المائية، ترجمة صلاح مفتاح عبد الله، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي اسيا، الاسكو، بيرون، ص37.

(3) محمد مدحت مصطفى، اقتصاديات الموارد المائية رؤية شاملة لإدارة المياه، مطبعة الاشعاع الفنية، الاسكندرية، 2001، ص 63.

(4) ادارة موارد المياه الجوفية في اطار الادارة المتكاملة للموارد المائية، ص38.

المياه المتاحة للاستخدام البشري والتخزين الاستراتيجي في منطقة ما بدرجة كبيرة، ويظهر هذا التأثير بشكل خاص في المناطق الجافة وشبه الجافة⁽¹⁾.

فالمياه المتاحة للاستخدام تعرف بانها: حجم المياه الممكن الحصول عليها للاستخدام في مكان ما، عند توقيت ما، تحت ظروف التقنية المتاحة. وعلية فأن هذا المفهوم ينطبق على المياه الجوفية والسطحية، ويتغير حجمها بتغير الظروف الطبيعية، فمن الممكن فرض قيود على خفض المسحوب تحسباً لدورات جفاف قادمة، او حفاظاً على صلاحية المياه للاستخدام⁽²⁾. اما تعبير التخزين الاستراتيجي فهو واضح في البلاد التي لديها مياه عذبة طبيعية سواء كانت سطحية أو جوفية، وتتساقط عليها كميات امطار كافية لشحن مخزونها الكافي للاستهلاك السنوي، سواء كانت مكامن جوفية او سدود او بحيرات من المياه العذبة. والمخزون الاستراتيجي في هذا السياق يعني كميات تكفي الاستهلاك مدة طويلة⁽³⁾.

فالتخزين الاستراتيجي: هو توفير كميات من المياه العذبة تفي باحتياجات الاستهلاك اليومي لمختلف القطاعات، ويتم توزيعها تحت الظروف الطارئة، لمدة تكفي لاستعادة الاوضاع الطبيعية، وهذا في حالة تعرض المنشأة الهيدروليكية الى كوارث طبيعية او حصول عبث من قبل الانسان⁽⁴⁾.

والمياه العابرة للحدود هي المياه المشتركة بين بلدين او اكثر، تمتد خارج الحدود الوطنية سواء على السطح او تحته. وتعرف طبقة المياه الجوفية العابرة للحدود وفقاً للجنة القانون الدولي بأنها طبقة مياه جوفية او شبكة مياه جوفية تقع اجزاء منها في دول مختلفة. حاولت لجنة الامم المتحدة تنظيم ادارة مجاري المياه المشتركة (السطحية والجوفية) واعطت تعريف نهائي للمجرى المائي بأنه: نظام المياه السطحية والجوفية الذي يشكل كلا واحداً بحكم علاقتهما الطبيعية

(1) Richey, Alexandra, quantifying renewable groundwater stress with GRACE, water resources reserch, vol 51, 1,2015,pp 12.

(2) محمد مدحت مصطفى، مصدر سابق، ص 63.

(3) مركز الامارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، امن الماء والغذاء في الخليج العربي، الامارات العربية، ط1، 2013، ص171.

(4) صادق ابراهيم، محمود عبد الجواد، الأمن المائي والتخزين الاستراتيجي للمياه في الكويت والوطن العربي، مجلة العلوم والتكنولوجيا، العدد 51، 2000، ص36.

وتدفقهما الى نقطة وصول مشتركة، وتعد طبقة الدمام من الطبقات الدولية التي ينطبق عليها بنود القانون الدولي⁽¹⁾.

ترتبط الموارد المائية الجوفية في منطقة الدراسة ارتباطاً وثيقاً بشبكة المياه الجوفية المشتركة بين الدول العربية المجاورة فطبقات المياه الجوفية في المنطقة عابرة للحدود. وعندما يشار الى طبقة المياه الجوفية عابرة للحدود فإن هذا يعني ان اجزاء منها تقع في ولايات مختلفة وتتمثل في مساراً طبيعياً تحت السطح لتدفق المياه الجوفية، يعبر حدوداً دولية بحيث تتدفق المياه من احد جانبي الحدود الى الجانب الاخر⁽²⁾.

اذ تحتوي خزانات المياه الجوفية العابرة للحدود قناة طبيعية تحت سطح الارض تتدفق فيها المياه الجوفية عبر الحدود الدولية. لذا يمكن ان يكون للعمليات الجارية في خزانات المياه الجوفية في بلد ما (مثل الاستخراج المفرط او تلويثها الشديد) أثر كبير في البلد الموجود على الجانب الآخر من الحدود⁽³⁾.

فطبقات المياه الجوفية الصخرية تحتوي على فتحات كبيرة، تعمل المياه على إذابة الصخور وعمل تلك الفتحات وتتميز هذه الفتحات بالقدرة على تخزين كميات كبيرة من المياه الجوفية. تتدفق المياه الجوفية عمودياً افقياً عبر الطبقات بمعدلات تتأثر بالجاذبية والتكوينات الجيولوجية للمنطقة. ومن الممكن ان تبقى المياه لفترة قصيرة في الخزان الجوفي تقاس بالأيام أو قد تبقى لعدة قرون حسب عمليات السحب وحسب الوقت المستغرق في اعادة شحن طبقة المياه الجوفية، اذ يختلف معدل تدفق المياه الجوفية (معدل اعادة الشحن) بشكل كبير لتأثره بعدة عوامل (المناخ، التضاريس أو الطبغرافية، الجيولوجيا، نوع وكمية الغطاء النباتي)⁽⁴⁾.

(1) تقرير المياه والتنمية التاسع عشر، الامم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب اسيا، المياه الجوفية في المنطقة العربية، بيروت، 2022، ص84.

(2) United nations, op.st ,pp 172.

(3) المياه الجوفية إمارة اللثام عن المستور، مصدر سابق، ص10.

(4) United nations, op.st, pp 102.

فانخفاض الامطار يعني توفر كمية اقل من المياه لتجديد مستويات المياه الجوفية، كما ان التضاريس تؤثر في معدل الجريان، اما الغطاء النباتي والجيولوجيا يؤثر في قدرة التسرب للمياه والتأثير في معدل شحن المياه⁽¹⁾.

يساعد تدفق المياه الجوفية على ضمان استدامة النظم الايكولوجية واستمرار الجريان الاساسي الذي يسهم في تجديد المخزون المائي للجداول والانهار ويمثل مصدراً مهماً يحدد مدى تعرض الجداول والانهار لخطر النضوب خلال فترات الجفاف، وتعد النظم الايكولوجية البرية على المياه الجوفية في جميع الاقاليم الحيوية في العالم، وغالباً ما تستمد الحفر المائية في البيئات القاحلة المياه من المياه الجوفية، ومن ثم تمثل المياه الجوفية عنصراً حاسماً للحفاظ على الشبكات الغذائية في البيئات القاحلة مثل حشائش السفانا⁽²⁾.

تعتمد البلدان لعربية اعتماداً كبيراً على المياه الجوفية التي توجد في عدد من طبقات المياه الجوفية المشتركة مثل شبكة الخزانات الجوفية بين الاردن وسوريا، وتكوين المياه الجوفية المشترك بين عمان والامارات العربية، وتكوين الدمام بين كل من السعودية والعراق، الكويت والامارات وصولاً الى اليمن. وتشارك غالبية الدول في تكوينات جوفية غير متجددة، ويبلغ عدد الخزانات الجوفية 41 تكويناً، وقد شجع امتداد طبقات المياه الجوفية المشتركة وتقدم تكنولوجيا الضخ اعتماد القطاعات الزراعية والحكومات التي تسعى الى تأمين الاكتفاء الذاتي بالأغذية على هذه الموارد، رغم ان كميات كبيرة من المياه الجوفية تسحب من احتياطي المياه الجوفية الاحفورية وهذه غير متجددة⁽³⁾.

يمكن حصر المجموعات لهيدرولوجية في الوطن العربي الى ست مجموعات تضم كل منها طبقة مائية واحدة او اكثر او عدة طبقات، وتكون على اتصال هيدروليكي فيما بينها احياناً ورأسياً احياناً اخرى. ويمكن تقسيم هذه المجموعات الهيدرولوجية الى نوعين مهمين حسب عمرها الزمني هي:

(1) United nations, op,st , pp 105.

(2) المياه الجوفية اماطة اللثام عن المستور، مصدر سابق، ص5.

(3) التوجه نحو الامن المائي في المنطقة العربية، منظمة الاسكو، الامم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب اسيا، بيروت، 2019، ص 37.

1 - الموارد المائية الجوفية المتجددة: تتمثل بالطبقات التي تردها تغذية سنوية شبة منتظمة من مياه الامطار او الانهار، لتعويض المستخدم منها وتشمل (مجموعة صخور الزمن الجيولوجي الرابع، مجموعة الصخور الكارستية للزمن الثاني والثالث، مجموعة الصخور الكاربونية للزمن الثالث والرابع). وتتواجد هذه الطبقات على طول سواحل البحر المتوسط والادوية الموسمية في شبة الجزيرة العربية.

2 - الموارد المائية الجوفية غير المتجددة (الحفرية): تتمثل بطبقات لا تردها تغذية سنوية منتظمة او حديثة لتعويض الفاقد نتيجة الاستخدام، تتواجد في مجموعة الصخور الرملية للزمن الجيولوجي الاول والثاني، ومجموعة الصخور الكاربونية للزمن الثالث، تمتد بين السودان ومصر، تونس والجزائر، والطبقات المنتشرة في البادية السورية العراقية والاردنية، وطبقات الدمام في شبة الجزيرة العربية⁽¹⁾.

ان هذا النوع من الموارد يتوجب على الانسان ان ينظم استغلالها ويحافظ على الرصيد المتاح منها مراعاة لمصالح الاجيال القادمة. فأى كمية من المورد الناضب يستخدمها الجيل الحالي ستكون على حساب الاجيال القادمة. وتمثل تكلفة الفرصة البديلة على المجتمع في المستقبل، وذلك لان الفوائد التي تجنى منها في المستقبل تتفقد؛ لأنها استخدمت في مرحلة حالية، فإذا لم يؤخذ بالحسبان تكلفة الفرصة البديلة سيتم استهلاك اكثر ما يجب (استهلاك جائر)، كما انها ستدفع سعر اقل، الامر الذي سيحرم الاجيال القادمة من بعض حقوقها⁽²⁾.

فإن استثمار الموارد الناضبة يتبع سياستين: الاولى **سياسة محافظة** اذ يقل المعدل المستخدم من الموارد في الوقت الحاضر من اجل اتاحتها في المستقبل. والثانية **سياسة غير محافظة** يزيد فيها معدل الاستخدام الجاري على حساب نقصها في المستقبل، ان سياسة المحافظة تؤدي الى منفعة اجتماعية منخفضة في الوقت الحالي، لكن توزيع هذه المنفعة يستمر على مدى مدد زمنية

(1) عبد الفتاح صديق عبد اللاه، مصدر سابق، ص223.

(2) أنور عبد الزهرة شلش العتابي، الموارد المائية في العراق بين تحدي السياسات وفرص الاستدامة، الجامعة المستنصرية، كلية الإدارة والاقتصاد، 2014، ص15.

اطول. وعلى عكس غير ذلك فان سياسية غير المحافظة تكون فيها المنفعة الاجتماعية الحالية اكبر ولكن على حساب استثمارها لمدة قصيرة في المستقبل⁽¹⁾.

لا بد من ادراك نقطتان رئيسيتان في الموارد المائية الناضبة:

1 - ان النمو الطبيعي للموارد المائية او الدورة المائية يكون غير منتظم زمنياً ومكانياً، وحتى في حجم وكمية المياه المتجددة.

2 - ان المياه الجوفية اذا لم تستغل وتستخرج في الوقت المحدد فسوف تهبط الى الطبقات السفلى وتنتهي الى البحيرات والمحيطات، او يتم استغلالها من طرف الدولة المجاورة⁽²⁾.

فالموارد المائية سواء كانت متجددة أو غير متجددة مستمدة من الطبيعة ولا يمكن ان تنفذ إلا إذا كانت هناك عوامل وسياسات مؤثرة تساعد في نفاذها ويرى الخبراء ان معدلات الشحن في السنوات الاخيرة منخفضة بشكل كبير بسبب التغيير المناخي وظروف الجفاف، فمن الممكن ان تنتقل المياه لمسافات بعيدة في مناطق اعادة الشحن وتؤدي إعادة الشحن إلى استبدال الاحجام التي تم تصريفها من الخزانات الجوفية واعادة ملئها. وان التباين في تجديد المياه يتباين من منطقة الى اخرى حسب العوامل المذكورة سابقاً، ان حالة السحب من الموارد المائية الجوفية تعد مؤشر لقياس الضغوط على المياه الجوفية في مناطق عدة ويصبح هذا المؤشر اكثر دقة اذا ما اخذنا في الاعتبار التغيرات الموسمية للمناخ، فاذا كانت كمية السحب اكبر من الشحن فإن هذا سيؤدي الى استنزاف المياه الخفية⁽³⁾.

فعندما يفوق استهلاك المياه الجوفية عمليات اعادة تغذية المخزون، ومع ان تقلب وتغيير المناخ يساهمان في هذه الظاهرة الا ان معظم حالات استنزاف مخزون المياه الجوفية في الاجل الطويل تنجم عن الافراط في استخراج المياه الجوفية، ويسجل معدل استنزاف مخزون المياه

(1) أنور عبد الزهرة شلش العتاي، مصدر سابق، ص16.

(2) محمد مدحت مصطفى، مصدر سابق، ص21.

(3) United nations, op.st, pp 108.

الجوفية الاجمالي على الصعيد العالمي مستويات مرتفعة تتراوح ما بين 15 - 25 % من مجموع المياه الجوفية⁽¹⁾.

وتمثل طبقات المياه الجوفية العميقة لاسيما الموجودة في المناطق القاحلة حالات خاصة ومثيرة للقلق. اذ يتم ازالة المياه منها بشكل دائم في حين لا تتلقى طبقات المياه الجوفية التجديد ضئيل في ظل المناخ الجاف. ان مثل هذه الخزانات التي تتلقى معدل اعادة شحن لا يذكر تتطلب استراتيجيات طويلة الاجل لاستثمارها بشكل مخطط. مع وجود تدابير بديلة لتأمين امدادات المياه الاساسية وتحويل الاقتصاد الى اقتصاد اقل استهلاكاً للمياه، ويعد الافق الزمني لتحقيق هذه الاهداف معياراً تخطيطياً حاسماً⁽²⁾.

اذ تتعرض اجزاء كبيرة من طبقات المياه الجوفية لاستنزاف لا رجعة فيه؛ اذ ان اعادة تعبئتها من التغذية الطبيعية او حتى من التغذية الاصطناعية امر غير ممكن. ويعزى ذلك الى انضغاط طبقاتها وهبوطها، او لان اعادة تعبئتها الطبيعية ستكون مستحيلة، نظراً للوقت الطويل المطلوب فضلاً عن صعوبة توفير موارد مياه خارجية لإعادة تعبئتها. ان هذا الاستنزاف للمياه الجوفية اصبح يهدد بتقويض الامن الغذائي وامدادات المياه الاساسية والسلامة البيئية بشكل كبير. فالمياه الجوفية تمثل مورد مياه عذب متاح وموثوق للغاية لدعم سبل العيش وخاصة في فترات طويلة من هطول الامطار الغير كافية او فترات الجفاف، اذ يمكن ان تساعد في التغلب على ندرة المياه والصدمات المرتبطة بالجفاف، وبشكل عام تتشابه عوامل الضغط على طبقات المياه الجوفية المحلية والعبارة للحدود، الا ان الحدود السياسية تضيف تحديات جديدة، اذ يمكن ان يكون للإجراءات المتخذة بشأن طبقة المياه الجوفية في بلد ما تأثير كبير على الجانب الاخر من الحدود. ويؤدي السحب المفرط من جانب واحد من الحدود الى انخفاض منسوب المياه في الدولة المجاورة؛ بل يؤدي في بعض الاحيان الى عكس تدفقات المياه الجوفية العابرة للحدود مما يتسبب في تلوث طبقة المياه الجوفية في جانب واحد من الحدود.⁽³⁾

(1) المياه الجوفية امانة اللثام عن المستور، مصدر سابق، ص9.

(2) United nations, op.st, pp 51.

(3) United nations, op.st 17. -172.

ثالثاً: الاستنزاف المائي للمياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة:

ساعد الضخ الزائد للمياه الجوفية واستثمارها في الجوانب الزراعية والصناعية والحضرية، على استنزاف كميات كبيرة من المياه الجوفية في منطقة الدراسة، ان هذا النوع من الاستثمار من قبل الأنشطة الاقتصادية يهدف زيادة الانتاج المحلي على المدى القريب ادى الى استنزاف رأس المال الطبيعي عاجلاً. ويعد التكتيف الزراعي عامل رئيس يدفعنا نحو نقطة التحول في خطر استنزاف المياه الجوفية، كون المياه الجوفية المصدر المائي الوحيد للزراعة في منطقة الدراسة. وقد شهدت السنوات الاخيرة اضافة مساحات كبيرة الى الخطة الزراعة في كل عام، واستصلاح مساحات جديدة بشكل مستمر، بمحاولة لتحقيق الاكتفاء الذاتي وخاصة من المحاصيل الاستراتيجية والاسماك . ما زاد من عمليات سحب المياه في المنطقة وكشفت الدراسة الميدانية ان هذا الاستثمار الواسع ساهم في استنزاف كميات كبيرة من مياه طبقة الدمام. اذ عمل عدد كبير من المزارعين في موسمي الزراعة لسنتي 2023 و 2024 الى زيادة عمق الابار الى اكثر من 15 م عما كانت عليه في السابق، لانخفاض منسوب المياه وقلة التدفق من البئر. كما اصبح عدد قليل من الابار غير صالحة للاستخدام لتغير خواص المياه، ما دفع المزارعين الى اغلاقها والاستعاضة بحفر ابار جديدة.

فالمياه الجوفية في بعض الطبقات تشبه الموقود الاحفوري وبمجرد استنزافها يصعب استعادتها مره اخرى. وعلية لابد ان يتم ادارتها بطريقة تأخذ في الاعتبار اهمية المورد وخاصة المناطق القاحلة مثل منطقة الدراسة اذ تفشل الامطار في اعادة شحن الطبقات. وان المياه الجوفية من الموارد المشتركة وهي ذات امدادات محدودة نسبياً ولا تملكها جهة واحدة، بل تتقاسمها العديد من الجهات، وان هذا النوع من الموارد معرض بشكل خاص للاستغلال المفرط، فالمستخدمين يتحركون بدافع الشعور بالمنافسة، وهم يرون بأن الآخرين لن يتصرفوا بما يخدم المصلحة الجماعية ما يؤدي في نهاية المطاف الى استنزاف طبقة المياه بمرور الوقت⁽¹⁾.

في الوقت الحالي يسعى العديد من المستثمرين التوسع والاستثمار في الصحراء الغربية في مختلف المشاريع الصناعية والزراعية بدافع تحقيق المنفعة الشخصية، دون الاخذ بالحسبان ان

Richey, op.st, p10. (1)

اغراق السوق بمزيد من المنتجات سيؤدي الى خفض اسعارها وخفض قيمة المياه، وبذلك تصبح السلعة غير قادرة على سد قيمة المياه المضمنة للمنتج.

ظهرت العديد من التغييرات في المنطقة التي تدل على استنزاف المياه الجوفية بشكل واضح اهمها، تعرض جميع العيون في المنطقة الى الجفاف، اغلاق عدد من الابار الحديثة، اما بسبب تغير خصائص المياه او بسبب انخفاض منسوب المياه الى الحد الذي يتعذر سحب المياه، التغيير في النظم البيئية الطبيعية ونستدل على ذلك من اختفاء انواع من النباتي الطبيعي محبة للمياه كالقصب والبردي، بالإضافة الى اختفاء المراعي الطبيعية، وهجرة المزارعين تربية الحيوانات التي تعتمد على المراعي، وتعذر اعتماد ري الديم (الزراعة بعلية) في زراعة المحاصيل الاستراتيجية كالسابق بسبب ظروف الجفاف التي تعرضت لها منطقة الدراسة، وهذا ساهم بخفض منسوب المياه في الطبقات الضحلة لمنطقة الدراسة بالإضافة الى تقليل الواردات المائية لطبقات المياه العميقة كالدمام.

هناك العديد من الطرق والاساليب لتقييم وفهم النضوب والاستنزاف للمياه الجوفية، الطرق التقليدية والطرق الحديثة واهمها تقدير كمية الاستخدام الاستهلاكي وكمية السحب من الخزان الجوفي خلال السنة، وطريقة حساب التوازن (ميزانية المياه)، والطرق الجيوكيميائية مثل تحليل النظائر، كما يتم استخدام الاستشعار عن بعد في فهم الاستنزاف بتحديد حركة المياه الجوفية ودورها في اعادة شحن المياه. وتم اعتماد طريقتين الطريقة التقليدية وتقنية النظائر المشعة.

رابعاً: تقدير الاستهلاك الاستخدامي للمياه الجوفية باستخدام (الطريقة التقليدية):

يعرّف الاستهلاك الاستخدامي للمياه الجوفية: بأنه المياه المسحوبة من الخزان الجوفي (لاستخدام معين) والتي تتبخر أو تتسرب أو تدمج في المنتجات أو المحاصيل ويستهلكها البشر والماشية يتم سحب هذه المياه من قبل مستخدم أو من قبل هيئة الاستثمار ويتم استهلاك المياه من قبل مجموعة من المستخدمين في منطقة جغرافية يبدأ الاستهلاك منذ بداية السحب وصولاً

الى مستهلك. ويمكن ان يكون استخدام المياه من قبل مستخدم واحد أو مجموعة مستخدمين في منظمة جغرافية محددة ولغرض محدد كالري أو المعالجة الصناعية أو الأنشطة المنزلية⁽¹⁾.

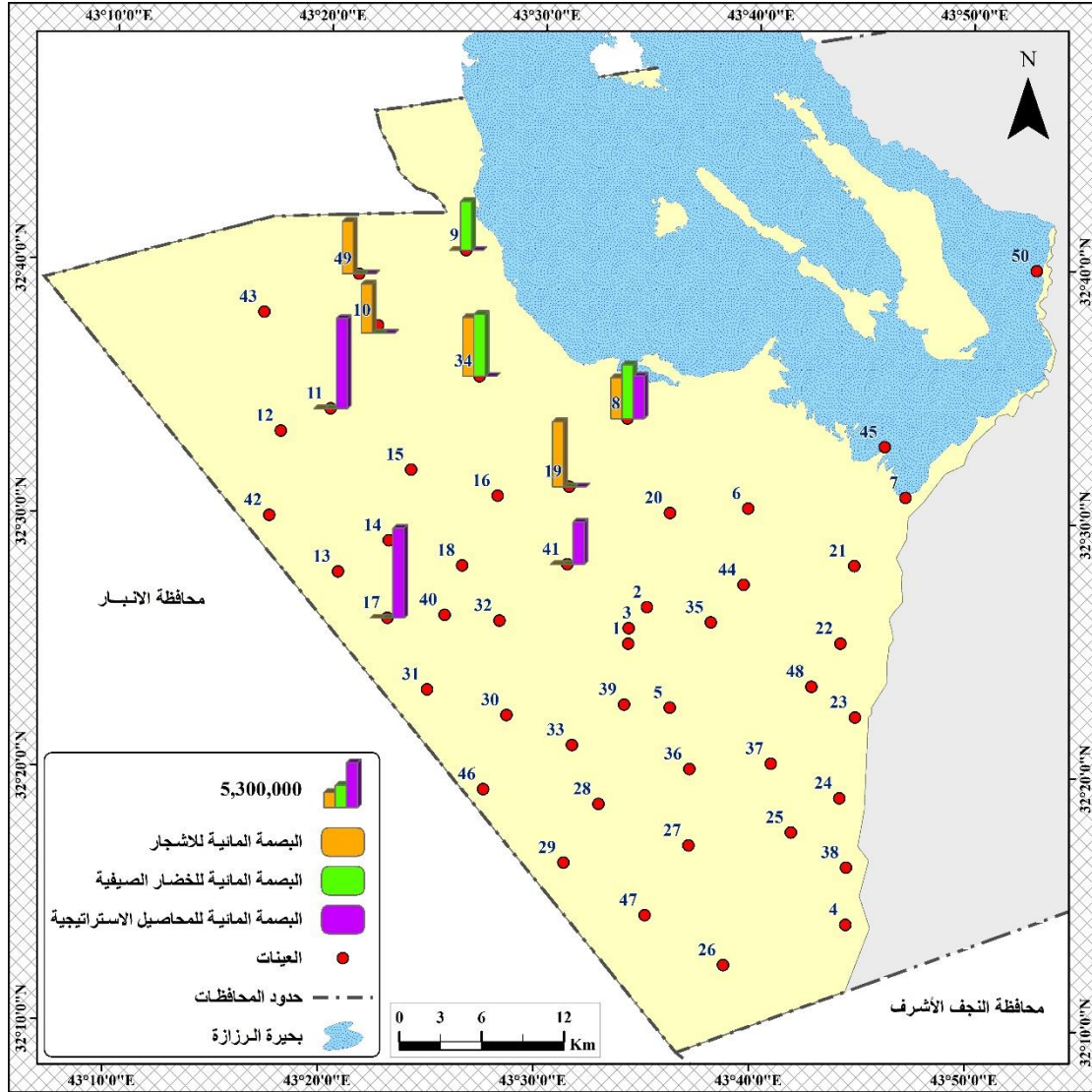
يثبتن من خلال الجدول (71) والخريطة (50) الاستخدام الاستهلاكي المفرط للمياه في منطقة الدراسة والذي يتضح من خلال عمليات الأنشطة المختلفة إذ عملت على زيادة كميات السحب في السنوات الأخيرة، واستهلاك كميات أكبر من المياه الزرقاء المخزنة في حوض الدمام، نتيجة ارتفاع البصمة المائية لمختلف الاستخدامات.

جدول (71) يوضح استهلاك المياه الزرقاء لخزان الدمام في الانتاج الزراعي في منطقة الدراسة.

ت	المزروعات	البصمة المائية الزقاء/الموسم	ت	المزروعات	البصمة المائية الزقاء/الموسم
1	النخيل والسدر	4860000	16	باقلاء	4471200
2	الحمضيات	6998400	17	بصل	4471200
3	التين	6220800	18	خيار مغطى	4471200
4	الزيتون	5832000	19	خس	4471200
5	الورديات	7776000	20	سبانغ	4471200
6	الباميا	7387200	21	كرات	4471200
7	الباذنجان	5832000	22	حلبة	4471200
8	الرفي	6415200	23	فجل	4471200
9	البطيخ	6415200	24	شبنبت	4471200
10	الحنطة	10692000	25	ثلغم	4471200
11	الشعير	10692000	26	سلق	4471200
12	الذرة الصفراء	5054400	27	كرفس	4471200
13	عباد الشمس	5054400	28	رشاد	4471200
14	الجت	5248800	29	شوندر	4471200
15	فلفل معطى	4471200	30	بطاطا ربيعية	4471200

المصدر: بيانات ملحق (18).

⁽¹⁾ Kimberly H. Shaffer, Donnarunkle, consumptive water. use coefficients for The great lakes basin climatically similar areas u.s, geological , survey report USCS , report 2004, pp 9.



خريطة (19) توضح التباين المكاني للبصمة لاجمالي البصمة المائية المستخدمة في عمليات الانتاج الزراعي النباتي في منطقة الدراسة.

المصدر: بيانات جدول (71).

تعد العمليات الزراعية المستهلك الاول للمياه في منطقة الدراسة. إذ لاحظ عمليات الاستنزاف للمياه الجوفية من المحاصيل الزراعية من الاشجار الدائمة تتراوح ما بين (4860000) لتر/ دونم بالنسبة لأشجار النخيل والسدر، وأعلى كمية استهلاك لأشجار الورديات بمجموع (7776000) لتر/ دونم/ السنة.

أما محاصيل الخضار الصيفية فإن تتراوح ما بين (5832000) لتر/ دونم/ بالموسم الواحد، و(7387200) لتر/ دونم/ بالموسم بالنسبة لمحصول الباميا.

أما المحاصيل الاستراتيجية فتراوحت كمية الاستهلاك المائي لها ما بين (5054400) لتر/ دونم/ بالموسم بالنسبة لكل من عباد الشمس والندرة الصفراء و10692000 لتر/دونم/الموسم لكل من الحنطة والشعير. في حين بلغت كمية الاستهلاك المائي لمحصول الجب (5248800) لتر للدونم الواحد. أما الخضار الشتوية فبلغت كمية الاستهلاك المائي للدونم الواحد ولجميع أنواع الخضار (4471200) لتر/ دونم/ بالموسم. وتعد الاقل استهلاكاً مقارنة بالمحاصيل الاخرى.

أما الاستهلاك المائي لكل من الانتاج الحيواني والصناعي هو الآخر يعد من الاستثمارات المستنزفة للمياه الجوفية في منطقة هذه الدراسة.

جدول (72) يوضح استهلاك المياه الزرقاء من خزان الدمام في النشاط الصناعي في منطقة الدراسة.

ت	نوع الاستثمار	البصمة المائية لكل استثمار	وحدة القياس
1	حقول الدواجن	669.6429	لتر/الحقل/يوم
2	بحيرات الاسماك	777600	لتر/يوم/دونم
3	الصناعات الانشائية	259200	لتر/ 8 ساعة/يوم
4	محطات التحلية	100000	لتر/يوم

المصدر: بيانات الدراسة الميدانية 2023-2024.

إذ بلغت حاجة حقل واحد من الدواجن 669,9429 لتر/ يوم من المياه الزقاء. أما بحيرات الأسماك والتي تعد المستنزف الأكبر للمياه الجوفية بلغت كمية المياه المستهلكة 777600 لتر/ يوم/ دونم، فأن بحيرات الاسماك تحتاج الى كميات كبيرة من المياه الزقاء ما يزيد من البصمة المائية خلال مراحل الاستزراع، علماً أن مساحة البحيرات في المنطقة من 5 دونم فأكثر. في حين بلغت كمية المياه المستهلكة في الصناعات الإنشائية ولمختلف المعامل (259200) لتر/ 8 ساعة باليوم كحد متوسط للتشغيل.

وأخيراً بلغت كمية المياه المستهلكة في محطات التحلية (100000) لتر/ يوم وعلى مدار السنة. إن هذا التباين في استهلاك المياه لمختلف الاستثمارات جاء نتيجة لاختلاف البصمة

المائية لكل استثمار واستخدام وبحسب طبيعة الاستخدام كما اثرت فيها ظروف المناخ المحلية بشكل كبير بنوعية الاستخدام.

خامساً: تقدير عمر المياه الجوفية باستخدام الطريقة الجيوكيميائية، تحليل النظائر (الطريقة الحديثة):

تعرف النظائر بأنها: اشكال من عنصر ما لها نفس عدد البروتونات والألكترونات لكنها تختلف في أعداد النيوترونات تعتبر النظائر المستقرة في المياه الجوفية ذات قيمة كبيرة في إدارة المياه الجوفية، إذ يمكن استخدامها في تحديد وقت تخزين المياه الجوفية وإعادة شحن الطبقات بالمياه الجوفية، فالنظائر توجد بشكل طبيعي ضمن جزيئات الماء ويمكن استخدامها كمتتبعات لتوفير معلومات عن التغير التي تؤثر على جزيئات الماء اثناء تدفقها عبر الدورة الهيدرولوجية. إذ يؤدي انتقال الماء بين الحالات السائلة والصلبة والغازية إلى تجزئة المكونات النظرية لجزيئات الماء مما يؤدي إلى اختلاف نسب نظائر الهيدروجين والأوكسجين خلال الدورة الهيدروجينية فالمياه الآتية من اماكن مختلفة لها بصمات نظيرية مختلفة يستخدم العلماء تلك البصمات لتتبع حركة المياه على امتداد مسارها وطوال الدورة المائية من (التبخّر، الهطول، الشرب إلى الجريان والتبخّر التنحي ثم العودة إلى المحيط) فكل جزيء ماء يتكون من (H_2O) ذرتين (H) وذرة واحدة (O) لكن هذه ليست جميعها متساوية إذ تختلف من حيث الوزن بحسب عدد النيوترونات لكل جزيئة وهذا الاختلاف في الوزن يعد الناتج للدراسات الهيدرولوجية⁽¹⁾.

والهدف من تقدير عمر المياه الجوفية التعرف على مصادر التغذية ومعرفة متى تم حبس المياه في الخزان الجوفي إذ يتم تحديد عمر المياه في الخزان الجوفي من آخر مرة لامست فيها المياه الغلاف الجوي، وبهذا يمكننا معرفة المدة التي استغرقتها المياه لتصل من مصدرها ليعاد

(¹) Salar Salam Smail, Stable isotopes in precipitation and groundwater in Iraq, Kurdistan region: a case study in shulaimai goernarte, palaky university Olomouc, faculty of science, department of geology, 2023, pp3.

اختزانها في تلك الطبقة الصخرية المائية وبالتالي يمكننا حساب الكميات الآمنة للسحب من تلك الطبقة⁽¹⁾.

فالمياه الجوفية يتراوح عمرها من بضعة أشهر إلى ملايين السنين ويمكن اعتماد التقنيات النظرية لإعداد وميزانية مياه موثوقة فإذا كان عمر المياه عاماً واحداً مثلاً فإن هذا يعني انها تستغرق عاماً واحداً لتتجدد وتعد تقنية التريتيوم/ هيليوم إحدى التقنيات الأكثر شيوعاً لدراسة المياه صغيرة ويمكن للبيانات المستقاة من هذه الدراسات ان تساعد متخذي القرار في وضع استراتيجيات وسياسات ذات اهداف اكثر تحديداً واستدامة لإدارة المياه الجوفية، وان استخدام التقنيات النووية في دراسات الموارد المائية هو خروج عن النماذج المتبعة ويمكن ان يغير فهمنا التقليدي للحركات الرئيسية التي تحكم العمليات الهيدرولوجية، فالتريتيوم يمكن ان يبين لنا فيما إذا كانت المياه تتجدد وهذه معلومة مهمة للغاية وباستخدام وبتحلل التريتيوم إلى هيليوم وباعتبار الهيليوم غاز حاصل ليس له تفاعلات في العناصر الاخرى لذا فهو يعد نقطة مرجعية لتحديد عمر المياه الصغيرة من خلال معرفة تركيز الهيليوم الناتج عن التريتيوم مقارنة بإجمالي الهيليوم الموجود في المياه⁽²⁾. كما تستخدم تقنية C_{14} في تقدير امار المياه القديمة والعميقة.

ان استخدام تقنية النظائر المشعة في الكشف عن عمر المياه الجوفية تعد من احدث التقنيات العلمية المستخدمة في القرن الحالي ويعد كل من الكربون، التريتيوم والهيليوم من ابرز النظائر المستخدمة. اذ تستخدم في عدد من مجالات دراسات المياه الجوفية اهمها تقييم كفاءة السدود ودورها في زيادة تغذية الخزانات، وتحديد اتجاهات سريان المياه داخل الخزان الجوفي، كما تستخدم في تقدير اعمار المياه الجوفية والمياه المتداخلة في الخزانات الجوفية⁽³⁾.

⁽¹⁾ عبد الفتاح صديق عبد اللاه، هيفاء عبد الله حسن، جغرافية الموارد المائية، مكتبة الرشيد، ط1، الرياض، السعودية العربية، 2023، ص80-81.

⁽²⁾ نيكول جاويرث، إدارة ميزانية المياه بمساعدة تقنية التريتيوم/ الهيليوم، مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2019، ص20-21.

⁽³⁾ احمد يوسف المطري، استخدام تقنيات النظائر في دراسة اثر السدود في التغذية الاصطناعية للخزانات الجوفية في دولة الامارات العربية المتحدة دراسة تطبيقية على سد وادي الوريعة بالمنطقة الزراعية الشرقية، وزارة البيئة والمياه، قطاع مياه التربة، 2003، ص2.

واهم الطرق الحديثة المعتمدة هي:

1 - تقدير عمر المياه الجوفية الحديثة:

إن تحديد عمر المياه الجوفية الصغيرة له أهمية كبيرة في تحديد مرونة طبقة المياه الجوفية والتأثيرات البشرية على مواد والمياه الجوفية، وتعد تقنية تقدير عمر المياه الجوفية باستخدام طريقة التريتيوم والهيليوم من أفضل الطرق في تقرير عمر المياه الجوفية الصغيرة وتعتمد هذه الطريقة على التريتيوم والهيليوم الناتج عن التحلل الإشعاعي في عينات المياه، فالترتيوم هو نظير مشع للهيدروجين، يتفكك بفعل الزمن إلى هيليوم 3He ، عمره النصفى 12,4 سنة وبناءً على يتم تقرير عمر المياه الجوفية عمرة النصفى يتم تحديد عمر المياه الجوفية والذي يعرف بأنه: الوقت المنقضي منذ إعادة الشحن وبافتراض ان التريتيوم والهيليوم يتحركان معاً دون اختلاف فإن تركيز التريتيوم المتبقي والناتج من الاضمحلال الإشعاعي يتمثل في:

$$3H(t_0) = 3H(t) + 3He + rit(t).^{(1)}$$

اذ يعكس تركيز التريتيوم التوازن بين الخسارة الناجمة عن اضمحلال التريتيوم في المياه الجوفية ففي غياب إعادة شحن المياه يحدث فقدان مستمر للتريتيوم بسبب تحلله في حين ترتفع نسب التريتيوم في حالة إعادة شحن الاحتياجات الجوفية⁽²⁾.

2 - تقدير عمر المياه الجوفية غير المتجددة:

تكمّن فكرة في اعتماد C_{14} لحساب عمر المياه الجوفية عن توقف تزويد الكمية المفقودة من CM عند موت الكائن الحي تختلف النسبة بين C_{12} و C_{14} عن باقي الكائنات الحية؛ لأن C_{14} عنصر مشع ويصل بمعدل ثابت من الزمن من خلال إطلاق جسيمات (بيتا) ولا يتم تعويضه كما هو الحال في الكائن الحي، ويقاس بالنسبة بينهما يمكن حساب عمر المياه الجوفية، أما التريتيوم هو أيضاً من النظائر المشعة (أشعة بيتا) وقد استخدم العلماء هذه الخاصية

(¹) Gostmans, D.K Solomon, The $3H$, $3He$ ground water age – dating method and applications, derbyana, sao pallo, 42, e740, 2021, pp 3–4.

(²) Chiaratelloi, Antoinette Rizzo, Characterization of ground water recharge through tritium measurement, Adv. Geosici, 51, 2024, pp 21–36.

منذ زمن طويل بتقدير كمية التريتيوم المتبقية من العينة المأخوذة من بئر ما ومقارنتها مع كمية التريتيوم الموجودة في مياه الأنهار والأمطار، فإن كمية التريتيوم تبدأ بالتناقص عندما تشغل إلى باطن الأرض مع الزمن وتبين لعلماء الهيدروجين أن تقرير عمر المياه باعتماد التريتيوم لا يتعدى 50 سنة وهذه المياه التي تحتوي على التريتيوم تعتبر متجددة، أما إذا وجد العلماء ان عمر المياه أكبر من 50 سنة فيلجأ إلى استخدام C_{14} كون المياه غير متجددة باستخدام تقنية كاريون 14 الذي يتفكك بمعدل نصف عمري 5730 سنة يتم تقدير عمر المياه القديمة. لجأت العديد من الدول العربية إلى مثل هذه التقنيات في سياستها المائية خاصة المملكة العربية السعودية ومصر والأردن⁽¹⁾

سادساً: استخدام الطرق الجيوكيميائية في تقدير عمر المياه الجوفية في الصحراء الغربية (خزان الدمام).

يعد معرفة اعمار المياه الجوفية ضرورة ملحة في المناطق شبه الجافة والجافة؛ لما لها من دور كبير في تحقيق عمليات التنمية المستدامة في المنطقة. ولتقدير اعمار المياه تم الاعتماد على تقنية التريتيوم/هيليوم $He/3H$ في تقدير اعمار المياه الحديثة في منطقة الدراسة، كما استخدمت تقنية $14C$ لغرض تقدير اعمار المياه القديمة والتي تصل إلى أكثر من 500 سنة.

يتضح من خلال الجدول ارتفاع نسبة $3H$ في جميع الآبار وهذا له دلالة على ان الآبار تم تغذيتها حديثاً من مياه الامطار خلال (12) سنة الماضية، كما يمكن ان يشير ارتفاع $3H$ إلى وجود مسارات تدفق كالفوالق والشقوق ساهمت في إعادة تغذيته من المياه لوجود خلط بين الطبقات الجوفية ودلالة ذلك ان جميع العينات احتوت على جميع العناصر المشعة. كما يشير انخفاض كمية كل من $14c, He$ إلى ان المياه الجوفية الأقل حداثة والقديمة تم استهلاكها منذ زمان فإن أعلى تركيز للهيليوم (2.89) وهذا يؤكد استهلاك المياه الحديثة كون تركيز التريتيوم مرتفع وبلغ (89.54) كما ان المياه القديمة هي الأخرى تعرضت للاستهلاك ولم يتبق منها إلا

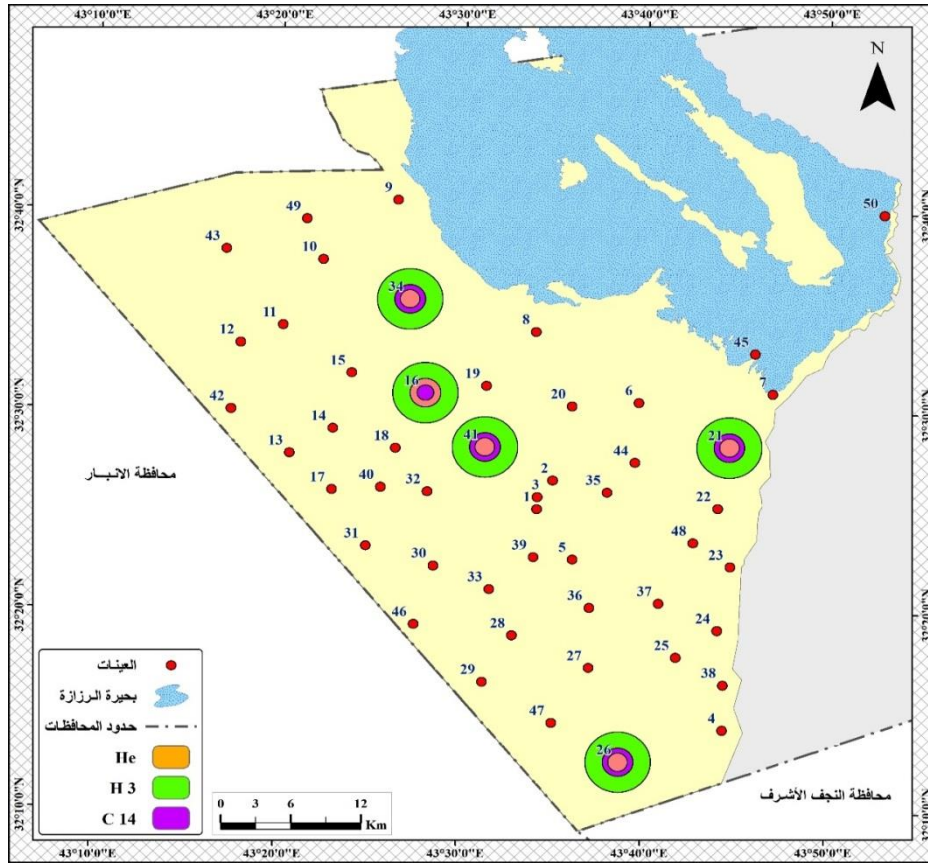
(¹) نائر حبيب عبد الله الجبوري، راغب محمود حسن الجبوري، تحديد عمر المياه الجوفية في ناحية المنصورية، مجلة جامعة ديالى، العدد 67، 2015، ص78-90.

كميات قليلة ويؤكد ذلك انخفاض تركيز 14C في جميع آبار الدراسة ما يؤكد استهلاك الكم الأكبر من المياه القديمة في الدمام.

جدول (73) يوضح تراكيز النظائر المشعة في المياه الجوفية للجزء الغربي من الصحراء الغربية في محافظة كربلاء المقدسة.

الموقع	14C	He	3H	ت
26	4.95	2.89	89.45	1
34	2.89	1.91	58.58	2
16	0.91	1.8	66.55	3
21	0.85	0.34	39.7	4
41	4.95	0.39	20.95	5

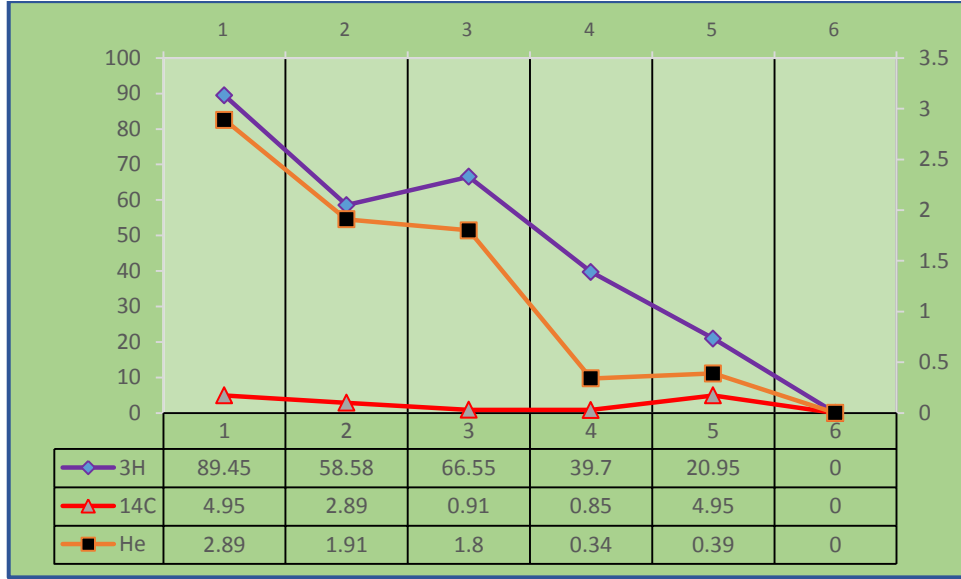
المصدر: الدراسة الميدانية 2024.



خريطة (20) توضح التباين المكاني لتراكيز النظائر المشعة في الجزء الغربي للصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة

المصدر: الاستشعار عن بُعد RS وبرنامج Gis وجدول (73).

نستنتج من ذلك وجود علاقة عكسية بين كل من $14C$, $3H$, He فكلما انخفض $3H$ زاد He وعلاقة طردية بين He و $14C$ فكما ارتفع He ارتفع $14C$ مخطط (26).



مخطط (26) يوضح العلاقة بين كل من $3H$ و $14C$ و He .
المصدر: بيانات جدول (76).

ولتقدير عمر المياه الجوفية تم تقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاث قطاعات داخل كل قطاع تم أخذ عدد من الآبار لتحليل مياهها حيث مثلت القطاعات احصائياً بـ Blocking أما المعاملات التي تم تقديرها مُثلت بالمعاملات Treatment وبالتالي التحليل الاحصائي احتوى على القطاعات والمعاملات حيث يظهر من جدول تحليل التباين الاحصائي (74) ان القطاعات لم تعطِ تأثيرات معنوية وهذا يدل على ان منطقة الدراسة هي متشابهة وهي واحدة متماثلة تقريباً، بينما أعطت المعاملات (طرق تقدير المياه) تأثير معنوي حيث كان قيمة F المحسوبة أقل من 0.001 وهذا يعني الفروقات المعنوية كبيرة وهي للمستويين 0.05 و 0.01.

جدول (74) التحليل الاحصائي لكل من 3H و He و C₁₄ لمصادر الدراسة

source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocking stratum	4	995.9	249	1.14	...
stratum treatment	2	9318.4	4659.2	21.28	<.001
Residual	8	1752	219	...	...
Total	14	12066.3	...	...	...

المصدر: بيانات الدراسة الميدانية 2024.

ولأجل فرز المعنوية بين عوامل الدراسة يمكن اللجوء إلى فروق المتوسطات المبيّنة في الجدول ادناه ومقارنتها مع قيمة أقل فرق معنوي وبالقيمة (21،58).

جدول (75) فرق المتوسطات لكل من He و 3H و C₁₄

Grand mean	19.8	19.8	19.8
treatment	14C	He	3H
	2.9	1.5	55
l.s.d	21.58		

المصدر: بيانات الدراسة الميدانية 2024.

يتّضح من خلال الجدول عدم وجود دلالة إحصائية بين كل من 14C و He وذلك لأن أقل فرق معنوي بينهما أصغر من قيمة المتوسطات المحسوبة إذ سجلت القيمة بينهما (1.4) في حين يتبيّن وجود فرق معنوي واضح بين كل من He و 3H كون قيمة الفرق بينهما أكبر من قيمة أقل فرق معنوي وبلغ الفرق بين كل من He و 3H (5.53)، كما سجل فرق معنوي واضح بين كل من C₁₄ و 3H بقيمة (52.1). وهذا يعني انه كلما زاد 3H في الماء زادت كمية He وقلّت كمية C₁₄ والعكس صحيح.

وإذا ما حددنا معامل الارتباط بين كل من العناصر المعتمدة في المعالجة يتّضح أن جميع القيم موجبة وهذا يشير إلى وجود ارتباط قوي بين العناصر وعندما يزيد أو يقل أي عنصر ينعكس على العناصر الأخرى بالزيادة أو النقصان، وبما أن جميع قيم الارتباط في المصفوفة 1000 فهذا يعني أن المتغيرات تربط بنفسها (مواقعها) أي أن العينات من أي بئر تمثل جميع آبار منطقة الدراسة جدول (75) ومخطط (27).

ولمعرفة قوة الارتباط المعنوية تم اختيار person لمعرفة معاملات الارتباط ما بين قطاعات الدراسة التي تم تقسيم المنطقة إلى ثلاث قطاعات حيث وجد أن معامل الارتباط ما بينها كان 10 وهذا قوي جداً يؤكد على أن طبيعة منطقة الدراسة هي واحدة ومتشابهة بالظروف جدول (75)، كما دل جدول تحليل التباين إلى ذلك حيث أشار بعدم وجود الفرق المعنوي بينهما.

جدول (75) يبين معامل الارتباط بين الآبار للعناصر المشعة ^{14}C , He, ^3H .

WALL	1	....			
WALL	2	1.0000	....		
WALL	3	1.0000	1.0000	....	
WALL	4	1.0000	1.0000	1.0000	....
WALL	5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	....
معامل الارتباط		1	2	3	4	5

المصدر: بيانات الدراسة الميدانية.

جدول (77) يوضح الارتباط بين العناصر المشعة (المعاملات)

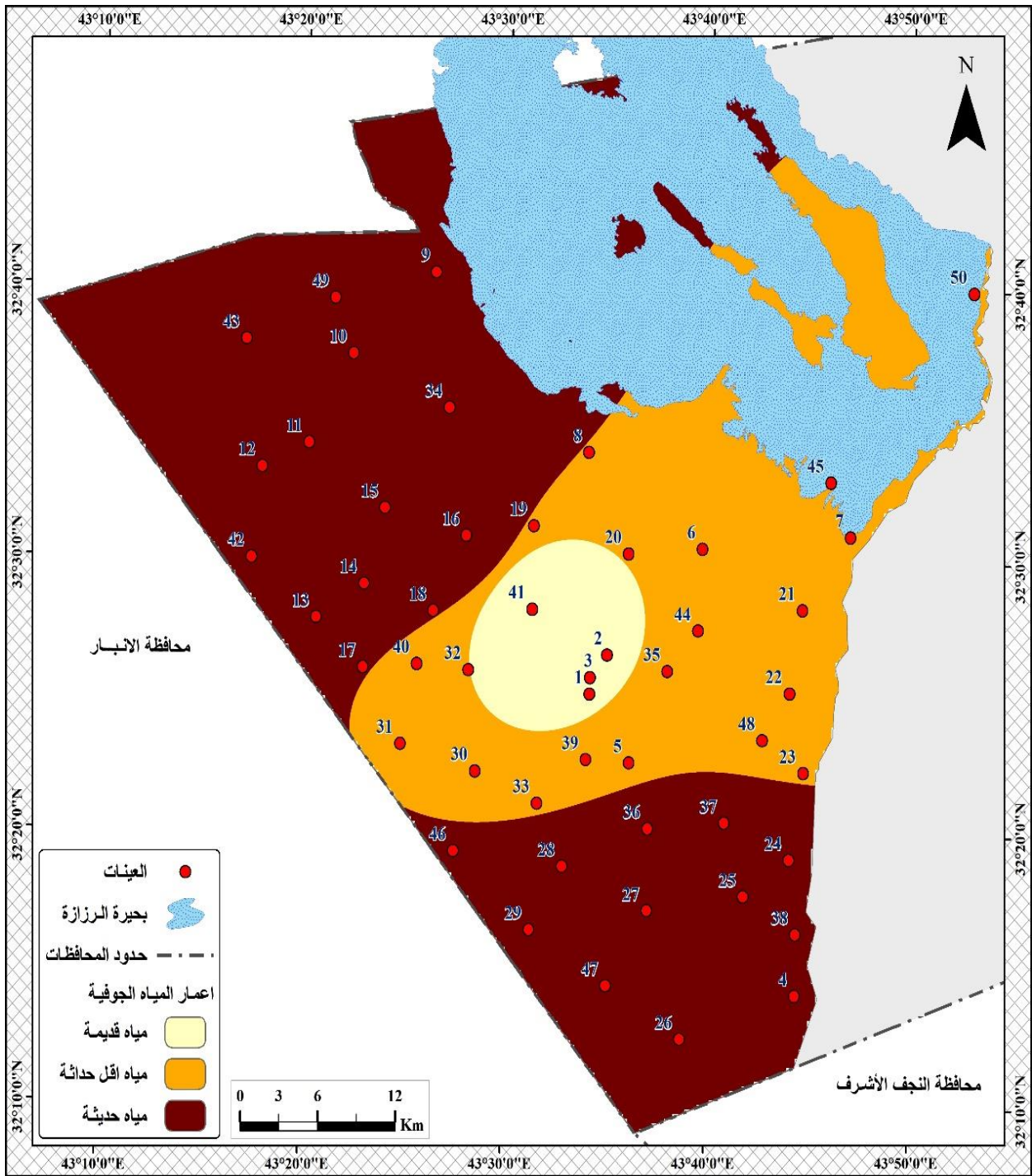
المصدر: بيانات الدراسة الميدانية.

C14	1	---	---	---
3H	2	0.9451	---	---
He	3	0.6667	0.0129	---
تراكيز العناصر		1	2	3

ويتضح من الجدول الارتباط عدم وجود دلالة احصائية بين كل من C14 و 3H كون قيمة الفرق أكبر من القيمة المعنوية بكثير، كما ان الارتباط بين كل من C14 و He لا يمثل دلالة احصائية، في حين تشير البيانات إلى وجود دلالة احصائية قوية بين He و 3H فإن زيادة أو نقصان أي منهما يؤثر على الآخر مما يؤكد وجود علاقة حقيقة قوية بين العنصرين.

إن المنتبع لخريطة اعمار المياه الجوفية في منطقة الدراسة يمكن ان يستنتج ان المياه الحديثة تمثل غالبية اجزاء منطقة الدراسة وخاصة في الاجزاء الغربية والاجزاء الجنوبية الشرقية، وهذا يدل على أن هذه المناطق تعرضت إلى عمليات سحب واسعة ما أدى إلى استنفاد المياه العميقة؛ كونها مناطق الزراعة والاستيطان الرئيسة في المنطقة.

أما المناطق الأقل حداثة فتظهر على شكل نطاق ملاصق للمياه الحديثة إلى الشرق والجنوب من بحيرة الرزاة. إن هذه المناطق يستخدم معظم مياهها في الاستثمارات الزراعية والصناعية بشكل رئيس. أما نطاقات المياه الجوفية القديمة فتتركز وسط الصحراء الغربية ان هذه المناطق حديثة العهد في مجال الاستثمار الزراعي كما لا يوجد فيها معامل صناعية لذا فلا زالت تحتفظ بكميات محدودة من الخزين الاستراتيجي . إذ يتضح ان الخزين الاستراتيجي في الاجزاء الاخرى تعرض إلى عمليات الاستنزاف، ولم يتبقَ إلا جزء قليل من المياه القديمة وان غالبية اعمار المياه في منطقة الدراسة تعود إلى (12 سنة) الماضية.



خريطة (21) توضح التباين المكاني للمياه الجوفية الحديثة و الأقل حداثة و القديمة في منطقة الدراسة.

المصدر: برنامج GIS بيانات جدول (73).

الاستنتاجات:

- 1- تبين ندرة المياه السطحية بالمنطقة، وتعد المياه الجوفية المصدر الوحيد للتنمية، كما أن وقوع منطقة الدراسة ضمن حوض الفرات زاد الأمر سوءاً؛ كونه نهر دولي، كما تواجه الجهات المختصة صعوبة كبيرة في نقل مياه النهر إلى تلك المناطق.
- 2- تواجه منطقة الدراسة خطر الجفاف المستمر على مدار أيام السنة والدورات المناخية المتتالية وهذا بدوره يؤثر على كميات التغذية للمياه الجوفية وكميات السحب.
- 3- تعد الزراعة المستنزف الأول للمياه الجوفية في منطقة الدراسة وخاصة الجانب الحيواني المتمثل ببحيرات الأسماك بسبب مسامية التربة العالية وقدرتها على تصريف المياه إضافة إلى حاجة الأسماك لعمق مائي مستمر.
- 4- ترتفع البصمة المائية للمحاصيل الاستراتيجية لكل من (الحنطة أو الشعير أو الذرة) في منطقة الدراسة وخاصة البصمة المائية الزرقاء لقلة الأمطار مما يزيد من الاعتماد على المياه الجوفية.
- 5- تتخفف كفاءة الوحدة الإنتاجية للبصمة المائية الزرقاء في معامل الخابط (مواد إنشائية) (رمل، جص، حصى...) مقارنة بكمية المياه والقيمة الاقتصادية لتلك المنتجات.
- 6- تعرض المياه الجوفية في خزان الدمام إلى الاستنزاف ولم يتبق من المياه القديمة إلا كميات قليلة لا تسد حاجة الاستثمارات القائمة في المنطقة على المدى القريب وان خزان الدمام لا يتعرض إلى عمليات تغذية حديثة إلا بكميات محدودة.
- 7- إن المياه الجوفية في خزان الدمام تعد خزين استراتيجي للعراق والشرق الأوسط ولم يحن الوقت بعد تعرضها إلى هكذا استثمار جائر إلا أننا نلاحظ الاستثمارات الكبيرة في المنطقة يفوق الحد المعقول على المياه الجوفية التي تعد أهم من ثروة النفط أو الطاقة في المستقبل.

التوصيات:

1- إيقاف المشاريع التي ترتفع بصمتها المائية خاصة بحيرات الأسماك وفرض القيود الصارمة على أصحابها مما تسببه من تدهور كبير للمياه إضافة إلى أنه يمكن الاستغناء عنها بمصدر آخر.

2- ضرورة البدء بمباحثات أولية بين الدول التي يمتد ضمنها خزان الدمام (العراق، السعودية، الأردن، الكويت، الامارات، اليمن) فهي خزين استراتيجي للمنطقة ولذا لا بد من إبعاده عن مبدأ المنافسة في الاستخدام بين الدول واللجوء بشكل مبكر إلى إدارة هذا الخزان خاصة أن السعودية بدأت تسعى بمحاولات أولية إلى التحكم في الأودية التي تساهم في تغذية الخزان وتحويل المياه إلى أماكن أخرى وتخزينها داخل أراضيها على غرار ما تقوم به تركيا بالنسبة للفرات.

3- تحويل الاستثمارات القائمة في المنطقة إلى استثمارات قليلة الاستخدام للمياه أما باستخدام تقنيات حديثة تقلل من البصمة المائية للإنتاج أو بتغيير نوع الاستثمار كالتوجه إلى اعتماد محميات تربية الغزلان على حسب ما موجود في بعض أجزاء المنطقة؛ وذلك لارتفاع كفاءتها من جانب كفاءة الوحدة الإنتاجية أو من جانب الكفاءة النقدية وحاجتها إلى ما يقارب 5 لتر من الماء باليوم.

4- من الممكن الاستعارة عن زراعة المحاصيل الاستراتيجية في منطقة الدراسة في مناطق شمال العراق (كركوك، الموصل، الاقليم) بدلاً من هدر كميات كبيرة من المياه مع انخفاض كلفة الانتاج إذ إن كمية المياه نفسها المستخدمة في إنتاج المحاصيل الاستراتيجية في الصحراء الغربية يمكن ان تنتج كميات مضاعفة في تلك المناطق.

5- مراقبة معامل الصناعة في المنطقة وفرض الرسوم والضرائب على المعامل التي تستنزف كميات كبيرة من المياه أو إيقافها واستيراد تلك المنتوجات من مناطق أخرى داخل البلاد تتصف بالوفرة المائية.

6- زيادة وعي المستخدمين بضرورة الحفاظ على جودة المياه الجوفية وعدم إلقاء النفايات السائلة أو الجافة داخل فوهة البئر وإغلاقها بأحكام.

7- توعية المستخدمين في منطقة الدراسة سواء المستثمرين أو السكان بضرورة الترشيد في استهلاك المياه الجوفية لأجل عدم استخدامها إلا في أوقات الضرورة القصوى.

8- اعتماد انتاج التمور والزيتون والسدر في المنطقة بدلاً من الاستثمارات الزراعية الأخرى لانخفاض بصمتها الإنتاجية مقارنة بأنواع الإنتاج الزراعي هذا من جانب، كما أنها تساهم في تخليص التربة من الأملاح ويمكن دمجها مع تربية النحل وزيادة كفاءة الوحدة المائية بهذه الطريقة.

ملحق (1) معامل المطر

			الرطوبة				النخيب				عين التمر			كربلاء		
معامل	مع. الامطار	مع. الحرارة	م. الحرارة	معامل	مع. الامطار	مع. الحرارة	م. الحرارة	معامل	مع. الامطار	مع. الحرارة	م. الحرارة	معامل	مع. الامطار	مع. الحرارة	م. الحرارة	YEARS
6.71	130.60	19.47	233.60	5.33	119.10	22.36	268.30	7.01	103.70	14.79	177.50	4.89	115.20	23.57	282.80	1993.00
8.61	175.40	20.37	244.40	6.67	153.60	23.03	276.30	3.58	64.50	17.99	215.90	4.03	98.10	24.36	292.30	1994.00
11.55	230.20	19.93	239.20	4.25	99.50	23.39	280.70	6.42	112.70	17.54	210.50	4.15	99.50	24.00	288.00	1995.00
6.47	133.40	20.63	247.60	4.98	119.40	23.98	287.70	5.17	95.00	18.36	220.30	5.07	125.80	24.81	297.70	1996.00
12.15	236.90	19.49	233.90	4.36	100.20	22.96	275.50	7.32	131.70	17.99	215.90	5.95	138.70	23.29	279.50	1997.00
3.85	80.90	21.03	252.40	4.03	87.80	21.79	261.50	5.58	88.70	15.91	190.90	2.48	62.30	25.09	301.10	1998.00
3.03	62.60	20.63	247.60	2.59	63.00	24.33	291.90	3.05	51.00	16.74	200.90	1.61	40.90	25.47	305.60	1999.00
4.14	84.40	20.40	244.80	2.13	49.90	23.39	280.70	4.08	65.00	15.95	191.40	1.77	42.20	23.88	286.60	2000.00
4.89	103.30	21.12	253.40	3.46	82.20	23.73	284.80	4.77	71.70	15.03	180.40	3.34	83.00	24.82	297.80	2001.00
5.00	103.50	20.70	248.40	5.05	117.40	23.27	279.20	5.19	79.50	15.33	183.90	3.69	91.20	24.69	296.30	2002.00
4.84	99.20	20.50	246.05	4.01	91.70	22.88	274.50	3.97	81.20	20.43	245.20	3.30	79.00	23.93	287.10	2003.00
4.89	97.20	19.89	238.70	3.06	70.30	22.97	275.60	4.24	98.00	23.13	277.50	2.52	62.60	24.80	297.60	2004.00
5.52	108.20	19.60	235.24	2.16	49.80	23.03	276.40	3.27	78.80	24.08	289.00	2.77	68.00	24.53	294.40	2005.00
4.33	89.10	20.60	247.20	2.99	69.70	23.31	279.70	2.43	59.60	24.54	294.50	3.90	96.20	24.65	295.80	2006.00
3.45	66.20	19.18	230.10	2.88	50.50	17.52	210.20	2.97	61.30	20.62	247.40	1.63	40.10	24.58	295.00	2007.00
3.50	72.90	20.86	250.30	1.11	24.20	21.90	262.80	4.46	90.60	20.33	243.90	3.09	76.00	24.60	295.20	2008.00
1.11	23.30	20.92	251.00	1.12	26.00	23.14	277.70	7.09	119.10	16.81	201.70	1.26	31.10	24.69	296.30	2009.00
4.86	109.00	22.42	269.00	5.62	97.40	17.33	207.90	8.25	98.10	11.89	142.70	3.23	84.50	26.20	314.40	2010.00
4.46	87.90	19.71	236.50	5.20	95.20	18.33	219.90	5.04	115.60	22.96	275.50	4.23	98.20	23.21	278.50	2011.00
3.36	73.01	21.72	260.60	2.29	52.40	22.93	275.10	3.25	78.00	23.98	287.70	3.14	78.62	25.06	300.70	2012.00
6.70	135.20	20.17	242.00	5.13	84.20	16.42	197.00	5.32	120.80	22.69	272.30	7.66	185.50	24.21	290.50	2013.00
7.55	157.60	20.88	250.50	3.06	49.40	16.14	193.70	4.24	102.50	24.18	290.10	4.25	106.80	25.11	301.30	2014.00
3.66	76.30	20.82	249.87	6.60	109.50	16.59	199.10	4.78	115.41	24.14	289.70	4.67	118.90	25.46	305.50	2015.00
1.82	37.30	20.50	245.97	5.29	101.10	19.11	229.30	4.85	118.20	24.37	292.40	6.97	176.70	25.34	304.10	2016.00
1.06	21.80	20.50	246.05	1.69	28.00	16.62	199.40	2.27	55.10	24.30	291.60	1.96	49.90	25.49	305.90	2017.00
7.76	158.60	20.45	245.39	10.50	182.60	17.39	208.70	6.02	148.70	24.69	296.30	7.11	184.70	25.98	311.80	2018.00
6.39	136.30	21.33	255.94	4.82	79.70	16.54	198.50	3.63	88.30	24.33	291.90	3.86	98.92	25.65	307.80	2019.00
6.92	138.30	19.99	239.88	3.95	66.10	16.73	200.70	2.58	63.10	24.43	293.10	2.61	67.91	25.98	311.70	2020.00
0.96	19.71	20.51	246.16	3.48	65.20	18.76	225.10	1.16	28.72	24.68	296.10	0.54	14.40	26.61	319.30	2021.00
3.90	80.61	20.65	247.80	2.55	50.00	19.58	235.00	2.46	57.31	23.28	279.40	1.38	35.91	26.12	313.40	2022.00
8.94	177.11	19.81	237.70	2.31	49.40	21.34	256.10	4.62	111.50	24.15	289.80	4.32	115.91	26.84	322.10	2023.00
5.21	3306.07	634.77	7617.23	3.88	2484.51	640.75	7689.00	4.30	2753.44	639.62	7675.40	117.40	2766.80	23.57	9276.10	المجموع

ملحق (2) التغيير في الغطاء النباتي

2023				2013				2000				السنة
%	الخريف	%	الربيع	%	الخريف	%	الربيع	%	الخريف	%	الربيع	
8.72	255.06	12.35	361.25	8.00	233.95	10.00	292.49	27.09	792.17	28.90	845.15	الغطاء النباتي
90.50	2646.82	76.55	2238.81	91.21	2667.63	89.20	2608.88	72.68	2125.50	70.81	2070.92	عدم وجود غطاء نباتي
0.61	17.95	4.06	118.87	0.68	19.81	0.72	20.92	0.24	6.92	0.23	6.74	غطاء نباتي منخفض
0.16	4.64	4.46	130.40	0.11	3.17	0.08	2.31	0.00	0.01	0.06	1.79	غطاء نباتي متوسط
0.00	0.13	2.57	75.27	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	غطاء نباتي عالي
0.00	0.13	2.57	75.27	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	غطاء نباتي كثيف
100.00	2924.60	100.00	2924.60	100.00	2924.60	100.00	2924.60	100.00	2924.60	100.00	2924.60	المجموع
0.78	22.72	11.10	324.54	0.79	23.02	0.79	23.23	0.24	6.93	0.29	8.53	مساحة الغطاء النباتي
-301.82				-0.21				-1.60				التغير المطلق
-0.93				-0.01				-0.19				نسبة التغير

ملحق (3) المياه

الخصائص			الايونات السالبة والموجبة										
T.D.S	الايصالية	ماء PH	Ca	Mg	Na	(SO4-2)	(PO4-3)	N03-	B-	(No2 -)	CL-	F	ت
3211	7.294	7.5	325	345	322.782	0.181	0.111	0.176	1.149	17.27	48.174	29.623	1
3202	7.298	7.38	373	303	329.877	0.291	18.482	0.276	1.153	15.546	46.214	29.101	2
2973	6.766	7.24	378	1022	592.865	16.001	21.312	1.498	0.491	78.437	35.294	93.643	3
3026	6.888	7	364	963	335.784	0.474	24.95	0.902	0.854	19.56	36.066	21.415	4
3138	7.143	7.9	325	968	307.929	0.282	22.748	0.718	1.021	72.082	31.893	95.132	5
2944	6.695	7.11	305	1281	1100.908	0.11	23.637	0.266	0.179	22.788	36.801	221.968	6
2955	6.725	6.97	246	773	324.214	0.045	22.022	0.229	0.256	27.152	39.532	24.526	7
2883	6.563	7.07	496	1315	708.203	0.11	0.333	0.266	0.179	22.784	37.732	22.958	8
4479	10.19	6.81	284	165	931.017	2.361	41.816	31.336	238.734	25.642	89.438	67.608	9
3415	7.772	7.42	287	162	386.211	1.201	30.709	0.052	0.401	156.435	85.538	29.705	10
2919	6.655	7.38	329	135	396.878	0.066	18.231	0.505	0.361	31.442	45.775	48.273	11
5237	11.93	7.13	1117	1925	804.186	0.047	22.377	1.095	0.249	31.952	65.189	18.235	12
3098	7.057	7.12	308	724	295.231	0.855	22.359	0.785	0.433	19.694	32.594	29.865	13
6655	15.13	7.13	370	50	322.971	1.575	18.715	0.481	0.165	23.841	45.401	20.138	14
3236	7.369	6.81	339	137	298.067	0.061	22.231	1.429	0.435	15.796	43.166	124.448	15
3223	10.21	7.3	494	55	686.856	0.251	18.693	0.1676	1.578	19.392	88.216	90.324	16
2965	6.482	6.98	384	163	1112.427	0.471	21.562	0.069	1.692	71.363	32.257	45.231	17
3489	6.184	7.12	254	183	389.135	0.739	20.221	1.864	0.491	21.532	46.641	30.267	18
3251	7.269	7.05	309	722	394.036	1.632	18.362	10.567	1.547	69.693	34.689	121.436	19
3178	6.665	7.7	364	921	491.749	0.537	10.261	0.174	1.634	24.013	83.629	28.487	20
2952	7.423	7.9	288	365	396.728	2.149	20.927	1.427	0.389	26.473	67.389	44.153	21
2927	11.51	6.24	396	294	723.697	0.834	23.647	1.068	0.215	33.804	74.821	28.274	22
5279	7.721	7.16	493	195	356.721	0.621	9.923	1.682	0.742	18.432	83.168	64.263	23
3132	9.52	7.9	361	204	740.371	0.491	28.469	0.631	1.189	69.751	66.391	20.478	24
6638	10.31	7.6	358	1486	392.485	1.277	21.268	0.027	1.821	89.637	36.275	102.154	25
3278	7.515	7.5	313	617	910.538	0.508	32.536	1.391	0.409	42.812	44.894	22.638	26
3418	7.635	7.33	354	189	367.839	0.193	19.267	0.926	1.921	19.436	41.673	31.468	27
2378	6.781	7.15	394	392	817.837	1.261	0.693	1.604	1.792	22.479	69.457	91.273	28
3416	7.319	7.4	265	958	1102.329	0.849	11.215	0.937	0.316	24.603	35.947	132.423	29
6290	10.89	6.82	421	1726	370.362	2.444	24.159	7.483	0.572	20.482	36.198	23.153	30
2378	7.482	7.8	395	166	731.495	1.627	14.516	2.931	0.891	27.631	38.647	21.357	31
3426	11.79	7.12	326	195	398.695	0.906	22.348	0.572	1.106	1.793	72.423	66.321	32
3516	7.774	7.4	384	794	647.302	0.821	21.721	0.394	1.494	21.845	41.567	31.567	33
2781	7.754	7.21	273	383	395.108	0.618	20.438	0.264	0.936	61.638	86.814	20.467	34
5621	15.82	7.4	356	148	355.218	0.236	18.572	1.631	0.513	33.178	33.589	24.572	35
2481	6.593	7.7	387	723	639.954	0.915	22.328	1.378	0.301	32.602	58.331	29.474	36
3156	7.903	7.3	294	393	366.203	1.314	17.451	0.164	1.816	16.831	47.517	21.469	37
3812	6.621	6.76	427	135	945.891	0.169	22.636	0.672	1.098	26.962	39.178	219.341	38
5236	10.74	7.09	351	69	621.328	0.027	20.928	0.892	0.329	34.725	81.642	19.457	39
2809	6.694	7.12	356	193	393.362	0.581	0.496	1.129	0.291	18.582	55.357	92.123	40

6301	12.83	7.6	283	147	732.674	2.099	21.176	0.416	0.687	23.726	43.192	34.126	41
2538	7.034	7.9	367	346	388.631	0.731	19.506	0.653	0.723	31.461	62.193	28.573	42
3237	6.762	6.36	218	603	357.635	0.604	23.662	0.495	1.904	25.673	54.246	63.147	43
3383	11.92	7.13	336	1125	379.572	0.183	0.951	0.158	1.828	31.507	63.712	18.635	44
3177	6.648	7.8	495	932	318.592	1.005	22.181	3.264	0.118	69.539	43.849	34.261	45
5178	7.271	7.34	204	379	673.319	0.278	18.456	0.153	0.693	41.172	84.284	210.523	46
3447	10.21	7.6	233	107	389.967	0.834	11.709	0.567	0.505	19.803	39.783	27.612	47
3091	6.482	7.8	338	352	356.252	0.679	20.631	0.164	0.829	52.165	49.582	55.471	48
6821	10.75	7.2	317	732	382.712	1.025	19.067	1.703	0.128	30.381	51.674	43.167	49
4356	7.891	6.94	392	178	644.189	0.297	9.538	1.139	1.895	32.642	82.947	26.517	50

ملحق (4) خصائص التربة

ت	صنف التربة	X	Y	السعة التشبعية	السعة الحقلية	الذبول الدائم	ph	ec	TDS	ca	pb
2	A	43.58215	32.44188	45.3	18.1	15	7.69	5.34	3318	238	148
6	B	43.66119	32.50852	38.3	11.6	7.3	7.52	4.05	2517	326	76
8	B	43.56667	32.56666	42.5	14.3	11.6	7.47	2.25	1390	182	113
9	D	43.43942	32.67601	40.6	12.8	9.2	7.56	3.72	2305	291	91
11	C	43.33599	32.57044	35.6	8.2	3.5	7.41	2.37	1466	190	24
15	C	43.39917	32.53103	43.7	16.5	13.2	7.71	4.68	2910	383	131
16	C	43.46663	32.51469	34.3	7.8	2.9	7.32	2.07	1275	150	16
18	C	43.44048	32.4684	36.5	8.8	4.1	7.28	1.95	1198	144	35
20	A	43.60088	32.5053	37.5	10.2	5.6	7.59	4.44	2761	356	57
21	B	43.74387	32.47138	36.9	9.2	4.6	7.63	4.59	2855	370	49
24	B	43.73458	32.31888	48.3	19.1	13	7.65	5.34	3310	428	153
26	B	43.64612	32.20837	41.9	15	9.3	7.43	4.05	2520	364	81
30	A	43.47601	32.37057	45	17.2	11.5	7.35	2.25	1378	187	116
31	C	43.41409	32.38697	43.4	16.5	10.2	7.26	3.69	2314	295	96
32	A	43.46968	32.43252	37.5	10.8	5.9	7.69	2.34	1460	194	48
33	C	43.52679	32.35141	46.2	18.3	12.2	7.53	4.65	2915	386	136
34	D	43.35643	32.6592	40.6	12.8	9.2	7.28	2.21	1475	367	29
35	C	43.63333	32.43334	38.4	11.7	6.8	7.34	1.96	1168	149	67
41	A	43.52127	32.47052	40.7	13.8	8.4	7.62	4.46	2753	358	73
42	B	43.28905	32.50008	39.2	12.5	7.5	7.53	4.6	2836	379	58
44	B	43.65833	32.45834	35.2	9.1	4.6	7.56	5.33	2390	241	104
45	D	43.76667	32.55	37.8	10.6	5.2	7.65	4.63	3125	337	94
46	B	43.45875	32.32185	45.2	17.6	11.4	7.72	1.93	2519	193	87
49	B	43.35643	32.6592	41.4	15.5	11.1	7.28	2.21	1475	367	29
50	D	43.88333	32.66667	40.6	12.7	9.5	7.43	3.36	2591	278	103

ملحق (5) خصائص التربة

CO3	HCO3	SO4	cl	K	Na	mg	Y	X	صنف التربة	ت
12.5	387	856	952	13	480	184	32.44188	43.58215	A	2
7.2	303	639	718	8.7	364	139	32.50852	43.66119	B	6
3.6	174	329	413	3.5	201	77	32.56666	43.56667	B	8
5.7	279	588	656	5.2	343	128	32.67601	43.43942	D	9
4.5	189	335	441	4	212	81	32.57044	43.33599	C	11
10	352	742	824	10.3	414	162	32.53103	43.39917	C	15
2.3	158	301	383	8	198	71	32.51469	43.46663	C	16
1.5	149	294	351	9.2	186	65	32.4684	43.44048	C	18

ملحق (6) خصائص التربة

caco3	الفسفور الجاهز	النيتروجين الجاهز	O.M %	CEC	SAR	PO4	NO3	Y	X	صنف التربة	ت
30.2	12.3	61	1.11	20.2	4.8	0.49	12	32.44188	43.58215	A	2
27.5	9.6	47	0.94	16.1	4.17	0.37	8.2	32.50852	43.66119	B	6
26.3	10.9	54	1.03	18.7	4.09	0.32	4.1	32.56666	43.56667	B	8
28.4	10.5	51	0.98	17.2	4.15	0.38	5.2	32.67601	43.43942	D	9
25.6	5.2	34	0.81	12.5	3.2	0.35	4.6	32.57044	43.33599	C	11
33.4	11.7	58	1.07	19.6	4.45	0.14	10.3	32.53103	43.39917	C	15
24.5	4.8	31	0.78	11.6	3.27	0.3	3.2	32.51469	43.46663	C	16
23.6	5.4	36	0.78	12.9	3.2	0.28	2.1	32.4684	43.44048	C	18
29.3	7.3	43	0.9	14.8	4.42	0.39	9.2	32.5053	43.60088	A	20
32.6	6.7	40	0.84	13.5	4.41	0.43	11.3	32.47138	43.74387	B	21
25.7	12.8	67	1.13	21.2	3.46	0.21	12.1	32.31888	43.73458	B	24
20.6	9.5	56	1.7	17.6	4.2	0.33	8.2	32.20837	43.64612	B	26
31.6	11.5	60	1.12	19.3	4.23	0.36	4.4	32.37057	43.47601	A	30
25.6	9.8	39	1.1	18.7	3.32	0.39	5.1	32.38697	43.41409	C	31
27.1	5.3	32	0.92	14.9	4.1	0.41	4.5	32.43252	43.46968	A	32
31.7	12.2	44	1.12	20.7	4.2	0.31	10.2	32.35141	43.52679	C	33
27.2	5.8	53	0.65	14.3	2.51	0.37	7.4	32.6592	43.35643	D	34
30.1	6.6	48	0.95	15.8	2.35	0.28	2.4	32.43334	43.63333	C	35
28.3	7.4	52	1.03	17.32	2.26	0.38	9.3	32.47052	43.52127	A	41
24.7	6.7	37	1.1	16.5	4.42	0.31	11.1	32.50008	43.28905	B	42
32.5	7.5	46	1.6	17.4	2.41	0.29	2.7	32.45834	43.65833	B	44
26.3	10.2	31	1.9	19.5	4.45	0.41	10.5	32.55	43.76667	D	45
29.7	7.1	47	0.88	20.3	3.31	0.48	3.6	32.32185	43.45875	B	46
27.2	5.8	53	0.65	14.3	2.51	0.37	7.4	32.6592	43.35643	B	49
31.3	9.3	42	1.56	15.2	4.3	0.44	8.2	32.66667	43.88333	D	50

ملحق (7) خصائص التربة

Cd	cu	Zn	Mn	Fe	اليورون	البوتاسيوم الجاهز	Y	X	صنف التربة	ت
5.1	6.58	159	261	13150	0.56	145	32.44188	43.58215	A	2
2.27	3.76	67	136	5730	0.51	117	32.50852	43.66119	B	6
3.75	5.16	107	195	9560	0.21	128	32.56666	43.56667	B	8
2.81	4.39	85	162	7245	0.34	121	32.67601	43.43942	D	9
0.64	1.85	32	46	754	0.26	82	32.57044	43.33599	C	11
4.32	7.15	128	213	11410	0.37	139	32.53103	43.39917	C	15
0.39	1.15	23	39	419	0.21	75	32.51469	43.46663	C	16
1.18	2.31	41	71	981	0.17	94	32.4684	43.44048	C	18
1.86	3.21	56	101	3683	0.42	109	32.5053	43.60088	A	20
1.52	2.85	49	80	2216	0.46	101	32.47138	43.74387	B	21
5.6	8.3	201	285	15250	0.35	151	32.31888	43.73458	B	24
2.27	3.76	118	157	7162	0.32	139	32.20837	43.64612	B	26
3.75	5.16	163	218	11729	0.44	146	32.37057	43.47601	A	30
2.81	4.39	132	186	9875	0.37	107	32.38697	43.41409	C	31
1.33	1.96	73	68	917	0.43	141	32.43252	43.46968	A	32
4.23	6.91	188	251	13408	0.19	115	32.35141	43.52679	C	33
1.58	4.28	63	103	798	0.45	95	32.6592	43.35643	D	34
1.9	2.31	84	89	2126	0.36	120	32.43334	43.63333	C	35
2.11	3.21	103	131	6245	0.42	125	32.47052	43.52127	A	41
1.83	2.85	94	105	4709	0.39	66	32.50008	43.28905	B	42
3.56	5.25	82	160	3689	0.26	108	32.45834	43.65833	B	44
1.43	3.24	42	184	11409	0.18	112	32.55	43.76667	D	45
2.83	1.65	99	45	6216	0.24	78	32.32185	43.45875	B	46
1.58	4.28	63	103	798	0.45	95	32.6592	43.35643	B	49
3.46	5.34	32	92	5721	0.53	121	32.66667	43.88333	D	50

ملحق رقم (8) جدولة الري لأشجار النخيل والسدر في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة.

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	Mm	mm	mm	mm	l/s/ha
26 Feb	23	Init	0.0	1.00	100	53	63.5	0.0	0.0	90.8	0.46
14 Mar	39	Init	0.0	1.00	100	51	61.0	0.0	0.0	87.1	0.63
28 Mar	53	Init	0.0	1.00	100	53	63.6	0.0	0.0	90.8	0.75
9 Apr	65	Init	0.0	1.00	100	53	63.1	0.0	0.0	90.1	0.87
20 Apr	76	Init	0.0	1.00	100	53	64.0	0.0	0.0	91.5	0.96
30 Apr	86	Init	0.0	1.00	100	53	63.9	0.0	0.0	91.3	1.06
9 May	95	Init	0.0	1.00	100	52	62.4	0.0	0.0	89.2	1.15
18 May	104	Init	0.0	1.00	100	56	67.1	0.0	0.0	95.8	1.23
26 May	112	Init	0.0	1.00	100	54	64.6	0.0	0.0	92.2	1.33
3 Jun	120	Init	0.1	1.00	100	57	68.4	0.0	0.0	97.8	1.41
10 Jun	127	Init	0.0	1.00	100	53	63.1	0.0	0.0	90.1	1.49
17 Jun	134	Init	0.0	1.00	100	57	67.9	0.0	0.0	97.0	1.60
24 Jun	141	Dev	0.0	1.00	100	57	68.2	0.0	0.0	97.4	1.61
1 Jul	148	Dev	0.0	1.00	100	57	68.7	0.0	0.0	98.1	1.62
7 Jul	154	Dev	0.0	1.00	100	50	60.2	0.0	0.0	86.0	1.66
13 Jul	160	Dev	0.0	1.00	100	51	61.3	0.0	0.0	87.6	1.69
19 Jul	166	Dev	0.0	1.00	100	52	62.4	0.0	0.0	89.2	1.72
25 Jul	172	Mid	0.0	1.00	100	51	61.1	0.0	0.0	87.3	1.68
31 Jul	178	Mid	0.0	1.00	100	51	60.9	0.0	0.0	86.9	1.68
7 Aug	185	Mid	0.0	1.00	100	56	67.6	0.0	0.0	96.5	1.60
14 Aug	192	Mid	0.0	1.00	100	55	65.8	0.0	0.0	94.0	1.55
21 Aug	199	Mid	0.0	1.00	100	53	63.8	0.0	0.0	91.2	1.51
29 Aug	207	Mid	0.0	1.00	100	57	68.2	0.0	0.0	97.4	1.41
6 Sep	215	Mid	0.0	1.00	100	53	64.0	0.0	0.0	91.4	1.32
15 Sep	224	Mid	0.0	1.00	100	56	66.9	0.0	0.0	95.6	1.23
24 Sep	233	Mid	0.0	1.00	100	51	61.5	0.0	0.0	87.9	1.13
4 Oct	243	Mid	0.0	1.00	100	52	62.1	0.0	0.0	88.8	1.03
15 Oct	254	Mid	0.0	1.00	100	51	60.8	0.0	0.0	86.9	0.91
28 Oct	267	Mid	0.0	1.00	100	52	62.5	0.0	0.0	89.2	0.79
13 Nov	283	Mid	0.9	1.00	100	52	62.2	0.0	0.0	88.9	0.64
4 Dec	304	Mid	0.0	1.00	100	51	60.8	0.0	0.0	86.8	0.48
4 Jan	335	End	0.0	1.00	100	51	60.7	0.0	0.0	86.7	0.32
3 Feb	End	End	0.0	1.00	0	44					

المصدر: برنامج cropwat.

ملحق (9) جدولة الري لأشجار الحمضيات في الصحراء الغربية من محافظة كريلاء المقدسة.

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	Mm	mm	mm	l/s/ha
25 Feb	22	Init	0.0	1.00	100	52	43.3	0.0	0.0	61.9	0.33
13 Mar	38	Init	2.4	1.00	100	51	42.5	0.0	0.0	60.8	0.44
26	51	Init	0.0	1.00	100	54	45.7	0.0	0.0	65.3	0.58

Mar											
6 Apr	62	Dev	0.0	1.00	100	54	45.0	0.0	0.0	64.3	0.68
16 Apr	72	Dev	0.0	1.00	100	53	44.9	0.0	0.0	64.1	0.74
25 Apr	81	Dev	0.0	1.00	100	52	43.8	0.0	0.0	62.5	0.80
4 May	90	Dev	0.0	1.00	100	54	45.6	0.0	0.0	65.1	0.84
12 May	98	Dev	0.0	1.00	100	53	44.1	0.0	0.0	63.1	0.91
20 May	106	Dev	0.0	1.00	100	56	46.7	0.0	0.0	66.8	0.97
27 May	113	Dev	0.5	1.00	100	52	43.8	0.0	0.0	62.6	1.03
3 Jun	120	Dev	0.1	1.00	100	55	46.4	0.0	0.0	66.3	1.10
10 Jun	127	Dev	0.0	1.00	100	58	48.7	0.0	0.0	69.5	1.15
16 Jun	133	Dev	0.0	1.00	100	53	44.8	0.0	0.0	64.0	1.23
22 Jun	139	Dev	0.0	1.00	100	53	44.8	0.0	0.0	64.0	1.23
28 Jun	145	Dev	0.0	1.00	100	53	44.7	0.0	0.0	63.9	1.23
4 Jul	151	Mid	0.0	1.00	100	53	44.7	0.0	0.0	63.8	1.23
10 Jul	157	Mid	0.0	1.00	100	53	44.7	0.0	0.0	63.8	1.23
16 Jul	163	Mid	0.0	1.00	100	54	45.1	0.0	0.0	64.4	1.24
22 Jul	169	Mid	0.0	1.00	100	53	44.4	0.0	0.0	63.4	1.22
28 Jul	175	Mid	0.0	1.00	100	51	43.1	0.0	0.0	61.5	1.19
3 Aug	181	Mid	0.0	1.00	100	50	42.0	0.0	0.0	60.0	1.16
10 Aug	188	Mid	0.0	1.00	100	57	47.8	0.0	0.0	68.3	1.13
17 Aug	195	Mid	0.0	1.00	100	54	45.6	0.0	0.0	65.2	1.08
24 Aug	202	Mid	0.0	1.00	100	52	43.7	0.0	0.0	62.4	1.03
31 Aug	209	Mid	0.0	1.00	100	50	42.2	0.0	0.0	60.2	1.00
8 Sep	217	Mid	0.0	1.00	100	53	44.3	0.0	0.0	63.2	0.91
17 Sep	226	Mid	0.0	1.00	100	55	46.3	0.0	0.0	66.2	0.85
26 Sep	235	Mid	0.0	1.00	100	51	42.6	0.0	0.0	60.8	0.78
6 Oct	245	Mid	0.0	1.00	100	51	43.0	0.0	0.0	61.5	0.71
17 Oct	256	Mid	0.0	1.00	100	50	42.1	0.0	0.0	60.2	0.63
30 Oct	269	Mid	0.0	1.00	100	52	43.3	0.0	0.0	61.9	0.55
15 Nov	285	End	0.0	1.00	100	51	42.5	0.0	0.0	60.7	0.44
8 Dec	308	End	0.0	1.00	100	52	43.6	0.0	0.0	62.3	0.31
11 Jan	342	End	0.0	1.00	100	51	43.0	0.0	0.0	61.4	0.21
3 Feb	End	End	0.0	1.00	0	31					

المصدر: برنامج cropwat.

ملحق (10) جدولة الري لأشجار التين والزيتون في الصحراء الغربية من محافظة كبرلاء

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	Mm	mm	mm	mm	l/s/ha
22 Mar	47	Init	0.0	1.00	100	46	41.3	0.0	0.0	59.0	0.15
18 Apr	74	Init	0.0	1.00	100	46	41.0	0.0	0.0	58.6	0.25

9 May	95	Init	0.0	1.00	100	47	42.7	0.0	0.0	60.9	0.34
26 May	112	Init	0.0	1.00	100	47	42.6	0.0	0.0	60.8	0.41
9 Jun	126	Init	0.0	1.00	100	45	40.8	0.0	0.0	58.2	0.48
22 Jun	139	Init	0.0	1.00	100	46	41.8	0.0	0.0	59.7	0.53
5 Jul	152	Dev	0.0	1.00	100	48	43.2	0.0	0.0	61.7	0.55
16 Jul	163	Dev	0.0	1.00	100	48	43.6	0.0	0.0	62.3	0.66
25 Jul	172	Dev	0.0	1.00	100	48	42.9	0.0	0.0	61.2	0.79
2 Aug	180	Dev	0.0	1.00	100	46	41.8	0.0	0.0	59.7	0.86
10 Aug	188	Dev	0.0	1.00	100	50	45.4	0.0	0.0	64.9	0.94
17 Aug	195	Dev	0.0	1.00	100	48	43.4	0.0	0.0	61.9	1.02
24 Aug	202	Mid	0.0	1.00	100	48	43.3	0.0	0.0	61.9	1.02
31 Aug	209	Mid	0.0	1.00	100	48	43.3	0.0	0.0	61.8	1.02
8 Sep	217	Mid	0.0	1.00	100	51	45.5	0.0	0.0	64.9	0.94
16 Sep	225	Mid	0.0	1.00	100	47	42.4	0.0	0.0	60.6	0.88
25 Sep	234	Mid	0.0	1.00	100	49	44.2	0.0	0.0	63.2	0.81
5 Oct	244	Mid	0.0	1.00	100	50	44.7	0.0	0.0	63.8	0.74
16 Oct	255	Mid	0.0	1.00	100	49	43.7	0.0	0.0	62.5	0.66
28 Oct	267	Mid	0.0	1.00	100	46	41.6	0.0	0.0	59.4	0.57
11 Nov	281	Mid	0.0	1.00	100	45	40.5	0.0	0.0	57.9	0.48
30 Nov	300	Mid	0.0	1.00	100	45	40.7	0.0	0.0	58.2	0.35
30 Dec	330	End	0.0	1.00	100	46	41.2	0.0	0.0	58.9	0.23
3 Feb	End	End	0.0	1.00	0	31					

المصدر: بأعتماد نموذج cropwat.

ملحق (11) جدولة الري لأشجار الورديات.

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 Mar	40	Init	0.0	1.00	100	36	32.4	0.0	0.0	46.3	0.13
8 Apr	64	Init	0.0	1.00	100	36	32.1	0.0	0.0	45.9	0.22
26 Apr	82	Init	0.0	1.00	100	36	32.4	0.0	0.0	46.3	0.30
11 May	97	Init	0.0	1.00	100	37	33.2	0.0	0.0	47.4	0.37
24 May	110	Init	0.0	1.00	100	36	32.1	0.0	0.0	45.8	0.41
5 Jun	122	Init	0.0	1.00	100	38	33.8	0.0	0.0	48.3	0.47
16 Jun	133	Init	0.0	1.00	100	38	34.4	0.0	0.0	49.1	0.52
26 Jun	143	Init	0.0	1.00	100	36	32.3	0.0	0.0	46.2	0.53
6 Jul	153	Dev	0.0	1.00	100	38	34.3	0.0	0.0	49.0	0.57
14 Jul	161	Dev	0.0	1.00	100	37	33.4	0.0	0.0	47.7	0.69
21 Jul	168	Dev	0.0	1.00	100	38	34.4	0.0	0.0	49.2	0.81
27 Jul	174	Dev	0.0	1.00	100	39	34.7	0.0	0.0	49.6	0.96
2 Aug	180	Dev	0.0	1.00	100	41	36.5	0.0	0.0	52.1	1.01
7 Aug	185	Dev	0.0	1.00	100	37	33.3	0.0	0.0	47.6	1.10
12 Aug	190	Dev	0.0	1.00	100	39	34.8	0.0	0.0	49.8	1.15
17 Aug	195	Dev	0.0	1.00	100	41	37.1	0.0	0.0	53.0	1.23
22 Aug	200	Dev	0.0	1.00	100	41	37.2	0.0	0.0	53.2	1.23
27 Aug	205	Mid	0.0	1.00	100	42	37.4	0.0	0.0	53.4	1.24
1 Sep	210	Mid	0.0	1.00	100	41	36.8	0.0	0.0	52.6	1.22
6 Sep	215	Mid	0.0	1.00	100	38	34.4	0.0	0.0	49.1	1.14
11 Sep	220	Mid	0.0	1.00	100	38	33.8	0.0	0.0	48.2	1.12

17 Sep	226	Mid	0.0	1.00	100	42	37.6	0.0	0.0	53.7	1.04
23 Sep	232	Mid	0.0	1.00	100	40	35.9	0.0	0.0	51.2	0.99
29 Sep	238	Mid	0.0	1.00	100	38	34.2	0.0	0.0	48.8	0.94
6 Oct	245	Mid	0.0	1.00	100	40	36.4	0.0	0.0	52.0	0.86
13 Oct	252	Mid	0.0	1.00	100	38	34.2	0.0	0.0	48.8	0.81
20 Oct	259	Mid	0.0	1.00	100	35	31.9	0.0	0.0	45.5	0.75
28 Oct	267	Mid	0.0	1.00	100	36	32.1	0.0	0.0	45.9	0.66
6 Nov	276	Mid	0.0	1.00	100	36	32.7	0.0	0.0	46.8	0.60
17 Nov	287	Mid	0.9	1.00	100	37	33.6	0.0	0.0	47.9	0.50
30 Nov	300	Mid	0.0	1.00	100	38	33.8	0.0	0.0	48.3	0.43
18 Dec	318	Mid	0.0	1.00	100	36	32.7	0.0	0.0	46.8	0.30
9 Jan	340	End	0.0	1.00	100	35	31.6	0.0	0.0	45.1	0.24
3 Feb	End	End	0.0	1.00	0	23					

ملحق (12) جدولة الري للخضروات الصيفية الكبيرة والمتوسطة في الصحراء الغربية من محافظة كبرياء المقدسة.

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
6 Apr	3	Init	0.0	1.00	100	48	9.6	0.0	0.0	13.7	0.53
9 Apr	6	Init	0.0	1.00	100	43	9.6	0.0	0.0	13.7	0.53
12 Apr	9	Init	0.0	1.00	100	42	10.1	0.0	0.0	14.4	0.56
16 Apr	13	Init	0.0	1.00	100	51	13.8	0.0	0.0	19.8	0.57
20 Apr	17	Init	0.0	1.00	100	46	13.8	0.0	0.0	19.8	0.57
24 Apr	21	Init	0.0	1.00	100	41	13.5	0.0	0.0	19.2	0.56
29 Apr	26	Dev	0.0	1.00	100	48	17.2	0.0	0.0	24.6	0.57
3 May	30	Dev	1.1	1.00	100	45	17.6	0.0	0.0	25.2	0.73
7 May	34	Dev	1.1	1.00	100	45	18.9	0.0	0.0	26.9	0.78
11 May	38	Dev	0.0	1.00	100	49	21.8	0.0	0.0	31.1	0.90
14 May	41	Dev	0.0	1.00	100	42	19.5	0.0	0.0	27.9	1.08
17 May	44	Dev	0.7	1.00	100	40	19.5	0.0	0.0	27.9	1.08
21 May	48	Dev	0.0	1.00	100	57	29.2	0.0	0.0	41.7	1.21
24 May	51	Dev	0.0	1.00	100	49	26.3	0.0	0.0	37.5	1.45
27 May	54	Dev	0.5	1.00	100	47	26.3	0.0	0.0	37.5	1.45
30 May	57	Dev	0.0	1.00	100	46	26.8	0.0	0.0	38.2	1.48
2 Jun	60	Dev	0.0	1.00	100	51	30.7	0.0	0.0	43.8	1.69
5 Jun	63	Mid	0.0	1.00	100	54	32.6	0.0	0.0	46.6	1.80
8 Jun	66	Mid	0.0	1.00	100	54	32.6	0.0	0.0	46.5	1.79
11 Jun	69	Mid	0.0	1.00	100	56	33.4	0.0	0.0	47.8	1.84
14 Jun	72	Mid	0.0	1.00	100	59	35.1	0.0	0.0	50.2	1.93
17 Jun	75	Mid	0.0	1.00	100	59	35.1	0.0	0.0	50.2	1.93
20 Jun	78	Mid	0.0	1.00	100	59	35.1	0.0	0.0	50.2	1.93
23 Jun	81	Mid	0.0	1.00	100	58	35.1	0.0	0.0	50.1	1.93
26 Jun	84	Mid	0.0	1.00	100	58	35.1	0.0	0.0	50.1	1.93
29 Jun	87	Mid	0.0	1.00	100	58	35.1	0.0	0.0	50.1	1.93
2 Jul	90	Mid	0.0	1.00	100	58	35.1	0.0	0.0	50.1	1.93
5 Jul	93	Mid	0.0	1.00	100	58	35.1	0.0	0.0	50.1	1.93

8 Jul	96	Mid	0.0	1.00	100	58	35.1	0.0	0.0	50.1	1.93
11 Jul	99	Mid	0.0	1.00	100	58	34.6	0.0	0.0	49.4	1.91
14 Jul	102	End	0.0	1.00	100	56	33.6	0.0	0.0	48.0	1.85
17 Jul	105	End	0.0	1.00	100	56	33.6	0.0	0.0	48.0	1.85
20 Jul	108	End	0.0	1.00	100	56	33.6	0.0	0.0	48.0	1.85
24 Jul	112	End	0.0	1.00	100	61	36.3	0.0	0.0	51.9	1.50
28 Jul	116	End	0.0	1.00	100	61	36.3	0.0	0.0	51.9	1.50
1 Aug	End	End	0.1	1.00	100	45					

ملحق (13) جدولة الري للخضار الشتوية المتوسطة في محافظة

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
17 Nov	3	Init	0.9	1.00	100	32	5.5	0.0	0.0	7.8	0.30
20 Nov	6	Init	0.0	1.00	100	34	6.3	0.0	0.0	9.0	0.35
25 Nov	11	Init	0.0	1.00	100	37	8.3	0.0	0.0	11.8	0.27
30 Nov	16	Init	0.0	1.00	100	33	8.3	0.0	0.0	11.8	0.27
8 Dec	24	Init	0.0	1.00	100	33	10.1	0.0	0.0	14.4	0.21
19 Dec	35	Dev	0.0	1.00	100	34	12.8	0.0	0.0	18.3	0.19
30 Dec	46	Dev	0.0	1.00	100	34	15.2	0.0	0.0	21.7	0.23
11 Jan	58	Dev	0.0	1.00	100	39	20.3	0.0	0.0	28.9	0.28
24 Jan	71	Mid	0.0	1.00	100	43	25.7	0.0	0.0	36.7	0.33
2 Feb	80	Mid	0.0	1.00	100	43	26.0	0.0	0.0	37.1	0.48
10 Feb	88	Mid	0.0	1.00	100	44	26.2	0.0	0.0	37.4	0.54
18 Feb	96	Mid	0.0	1.00	100	45	27.3	0.0	0.0	38.9	0.56
24 Feb	102	Mid	0.0	1.00	100	41	24.6	0.0	0.0	35.1	0.68
2 Mar	108	Mid	0.0	1.00	100	46	27.5	0.0	0.0	39.2	0.76
7 Mar	113	Mid	2.4	1.00	100	41	24.9	0.0	0.0	35.6	0.82
12 Mar	118	End	0.0	1.00	100	47	28.0	0.0	0.0	40.0	0.93
17 Mar	123	End	2.4	1.00	100	44	26.6	0.0	0.0	38.1	0.88
22 Mar	128	End	0.0	1.00	100	48	28.9	0.0	0.0	41.3	0.95
28 Mar	134	End	0.0	1.00	100	54	32.1	0.0	0.0	45.9	0.89
3 Apr	140	End	2.1	1.00	100	53	31.9	0.0	0.0	45.5	0.88
8 Apr	End	End	0.0	1.00	100	34					

المصدر: لاعتماد برنامج CROPWAT.

ملحق (14) جدولة الري لمحصولي الحنطة والشعير.

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
21 Jan	41	Mid	0.0	1.00	100	59	38.7	0.0	0.0	55.3	0.16

4 Feb	55	Mid	0.0	1.00	100	57	37.3	0.0	0.0	53.3	0.44
15 Feb	66	Mid	0.0	1.00	100	56	36.8	0.0	0.0	52.6	0.55
25 Feb	76	Mid	0.0	1.00	100	59	39.1	0.0	0.0	55.8	0.65
5 Mar	84	Mid	0.0	1.00	100	56	36.8	0.0	0.0	52.6	0.76
13 Mar	92	End	2.4	1.00	100	59	39.0	0.0	0.0	55.8	0.81
23 Mar	102	End	2.2	1.00	100	70	46.2	0.0	0.0	65.9	0.76
10 Apr	End	End	0.1	1.00	100	74					

المصدر: لاعتماد برنامج CROPWAT.

ملحق (15) جدولة الري لمحصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
1 Mar	26	Dev	0.0	1.00	100	47	20.7	0.0	0.0	29.6	0.13
14 Mar	39	Dev	0.0	1.00	100	50	28.5	0.0	0.0	40.8	0.36
22 Mar	47	Dev	0.0	1.00	100	49	32.0	0.0	0.0	45.7	0.66
29 Mar	54	Dev	0.0	1.00	100	52	37.8	0.0	0.0	53.9	0.89
4 Apr	60	Dev	0.0	1.00	100	51	39.5	0.0	0.0	56.4	1.09
10 Apr	66	Mid	0.0	1.00	100	55	43.2	0.0	0.0	61.7	1.19
15 Apr	71	Mid	0.0	1.00	100	51	39.5	0.0	0.0	56.4	1.31
20 Apr	76	Mid	0.0	1.00	100	51	39.5	0.0	0.0	56.4	1.31
25 Apr	81	Mid	0.0	1.00	100	55	43.1	0.0	0.0	61.6	1.43
30 Apr	86	Mid	0.0	1.00	100	55	43.1	0.0	0.0	61.6	1.43
5 May	91	Mid	0.0	1.00	100	60	46.8	0.0	0.0	66.8	1.55
10 May	96	Mid	0.0	1.00	100	60	46.8	0.0	0.0	66.8	1.55
14 May	100	Mid	0.0	1.00	100	51	40.0	0.0	0.0	57.2	1.66
18 May	104	Mid	0.0	1.00	100	51	40.0	0.0	0.0	57.2	1.66
23 May	109	End	0.5	1.00	100	60	46.5	0.0	0.0	66.4	1.54
29 May	115	End	0.0	1.00	100	67	52.6	0.0	0.0	75.2	1.45
7 Jun	124	End	0.1	1.00	100	77	60.0	0.0	0.0	85.8	1.10
13 Jun	End	End	0.0	1.00	100	34					

ملحق (16) جدولة الري لمحصول الجت في الصحراء الغربية من محافظة كبرياء المقدسة.

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
5 Mar	30	Init	0.0	1.00	100	57	40.7	0.0	0.0	58.2	0.22
29 Mar	54	Init	0.0	1.00	100	56	40.3	0.0	0.0	57.5	0.28
16 Apr	72	Init	0.0	1.00	100	56	40.5	0.0	0.0	57.9	0.37
1 May	87	Init	0.0	1.00	100	57	40.9	0.0	0.0	58.5	0.45
15 May	101	Init	0.0	1.00	100	59	42.8	0.0	0.0	61.1	0.51
27 May	113	Init	0.5	1.00	100	57	41.1	0.0	0.0	58.7	0.57
7 Jun	124	Init	0.1	1.00	100	59	42.7	0.0	0.0	61.0	0.64
17 Jun	134	Init	0.0	1.00	100	59	42.2	0.0	0.0	60.3	0.70
27 Jun	144	Init	0.0	1.00	100	60	43.1	0.0	0.0	61.5	0.71

6 Jul	153	Dev	0.0	1.00	100	59	42.1	0.0	0.0	60.2	0.77
13 Jul	160	Dev	0.0	1.00	100	56	40.1	0.0	0.0	57.3	0.95
19 Jul	166	Dev	0.0	1.00	100	57	41.3	0.0	0.0	59.0	1.14
24 Jul	171	Dev	0.0	1.00	100	57	41.3	0.0	0.0	59.0	1.37
29 Jul	176	Dev	0.0	1.00	100	60	43.1	0.0	0.0	61.5	1.42
3 Aug	181	Mid	0.0	1.00	100	63	45.6	0.0	0.0	65.2	1.51
8 Aug	186	Mid	0.0	1.00	100	66	47.3	0.0	0.0	67.6	1.56
13 Aug	191	Mid	0.0	1.00	100	64	46.1	0.0	0.0	65.8	1.52
18 Aug	196	Mid	0.0	1.00	100	63	45.3	0.0	0.0	64.7	1.50
23 Aug	201	Mid	0.0	1.00	100	60	43.2	0.0	0.0	61.7	1.43
28 Aug	206	Mid	0.0	1.00	100	58	41.8	0.0	0.0	59.8	1.38
2 Sep	211	Mid	0.0	1.00	100	56	40.5	0.0	0.0	57.8	1.34
8 Sep	217	Mid	0.0	1.00	100	64	46.1	0.0	0.0	65.9	1.27
14 Sep	223	Mid	0.0	1.00	100	60	43.4	0.0	0.0	61.9	1.19
20 Sep	229	Mid	0.0	1.00	100	58	42.0	0.0	0.0	60.0	1.16
27 Sep	236	Mid	0.0	1.00	100	62	44.5	0.0	0.0	63.6	1.05
4 Oct	243	Mid	0.0	1.00	100	58	42.0	0.0	0.0	60.0	0.99
12 Oct	251	Mid	0.0	1.00	100	62	44.5	0.0	0.0	63.6	0.92
20 Oct	259	Mid	0.0	1.00	100	57	40.7	0.0	0.0	58.1	0.84
29 Oct	268	Mid	0.0	1.00	100	56	40.4	0.0	0.0	57.8	0.74
9 Nov	279	Mid	0.0	1.00	100	60	43.4	0.0	0.0	62.0	0.65
22 Nov	292	Mid	0.0	1.00	100	58	42.0	0.0	0.0	60.1	0.53
8 Dec	308	Mid	0.0	1.00	100	57	40.9	0.0	0.0	58.5	0.42
29 Dec	329	Mid	0.0	1.00	100	55	39.8	0.0	0.0	56.8	0.31
22 Jan	353	End	0.0	1.00	100	57	41.2	0.0	0.0	58.9	0.28
3 Feb	End	End	0.0	1.00	0	31					

المصدر: برنامج CROPWAT

ملحق (17) البصمة المائية الزرقاء للمحاصيل الزراعية في الصحراء الغربية

البصمة المائية/الموسم	المزروعات	ت	البصمة المائية الزقاء/الموسم	المزروعات	ت
4471200	باقلاء	16	4860000	النخيل والسدر	1
4471200	بصل	17	6998400	الحمضيات	2
4471200	خيار مغطى	18	6220800	التين	3
4471200	خس	19	5832000	الزيتون	4
4471200	سبانغ	20	7776000	الورديات	5
4471200	كرات	21	7387200	الباميا	6
4471200	حلبة	22	5832000	الباذنجان	7
4471200	فجل	23	6415200	الرقى	8
4471200	شبنبت	24	6415200	البطيخ	9
4471200	شلغم	25	10692000	الحنطة	10
4471200	سلق	26	10692000	الشعير	11
4471200	كرفس	27	5054400	الذرة الصفراء	12

4471200	رشاد	28	5054400	عباد الشمس	13
4471200	شوندر	29	5248800	الجت	14
4471200	بطاطا ربيعية	30	4471200	فلفل معطى	15

ملحق (18) صورة لمزرعة الشعير



المصدر: الدراسة الميدانية في 2025/4/13.

ملحق (19) مزرعة شعير بمساحة 80 دونم.



المصدر الدراسة الميدانية في 2025/4/13.

ملحق (20) بحيرة استزراع سمكي بمساحة 250 دونم.



المصدر: الدراسة الميدانية في 2025/4/13.

ملحق (21) بحيرة استزراع سمكي بمساحة 5 دونم.



المصدر: الدراسة الميدانية في 2025/4/10.

ملحق (22) معامل عزل الخابط.



المصدر: الدراسة الميدانية في 2025/4/10.

ملحق (23) صورة الرمل المغسول.



المصدر: الدراسة الميدانية في 2025/4/10.

ملحق (24) صورة الحصى الناعم.



المصدر: الدراسة الميدانية في 2025/4/10.

ملحق (25) خزان جمع المياه في معامل الخابطة.



المصدر: الدراسة الميدانية في 2025/4/10.

م / استمارة استبيان

عزيزي المزارع الكريم :

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

يسعدني اختياركم ضمن عينة الدراسة التي تحمل العنوان الآتي :

(تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الانتاجية لاستهلاك المياه الجوفية في الصحراء الغربية
من محافظة كربلاء المقدسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد)

وذلك لاستكمال متطلبات نيل درجة الدكتوراه في الجغرافية البشرية، لذا فأنتني اضع بين ايديكم الاستبانة الخاصة بهذه الدراسة راجية منكم التكرم بالاجابة عن العبارات التي تضمنتها، املة مراعاة الموضوعية والدقة التامة في الاجابة، علما ان المعلومات الواردة لغاية الدراسة والبحث فقط.

ولكم مني جزيل الشكر والتقدير

- 1 - هل المزرعة تعتمد على المياه الجوفية في عمليات الري؟
- 2 - ما هي انواع المحاصيل المزروعة في المزرعة؟
- 3 - كم ساعة يحتاج الدونم الواحد لسقية؟
- 4 - كم ريه يحتاج المحصول خلال السنة اذا كانت محاصيل حولية؟ وخلال الموسم اذا كانت محاصيل موسمية؟
- 5 - كم عدد الاشجار التي تزرع في الدونم الواحد من كل نوع؟
- 6 - ما هو متوسط انتاج كل شجرة ؟
- 7- ما هو سعر الكيلو غرام من كل محصول؟
- 8 - ما هو سعر الطن من كل محصول؟
- 9 - ما هي مراحل النمو التي يمر بها كل محصول حسب الظروف المناخية لمنطقة الدراسة؟
- 10 - ما هي انتاجية الدونم من الخضار الكبيرة والمتوسطة، او الصغيرة ؟

عزيزي المزارع الكريم :

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

يسعدني اختياركم ضمن عينة الدراسة التي تحمل العنوان الآتي :

(تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الانتاجية لاستهلاك المياه الجوفية في الصحراء الغربية
من محافظة كبرلاء المقدسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد)

وذلك لاستكمال متطلبات نيل درجة الدكتوراه في الجغرافية البشرية، لذا فأنتني اضع بين ايديكم الاستبانة الخاصة بهذه الدراسة راجية منكم التكرم بالاجابة عن العبارات التي تضمنتها، املة مراعاة الموضوعية والدقة التامة في الاجابة، علما ان المعلومات الواردة لغاية الدراسة والبحث فقط.

ولكم مني جزيل الشكر والتقدير.

- 1 – ما هو اسم الشركة ؟
- 2 – ما هي اقسام الشركة ؟
- 3 – كم عدد الدجاج في الحقل الواحد ؟
- 4 – ما هي مراحل تربية الدجاج اللحم والبيض ؟
- 5 – كم لتر ماء يستهلك الحقل الواحد في اليوم او الاسبوع ؟
- 6 – هل يستخدم الماء في عمليات تطهير الحقل ؟
- 7 – ما هي العمليات التي يتم استخدام الماء فيها داخل الحقل ؟
- 8 – ما هي كميات المياه التي يتم اسخدامها في كل عملية ؟
- 9 – ما هي كمية الانتاج اليومي من اللحوم ؟
- 10 – ما هي كمية الانتاج اليومي من البيض ؟
- 11 – كيف يتم بيع اللحوم ؟ كم الكمية كيلوغرام او طن ؟ وما هو سعر هذه الكمية ؟
- 12 – كيف يتم بيع البيض ؟ طبقات او كارتون كامل ؟ وما هو سعر الكمية؟

م / استمارة استبيان

عزيزي المزارع الكريم :

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

يسعدني اختياركم ضمن عينة الدراسة التي تحمل العنوان الاتي :

(تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الانتاجية لاستهلاك المياه الجوفية في الصحراء الغربية من محافظة كربلاء المقدسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد)

وذلك لاستكمال متطلبات نيل درجة الدكتوراه في الجغرافية البشرية، لذا فأنتني اضع بين ايديكم الاستبانة الخاصة بهذه الدراسة راجية منكم التكرم بالاجابة عن العبارات التي تضمنتها، املة مراعاة الموضوعية والدقة التامة في الاجابة، علما ان المعلومات الواردة لغاية الدراسة والبحث فقط.

ولكم مني جزيل الشكر والتقدير

- 1 – هل تستخدم البحيرة مياه جوفية ؟
- 2 – هل البئر ارتوازي ام متدفق ؟
- 3 – هل يتوقف البئر عن العمل في اليوم ؟ اذا كان الجواب نعم كم ساعة يتوقف باليوم؟
- 4 – ما هو حجم البحيرة ؟
- 5 – هل لديك معرفة بعدد البحيرات في المنطقة ؟ اذا كان الجواب نعم كم العدد الذي تعرفه ؟
- 6 – ما هو اصغر حجم لبحيرات الاسماك الموجودة في المنطقة ؟ ما هو اكبر حجم لبحيرات الاسماك الموجودة في المنطقة ؟
- 7 – ما هو نظام عمل الحيرات ؟
- 8 – كيف يتم تهيئة البحيرة قبل المباشرة بالاستزراع ؟
- 9 – كم سمكة يتم تربيتها في الدونم الواحد ؟
- 10 – ما هو وزن السمكة في بداية الاستزراع ؟
- 11 – متى يبدأ حصاد الاسماك ؟
- 12 – ما هي مدة الاستزراع للموسم الواحد ؟
- 13 – ما هي سعة وعمق الحيرة ؟
- 14 – هل يتم تدوير المياه لتقليل التلوث والمحافظة على الاسماك ؟
- 15 – ما هو متوسط سعر الكيلوغرام من السمك عند بحيرات الاستزراع ؟

م / استمارة استبيان

عزيزي المواطن الكريم :

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

يسعدني اختياركم ضمن عينة الدراسة التي تحمل العنوان الآتي :

(تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الانتاجية لاستهلاك المياه الجوفية في الصحراء الغربية
من محافظة كربلاء المقدسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد)

وذلك لاستكمال متطلبات نيل درجة الدكتوراه في الجغرافية البشرية، لذا فأنتني اضع بين ايديكم الاستبانة الخاصة بهذه الدراسة راجية منكم التكرم بالاجابة عن العبارات التي تضمنتها، املة مراعاة الموضوعية والدقة التامة في الاجابة، علما ان المعلومات الواردة لغاية الدراسة والبحث فقط.

ولكم مني جزيل الشكر والتقدير.

- 1 - ما هو عدد ابار المحطة ؟
- 2 - ما هي مساحة المحطة الواحدة ؟
- 3 - كم خزان يوجد داخل المحطة ؟
- 4 - ما هو حجم الخزان ؟
- 5 - ما هو نوع محطة التحلية ؟
- 6 - ما هي كمية المياه التي يتم تحليتها يوميا ؟
- 7 - ما هي كمية المياه التي يتم خسارتها خلال عملية التحلية ؟
- 8 - ما هي استخدامات المياه بالنسبة للسكان ؟
- 9 - هل توزع بشكل مجاني ؟
- 10 - هل يتم بيعها ؟
- 11 - ما هو سعر البيع للتر ؟

م / استمارة استبيان

عزيزي المواطن الكريم :

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

يسعدني اختياركم ضمن عينة الدراسة التي تحمل العنوان الاتي :

(تقدير بصمة المياه وكفاءة الوحدة الانتاجية لاستهلاك المياه الجوفية في الصحراء الغربية
من محافظة كربلاء المقدسة بأستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد)

وذلك لاستكمال متطلبات نيل درجة الدكتوراه في الجغرافية البشرية، لذا فأنتني اضع بين ايديكم الاستبانة الخاصة بهذه الدراسة راجية منكم التكرم بالاجابة عن العبارات التي تضمنتها، املة مراعاة الموضوعية والدقة التامة في الاجابة، علما ان المعلومات الواردة لغاية الدراسة والبحث فقط.

ولكم مني جزيل الشكر والتقدير

- 1 – كم بئر في المعمل ؟
- 2 – كم ساعة يشغل البئر في اليوم ؟ هل يوجد خزان خاص بالمعمل ؟
- 3 – ما هو حجم الخزان ؟
- 4 – ماذا يتاج المعمل ؟
- 5 – ما هي المراحل التي يتم فيها استخدام الماء ؟
- 6 – ما هي كمية المياه المستخدمة في انتاج الطن ؟
- 7 – ما هو سعر الطن من المنتج ؟

قائمة المصادر والمراجع:

أولاً: الكتب العربية

1. ابراهيم حسن حميدة، الهيدرولوجيا والمياه الجوفية، مركز دراسات الصحراء، كلية الزراعة، جامعة القاهرة، 1980.
2. إبراهيم علي عبيدو، الجيولوجي الهندسية، ط2، الاسكندرية للطباعة والنشر، 1970.
3. احمد يوسف المطري، استخدام تقنيات النظائر في دراسة اثر السدود في التغذية الاصطناعية للخزانات الجوفية في دولة الامارات العربية المتحدة دراسة تطبيقية على سد وادي الوريعة بالمنطقة الزراعية الشرقية، وزارة البيئة والمياه، قطاع مياه التربة، 2003.
4. الادارة المستدامة للمياه الجوفية المفاهيم والادوات، سلسلة المذكرات الموجزة، ترجمة كمال عودة غديف، البنك الدولي، الولايات المتحدة الامريكية، 2006.
5. ادارة موارد المياه الجوفية في اطار الادارة المتكاملة للموارد المائية، ترجمة صلاح مفتاح عبد الله، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي اسيا، الاسكو، بيروت.
6. اسامة محمد سلام، البصمة المائية للإمارات العربية المتحدة مؤشر أمن الماء والغذاء، اصدارات إي- كتب، ط1، لندن، 2016، ص30.
7. أنور عبد الزهرة شلش العتابي، الموارد المائية في العراق بين تحدي السياسات وفرص الاستدامة، الجامعة المستنصرية، كلية الإدارة والاقتصاد، 2014.
8. البنك الدولي، المياه الجوفية من منظور القوانين والسياسات، الولايات المتحدة العربية، النسخة العربية، ط1، 2003.
9. التوجه نحو الامن المائي في المنطقة العربية، منظمة الاسكو، الامم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب اسيا، بيروت، 2019.
10. جار الله عزوز الطلحي، حتى لما نموت عطشاً، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع، ط1، ليبيا، 2002.

11. حاتم خضير جبوري، نضير حسن البطروي، دراسة هيدرولوجية وهيدروكيمياوية لمنطقة لوحة شثانة، 2002.
12. حسين الشافعي، محمد نجيب، الاستشعار من البُعد ورادارات اختراق التربة، دار الهلال، ط1، 2016.
13. حمدي الطاهري، مستقبل المياه في العالم العربي، دار الكتب القومية، القاهرة، 1991.
14. حميد محي الدين الخصيب، المراعي الصحراوية في العراق، دار السلام، بغداد، 1973.
15. سعد الله نجم عبد الله النعيمي، علاقة التربة بالماء، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل- العراق، 1990.
16. صباح محمود علي الراوي، عدنان هزاع البياتي، أسس علم المناخ، دار الحكمة، جامعة الموصل، ط1، 1990.
17. صفاء عبد الأمير رستم الاسدي، جغرافية الموارد المائية، جامعة البصرة- كلية التربية للعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية، ط1، 2012.
18. صلاح مفتاح عبد الله، جبريل عبد المطلوب صالح خليفة، إدارة موارد المياه الجوفية في اطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية دليل تجريبي، مركز الإدارة العامة والتطوير المؤسسي، جامعة بنغازي، ليبيا، 2020.
19. عبد الفتاح صديق عبد اللاه، هيفاء عبد الله حسن، جغرافية الموارد المائية، مكتبة الرشيد، ط1، الرياض، السعودية العربية، 2023.
20. عبد الكريم حسن سلومي الربيعي، المياه سلعة على خطى التجارة العالمية (العراق أنموذجا)، دار امجد، عمان- الاردن.
21. عبد الله السيلي، فاروق صنع الله العمري، جيولوجيا العراق، جامعة الموصل، 1982.
22. عدنان باقر النقاش، مهدي محمد الصحاف، الجيومورفولوجي، دار الكتب، بغداد، 1985.

23. عصام محمد عبد الماجد احمد، عباس عبد الله إبراهيم، الهيدرولوجيا، دار جامعة السودان، الخرطوم، ط1، 2002.
24. علي حسن موسى، جغرافية المناخ، مديرية الكتب والمطبوعات، دمشق، 2005.
25. علي حسين شلش، مناخ العراق، ترجمة: ماجد السيد ولي، جامعة البصرة، 1988.
26. علي صاحب الموسوي، عبد الحسن مدفون ابو رحيل، المناخ التطبيقي، طرح، دار الضياء للطباعة والنشر، النجف الاشرف، 2013.
27. عون احمد محمد، الماء من المصدر إلى المكسب، الهيئة العامة للبيئة، طرابلس - ليبيا، 2002.
28. فريد عبيد عبد، فاضل احمد شهاب، تلوث التربة، دار اليازوري، عمان - الاردن، 2016.
29. قبل ان يدركنا الضمماً أزمة المياه في العراق من سياسة الدولة الى سياسة الارض، مركز البيان للدراسات والتخطيط، ط1، المعارف، بغداد، 2023.
30. محمد حماد عطية المشقوير، عبد الناصر امين احمد عبدو الحفيظ، اصلاح الاراضي، كلية الزراعة، جامعة الفيوم، ط1، 2009.
31. محمد حميد الوهبي، العلاقات المائية في النبات، جامعة الملك سعود، الرياض، 1984.
32. محمد رضوان المؤمني، ايداد الحاجبي، وزارة المياه والري، عمان - الاردن، 2015.
33. محمد مدحت، مصطفى، اقتصاديات الموارد المائية رؤية شاملة لإدارة المياه، ط1، مطبعة الاشعاع الفنية، الاسكندرية، مصر، 2011.
34. محمود الاشرم، اقتصاديات المياه في الوطن العربي والعالم، مركز دراسات الوحدة العربية، ط1، بيروت، 2001.

35. محمود فاضل الجميلي، الاستشعار عن بُعد وتطبيقاته في علوم الارض، قسم علوم الارض الطبيعية، كلية العلوم، جامعة تكريت، 2020.
36. مركز الامارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، امن الماء والغذاء في الخليج العربي، الامارات العربية، ط1، 2013.
37. مظفر أحمد داود الموصللي، علم التربة الجنائي، سلسلة الموصللي لعلوم التربة الحديثة (2)، دار الكتب العلمية، بيروت- لبنان، 2020.
38. مفاهيم العلوم الفيزيائية، بول هويت، جون سوشكوى، ترجمة عدنان عثمان الصيفي، سلسلة الكتب الجامعية المترجمة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، المملكة العربية السعودية، 2014.
39. المياه الافتراضية بين الواقع والمأمول: تحقيقاً لأهداف التنمية المستدامة، لجنة الرقابة على اهداف التنمية المستدامة المنظمة العربية للأجهزة العليا للرقابة المائية والمحاسبة، 2018.
40. هادي احمد الفراجي، ترشيد استهلاك المياه، مكتب التربية العربي لدول الخليج، مسقط، 2006.
41. وليد محمود ابو سليم، صباح محمود محمد، الأمن المائي العربي، دار الكندي، ط1، الاردن، 1998.

ثانياً: المصادر الأجنبية

1. Agriculture and Agrifood Canada, Agriculture et, Agroalinea kaire conda, Irrigation and Salinity, PFRA, ARAP, 2000.
2. Ahmed Hatif Salim, Sarah Mohammed Dawood, Estimation of The water footprint for the strategic crops in Iraq: wheat and barley as, case study, Journal of water Resources and Geosciences, Vol. 1, Issue 2, 2022.

3. Ahmed Nadham Al-Fatlawi, Hydrogeological study of Umm Radhuma Aquifer– west of Iraq, college of science, university of Baghdad, 2010.
4. Aisha Janssens, spatial and temporal analysis in land and water productivity sciences and management, Department of Geosciences, 2022.
5. Akinwumiju, Derunfemi, Modeling groundwater flow system of a Drainage Basin in The Basement complex Environment of southwestern Nigeria, International Cartographic Association, Cartographica Internationalis, 2017.
6. Alejandro Blas, Alberto, Evaluating the water footprint of the Mediterranean and American Diets, water observatory of the Biotin foundation, water, 6,8, Madrid, Spain, 2016.
7. Ana Serrano, Dabo Guan, Virtual water flows in the EU27, A consumption– based Approach, Journal of Industrial Ecology, V. 20, N. 3, 2016.
8. Arjen. Hoekstra, The water footprint of industry, university of Twente, Twente Water Center Enschede, the Netherlands, 2015.
9. Ashok Kumar Chappin, David Tickner, Water footprint: helping to reduce, water alternatives, V.5, Issue 3, 2012.
10. Bhuvan Noeda, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) products by using MODIS – AVHRR sensor Data, Adopsa, National Remote Sensing Center Jan. 2014.
11. Borlowsky, A.Y. Hoekstra, Today's virtual water consumption and trade under future water scarcity,

Department of water Engineering, Management, university of Twente, Enscheda, Netherlands, 2014.

12. Burt CM B. Kbell, Leachig of accumulated soil salimty under drip irrigation, Transactions of the American society of agricultural engineers, itrc paper No. 2005.
13. C. wad Ross, lara prihalko, Data Descriptor: hyso gs250m global gridded hydrologic soil groups for curue-number- basedrunaff modeling, USA. New Mexico state university, Department of Animal and Rage Sciences, secrets edata, 2019.
14. Center for Energy and Processes, Ecole mino de Paris, France, solar radiation Energy, solar energy conversion and photo energy systems.
15. Chiaratelloi, Antoinette Rizzo, Characterization of groundwater recharge through trition measurement, Adv. Geosici, 51, 2024.
16. Christopher M. Chini, Megan Knar, Direct and indirect water foot print of the united states, Department of cival and environmental engineering, university of I llinoisat urban-Champaign, urban, I lli nois, USA, water, Resources, research, 2016.
17. Daniel Renault, Value of virtual water food principles and virtues, food and Agriculture organization of the united Nations, Rome, Italy, 2002.
18. F. Bulsnk, A.Y. Hoekstra, The water foot print of Indonesian provinces related to the consumption of crop

- products, Twente water center university of Twente, Enscheda, The Netherlands, 2009.
19. FAO Irrigation and drainage paper N.56 Crop Evapotranspiration (guidelines For computing crop water requirements), Richard G. Allan, Lewis S. Pereira et al., 2006.
 20. G. Salmoral, M.M. Aldaya, The water footprint of olives and olive oil in Spain, Department of Agriculture Economics, Universidad polytechnic de Madrid, Spain, (4-9), 2011.
 21. Gloria Salmoral, M. Ramon Llamas, The water footprint of a river basin with a special focus on ground water: The case of Guadalquivir basin (Spain), water observatory of The Biotin Flotation, Universidad Complutense de Madrid, faculty of Geology, Madrid, Spain, 2013.
 22. Gostmans, D.K Solomon, The ^3H , ^3He groundwater age – dating method and applications, *Derbyana*, Sao Paulo, 42, e740, 2021.
 23. Hoekstra, Chapain, The water footprint assessment manual, Earthscan publishes in association with the international institute for environment and development, 2011.
 24. I.C. M Francke, J.F.W. Castro, Carbon and water footprint analysis of a soap bar produced in Brazil by Nature cosmetics, *Journal, Water Resources and Industry* (1-2), 2013.

25. Iuliana Gabriela, Alexander Ioan, water quality index— an instrument for water resources management, University, faculty of geography and geology, Romania, 2014.
26. Julian Fulton, Heather Cooley, California's water foot print, Pacific Institute, Preservation Park Oakland, California, 2011.
27. K. Bhandari, A. Kumar, Feature Extraction using Normalized Difference vegetation index (NDVI), a case study of Sabalpur city, 2nd international conference on communication, computing procedural Technology, 2012.
28. Khalid A. Al-Gaadi, Salah, El-Hendawy, Mapping of Evapotranspiration and Determination of The water footprint of a potato crop Grown in Hyper-Arid Regions in Saudi Arabia, King Saud University, College of Food and Agricultural Sciences, Saudi Arabia, 2023.
29. Kimberly H. Shaffer, Donnarunkle, Consumptive Water Use Coefficients for The Great Lakes Basin Climatically Similar Areas U.S., Geological Survey Report USCS, Report 2004.
30. Koteswara Rao, Satish, Regina, Water and Food Vexes: Role of Socio-Economic Status on Water Food Vexes in an Urban Agglomeration Hyderabad India, Assessing Consumption Water Footprint, Department of Civil Engineering, Water Resources Division, Indian Institute of Technology Hyderabad, 2021.
31. Kraseman, Deridder, Analysis and Evaluation of Pumping Test Data, for Land Reclamation Provinces, 1979.

32. L. Ruini, M. Marino, Water foot Print of a large sized food Company: The case of Barilla Pasta Production, Water resources and Industry, 2013, 1-2.
33. Lenard F. konikow, Eloise .Kendy, grown water depletion : a global problem, hydrologic consulting, USA, vol13, 2005.
34. Leonidoas Toullos, Romaguera, Potential of remote sensing techniques to improve the a agriculture water foot print assessment and the virtual water track accounting, university of Malta, conference paper in proceeding of SPIE, the international society for optical Engineering August, 2013.
35. loana Dobreviated, Ertug Ercin, water Footprint analysis central asiay, report 6, 10, 2022, swiss agency for development and cooperation SDC.
36. M. Al-saud, using aster images to Analyze geologic linear features in wade Arana Basin western Saudis Arabia Space Research institute king Abdel Aziz city, for science and Technology, Riyadh, kingdom of Saudi Arabia, 2008.
37. M. Shuhyb Salama, Maartens. Krol, remote sensing method for estimating green and blue water fool prime Remote sensing and Hydrology (Proceeding of a symposium held at Jackson Hole Wyoming, USA, September, 2010).
38. Mathanna Mohmnod Ali Al- shammari, Delineation of suitable sites for water Harvesting and Artificial Groundwater Recharging Down Stream of ubaydh watershed, west of

- Karbala, Iraq, dissertation, college of science, university of Baghdad, 2019.
39. Mohamed A. Elwakil, Quality of water for Irrigation, Journal of environmental science and Tednologi, 2013.
 40. Moutaz Al-Dabbas, Qusai Al-Kubaisi, Hydro chemical properties of grand water of Rahaliya– Ekhedhur region, West Razzaza lake, Iraq, MATE Web of conferences 162, 2018.
 41. Mustafa hamodi Jabbar, water footprint virtual water Trade of the main crops in Iraq, university of Al- Qadisiay, science in ecology, 2023.
 42. Natella Mirzoyan, Narek Avetisyan, ground water use and efficiency in small and medium–sized aquaculture farms in Avatar valley Armenia, international center for agribusiness research, and education, v6,2018.
 43. Pietro Matlivieatl, Twl computation: a comprisal of different open source Glss/ open Geospatial Data, software and Standards, Department of Civil, chemical Environmental and Materials Engineering, university of Bdogna, Vial del Risorgimento, 2,1 taly , 2019, 2–12.
 44. R. Sorensen. Et al. on The calculation of the topographic wetness inde: evaluation of different methods based on field observations Hydrology and Earth system sciences Discussions, 2006, 10, 1.. pp 101–112.

45. Ralph Chealh, Basic ground water hydrology, Department of the interior ecological survey, library of congress capturing in publications Data, 1983.
46. Richard G. Allen, Luis Pereira, Crop evapotranspiration, FAO Frication and drainage paper No. 56, RomeK Italy, 2006.
47. Richey, Alexandra, quantifying renewable groundwater stress with GRACE, water resources reserch, vol 51, 1,2015.
48. S.A.M Al Dahaan, Nadhir Al-Ansari, influence of Ground water Hypothetical salts on Electrical connectivity totadissol red sold, engineering, VOI 8, No. 11, 2016.
49. Saad Z. Jassim Gedogy of Iraq published by Dolin, Prague and Moravian Museum, 2006.
50. Sabbar A. Saleh, Ground water Hydrogen in Iraq, Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering, Vol.10, N.1, 2020.
51. Salam Hussein Ewaid, water Footprint of rice in Iraq, international virtual conference of environmental sciences, Farmhand environmental Science, 26/1/2025.
52. Salar Salam Smail, Stable isotopes in precipitation and groundwater in Iraq, Kurdistan regian: acase study in shulaimai goernarte, palaky university Olomouc, faculty of science, department of geology, 2023.
53. Samiha Onda, water requirements for major crops, captions agricultural resect, center, Egypt, 2018.

54. Sha Huang, Lina Tang, Acommentory review on The Use of Normalized difference vegetation index (NDVI) in The area of popular remote sensing, Department of forestry and natural Resources, Pun due university, west Lafayette, USA, J. for. Res (2021), 32 (1).
55. Soil conservation service Urban heyday for small watershed, Technical releases 55, 2nd V.S. Dept of Agriculture, Washington D.C. 1986.
56. T. Crabiet al. Modeling spatial patens saturated areas: A comparison of the topographic wetness index and a dynamic distributed model, sounrnal of flydrology, 373 (15–23), 2009.
57. Tampouratzi V.L, Papadopoulou, Remote sensing and empirical methodologies to assess green water foot print in River Basin scale, Proceeding I of The 14th international conference on Environmental science and Technology, Rhodes, Greece 3–5 September 2011.
58. United nations, the united world water development, report / making the invisible UNESCO, 2022.
59. V. Horst Jueren Schwartz, water foot print of beef production: critical review of current approaches, Revisit Argentine de production Animal, V.30, 2, 2010.
60. Vicente de paulo, R. da Silva, water foot print and virtual water Trade of Brazil, university of pernambuco, Recife, journal, water, 2016.

61. Victor klemas and Alien pie terse, using Remit sensing to Map and Monitor water Resources in Arid and semiarid Regions, spring reintegration publishing Switzerland, 2015.
62. Victor Klemas, Aline pie terse, using Remote sensing to map and Monitor water Resources in Arid and semiarid Regions, Department of Geological sciences, university of Delaware, Newark, De, USA, 2015.
63. Xiao- Bduan, Yaloiyin, e.It an improved Method forcaknlationg the regional Cropw water footprint based on h hydrological process analysis, hydrol, earth syst, sci, 22, 111- 112, 2018.
64. Zektser. I.S., GRdinD WATER HYDROGEOLOGY hydrological cycle, Encyclopedia of life support systems, Vol, 111- 20, <https://www.eolss.net/Eolss-sampleAllchpteraspx>

ثالثاً: الرسائل والأطاريح الجامعية:

1. ايسر عبد الناييف، دراسة هيدرولوجية لمنطقة الرحالية اسفل وادي الغدغف، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة بغداد، 2000.
2. ثائر عبيد حسن الخفاجي، ظاهرة الجفاف في قضاء عين التمر وتأثيرها على واقع الانتاج الزراعي، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة سانت كلمنتس العالمية، كلية الزراعة، 2013.
3. حسين جواد احمد المنكوشي، تكامل بيانات التحسس النائي وتنظيم المعلومات الجغرافية لتحديد احتمالية المياه الجوفية في وادي الابيض والغدغف، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الحاسبات، كلية العلوم، جامعة كربلاء، 2001.
4. سرى باسم كاظم الخفاجي، استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية في الكشف عن المياه الجوفية في هضبة العراق الجنوبية بين

- الصفراوي ومملحة السماوة، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة ذي قار، كلية الآداب، قسم الجغرافية، 2021.
5. صباح عبود عاتي الخزعلي، اثر العوامل الطبيعية في تكوين الاشكال الارضية في الهضبة الصحراوية والغربية (غرب الفرات) في العراق، اطروحة دكتوراه، الجامعة المستنصرية، 2004.
6. عبد الله صبار عبود الهجيلي، وديان غرب بحيرة الرزازة الثانوية والاشكال الارضية المتعلقة بها، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بغداد، 2005.
7. فاطمة علي محمد الارناؤوطي، تقييم خصائص الترب لقضاء عين التمر وأثرها على الإنتاج الزراعي باستخدام التقنيات الحديثة (مزرعة أرض الساقى أنموذجاً)، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بغداد، 2021.
8. قيس جاسم سعود الغازي، دراسة جيولوجية للمنطقة المحصورة بين وادي الغدق والابيض غرب بحيرة الرزازة، رسالة ماجستير- كلية العلوم، جامعة بغداد، 2004.
9. محمد خليل محمد جبر المعموري، التحليل المورفولوجي لتحرك المواد للسفوح الشمالية الشرقية لسلسلة تلال مكحول المطلة على قرية المسك باستخدام النمذجة الرقمية، أطروحة دكتوراه، جامعة تكريت، كلية التربية للعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية، 2016.
10. ميثم عبد الكاظم حميدي الشباني، مؤشرات الاتجاه العام لقيم التبخر في العراق وأثرها على الاحتياجات المائية لبعض المحاصيل الزراعية، أطروحة دكتوراه، جامعة واسط، كلية التربية للعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية، 2019.
11. ميس طه حميد، تقسيم تلوث نهر سارية (خريسات) ببعض العناصر الثقيلة، رسالة ماجستير في العلوم الزراعية، كلية الزراعة، جامعة ديالى، 2024.

12. ياسر لفته حسين العزاوي، الصناعات العلفية في محافظة اربيل، جامعة ديالى، كلية التربية للعلوم الانسانية، قسم الجغرافية، 2012.
13. يحيى عباس حسين، المياه الجوفية في الهضبة الغربية من العراق وأوجه استثمارها، رسالة ماجستير، كلية الآداب - جامعة بغداد، 1983.

رابعاً: المجلات والصحف

1. احمد عيادة خضير، المؤشرات المورفوتكتونية لحوض وادي الصافية في الهضبة الغربية، مجلة الدراسات التربوية، الجامعة العراقية، العدد 8، المجلد 2، 2021.
2. أحمد هاتف سالم، سارة محمد داود، تقدير البصمة للمحاصيل الاستراتيجية في العراق الحنطة والشعير كحالة دراسة، وزارة الموارد المائية، مجلة علوم الأرض والموارد المائية، ج1، العدد 2، 2022.
3. أماني عصام محمد، دور تجارة المياه الافتراضية في التحديات المائية في الشرق الاوسط، مجلة العلوم السياسية، جامعة حلوان، المجلد 23، العدد 4، اكتوبر، 2022.
4. آمنة جبار مطر درويش الدليمي، التحليل الجغرافي لمكانم المياه الوفية في الهضبة الصحراوية في محافظة الانبار، مجلة مداد الأدب، العدد الخامس بالمؤتمر، 2019-2020.
5. اياد علي فارس، رحيم حايف كاظم السلطاني، جيمورفولوجية احواض وديان الجزء الشرقي لبحيرة العظيم، مجلة كلية التربية، جامعة بابل، العدد 25، 2016.
6. أياد هاتف عطية، سرحان نعيم الخفاجي، العوامل الطبيعية المؤثرة في نشاط التعرية الريحية غربي محافظة كربلاء، مجلة اوروك للعلوم الإنسانية، العدد 1، مجلد 17، 2024.
7. ايمان توفيق حامد الروبي، علاء احمد قطب، دراسة اقتصادية لدور التجارة الخارجية في إدارة الطلب على المياه جمهورية مصر العربية وفقاً لمفهوم المياه الافتراضية، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي، م25، ع1، 2015.

8. توفيق جاسم محمد، ادارة الموارد المائية في العراق الواقع والحلول، وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للسدود والخزانات، بحث منشور، 2015، <http://www.acwua.org/sites/default/filesz-tawfiq-Mohammad.pdf>
9. ثائر حبيب عبد الله الجبوري، راغب محمود حسن الجبوري، تحديد عمر المياه الجوفية في ناحية المنصورية، مجلة جامعة ديالى، العدد 67، 2015.
10. جمال سعيد ديرريقي، جامعة عمر المختار، مجلة التقدم في البحوث الزراعية، مجلد 22، العدد 8، 2017.
11. حسن نبيه ابو سعد، ايمن محمد محمد ابو زيد، كفاءة استخدام مياه الري لأهم المحاصيل في الزراعة المصرية، جامعة المنوفية، كلية الزراعة، قسم الاقتصاد الزراعي، مجلد 7، العدد 27، 2022.
12. سعد ابراهيم العصفور، منهجية استكشاف المياه الجوفية باستخدام تقنية الاستشعار عن بُعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، معهد بحوث الغطاء مدينة عبد الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، ب.ت.
13. سليم ياوز جمال، استخدام الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية لتصنيف استعمالات الارض الزراعية والغطاء الارضي في مشروع ري الجزيرة الجنوبي، مجلة كلية التربية للبنات، جامعة الكوفة، العدد 25، 2019.
14. شيرين مجبل ابو جاسم الحميداوي، نسرين عواد الحصاني، دراسة وتحليل مؤشر اختلاف الغطاء النباتي (NDVI) في مناطق مختارة من العراق، مجلة العلوم الانسانية والطبيعية، مجلد (1)، العدد 5، 2020.
15. صادق ابراهيم، محمود عبد الجواد، الامن المائي والتخزين الاستراتيجي للمياه في الكويت والوطن العربي، مجلة العلوم والتكنولوجيا، العدد 51، الكويت، 2000.
16. عبد الرزاق حمزة عبد الله، أزمة المياه في العراق: التحديات وإشكالية الحلول، مجلة دراسات دولية، مركز الدراسات الاستراتيجية والدولية، بغداد، 2024.

17. عبد الله بوعجيلة الدرسي، البصمة البيئية والقدرة الحيوية مفاهيم اساسية واسقاطات على واقع الدول العربية، المركز العربي للتخطيط، العدد 164، 2023.
18. عبد الله حسن محمد الاسمري، انشاء نموذج ارتفاعات رقمي واستخدامه في تطبيقات ومنتجات نظم المعلومات الجغرافية، جامعة المنوفية، كلية الآداب، شعبة البحوث الجغرافية، مجلة مركز الخدمة للاستشارات البحثية، العدد ...، 2017.
19. عبد الوهاب شنيخر، إدارة الصلة على المياه وفق مؤشرات الكفاءة لاستخدام المياه الري دراسة تحليلية وتقييمية لحالة الجزائر، مجلة اقتصاد المال والاعمال، مجلد 3، العدد 1، 2018.
20. عدنان جسام حمادي، تقييم نوعية المياه الجوفية والصيغة الهيدروكيميائية لأبار مختارة في محافظة النجف، العراق، مجلة الدراسات التربوية، الجامعة العراقية، العدد 15، مجلد 1، 2020.
21. عماد الدين حسين محمد، النور والنار بين العلم والدين، الناشر ktab INC 2018، ص4، <https://books.google.iq/books>.
22. فوزي محمد الدناصوري، محمود محمد فواز، دراسة اقتصادية للبصمة المائية وتجارة المياه الافتراضية لأهم محاصيل الحبوب في مصر، جامعة كفر الشيخ، مجلة العلوم الزراعية المستدامة، م45، ع4، 2019.
23. فيصل عبد الفتاح نافع، آثار شحة المياه في نهر الفرات على الإنتاج الزراعي في العراق (محافظة الانبار أنموذجا)، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، العدد 43، ب، ت.
24. لطيف مزعل صالح، الكشف عن تحكم الظواهر الخطية في نشأة وتطور المجاري المائية (مقطع نهر دجلة بين سامراء وديالى) باستخدام التقنيات الجغرافية (GI-RS) مجلة جامعة تكريت للعلوم الانسانية، العدد (1)، مجلد (27)، 2020، 237-217.

25. محمد اطخيخ ماهود، استخدام الأدلة والمؤشرات الطبيعية لمراقبة تغير الامتداد المكاني لظاهرة الكثبان الرملية في قضاء علي الغربي، مجلة جامعة البصرة، كلية التربية للبنات، 2021.
26. محمد بهجت ثامر، اثر النشاط الزراعي على استنزاف المياه الجوفية في قضاء المحمودية، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، العدد 55، 2014.
27. منذر حماد، محمد ميلاد، تحديد نطاقات الامل للمياه الجوفية الكامنة باستخدام نظام المعلومات الجغرافي (Gis) وطريقة التحليل الهرمي (AHP)، مجلة البعث، المجلد 40، العدد 75، 2018.
28. نيكول جاويرث، إدارة ميزانية المياه بمساعدة تقنية الترييوم/ الهيليوم، مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2019.
29. هالة محمد نور الدين عبد الله، تقدير الطلب على المياه الزرقاء وفقاً لمفهوم البصمة المائية بجمهورية مصر العربية، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي، المجلد 27، ع4، 2017.
30. هاني جابر محسن المسعودي، التمثيل الخرائطي لاستعمالات الارض الزراعية في محافظة كربلاء لعام 2011، مجلة البحوث الجغرافية، العدد 17، كلية التربية، جامعة الكوفة، 2013.

خامساً: البيانات والمراكز الإدارية

1. بيانات الدراسة الميدانية لشركة صحاري كربلاء في 20/4/2024.
2. تقرير المياه والتنمية التاسع عشر، الامم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب اسيا، المياه الجوفية في المنطقة العربية، بيروت، 2022.
3. دائرة محافظة كربلاء المقدسة، شعبة الاملاك في المحافظة، بيانات سنة 2023.
4. رمضان حمزة، الواقع المائي في العراق هل سيضمن تأمين سيادة الدولة على مواردها المائية في ظل السياسات الحالية لإدارة مصادر المياه، تقرير مركز نون للدراسات الاستراتيجية، 2023.

5. عبد الرحمن سليمان حبيب، تقدير استهلاك النخيل للمياه، تقرير المجلس الدولي للتمور، 2020.
6. مديرية دائرة زراعة كربلاء المقدسة، شعبة الاحصاء الزراعي، بيانات 2023، بيانات غير منشورة.
7. مجموعة البنك الدولي، تقرير المناخ والتنمية، الشرق الاوسط وشمال افريقيا، العراق، 2023.
8. نصير حسن البصراوي، الظروف الهيدرولوجية واستخدامات المياه في محافظة الانبار، هيئة المسح الجيولوجي العراقية، 2012.
9. الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، مركز المناخ والبحث العلمي، قسم الرصد الجوي، بغداد ، بيانات للمدة 1993-2023.
10. الهيئة العامة للمياه الجوفية العراقية، بيانات غير منشورة، 2023.
11. وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، قسم انتاج الخرائط، خريطة العراق الجيولوجية لسنة 1990.

Abstract:

A study entitled ' Assessment of water print and productive unit efficiency for underground water consuming in the western desert in Holy Kerbala Province by the Use of Remote sensing' was performed. The study focused on the underground water particularly Al Demam store, for it is the only source of water in the area where all human activities rely on including the various uses and investments.

The study aimed at estimating the water quantity drawn from Al Demam store to know the water consuming quantity for all sectors and assess the water print of all its types (green, blue, and grey) for each use, this is from one side, and to assess productive unit efficiency in comparison with the production quantity and quality and to estimate its economic value from the other side. The area of the study contained 1728 wells where 50 wells were chosen for different uses (the agricultural, industrial, and urban) distributed on all types of the area of the study. To carry aim of the study, the statistical method of analyzing data by Jenstat and Cropwat programs were adopted.

The study concluded to the decrease of water efficiency for all use with the increase of its water print; this is accompanied with the decrease of the water economic value. The study also emphasized that the area faces water rarity which highly influence the ongoing investment and the various investment processes. This is in addition to the great impact on the environmental systems and the area population.

However, Al Demam store is affected by broad exhaustion operation in all of its parts, concentration of 14C adopted in the estimating ages

of old water was very low in all wells and continuing in the increase. Also, ^3H and ^4He used in estimating the modern water ages and the less modernity was high and takes the negative direction (slope) as well. Therefore, most stored water in Al Demam layer ranges between one to sixty years



Ministry of Higher Education and Scientific Research

Kerbala University

College of Education for Human Sciences

Department of Applied Geography

**Assessment of Water Print and Productive Unit
Efficiency for
Underground Water Consuming in the Western
Desert
in Holy Kerbala Province by the Use of Remote
Sensing**

By:

Fatimah Abdul Hadi Salih Al Asadi

A Dissertation Submitted to the Council of College of Education for
Human Sciences / Kerbala University as a Partial Fulfillment for
the Requirements of Doctorate Degree in Development Geography
Applied

The supervisor:

Prof. Dr. Murtadha Jaleel Ibraheem Al-Mamury

(A.D. – 2025)

(A.H. – 1447)