



Implemented by

giz
Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ)

 GOBA AFC



Anbar Agricultural Water Resources Management and Conservation Study

Improving Climate Resilience and Social Cohesion in Anbar (ICCA)



دراسة إدارة وحفظ الموارد المائية الزراعية في محافظة الأنبار

تحسين القدرة على التكيف مع المناخ وتعزيز التماسك الاجتماعي في الأنبار

مقدّم من:
GOPA AFC GmbH
شركة

تم النشر من قبل:
GIZ GmbH
الوكالة الألمانية للتعاون الدولي

تشرين الأول 2025



قائمة المحتويات

6	قائمة الجداول
6	قائمة الاشكال
9	الفصل الأول: المقدمة
9	1 خلفية عامة
10	1.1 التحديات العامة
12	1.3 سياق الدراسة
13	1.4 المراجع
14	الفصل الثاني: قابلية التأثر بالمناخ والجفاف
14	2.1 مقدمة
15	2.2 المنهجية
16	2.3 النتائج
16	2.3.1 نمط هطول الامطار
20	2.3.2 النتئج التبخرى المحتمل
23	2.3.3 تحليل مؤشر الامطار القياسي
27	2.4 مناقشة
28	2.5 الخاتمة
29	2.6 المراجع
31	الفصل الثالث تدفق مياه نهر الفرات وجودتها
31	3.1 مقدمة
34	3.2 حالة جودة المياه في نهر الفرات
37	3.3 تأثير تغير المناخ والتدخلات البشرية
38	3.4 تقييم جودة المياه على طول نهر الفرات
38	3.4.1 التحليل المختبرى التقليدي
43	3.4.2 تحليل الإثراء الغذائي باستخدام صور الأقمار الصناعية

47	3.5 المناقشة والخاتمة
50	3.6 المراجع

الفصل الرابع: جودة المياه الجوفية

52	4.1 مقدمة
58	4.2 المنهجية
58	4.3 مؤشرات جودة المياه الجوفية
64	4.4 الخاتمة
65	4.5 المراجع

الفصل الخامس: أنظمة الري والصرف الصحي

67	5.1 مقدمة
69	5.2 أنظمة الري في الانبار
71	5.3 التحديات
77	5.4 الفرص المتاحة
77	5.4.1 إعادة تأهيل وتحسين البنية التحتية للري والصرف
78	5.4.2 تحسين تخصيص المياه وتوزيعها
82	5.4.3 إدارة المياه في الحقول
84	5.4.4 الخاتمة
85	5.5 المراجع

الفصل السادس: حصاد مياه الجريان السطحي والفيضانات

86	6.1 مقدمة
86	6.2 خيارات حصاد الجريان السطحي ومياه الفيضانات
88	6.3 المناطق المحتملة
89	6.3.1 وادي حوران
92	6.3.2 وادي الغدف
92	6.3.3 وادي المحمدي



94	6.3.4 وادي حقلان
94	6.3.5 دمج حصاد مياه الأمطار مع إدارة المياه

95	6.4 الخاتمة
----------	-------------

97	6.5 المراجع
----------	-------------

الفصل السابع: التوصيات

99	7.1 تحسين الإدارة الشاملة للموارد المائية
----------	---

101	7.2 تحسين إدارة المياه في أنظمة الري والصرف
-----------	---

103	7.3 تنظيم استخدام المياه الجوفية
-----------	----------------------------------

104	7.4 إنشاء نظام لحصاد جريان مياه الأمطار ومياه الفيضانات
-----------	---

105	7.5 إدارة جودة المياه
-----------	-----------------------

106	الملحق الأول: إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) على طول نهر الفرات
-----------	---

قائمة الجداول

جدول 1.1: النسبة المئوية (%) للمساحات الزراعية إلى المساحات الكلية في الوحدات الإدارية في محافظة الأنبار.....	10
جدول 2.1 :محطات الأرصاد الجوية في محافظة الأنبار والسنوات المائية المقابلة لها	16
جدول 2.2: فئات الجفاف المحددة لقيم مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI)	16
الجدول 3.1: ملخص لأدنى وأعلى تركيزات إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) ومتوسط تركيزات التدفق الشهري المقابلة لها، إلى جانب الشهر والسنة التي لوحظت فيها التركيزات الدنيا والقصوى في 6 مواقع على طول نهر الفرات	39
الجدول 4.1: المعايير الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في منطقتي الوفاء وكبيسة	56
الجدول 4.2: التغير الشهري في مستويات الأكسجين المذاب (DO) والطلب الكيميائي على الأكسجين (COD) في عينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة	57
الجدول 4.3: التحليل الإحصائي الوصفي لمختلف معايير جودة المياه الجوفية في الأنبار	59
الجدول 4.4: المؤشرات المستخدمة في قياس مدى ملاءمة المياه للزراعة المروية	63
الجدول 5.1: أنظمة الري في محافظة الأنبار	70
الجدول 5.2: نظرة عامة على نتائج تحليل الاتجاهات للأراضي الزراعية المروية في العراق خلال الفترة 2009-2020	72
الجدول 5.3: نظرة عامة على نتائج تحليل الاتجاهات للأراضي الزراعية المعتمدة على الأمطار في العراق خلال الفترة 2009-2020	74
الجدول 5.4: نظرة عامة على نتائج تحليل الاتجاهات لمساحة الأرض المزروعة بالري في الرمادي خلال الفترة 2009-2022	75
الجدول 5.5: التربة في محافظة الأنبار	83
الجدول 6.1: هذه الأودية الرئيسية في الصحراء الغربية للعراق (المقدادي، 2012)	88
الجدول 6.2: معايير تحديد المواقع المحتملة لحساب المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة	89
الجدول 7.1: تصنيف جودة المياه وفقاً للجهاز المركزي للإحصاء	105

قائمة الأشكال

الشكل 2.1: متوسط هطول الأمطار السنوي (ملم) في العراق	17
الشكل 2.2: معدل هطول الأمطار السنوي في محطة الرطبة للأرصاد الجوية (1928-2017)	18
الشكل 2.3 : معدل هطول الأمطار السنوي في محطة هيت للأرصاد الجوية (1952-2010)	18
الشكل 2.4: معدل هطول الأمطار السنوي في محطة حديثة للأرصاد الجوية (1966-2017)	19
الشكل 2.5: معدل هطول الأمطار السنوي في محطة عانة للأرصاد الجوية (1964-2010)	19
الشكل 2.6: معدل هطول الأمطار السنوي في محطة الرمادي للأرصاد الجوية (1928-2017)	20
الشكل 2.7: الاقاليم المناخية في العراق	20
لشكل 2.8: متوسط النتح التبخري (مم) في العراق	20
الشكل 2.9: متوسط النتح التبخري المحتمل الشهري في محطة الرطبة للأرصاد الجوية باستخدام نموذج بلاني كريدل	21
الشكل 10.2: متوسط النتح التبخري المحتمل في محطة الرمادي للأرصاد الجوية باستخدام نموذج بلاني كريدل	22
الشكل 11.2: متوسط النتح التبخري المحتمل الشهري في محطة حديثة للأرصاد الجوية باستخدام نموذج بلاني-كريدل	22
الشكل 12.2: متوسط النتح التبخري المحتمل في محطة هيت للأرصاد الجوية باستخدام طريقة ثورنتوait	23
الشكل 2.13: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة ثلاثة أشهر لمحطتي الرطبة (يسار) والرمادي (يمين) لفترات من أكتوبر إلى ديسمبر، ومن يناير إلى مارس، ومن أبريل إلى يونيو	24
الشكل 14.2: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة ثلاثة أشهر لمحطتي هيت (يسار) وحديثة (يمين) لفترات من أكتوبر إلى ديسمبر، ومن يناير إلى مارس، ومن أبريل إلى يونيو	24

الشكل 2.15: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة ستة أشهر لمحطة الرطبة (يسار) والرمادي (يمين) للفترتين من أكتوبر إلى مارس، ومن أبريل إلى سبتمبر.....	25.....
الشكل 2.16: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة ستة أشهر لمحطة هيت (يسار) وحديثة (يمين) للفترتين من أكتوبر إلى مارس، ومن أبريل إلى سبتمبر.....	25.....
الشكل 2.17: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة تسعة أشهر لمحطات الرطبة (أعلى اليسار)، الرمادي (أعلى اليمين)، هيت (أسفل اليسار) وحديثة (أسفل اليمين) للفترة من أكتوبر إلى يونيو.....	26.....
الشكل 2.18: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة اثني عشر شهراً لمحطات الرطبة (أعلى اليسار)، الرمادي (أعلى اليمين)، هيت (أسفل اليسار) وحديثة (أسفل اليمين) لفترة 12 شهراً.....	26.....
الشكل 3.1: حوض نهر الفرات.....	32.....
الشكل 3.2: توزيع مساحة حوض نهر الفرات.....	32.....
الشكل 3.3: متوسط الهطول السنوي للأمطار في حوض نهر الفرات	33.....
الشكل 3.4: تصريف مياه صرف صحى غير المعالجة	35.....
شكل 3.5: مقارنة بين بحيرة حديثة في يوليو 2019 (يسار) ويوليو 2023 (يمين)	36.....
الشكل 3.6: متوسط التدفق السنوي إلى سد حديثة على نهر الفرات.....	38.....
الشكل 3.7: التغيرات الشهرية لتصريف المياه وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) في نهر الفرات عند القائم في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022	40.....
الشكل 3.8: التغيرات الشهرية لتصريف مياه نهر الفرات وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) أعلى سد حديثة في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022	40.....
الشكل 3.9: التغيرات الشهرية لتصريف مياه نهر الفرات وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) عند سد حديثة في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022	41.....
الشكل 3.10: التغيرات الشهرية لتصريف مياه نهر الفرات وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) عند هيت في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022	41.....
الشكل 3.11: التغيرات الشهرية لتصريف مياه نهر الفرات وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) عند الرمادي في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022	42.....
الشكل 3.12: التغيرات الشهرية لتصريف مياه نهر الفرات وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) عند الفلووجة في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022	42.....
الشكل 3.13: مقاييس الألوان للتركيزات الدنيا والقصوى.....	43.....
الشكل 3.14: خريطة تصنيف المشهد (SCL) لتوفير خريطة تصنيف البكسيل (إزالة البكسلات المحتوية على غيوم) بقيم من 0 إلى 11	43.....
الشكل 3.15: خرائط تركيز الكلوروفيل-أ على طول نهر الفرات باستخدام صور القمر الصناعي Sentinel-2 للفترة بين مايو 2017 (يسار) ومايو 2024 (يمين)	44.....
الشكل 3.16: خرائط تركيز الكلوروفيل-أ لبحيرة الحبانية باستخدام صور القمر الصناعي Sentinel-2 للفترة بين مايو 2017 (يسار) ومايو 2024 (يمين)	45.....
الشكل 3.17: الزيادة في أنظمة الري بالدوارات المركزية جنوب بحيرة الحبانية في محافظة الأنبار في الفترة بين يونيو 2017 (يسار) ومارس 2023 (يمين)	45.....
الشكل 3.18: مساحة سطح مياه بحيرة الحبانية في الفترة بين مايو 2017 (يسار) ومايو 2024 (يمين)	46.....
الشكل 3.19: خرائط إجمالي المواد العالقة (TSS) على طول نهر الفرات باستخدام صور القمر الصناعي Sentinel-2 للفترة بين مايو 2017 (يسار) ومايو 2024 (يمين)	46.....
الشكل 3.20: التغير الشهري لتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) في نهر الفرات عند القائم بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022	49.....

الشكل 4.1: نظرة عامة على الموارد المائية في الأنبار.....	53
الشكل 4.2: عمق المياه الجوفية في المناطق الهيدروجيولوجية في العراق.....	54
الشكل 5.1: المنشآت الهيدروليكية في محافظة الأنبار	68
الشكل 5.2: أنظمة الري في محافظة الأنبار	69
الشكل 5.3: نتائج الوابور (WaPOR) للقيم السنوية المتوسطة للعراق (2009-2020) للأراضي الزراعية المروية	71
الشكل 5.4: نتائج الوابور WaPOR للقيم السنوية المتوسطة للعراق (2009-2020) للأراضي الزراعية المعتمدة على الأمطار	73
الشكل 5.5: نتائج الوابور WaPOR للقيم السنوية المتوسطة للعراق (2009-2022) لمناطق المزروعة بالري في الرمادي	74
الشكل 5.6: تطور زراعة الحبوب قبل (أدنى) وبعد (أعلاه) جهود إعادة التأهيل	76
الشكل 5.7: الأضرار التي لحقت بنظام الري	77
الشكل 5.8: خيارات لتحسين تخصيص المياه.....	79
الشكل 6.1 : تصنيف تقنيات حصاد	87
الشكل 6.2: موقع وادي حوران.....	90
الشكل 6.3: الموضع المحتملة لإنشاء بحيرات سدود الاعتراض في وادي حوران ووادي المسعد	91
الشكل 6.4: مدينة الرطبة مع وديانها الرئيسية (حوران والمساد)	91
الشكل 6.5: موقع وادي المحمدي	92
الشكل 6.6 : الموضع المحتملة لبناء السدود في وادي المحمدي	93
الشكل 6.7: خريطة عمق الجريان السطحي (على اليسار) وخريطة إمكانات حصاد مياه الأمطار (على اليمين)	94
الشكل 7.1: الوظائف الممكنة في نظام الري	102



الفصل الأول: المقدمة

1.1 خلفية عامة

يهدف هذا التقرير إلى تحليل التحديات المتعلقة بندرة المياه وتغير المناخ في محافظة الأنبار بغرب العراق. وتُعد هذه العوامل محورية في تشكيل الوضع الراهن والمستقبل للمحافظة، والتي توصف أحياناً بأنها سلة غذاء البلاد. لقد عانى غرب العراق من جفاف شديد وتغيرات في كمية وجودة الموارد المائية، مما أثر على سبل العيش الزراعية.

تمثل محافظة الأنبار حوالي 31.7% من إجمالي مساحة العراق، بمساحة تبلغ 137,808 كيلومتر مربع (الأنصاري، 2013)، مما يجعلها واحدة من أكبر المحافظات في البلاد. ويبلغ معدل النمو السكاني في المحافظة 2%， ومتوسط استهلاك المياه للأغراض المنزلية 392 لتر/يوم (هاشم ورمال، 2022). وتقع محافظة الأنبار على ضفاف نهر الفرات، الذي يُعد المصدر الرئيسي للمياه لاستخدامات المنزلية والزراعية والصناعية في المنطقة (سليمان وآخرون، 2021). كما تشتهر كل من تركيا وسوريا وإيران في حوض نهر الفرات.

ت تكون محافظة الأنبار من 11 قضاء إداري وهي: الرمادي، الفلوجة، هيـت، القائم، الرطبة، حدـيثـة، عـانـة، رـاوـة، العـامـرـية، الـخـالـدـيـة، وـالـكـرـمـةـ. ويعتمد توزيع السكان في هذه المناطق إلى حد كبير على مدى توافر المياه للزراعة ووجود الموارد المعدنية والمرافق الصناعية، بالإضافة إلى موقعها كنقطة اتصال في شبكة النقل. وقد سُكنت عدة مدن في هذه المنطقة منذ العصور القديمة، مثل هيـت، القائم، الرطبة، حدـيثـة، عـانـة، رـاوـةـ.

تشكل الأراضي الصالحة للزراعة مساحة تبلغ 658,480 هكتاراً، أي ما يعادل حوالي 4.7% من إجمالي مساحة المحافظة (الجدول 1.1). وتقع هذه الأراضي الزراعية على طول نهر الفرات، بدءاً من قضاء هيـت، وصولاً إلى العـامـرـيةـ والـفـلـوـجـةـ.

أحد المستفيدـينـ منـ بـرـنـامـجـ مـدارـسـ المـزارـعينـ فـيـ الأنـبـارـ



جدول 1.1: النسبة المئوية (%) للمساحات الزراعية إلى المساحات الكلية في الوحدات الإدارية في محافظة الأنبار

النسبة المئوية (%) للمساحات الزراعية (جزء من المنطقة)	النسبة المئوية (%) للمنطقة من إجمالي مساحة الأنبار	المنطقة في الأنبار	الترتيب
23.7	6.1	الرمادي	1
60.2	3.5	فلوجة	2
5.1	8.1	القائم	3
7	60.5	رطبة	4
0.9	6.6	روأة	5
0.7	6.3	عانة	6
0.5	2.9	حديثة	7
1.9	6	هيت	8
100	100	الإجمالي	

المصدر: بيانات غير منشورة. وزارة الزراعة العراقية. مديرية الزراعة – محافظة الأنبار – إدارة التخطيط

بلغت المساحة الزراعية الفعلية في محافظة الأنبار 221,250 هكتاراً في عام 2015 (سليمان وآخرون، 2021)، وقد أفادت التقارير أن أكثر من نصف هذه المساحة (115,310 هكتار) كانت عبارة عن صافي المساحة المروية (كامل وآخرون، 2013)، تُزرع في هذه المناطق مجموعة متنوعة من المحاصيل بما في ذلك القمح، والشعير، والبصل، والذرة، وعباد الشمس، والسمسم، والبساتين، بالإضافة إلى الخضروات الشتوية، والصيفية. ويُعد الري السطحي طريقة الري الرئيسية المستخدمة لري هذه الاراضي. وفي المناطق الزراعية، تؤثر مشاكل الملحة والجفاف بشكل كبير على الإنتاجية. وتشهد أنماط الزراعة تحول وتغير نتيجة إلى هذه العوامل.

1.2 التحديات العامة

يعتبر العراق بلد شبه جاف حيث يواجه نقصاً حاداً في المياه وخشائراً عالية بسبب النتاج التبخرى (سليمان وآخرون، 2021، شفق، 2023). ويتميز الطقس في العراق بصيف طويل وحار، وشتاء قصير يمتد من ديسمبر حتى أوائل مارس (فيرنر وآخرون، 2018). ويعاني العراق بشكل عام ومحافظة الأنبار بشكل خاص من مشاكل حقيقة في ندرة المياه، تتجلى في انخفاض إمدادات المياه من نهر الفرات، خاصة بعد إطلاق مشروع جنوب شرق الأنبار في تركيا، بالتركية: Gün – eydoğu Anadolu Projesi – GAP (شفق، 2023). وقد انخفضت إمدادات المياه في العراق بنحو 30% مقارنة بمستوياتها التي تم تسجيلها في الثمانينيات، ومن المتوقع أن تنخفض بشكل أكبر لتصل إلى 50% بحلول عام 2030، إلى جانب الانخفاض المتوقع في الإنتاج بنسبة 30% على الأقل (جامعة الأمم المتحدة، 2023).

علاوة على ذلك، سيكون للتغيرات الحالية والمتواعدة في النظام المناخي آثار جسيمة وضاربة على الأنظمة البشرية والطبيعية على حد سواء. وتتزامن تأثيرات المناخ مع تحديات أخرى، بما في ذلك الزيادة السكانية والتلوّح الحضري السريع (الأمم المتحدة، 2022)، وتدحرج الأرضي والمياه (صباحي، 2023)، وزيادة الأضرار التي تلحق بالبنية التحتية (بيانات ثانوية غير منشورة)، وفقدان التنوع البيولوجي (صايل وآخرون، 2020)، وانعدام الأمن الغذائي (صايل وآخرون، 2020).



ويُعد حوض البحر الأبيض المتوسط بأكمله معرضاً بشكل خاص للتأثيرات الناتجة عن تغير المناخ، ومن المتوقع أن يشهد مزيداً من الانخفاض في معدلات هطول الأمطار السنوية وارتفاعاً واسعاً لنطاق درجات الحرارة. وقد صنف زيتيس وأخرون (2022) منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط والشرق الأوسط على أنها «بؤرة ساخنة لتغير المناخ». إن الأثر المشترك للجفاف المستمر، وارتفاع درجات الحرارة، وتناقص موارد المياه (سواء المياه السطحية أو الجوفية)، يشكل تحدياً بالغ الأهمية بالنسبة للزراعة كما يمثل تهديد خطير للأمن الغذائي مما يؤدي إلى تحول لا مفر منه في النظم الزراعية. وبينما تعد الزراعة المعتمدة على مياه الأمطار مهمة أيضاً لإنتاج الغذاء في العديد من دول البحر الأبيض المتوسط، فإن هذه الأنظمة أصبحت أكثر عرضة للصدمات المناخية. ولا يمكن استثناء محافظة الأنبار من هذا السيناريو. ويصف الفصل الثاني الظروف الجوية المتغيرة في محافظة الأنبار، لا سيما فيما يتعلق بأنماط هطول الأمطار.

أظهرت دراسة حالة أجراها داغر وعبيد (2023) باستخدام نموذج CROPWAT أن الارتفاع السنوي في درجات الحرارة بمحافظة الأنبار بلغ 1.1 درجة مئوية و 1.85 درجة مئوية للفترة المرجعية 2039-2040-2059 (SSP1) وللفترة المرجعية SSP2 على التوالي. علاوة على ذلك، تم تقدير الانخفاض السنوي في هطول الأمطار بمقدار 3.61 و 4.63 ملم في محافظة الأنبار لـ SSP1 و 5.28 ملم في محافظة الأنبار لـ SSP2 على التوالي. ويبلغ متوسط الطلب على المياه في الأنبار 1.28 مليار متر مكعب وفقاً إلى ما ذكرته وزارة الموارد المائية في العراق (الربيعي والموسوي، 2019). ومع ارتفاع درجة الحرارة، يشير بهati وآخرون (2019) إلى أن الحاجة إلى مياه الري في محافظة الأنبار ستزداد. وتقدر احتياجات المياه في ظل استخدام طريقة الري السطحي بـ 14,180 متر مكعب / هكتار للمحاصيل الصيفية، و 8,030 متر مكعب / هكتار للمحاصيل الشتوية، و 32,620 مليون متر مكعب / هكتار للأشجار. ووفقاً إلى توقعات محمد وآخرون (2021)، سيبلغ الطلب على المياه الزراعية 2,611 مليون متر مكعب (MCM) / سنوياً إذا تم زراعة المنطقة الزراعية بأكملها، مما سيؤدي إلى زيادة العجز المائي ليصل إلى 1,591 مليون متر مكعب / سنوياً في عامي 2030 و 2035 على التوالي. وقد استخدم خليفة وكامل (2021) نموذج تقييم وتخفيض المياه (WEAP) لمحاكاة سيناريوهات الطلب الحالي على المياه في محافظة الأنبار، وفادوا أن الطلب على المياه للقطاعات المنزلية والزراعية والصناعية سيبلغ 2,819.35 مليون متر مكعب / سنوياً للسيناريو المرجعي (2040)، بينما سيصل إلى 2,639.54 مليون متر مكعب سنوياً إذا تم فرض رسوم على المياه. ويشير هذا إلى إمكانية توفير 179.81 مليون متر مكعب سنوياً في حالة تطبيق سيناريو فرض ضريبة على المياه. وسيتم تناول مزيد من التفاصيل حول ترشيد استهلاك المياه في الفصل السابع.

لا تقتصر مشاكل المياه في الأنبار على كمية المياه فحسب، بل تمتد أيضاً لتشمل المشكلات المتعلقة بجودة المياه. إذ يعني نهراً دجلة والفرات في العراق من تدهور جودة المياه بسبب انخفاض تدفقات المياه الواردة وزيادة تصريف مياه الصرف الصحي (الأنصاري، 2013). ويتم مناقشة هذا الأمر بمزيد من التفصيل في الفصل الثالث. وقد أظهرت الدراسات السابقة التي استخدمت نموذج تقييم وتخفيض الموارد المائية (WEAP) أن التحدي الرئيسي في إدارة مياه الصرف الصحي يتمثل في سوء التخطيط واختيار المواقع لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي بما يتناسب مع الاحتياجات الزراعية لإعادة استخدامها (خليفة وكامل، 2021).

بالإضافة إلى ذلك، تعتبر المياه الجوفية جزء من الموارد الخاصة بالري في هذه المنطقة. ومع ذلك، فإن موارد المياه الجوفية العذبة في محافظة الأنبار تعتبر محدودة للغاية. وكما هو الحال في جميع أنحاء منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، هناك الكثير من الأدلة على انخفاض مستويات المياه الجوفية، مما يشير إلى أن معدل الاستهلاك يتجاوز معدل تجديد المياه الجوفية. كما يتميز جزء كبير من المياه الجوفية بارتفاع مستويات الملوحة، مما يجعل استخدامها غير ممكن دون معالجة أو خلط. ويتم مناقشة هذا الموضوع بالتفصيل في الفصل الرابع.

1.3 سياق الدراسة

تُعد الإدارة الفعالة للموارد المائية أمر بالغ الأهمية في محافظة الأنبار بالعراق، حيث تتسرب ندرة المياه في مشاكل خطيرة للبيئة، والصناعة، وسبل العيش، والزراعة. كما يعتبر توافر الموارد المائية واستخدامها المستدام أمرين ضروريين لحفظ على الاستدامة البيئية، والنمو الاقتصادي، والأمن الغذائي. ومع ذلك، وبسبب النمو السكاني، وتراجع تدفقات المياه، وتغير المناخ، وسوء إدارة المياه وممارسات الاستخدام المائي المهدمة، تواجه منطقة الأنبار مشاكل مائية متكررة وأكثر حدة. وللمعالجة هذه القضايا، بات من الضروري الان إجراء تحقيق في إدارة وحفظ الموارد المائية. وبهدف هذا المستند الحالي إلى الاستفادة من البيانات والأبحاث القائمة ووجهات نظر أصحاب المصلحة لتقديم مقترنات عملية فيما يتعلق بنهج إدارة المياه المستدامة وإعادة صياغة السياسات للتخفيف من آثار تغير المناخ وتسهيل التقدم الاجتماعي والاقتصادي في محافظة الأنبار.

يتمثل الهدف العام من دراسة إدارة وحفظ الموارد المائية الزراعية في الأنبار في تقييم الوضع الراهن للموارد المائية في محافظة الأنبار، وتقييم مدى استدامتها، وصياغة توصيات متعلقة بالسياسات قابلة للتنفيذ تساهُم في الإدارة الفعالة للمياه والحفاظ عليها في مواجهة الضغوط المتزايدة على النظام المائي. كما تتضمن الدراسة أيضاً الأهداف الإضافية التالية:

- إجراء بحث مكتبي شامل لمراجعة وتحليل وتقييم الأدبيات والمراجع القائمة ذات الصلة.
- تحليل البيانات والأبحاث القائمة حول الموارد المائية في محافظة الأنبار، مع دمج / الأخذ في الاعتبار الرؤى المستفادة من المشاورات مع أصحاب المصلحة ومدخلات الخبراء.
- تقييم - بناءً على البيانات الموجودة - جودة وكمية المياه السطحية والجوفية في محافظة الأنبار، مع الأخذ في الاعتبار بعض العوامل مثل مستويات التلوث، والملوحة، ومعدلات التغذية الجوفية.
- تقييم الطلب الحالي والمتوقع على المياه في القطاع الزراعي وتحديد المجالات التي يمكن تحسين كفاءة استخدام المياه فيها.
- مراجعة البنية التحتية الحالية للمياه وممارسات الإدارة الخاصة بها، وتحديد نقاط القوة والضعف وفرص التحسين.
- صياغة وتحليل طرق بديلة لاستخدام المياه تهدف إلى ترشيد استخدام المياه في الزراعة، مع الأخذ في الاعتبار الجدوى الاقتصادية والأثر البيئي.
- وضع توصيات قابلة للتنفيذ لإدارة مستدامة للموارد المائية، تتضمن استراتيجيات وسياسات مجدهية للحفاظ على المياه.
- نشر نتائج الدراسة وتوصياتها والمعارف المكتسبة لجميع أصحاب المصلحة المعنيين، وصناع القرار، والمجتمع بشكل عام.

يستفيد هذا التقرير من البيانات الحالية، سواء المنشورة وغير المنشورة، حيث يدمج وجهات نظر أصحاب المصلحة، ويقدم مقترنات عملية بشأن نهج إدارة مستدامة للموارد المائية، ويعيد صياغة الإصلاحات المتعلقة بالسياسات للتخفيف من آثار تغير المناخ وتعزيز التنمية المستدامة في محافظة الأنبار. يبدأ التقرير أولاً بمراجعة ثلاثة عناصر أساسية لإدارة الموارد المائية في الأنبار: تأثير تغير المناخ على انخفاض معدلات هطول الأمطار (الفصل الثاني)، وحالة جودة المياه في نهر الفرات، الذي يعتبر شريان الحياة الرئيسي للأنبار (الفصل الثالث)، والوضع الحالي فيما يتعلق بالمياه الجوفية، وخاصة جودة المياه الجوفية (الفصل الرابع). وتناول الفصول التالية أنظمة استخدام الموارد - نظام الري السطحي (الفصل الخامس) واستخدام حصاد مياه الأمطار (الفصل السادس). ويختتم التقرير تقديم توصيات تهدف إلى تعزيز إدارة الموارد المائية في محافظة الأنبار (الفصل السابع).

1.4 المراجع

- الأنصارى، ن. 2013. إدارة الموارد المائية في العراق: آفاق وتوقعات. الهندسة، 5، 684-667.
- الربيعي، ف.م. والموسوي، ن. 2019. تأثير جودة مياه نهر ديالى على جودة مياه نهر دجلة باستخدام خرائط نظم المعلومات الجغرافية. مجلة الهندسة، 25، 87-71.
- بهاتي، إ.-و.-هـ، خان، م.م.، شاه، س.أ.ر.، رضا، س.س.، شعيب، م. وعدنان، م. 2019. ديناميكيات جودة المياه: عملية تقييم الأثر لإدارة الموارد المائية. العمليات، 7، 102.
- داغر، د. ح.، وعبيد، إ. ح. 2023. متطلبات مياه الري في المناطق الواقعة على طول نهر الفرات في العراق: الدور والتداعيات لتغير المناخ. في سلسلة مؤتمرات IOP: علوم الأرض والبيئة (المجلد 1222، العدد 1، ص 012003). دار نشر IOP.
- هاشم، ج. ج. ورمال، م.م. 2022. تقييم جودة مياه نهر الفرات باستخدام مؤشرات تلوث المعادن الثقيلة ضمن نطاق مدينة الفلوجة، محافظة الأنبار، العراق. المجلة الدولية للتصميم والطبيعة وديناميكيات البيئة، 17، 439-445.
- كامل، أ.ح.، عبد الحميد، إ.م. ومصطفى، أ.س. 2013. تأثير انخفاض منسوب المياه في نهر الفرات في العراق على تشغيل محطة الطاقة الحرارية في الأنبار. مجلة الهندسة المدنية والعمارة، 7، 350.
- خليفة، ع. وكامل، أ.ح. 2021. تأثير معدل التدفق في نهر الفرات على تركيزات الملوحة. المجلة الدولية للهندسة المدنية، 8، 1-7. SSRG.
- محمد، م.ك.، ناجي، م.س.، أمين، ن.ح. وكرخوش، ه.ن. 2021. تقييم جودة المياه لنهر دجلة والفرات ضمن الحدود العراقية. مجلة الفيزياء: سلسلة المؤتمرات. دار نشر 012152 IOP.
- روهوستوفي، ب.ف.ج.و. 2013. جرد الموارد المائية المشتركة في غرب آسيا، الأمم المتحدة.
- روسيدي، أ.ف. 2018. العلاقة بين الموصلية الكهربائية وإجمالي المواد الصلبة الذائبة في أنواع مختلفة من المياه: مراجعة. سلسلة مؤتمرات IOP: علوم الأرض والبيئة دار نشر 012019 IOP.
- صايل، ك.، محمد، أ. وأحمد، أ. 2020. نهج قائم على نظم المعلومات الجغرافية لاختيار موقع حصاد مياه الأمطار. سلسلة مؤتمرات IOP: علوم وهندسة المواد. دار نشر 012246 IOP.
- شفق. 2023. أزمة المياه في جنوب الرمادي تجبر آلاف السكان على النزوح. متاح على: <https://shafaq.com/en/Iraq/Water-crisis-in-southern-Ramadi-forces-thousands-to-displace>
- صبحي، هـ. 2023. رصد الأقمار الصناعية يكشف عن المدى المفزع لأزمة المياه في العراق. متاح على: <https://tcf.org/content/commentary/satellite-monitoring-reveals-the-startling-extent-of-iraqs-water-crisis>
- سليمان، س.ع.، نجم، أ.ب.أ.، كامل، أ.ح. والأنصارى، ن. 2021. تقييم الطلب المستقبلي الأمثل على استهلاك المياه في محافظة الأنبار غرب العراق. المجلة الدولية للتنمية المستدامة والتخطيط، 16، 462-457.
- الأمم المتحدة. 2022. 6.3.1 نسبة تدفق مياه الصرف الصحي المعالجة (بأمان) في العراق، حسب المصدر (2015-2022). متاح على: https://www.sdg6data.org/en/country-or-area/Iraq#anchor_6.3.1
- بيانات ثانوية غير منشورة. وحدة السياسات البيئية في إدارة التخطيط والمتابعة بوزارة الموارد المائية الاتحادية. جامعة الأمم المتحدة. 2023 (UNU) متاح على: <https://reliefweb.int/report/world/global-water-securi-tv-2023-assessment>
- زيتيس، ج.، المزروعي، م.، ألبرت، ب.، سيابيس، ب.، كرامر، و.، دحدل، ي.، ... وليليفيلد، ج. 2022. تغير المناخ وظواهر الطقس القاسي في شرق البحر المتوسط والشرق الأوسط. مراجعات الجيوفизياء، 60(3)، e2021RG000762.



الفصل الثاني: قابلية التأثير بالمناخ والجفاف

2.1 مقدمة

مع انخفاض تدفق المياه العابرة للحدود إلى المنطقة، أصبح من المهم دراسة تأثيرات تغير المناخ واتجاهات هطول الأمطار في محافظة الأنبار. وقد تم إجراء دراسات محلية محدودة فقط في هذا المجال. ويهدف هذا الفصل إلى التعمق وتطوير فهم نوعي وكمي لتأثيرات تغير المناخ استناداً إلى بيانات الأرصاد الجوية التي تم جمعها من خمس محطات مختلفة في محافظة الأنبار. حيث إن توفير معلومات شاملة حول نوع وشدة تأثيرات تغير المناخ المحلي على الموارد المائية يمكن أن يساعد صانعي القرار على تبني استراتيجيات إدارة أكثر محسنة وقادمة على البيانات.

يعد الجفاف خطر طبقي يصعب قياس شدة تأثيره ومدته والمساحة المتأثرة به والتآثيرات الناجمة عنه. ويحدث الجفاف عندما لا تتلقى منطقة ما كمية كافية من مياه الأمطار لفترة طويلة، مما يؤدي إلى نقص المياه (خليفة وكامل، 2021). ويشير الجفاف المناخي إلى كارثة طبيعية مناخية ناجمة عن نقص طويل للأمد في هطول الأمطار، مما يؤدي إلى انخفاض رطوبة التربة واحتلال توازن المياه في المحاصيل (ليو وأخرون، 2021). ونظراً لأن الجفاف ناتج بشكل أساسي عن نقص في الأمطار، يمكن تقييم خصائص الجفاف باستخدام أنماط هطول الأمطار. ويتم استخدام مؤشر هطول الأمطار القياسي في هذه الدراسة ليعكس التغيرات في خصائص الجفاف عبر الأزمنة والأماكن المختلفة في محافظة الأنبار، باستخدام بيانات الأرصاد الجوية من خمس مناطق مختلفة. ويعتبر هذا التحليل الأولي هو الأساس لتقييم خصائص واتجاهات الجفاف في منطقة الأنبار وتأثيره على أداء القطاع الزراعي.





2.2 المنهجية

تمتد أشهر الأمطار في محافظة الأنبار بشكل رئيسي بين شهري أكتوبر ومايو. حيث تستخدم هذه الدراسة بيانات الأرصاد الجوية التي تم جمعها على مستوى المحطات. وقد أوصى بهذا النهج سابقاً كامل وآخرون (2013) الذين أكدوا على أهمية تقليص نطاق الاتجاهات المناخية الحالية والمستقبلية والحصول على دقة عالية جداً والتقط الخصائص المناخية على نطاق الشبكة الفرعية مثل التضاريس والغيموم في المنطقة. أولاً، تقوم الدراسة بتطوير نموذج تقليص لتقدير اتجاهات هطول الأمطار الحالية في كل محطة. ثانياً، يتم حساب قيم مؤشر هطول الأمطار القياسي لأربع فترات تراكمية، وهي 3 و 6 و 9 و 12 شهراً باستخدام أداة Drinc التي قامت بتطويرها الجامعة الفنية الوطنية في أثينا، بمشاركة مركز تقييم المخاطر الطبيعية والتخطيط الاستباقي ومختبر أعمال الاستصلاح وإدارة الموارد المائية.¹ ثالثاً، يتم تحليل البيانات إحصائياً لفهم الاتجاهات.

يتم استخدام مؤشر هطول الأمطار القياسي، الذي طوره ماكي وآخرون (1993)، في تقييم حالات الجفاف بناءً على بيانات هطول الأمطار الشهرية طويلة الأمد (خان وآخرون، 2008) والتي رتم رصدها في خمس محطات أرصاد جوية خلال فترات مختلفة اعتماداً على البيانات المتاحة (الجدول 2.1) (هاشم ورمال، 2022). وقد تم اختيار المحطات الجوية الخمس لتمثل، قدر الإمكان، مختلف الظروف المناخية في محافظة الأنبار (الجدول 2.1).

ويتم حساب مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) المستخدم في هذه الدراسة على النحو التالي:

$$SPI = \frac{(X_i - Xm)}{SD}$$

حيث SPI هو مؤشر هطول الأمطار القياسي (أو مؤشر الجفاف)، X_i هو مقدار هطول الأمطار الشهري أو الموسمي أو السنوي، Xm هو المتوسط طويل الأمد و SD هو الانحراف المعياري.

يتم استخدام مؤشر هطول الأمطار القياسي لتحديد مستوى الجفاف (أو الرطوبة) من خلال مراجعة إجمالي هطول الأمطار للأشهر 3 و 6 و 9 و 12 مقارنة بفترة هطول الأمطار السابقة في المنطقة (كارابولوت، 2015). ويختلف تفسير مؤشر هطول الأمطار القياسي بناءً على النطاق الزمني المستخدم. حيث يقدم المؤشر تقديرات لهطول الأمطار الموسمية لمدة 3 أشهر، بينما يشير المؤشر لفترتي 6 و 9 أشهر إلى اتجاهات متوسطة المدى في ظروف هطول الأمطار (وو و آخرون، 2001)، وأخيراً، يُظهر المؤشر لمدة 12 شهراً التغيرات طويلة المدى في هطول الأمطار. كما يمكن تصنيف قيم المؤشر وشدة الجفاف المقابلة لها إلى فئات مختلفة (الجدول 2.2) (ماكي وآخرون، 1993).



جدول 2.1 محطات الأرصاد الجوية في محافظة الأنبار والسنوات المائية المقابلة لها

محطة الأرصاد الجوية	السنة المائية	خط العرض (بالدرجات العشرية)	خط الطول (بالدرجات العشرية)
الرطبة	1929-2017	40.283	33.033
هيت	1953-2010	43.750	33.633
حديثة	1967-2017	42.350	34.133
عانة	1982-2010	41.98	34.37
الرمادي	1982-2010	43.250	33.433

المصدر: هاشم ورمال 2022

جدول 2.2: فئات الجفاف المحددة لقيم مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI)

الامطار القياسي	فئة الجفاف	المدة الزمنية في الفئة	قيمة مؤشر هطول
0 الى 0.99-	جفاف خفيف	24% ~	
1.00- 1.49-	جفاف متوسط	9.2%	
1.50- 1.99-	جفاف شديد	4.4%	
-2.00 ≥	جفاف شديد جداً	2.3%	
		40% ~	

المصدر: مكي وأخرون 1993

2.3 النتائج

2.3.1 نمط هطول الأمطار

يبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي في العراق 154 ملم (الشكل 2.1)، حيث يتراوح من أقل من 100 ملم في أكثر من 60% من مساحة البلاد، وصولاً إلى 1200 ملم في الشمال الشرقي (الأنصاري، 2013). وعلى الرغم من اعتماد العراق على الموارد المائية العابرة للحدود، فقد شهدت مستويات هطول الأمطار في العراق انخفاضاً كبيراً، مما أدى إلى زيادة تحديات إمدادات المياه في البلاد، لا سيما بالنسبة للزراعة المعتمدة على الامطار. كما شهد العراق أيضاً صيف جاف بشكل غير طبيعي في عام 2018، حيث انخفضت معدلات هطول الأمطار بنحو الثلث عن المتوسط (لوسو، 2018). وتوقع داغر وعبيد (2023) انخفاض في هطول الأمطار في محافظة الأنبار بمقدار 3.61 ملم و 4.63 ملم لفترتين المرجعيتين 2020-2039 و 2040-2059 على التوالي. ويعكس تحليل الاتجاه في هذا القسم التغير في أنماط هطول الأمطار في الأنبار استناداً إلى بيانات خمس محطات أرصاد جوية على مدار ما يقرب من 100 عام.

أظهرت نتائج بيانات الأرصاد الجوية انخفاض عام في معدل هطول الأمطار السنوي في المحطات الخمس ضمن الإطار الزمني للدراسة، وكان هذا الانخفاض أكثر وضوحاً في بعض المحطات مقارنة بغيرها. وبلغ متوسط الهطول السنوي على المدى الطويل 112.3 ملم في الرطبة، و 142.2 ملم في عانة، و 115.2 ملم في هيت، و 121.8 ملم في الحديثة، و 114.0 ملم في الرمادي على التوالي. وتعتبر جميع هذه القيم أقل من متوسط الهطول السنوي للعراق البالغ 154 ملم كما أشار أنصاري (2013). وكان متوسط هطول الأمطار السنوي في الأردن خلال الفترة من عام 1970 حتى 2013 258 ملم/سنة، أي ما يقارب ضعف المتوسطات المسجلة في الأنبار تقريباً. ومع ذلك، فإن مناطق شرق وجنوب غرب الأردن، التي تتميز

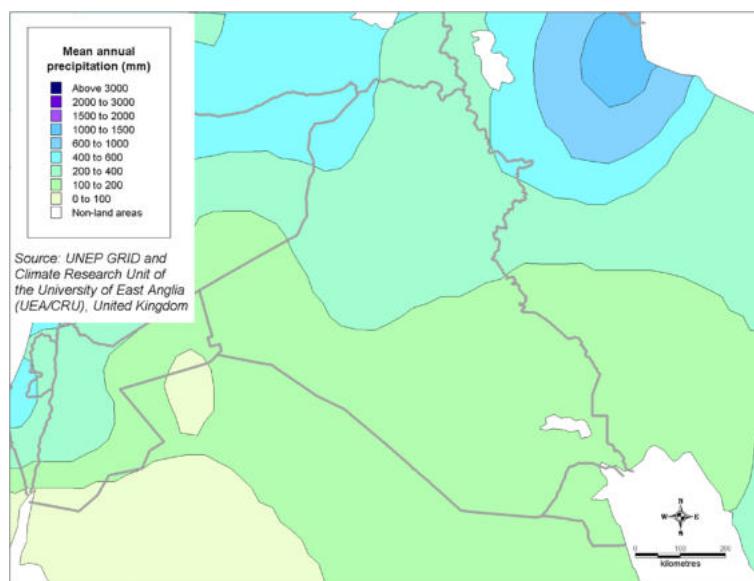


بالجفاف إلى حد كبير، تقع قريبة نسبياً من معدلات الأنبار فيما يتعلق بھطول الأمطار كونها على خط الحدود، حيث سجلت 137 ملم / سنة وفقاً لرحمان وآخرين 2015 . وفي المقابل، تتمتع تركيا، التي تحد العراق من الشمال، بمعدل هطول أمطار سنوي أعلى بشكل ملحوظ، حيث بلغ المتوسط 573 ملم بين عامي 1991 و2020 (نكار، 2023)، ويتفاوت بين 295 و2220 ملم بناءً على الموقع والارتفاع (دينير وآخرون، 2011).

تُظهر الرسوم البيانية لهطول الأمطار انخفاض عام في هطول الأمطار عبر المحطات الخمس (الأشكال من 2.2 إلى الشكل 2.6). وكان هذا التراجع أكثر وضوحاً في محطة حديثة (الشكل 2.4) والرمادي (الشكل 2.6)، بينما كان أقل وضوحاً في محطة عانة (الشكل 2.5) التي سجلت أعلى متوسط لهطول الأمطار (142.2 ملم). ويترجم هذا الانخفاض في هطول الأمطار إلى انخفاض ملحوظ في مساحة سطح المياه في البحيرات الرئيسية في المنطقة الواقعة بين حديثة والفلوجة، وهو ما سيتم مناقشته بمزيد من التفصيل في الفصل الثالث مع الإشارة إلى صور الأقمار الصناعية.

وقد سجلت محطة الرطبة أدنى متوسط لهطول الأمطار (112 ملم) خلال الفترة الممتدة من عام 1929 إلى عام 2017. حيث تشير نتائج المحاكاة التي أجراها عثمان وآخرين (2017) والتي تستند إلى بيانات الأرصاد الجوية من نفس المنطقة إلى توقع انخفاض في هطول الأمطار في الرطبة للفترة 2099-2080، مع عدم حدوث تغيرات أو بتغيرات طفيفة في الفترات المستقبلية القريبة والمتوسطة (2046-2065). ويؤكد عثمان وآخرون (2017) أن انخفاض معدل هطول الأمطار في الرطبة كان أكثر وضوحاً من المناطق الأخرى في العراق، مثل سنجر والسليمانية والبصرة. وبشكل عام، تظهر نتائج الأرصاد الجوية أيضاً أنه على الرغم من انخفاض تكرار الأمطار، إلا أن أحاديث هطول الأمطار أصبحت أكثر شدة. وهذا يفسر القيم المرتفعة للانحراف المعياري التي لوحظت في المحطات الخمس، مما يدل على تقلب كبير في هطول الأمطار خلال ما يقرب من المئة عام الماضية. وهذا يتفق مع التحليل الذي أجراه أنصاري (2013) الذي أظهر أن متوسط هطول الأمطار الشهري في العراق يميل إلى الانخفاض بنسبة تراوح بين 10.83% و13.93% للفترتين المرجعيتين 2059-2040 و2079-2060 على التوالي، مقارنة بالفترة المعيارية 2039-2020. وسيتسبب تغير المناخ في تفاقم هذه التغيرات، مما سيؤدي إلى تغيير طول فترات الجفاف والرطوبة. ومن المتوقع أن يؤدي انخفاض هطول الأمطار مع زيادة شدتها، بالإضافة إلى ارتفاع درجات الحرارة، إلى زيادة فترات الجفاف وحدوث مزيد من الفيضانات الأكثر شدة (الأنصاري، 2013).

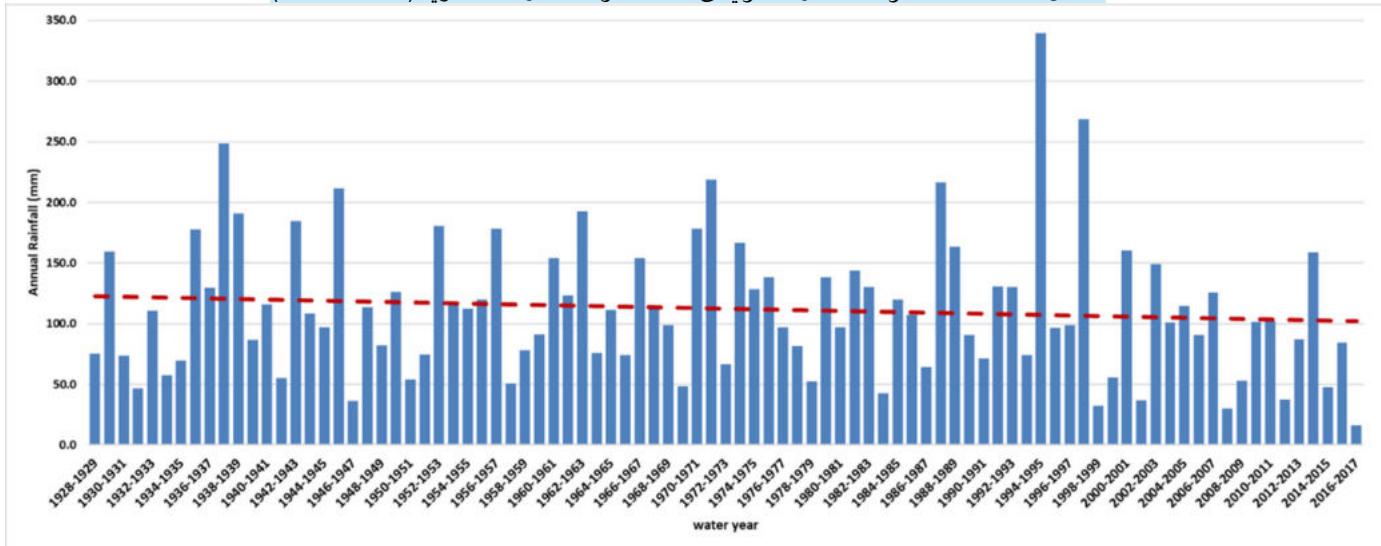
الشكل 2.1: متوسط هطول الأمطار السنوي (ملم) في العراق



المصدر: الأنصاري، 2013

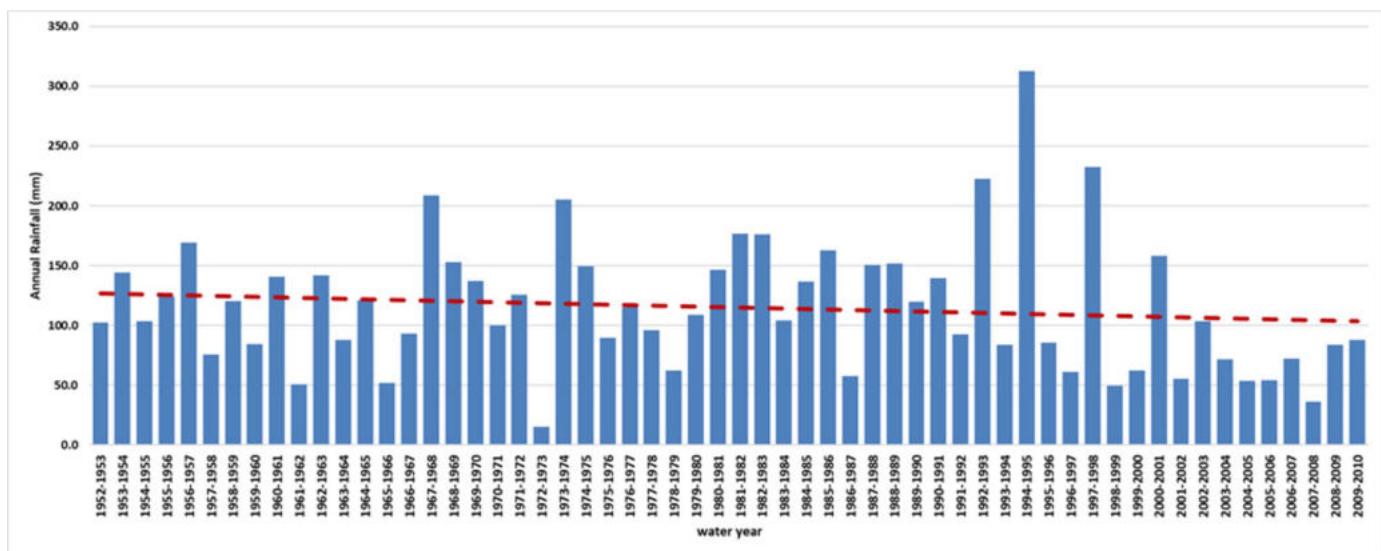


الشكل 2.2: معدل هطول الأمطار السنوي في محطة الرطبة للأرصاد الجوية (1928-2017)



المصدر: عمل ذاتي

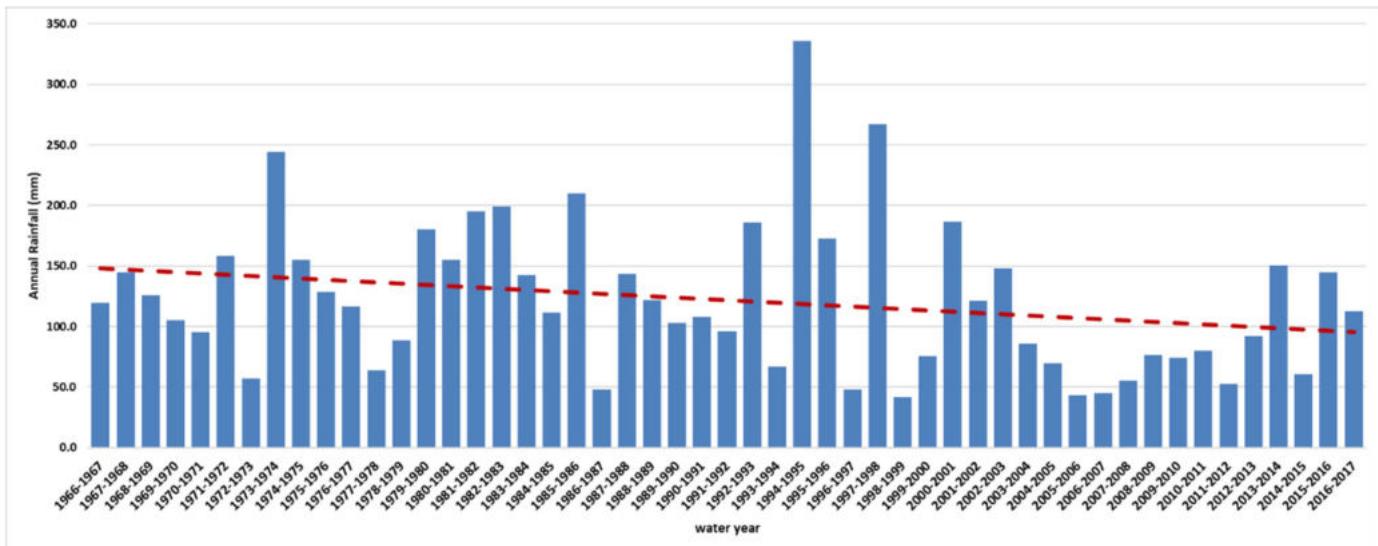
الشكل 2.3 : معدل هطول الأمطار السنوي في محطة هيت للأرصاد الجوية (1952-2010)



المصدر: عمل ذاتي

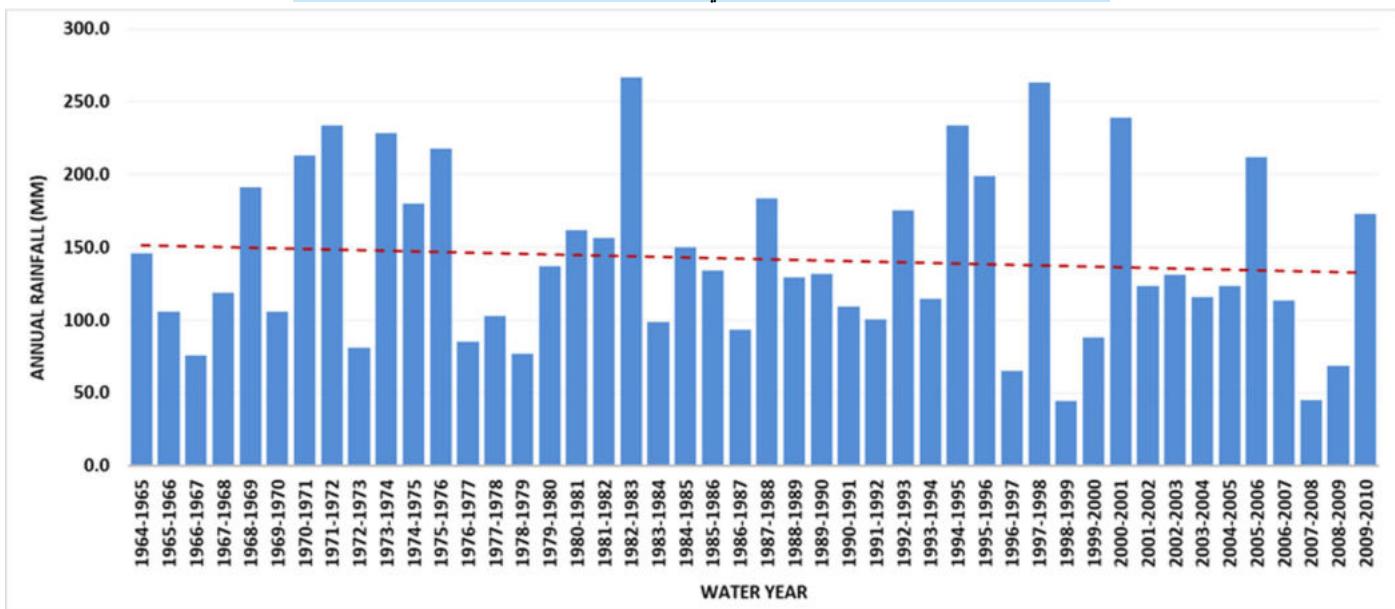


الشكل 2.4: معدل هطول الأمطار السنوي في محطة حديثة للأرصاد الجوية (1966-2017)



المصدر: عمل ذاتي

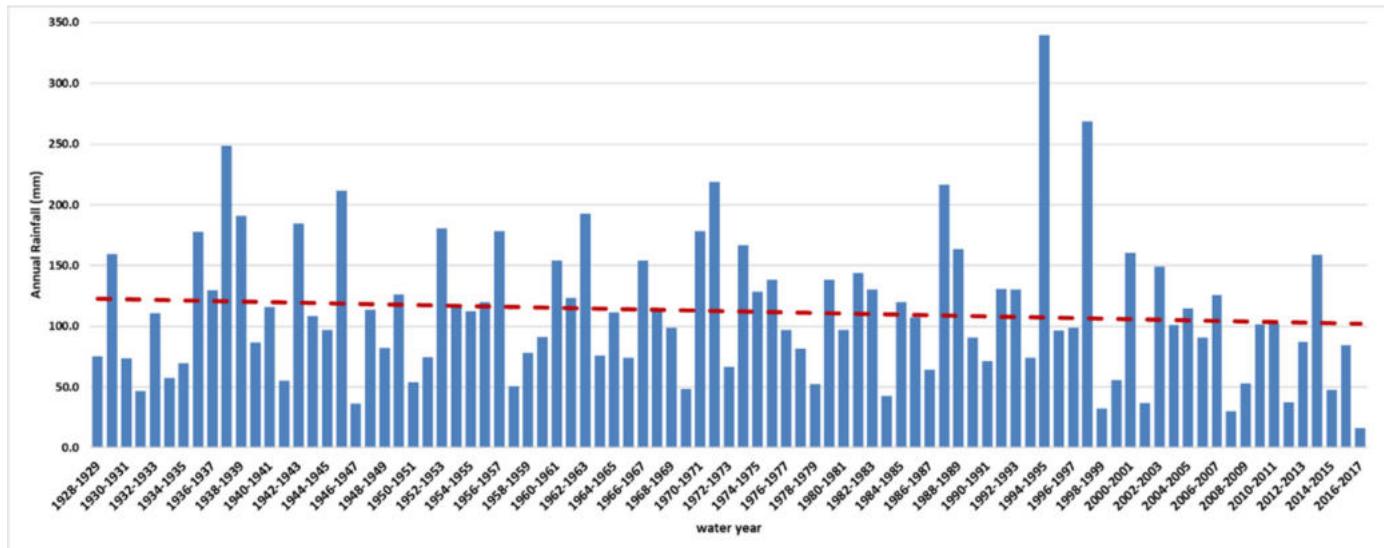
الشكل 2.5: معدل هطول الأمطار السنوي في محطة عانة للأرصاد الجوية (1964-2010)



المصدر: عمل ذاتي



الشكل 2.6: معدل هطول الأمطار السنوي في محطة الرمادي للأرصاد الجوية (1928-2017)



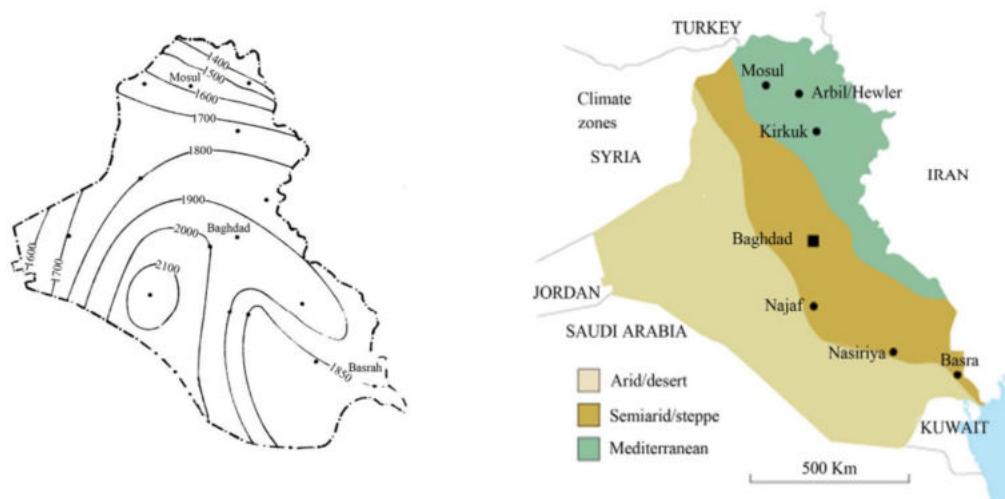
المصدر: عمل ذاتي

2.3.2 النتاج التبخري المحتمل

يلعب النتاج التبخري المحتمل دوراً رئيسياً في دراسة إدارة المياه الزراعية وتغير المناخ، وهو أمر مهم بشكل خاص في تخطيط أنشطة الري. وقد تم استخدام نموذج بلاني-كريدل (دالين وآخرون 2019، البنك الدولي، 2006) لتقدير النتاج التبخري الشهري المحتمل (دييري وآخرون، 2019، احمد وآخرون 2023). ويبلغ متوسط النتاج التبخري والتبخر الكلي في العراق حوالي 1900 ملم في السنة (الشكل 2.7). وتشير سجلات الأرصاد الجوية إلى وجود اتجاه متزايد في درجات الحرارة والتبخر من شمال شرق العراق نحو الجنوب الغربي (الأنصاري، 2013). حيث تقع أكثر من ثلاثة أرباع مساحة العراق الإجمالية ضمن مناطق جافة وشبه جافة (الشكل 2.8). وتُعد محافظة الأنبار، بشكل خاص، منطقة جافة في الغالب. وبالتالي، تعاني المنطقة من خسائر تبخر مرتفعة. يصل متوسط التبخر السنوي في الأنبار إلى ما بين 1600 و 1700 ملم سنوياً، وهو أقل قليلاً من المتوسط العام للعراق (الأنصاري، 2013). وقد قام داغر وعبيد (2023) بمحاكاة تأثير تغير المناخ على النتاج التبخري المرجعي (ETO)، وأشاروا إلى زيادة محتملة تصل إلى 202 و 206 ملم للفترتين 2020-2039 و 2040-2059 على التوالي، مقارنة بزيادة قدرها 157 ملم للفترة المرجعية 2014-1995.

الشكل 2.8: متوسط النتاج التبخري (مم) في العراق

الشكل 2.8: الأقاليم المناخية في العراق



المصدر: الانصاري 2013



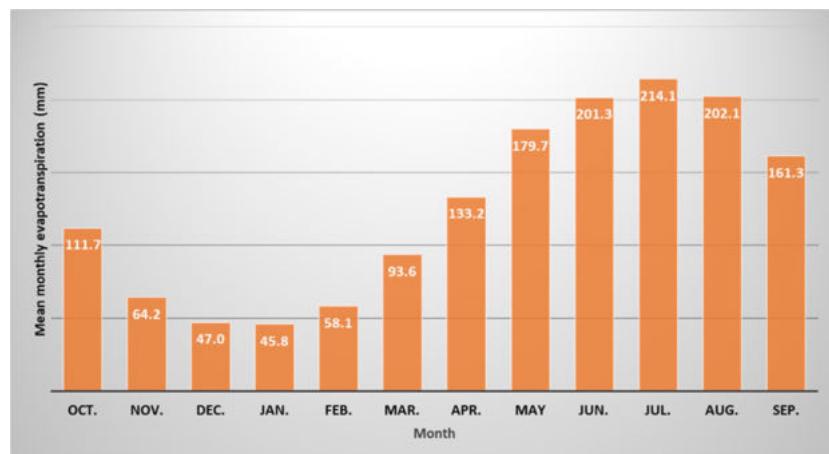
يُظهر متوسط النتح التبخري الشهي المحتمل اتجاهات مماثلة في محطة الرطبة والرمادي (انظر الشكل 2.9 والشكل 2.10 على التوالي). حيث تُسجل الأشهر من مايو إلى سبتمبر قيم مرتفعة نسبياً، تصل إلى 160 ملم أو أكثر شهرياً، في حين تُسجل الأشهر من أكتوبر إلى أبريل أدنى قيم للنتح التبخري المحتمل، 120 ملم أو أقل شهرياً. وتتنبأ محاكاة داغر وعبيد (2023) بزيادة النتح التبخري المرجعي في محافظة الأنبار ليصل إلى أكثر من 200 ملم شهرياً وأقل من أو يساوي 150 ملم في الفترات المستقبلية القريبة (2039-2020) والمتوسطة (2059-2040) في الأنبار. وقد بلغت قيم النتح التبخري المحتمل السنوي 1,512.1 و 1,631.3 ملم سنوياً في الرطبة والرمادي على التوالي. وتعتبر هذه القيم أقل من المتوسط العام للعراق (1900 ملم/سنة)، ولكنها قريبة نسبياً من مستويات التبخر في محافظة الأنبار (1700-1600 ملم/سنة). وهذا يدل على أن النتح التبخري المحتمل يتراوح متوسط هطول الأمطار السنوي في الأنبار، مما يؤدي إلى حدوث عجز مائي.

على الرغم من أن اتجاه النتح التبخري المحتمل في محطة حديثة (الشكل 2.11) مشابه لتلك في محطة الرطبة والرمادي، إلا أن القيم الشهرية للنتح المحتمل كانت أقل. وقد سجلت أعلى قيم النتح التبخري المحتمل بين شهر ماي وسبتمبر، حيث بلغت ذروتها حوالي 160 ملم في يوليو. بينما تراوحت أدنى قيم للنتح التبخري المحتمل بين 62 ملم و 72 ملم كحد أقصى، وذلك بين شهري أكتوبر ومارس (الشكل 2.11). وقد بلغ متوسط النتح السنوي في الحديثة 1050.1 ملم، وهو أقل من المتوسط في المططتين السابقتين.

تم استخدام طريقة أخرى لتقدير النتح التبخري المحتمل السنوي في محطة هيت (الشكل 2.12)، وذلك بالاعتماد على بيانات متوسط درجة الحرارة الشهرية (بيانات غير منشورة) بين عامي 1981-1982 و 2007-2008، وباستخدام طريقة تورنونيت (فرحان وآخرون، 2020). وقد بلغ متوسط النتح التبخري المحتمل السنوي في هيت حوالي 1700 ملم سنوياً، وهي القيمة الأقرب إلى تلك التي لوحظت في محطة الرمادي.

يمكن أن يؤدي زيادة النتح التبخري المحتمل المقترن بانخفاض هطول الأمطار إلى تقليل رطوبة التربة وتجدد المياه الجوفية، مما يزيد من الطلب على الري. وقد قام داغر وعبيد (2023) بتطبيق نموذج CROPWAT وأفادوا بزيادة في إجمالي احتياجات المياه السنوية للري في محافظة الأنبار من 1,100 مليون متر مكعب للفترة (1995-2014) إلى 1,430 مليون متر مكعب للفترة (2039-2020) و 1,460 مليون متر مكعب للفترة (2059-2040).

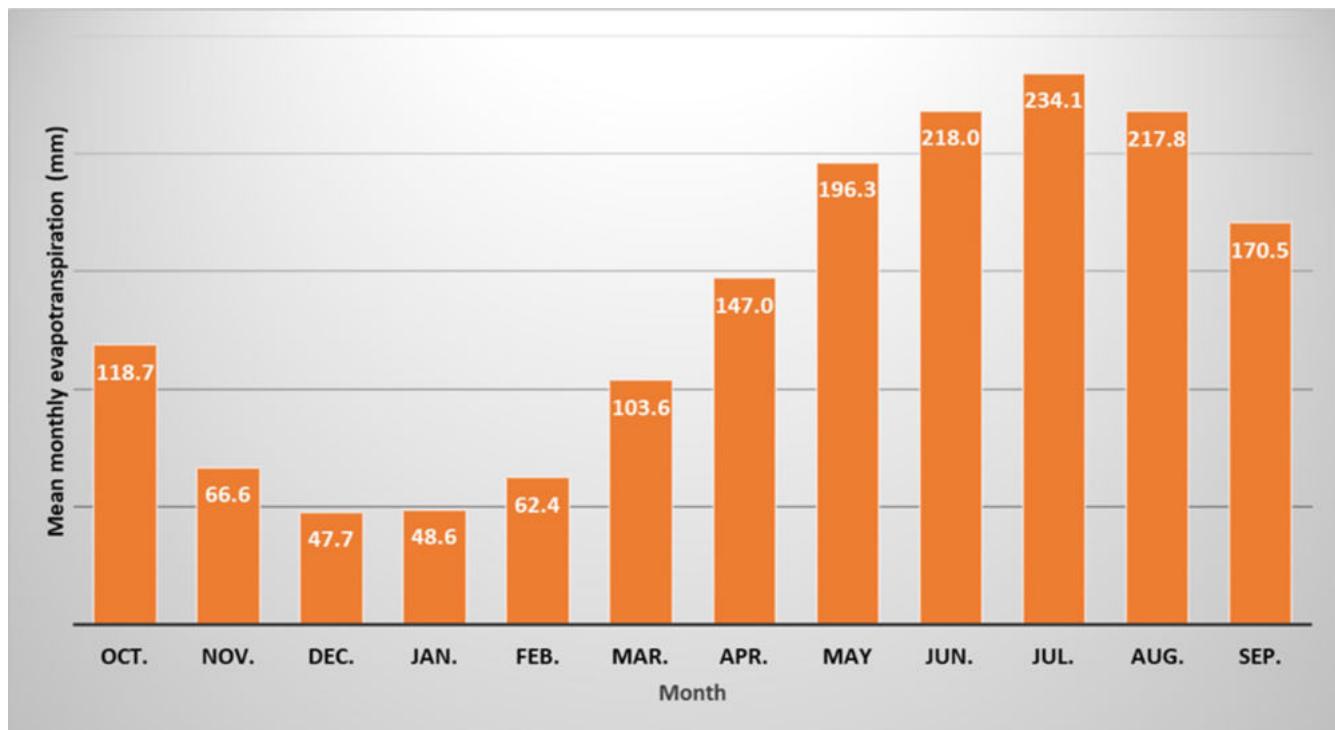
الشكل 2.9: متوسط النتح التبخري المحتمل الشهي في محطة الرطبة للأرصاد الجوية باستخدام نموذج بلاني كريدل



المصدر: عمل ذاتي

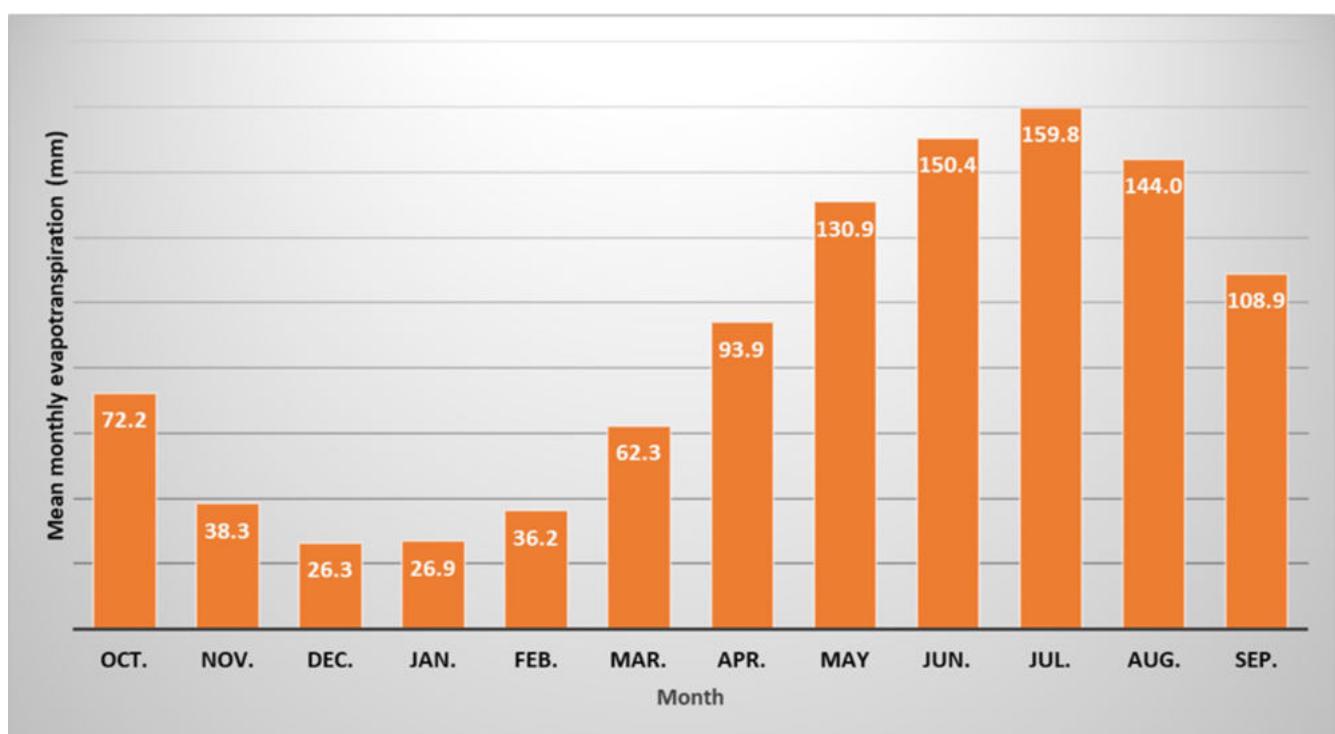


الشكل 2.10: متوسط النتح التبخري الشهري المحتمل في محطة الرمادي للأرصاد الجوية باستخدام نموذج بلاني كريدل



المصدر: عمل ذاتي

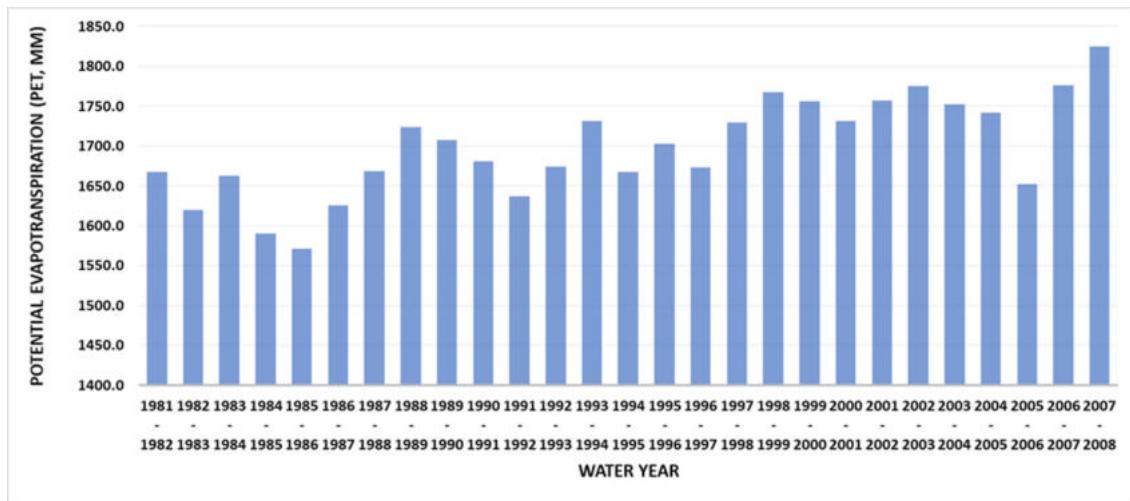
الشكل 2.11: متوسط النتح التبخري المحتمل الشهري في محطة حديثة للأرصاد الجوية باستخدام نموذج بلاني-كريدل



المصدر: عمل ذاتي



الشكل 2.12: متوسط النتح التبخري الشهري المحتمل في محطة هيت للأرصاد الجوية باستخدام طريقة ثورنتوايت



المصدر: عمل ذاتي

2.3.3 تحليل مؤشر الامطار القياسي

يُعد الجفاف أحد الآثار السلبية لتغير المناخ. وإلى جانب التغيرات في هطول الأمطار والنتح التبخري المحتمل، فإن تطبيق تحليل مؤشر الجفاف يعد مفيد في طرق التكيف مع الجفاف والتخفيف من آثاره للتعامل مع تغير المناخ. إن فهم كيفية تطور موجات الجفاف وانتشارها وتأثيرها علينا أمر بالغ الأهمية لمعرفة كيفية الاستعداد والتخطيط لها بشكل أفضل والتخفيف من آثارها.

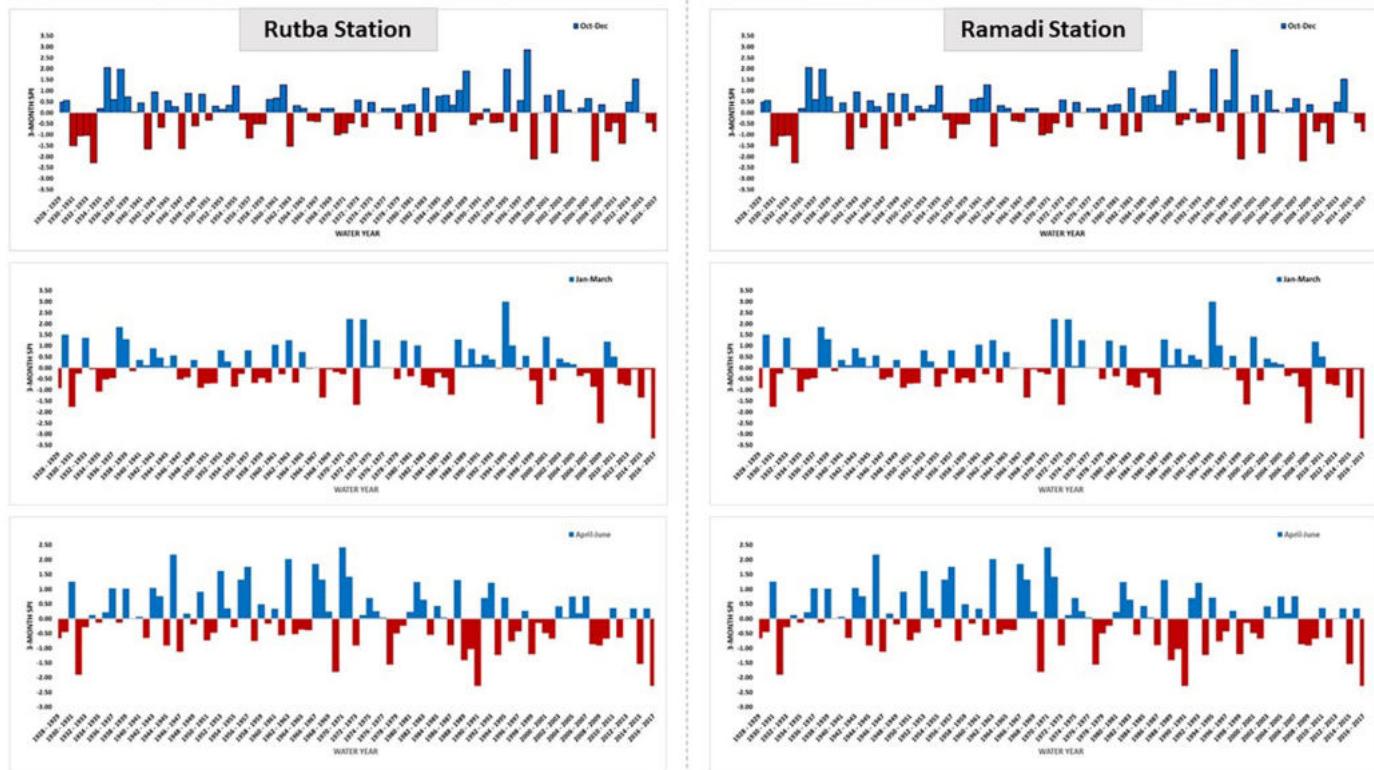
كشفت النتائج عن وجود اختلافات ملحوظة في حساسية قيم مؤشر الأمطار على مراحل زمنية مختلفة (3، 6، 9، و12 شهراً)، وحتى على نفس النطاق الزمني (3 أشهر أو 6 أشهر). ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى كمية الأمطار المتراكمة خلال الفترة الزمنية التي شملتها الدراسة. ومن بين جميع المقاييس الزمنية لمدة 3 أشهر من المحطات الخمس (الشكل 2.13 والشكل 2.14)، كانت فئة الجفاف المعتمد (SPI $-1.00 \leq -1.49$) هي الفئة الأكثر شيوعاً من أنواع الجفاف. فيما يتعلق بالفترة الزمنية لمدة 6 أشهر (أكتوبر-مارس وأبريل-سبتمبر)، كان الجفاف المعتمد والشديد هما الفتتان الأكثر انتشاراً (الشكل 2.15 والشكل 2.16). ويمكن الإشارة إلى الجفاف المعتمد الذي لوحظ على مدى فترات 3 و6 أشهر على أنه جفاف زراعي، يؤثر بشكل رئيسي على الإنتاج الزراعي وسبل العيش على المدى القصير. أما بالنسبة إلى الفترات الزمنية لمدة 9 أشهر (الشكل 2.17) وللمدة 12 شهراً (الشكل 2.18)، وجاء الجفاف الشديد (SPI $-1.50 \leq -1.99$) والجفاف الشديد جداً (SPI $-2.00 \leq -2.49$) في المرتبتين الثانية والثالثة على التوالي. وتشير نتائج مؤشر الامطار القياسي لمدة 12 شهراً إلى وجود جفاف معتمد طويل الأمد يؤثر على المناطق المختلفة في الأنبار. وبشكل عام، ازدادت حالات الجفاف من جميع الفئات خلال العشرين عاماً الماضية، مع تناقص عدد السنوات التي شهدت هطول أمطار أعلى من المعدل الطبيعي.

تُظهر الفترات الزمنية الأربع أن الجفاف المعتمد هو الأكثر شيوعاً، ولكن بعد عامي 1999-1998، أصبحت حالات الجفاف الشديد تتكرر بشكل أكبر، خصوصاً في فصلي الصيف والشتاء، في حين أصبحت الفترات التي تشهد معدل هطول أمطار أعلى من المعدل الطبيعي أقل شيوعاً خلال نفس الفترة.

ـ هي عتبة الجفاف، وقد تم تحديدها في هذه الدراسة لتكون أقل من أو تساوي 1ـ، وهذا يعني أن مستوى الجفاف أكبر من الجفاف المعتمد، وـ فهي مدة عملية الجفاف.

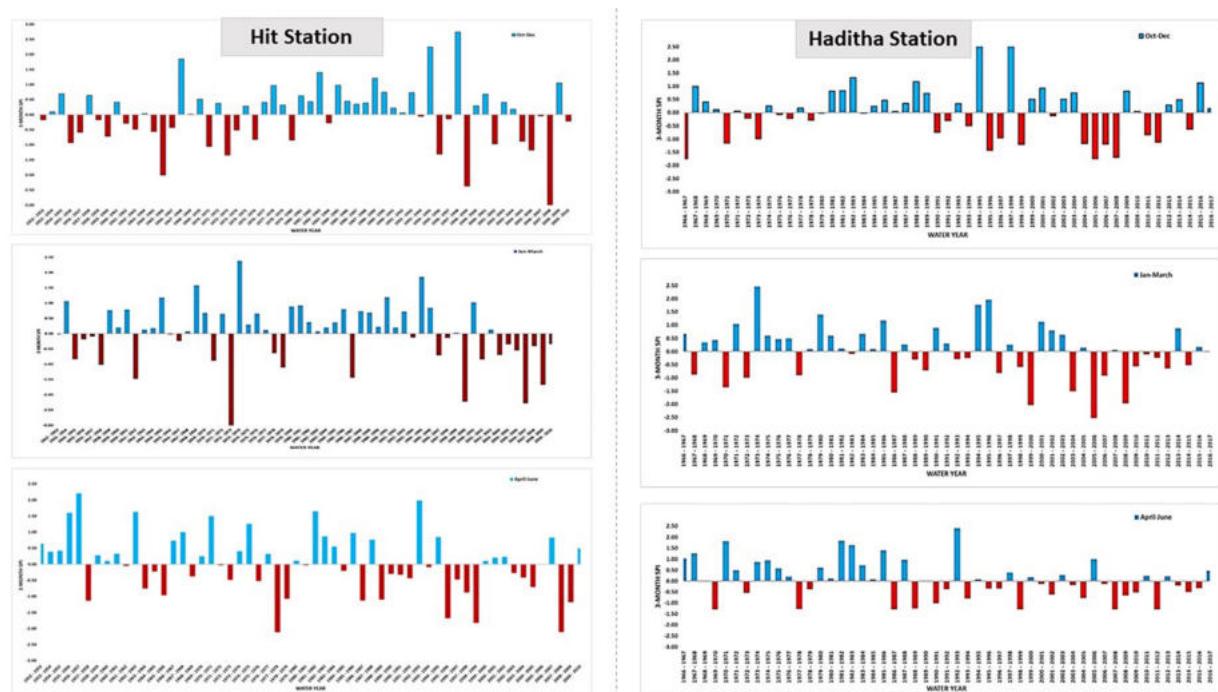


الشكل 2.13: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة ثلاثة أشهر لمحيط الرطبة (يسار) والرمادي (يمين) لفترات من أكتوبر إلى ديسمبر، ومن يناير إلى مارس، ومن أبريل إلى يونيو



المصدر: عمل ذاتي

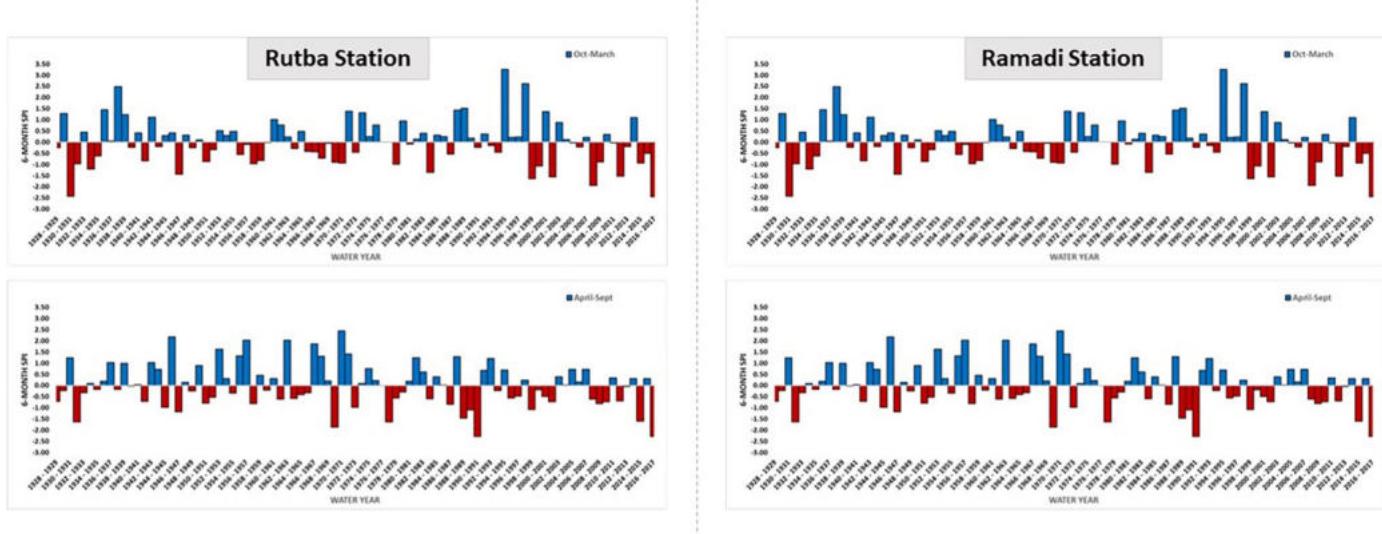
الشكل 2.14: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة ثلاثة أشهر لمحيط هيـت (يسار) وحـديثـة (يمـين) لفترات من أكتوبر إلى ديسمبر، ومن يناير إلى مارس، ومن أبريل إلى يونيو



المصدر: عمل ذاتي

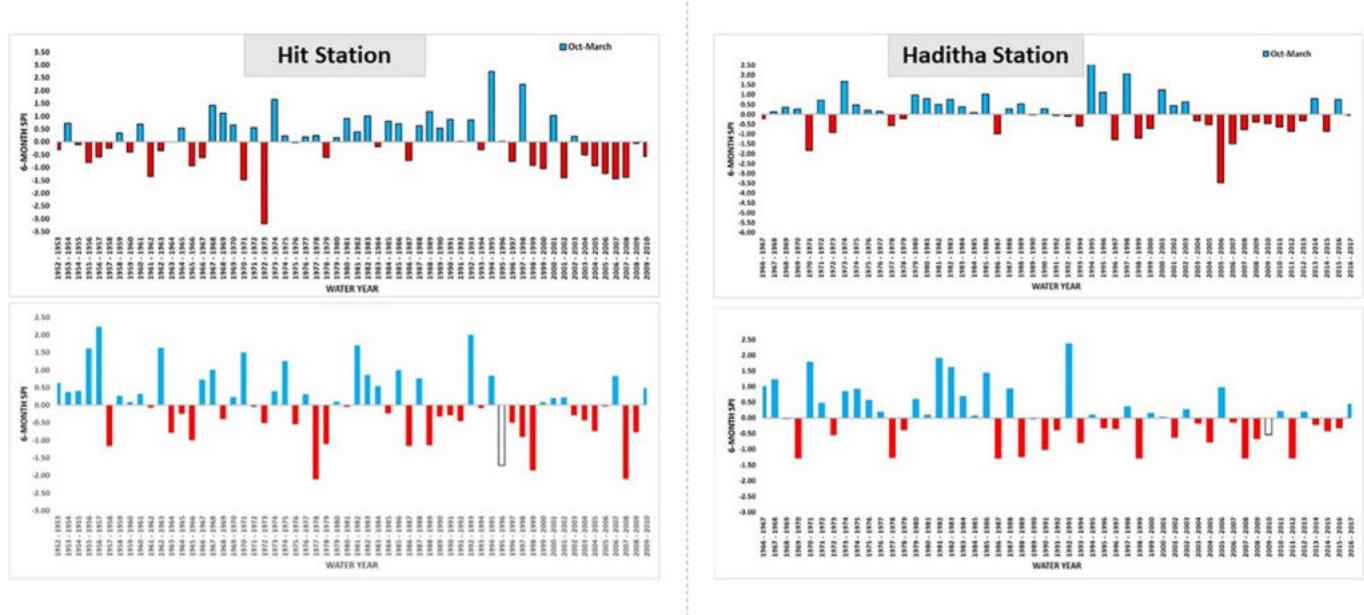


الشكل 2.15: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة ستة أشهر لمحطتي الرطبة (يسار) والرمادي (يمين) للفترتين من أكتوبر إلى مارس، ومن أبريل إلى سبتمبر



المصدر: عمل ذاتي

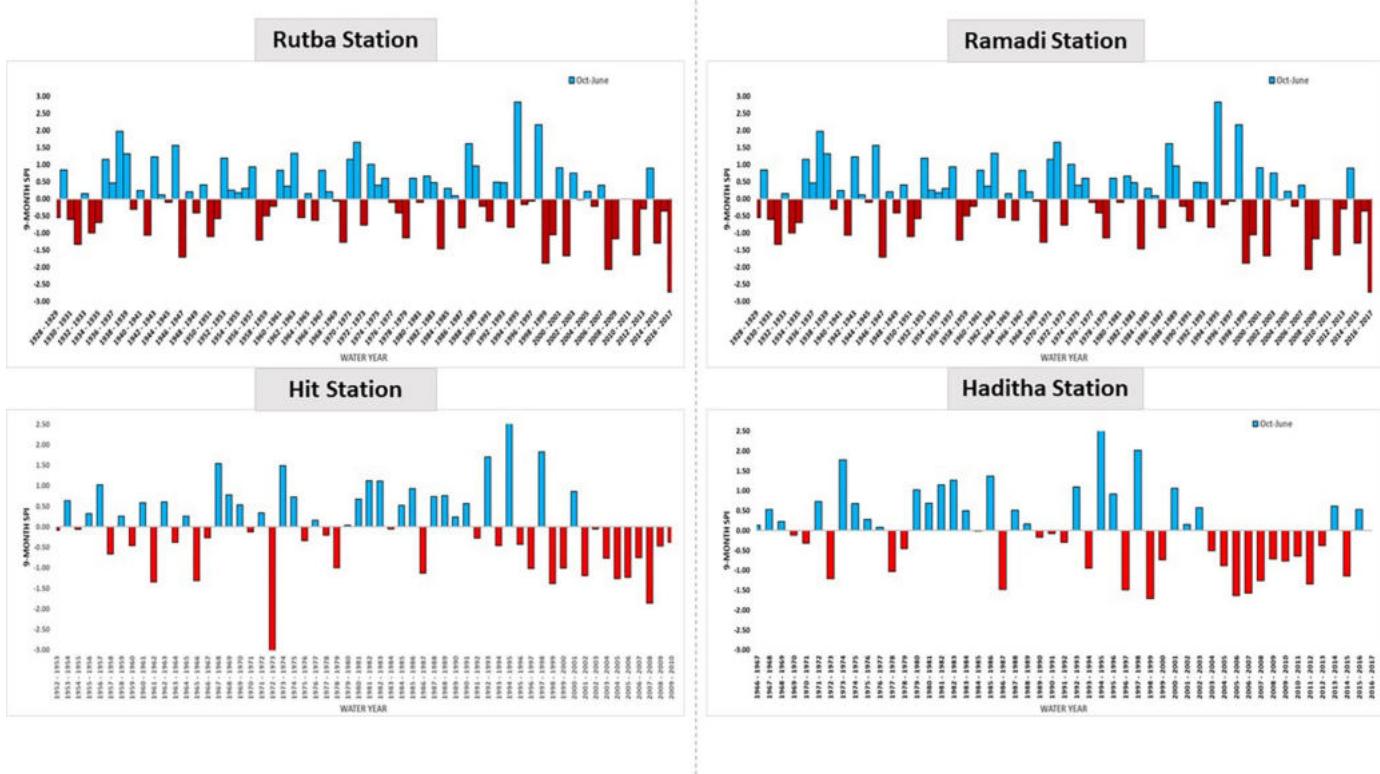
الشكل 2.16: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة ستة أشهر لمحطتي هيت (يسار) وحديثة (يمين) للفترتين من أكتوبر إلى مارس، ومن أبريل إلى سبتمبر



المصدر: عمل ذاتي

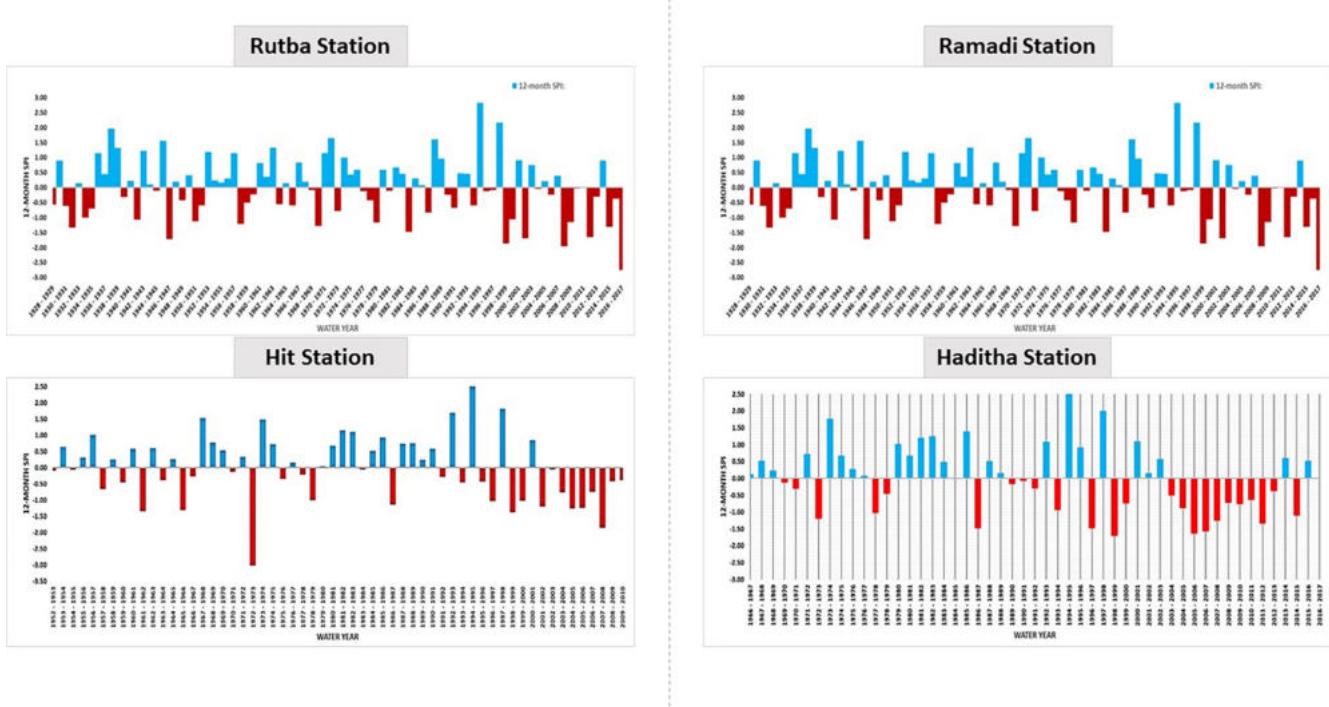
قابلية التأثر بالمناخ والجفاف

2



المصدر: عمل ذاتي

الشكل 18.2: مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) لمدة اثني عشر شهراً لمحطات الرطبة (أعلى اليسار)، الرمادي (أعلى اليمين)، هييت (أسفل اليسار) وحديقة (أسفل اليمين) لفترة 12 شهراً



المصدر: عمل ذاتي



2.4 مناقشة

2

قابلية التأثير بالمناخ والجفاف

على الرغم من وجود اختلافات متعددة في تعريف الجفاف، إلا أن هناك اتجاهات واضحة تشير إلى وقوع حالات من الجفاف (بروير وهيم، 2011). ومن بين هذه الاتجاهات، يركز هذا التقرير على الجفاف المناخي لتوضيح حالة الجفاف في محافظة الأنبار. ويُعرف الجفاف المناخي بأنه «زيادة في المدى اليومي والسنوي لدرجة الحرارة مع انخفاض في كمية الأمطار إلى أقل من 100 ملم». وقد أظهرت البيانات المناخية الواردة في هذا التقرير تراجع في هطول الأمطار في محطات الأرصاد الجوية الخمس في محافظة الأنبار، حيث كان الانخفاض أكثر وضوحاً في بعض المناطق عن غيرها، مثل محطة حديثة والرمادي. وأفادت دراسة سابقة أجراها الفهداوي (2020) عن معدل هطول أمطار سلبي (11.6 - 1.6 ملم) في محطة الرمادي بين عامي 2009 و2014. وفي الواقع، انخفضت كميات الأمطار في كل من محطة القائم والرمادي خلال الفترة من 1989 إلى 2014 (الفهداوي، 2020)، وهو ما يتواافق مع التحليل المناخي الوارد في هذا التقرير.

وقد قامت الدراسة بتقييم الحد الأدنى والأقصى والمتوسط السنوي لهطول الأمطار على المدى الطويل في محطات مختلفة. حيث تم تسجيل أعلى متوسط سنوي لهطول الأمطار في عانة بواقع 142.2 ملم، بينما سُجل أدنى متوسط في محطة الرطبة بواقع 112.3 ملم. وفيما يتعلق بتحليل الجفاف، فقد عكست قيم مؤشر الامطار القياسي بشكل أساسي حالات جفاف معتدلة في المحطات الخمس، مع بعض التباينات على مستوى النطاقات الزمنية المختلفة وداخل نفس النطاق. ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى تراكم كميات الأمطار خلال الفترة الزمنية الذي شملتها الدراسة. وقد كشفت قيم مؤشر الامطار القياسي لفترات 3 و 6 و 9 أشهر عن وجود حالات جفاف مناخي، والذي يُترجم إلى جفاف زراعي. في حين أظهر مؤشر الامطار القياسي لفترة 12 شهراً حالات جفاف معتدلة طويلة الأمد، مما يشكل تهديد على تخزين الخزانات، وتడفقات الأنهار، ومستويات المياه الجوفية (البيذكي، 2007). وفي جميع المحطات الخمس التي تم تحليل البيانات المتعلقة بها، كان الاتجاه في العشرين عاماً الماضية هو زيادة حالات الجفاف الشديدة، وتراجع عدد السنوات التي تشهد هطول جيد للأمطار. وقد لوحظت حالات الجفاف الشديد بشكل كبير في محطتي الرطبة والرمادي على مدار 12 شهراً (الشكل 2.18)، وهو ما يتواافق مع ما أكدته قاسم وآخرون (2021) بأن هاتين المنطقتين تقعان ضمن مناطق الجفاف الشديد، وهو أسوأ أنواع الجفاف لأنه يؤثر على توفر المياه الضرورية للزراعة. كما لوحظت حالات جفاف شديدة وقاسية، وإن كانت أقل شيوعاً، في محطات عانة وحديثة وهيت، ولكنها كانت أكثر شيوعاً في الفترات الزمنية 3 و 6 و 9 أشهر. وبناء على مؤشر الحساسية البيئية للتصرّح الذي استخدمه حمد وآخرون (2021)، يمكن تصنيف عانة وهيت وحديثة على أنها مناطق حرجة معرضة للتصرّح (C3>1.53) حيث يتراوح المؤشر فيها بين 1.57 و 1.73.

وبالمقارنة مع منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، تُعد تركيا من منطقة أخرى متاثرة بالجفاف وتشهد تقلبات عالية في هطول الأمطار. حيث تم إجراء دراسة في منطقة أنطاكيَا في الجزء الشرقي من منطقة البحر الأبيض المتوسط في تركيا، والمعروفة بسهولها الخصبة المهمة، للفترة من 1975 إلى 2010. وأفادت الدراسة بحدوث انخفاض طفيف في إجمالي هطول الأمطار خلال فصول الشتاء والربيع والصيف، بالإضافة إلى تكرار حالات الجفاف، خاصة في الجزء الشمالي من المنطقة. وكشف تحليل بيانات الأرصاد الجوية في هذه الدراسة أن منطقة الدراسة تتعرض للجفاف بشكل متكرر (كاربولوت، 2015). ونظراً لأن الجفاف يُعد من أكثر الكوارث الطبيعية تدميراً وتعقيداً، فمن المهم أن تقوم كل دولة بوضع استراتيجية خاصة بالتأهب للجفاف وخطة للتخفيف من آثاره من أجل تقليل تأثيراته الاجتماعية والبيئية الكبيرة.



2.5 الخاتمة

من خلال تحليل مؤشر الأمطار القياسي (SPI) للبيانات السنوية (12 شهراً)، والمتوسطة المدى (6 و 9 أشهر)، والموسمية (3 أشهر)، بالإضافة إلى سلسلة بيانات هطول الأمطار، يمكن استنتاج التغير الذي يطرأ على خصائص هطول الأمطار في المنطقة، وأن حالات الجفاف أصبحت أكثر تكراراً في المنطقة التي شملتها الدراسة. على الرغم من أن هذه البيانات أولية، إلا أن كل من البيانات المناخية ونتائج مؤشر هطول الامطار القياسي تشير إلى زيادة في قابلية التأثر بالمناخ في محافظة الأنبار بسبب انخفاض هطول الامطار وزيادة تكرار وشدة الجفاف. وتسير الأنبار على طريق كارثة جفاف، مع تغيرات بطيئة، ولكن مستمرة. ويوضح ذلك من خلال الدراسات السابقة التي استخدمت أيضاً بيانات الأرصاد الجوية لمحاكاة اتجاهات المناخ المستقبلية في العراق. فعلى سبيل المثال، قام عثمان وآخرون (2017) بمحاكاة انخفاض في هطول الأمطار في الرابطة للفترة المستقبلية البعيدة (2099-2080)، مع توقع زيادة في رطوبة فصلي الخريف والشتاء على أساس موسمي. في المقابل، كشفت المحاكاة التي قام بها حسن وآخرون (2023) عن زيادة في هطول الامطار السنوي تتراوح بين 6.09% + 20.97% حسب الفترة والسيناريو المستخدم في النموذج. وقد ربطوا هذه الزيادة بأحداث الأمطار الغزيرة التي قد تحدث وتوزع المياه بشكل غير متساوٍ خلال موسم الأمطار. وينطوي ذلك على أخطار متعددة مثل إلحاق الضرر بالبنية التحتية وحدوث الفيضانات في أنظمة الصرف الصحي. وفي هذا الصدد يمكن أن يكون تطوير تقنيات حصاد مياه الأمطار مفيداً بشكل خاص، وهو ما سيتم مناقشته بمزيد من التفصيل في الفصل السادس.

يمكن أن تكون البيانات الحالية مفيدة في محاكاة تأثيرات تغير المناخ في محافظات الأنبار لفترات القرية والمتوسطة والبعيدة، كما تم ذلك سابقاً من قبل عثمان وآخرون (2017) وحسن وآخرون (2023). وتُعد النتائج المرصودة مقلقة بسبب الأضرار التي قد تسببها للإنتاج الزراعي وسبل العيش في محافظة الأنبار، ونظرًا للأهمية الاستراتيجية لهذه المنطقة كونها سلة غذاء للبلاد. وتبذر هذه النتائج الحاجة إلى إبلاغ صناع القرار بالاستراتيجيات المحسنة لإدارة الموارد المائية في المنطقة. كما يؤدي نقص الأمطار إلى عدم كفاية إمدادات الرطوبة الازمة للأراضي الزراعية، وبطء تجديد احتياطيات المياه الجوفية، واندلاع صراعات مدمرة حول حصص المياه. حيث يهدى الجفاف المناخي الحالي الطريق لموجات جفاف هيdroلوجية وزراعية أكثر شدة (بروير وهيم، 2011)، مما يضع إنتاجية المحاصيل الزراعية على المحك. وقد انخفضت زراعة القمح في منطقة الأنبار بالفعل بنسبة 8% بين عامي 1957 و2011، في حين انخفضت مساحة زراعة الشعير بنسبة 71% خلال نفس الفترة (مواد غير منشورة).



2.6 المراجع

- أحمد، س.، جيسون، م. وشريفي، س. 2023. أطر اختيار المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة: مراجعة منهجية للأدبيات. المياه، 15، 2782.
- الفهادوي، ل. م. ك. (2020). انحراف قيم درجة الحرارة وهطول الأمطار عن المتوسطات العامة في محطة الرمادي والقائم للفترة من (1989-2014). الجزء الثاني، العدد 86 (2).
- الجواد، س.، الأنصارى، ن.، أدامو، ن.، سيساكيان، ف.ك.، لاوى، ج. وكتونسون، س. 2018. جودة المياه الجوفية واستخداماتها في العراق. مجلة علوم الأرض والهندسة الجيوتكنولوجية، 8، 123-144.
- بروير، م. ج.، وهايم جونيور، ر. ر. (2011). البوابة العالمية لمراقبة الجفاف.
- المجلس (N.R.) (2021). أزمة المياه والجفاف تهدد أكثر من 12 مليون شخص في سوريا والعراق. أغسطس.
- دالين، ك.، تانغوتشي، م. وجرين، ت. ر. 2019. الاستخدام غير المستدام للمياه الجوفية لإنتاج الغذاء العالمي والتجارة الدولية ذات الصلة. الاستدامة العالمية، 2، e12.
- دنيز، أ.، توروس، هـ. وإنسيك، س. 2011. التغيرات المكانية لمؤشرات المناخ في تركيا. المجلة الدولية للمناخ، 3(3)، ص 394-403.
- دربيبي، ح.أ.، رزاق، ن.أ. وشبيب، ر.ت. 2022. فهم أسباب تراجع مساهمة القطاع الزراعي العراقي في الناتج المحلي الإجمالي. سلسلة مؤتمرات: IOP علوم الأرض والبيئة. دار نشر 012146 IOP.
- فرحان، أ.ع.، أحمد، أ.م.، عوض، س.م. والسلطاني، أ.ح. 2020. غاز الرادون والجرعة الفعلية في المياه الجوفية في قرية أبو جير في محافظة الأنبار، غرب العراق. المجلة الجيولوجية العراقية، 33-26.
- جوبى، ل.، أوينيدايل، ب.، فيلهولت، ك.ج. وسماختين، ف.ب. 2018. المياه الجوفية وأهداف التنمية المستدامة: تحليل الروابط المتشابكة.
- حمد، أ.ع.، العجيلى، س.م. وحميد، ب.أ. 2021. تقييم الحساسية البيئية للتصرّر باستخدام نموذج MEDALUS في نظم المعلومات الجغرافية في مشروع الميمونة - جنوب العراق. المجلة العراقية للعلوم الزراعية، 52(4).
- هاشم، ج.ج. ورمال، م.م. 2022. تقييم جودة مياه نهر الفرات باستخدام مؤشرات تلوث المعادن الثقيلة ضمن نطاق مدينة الفلوجة، محافظة الأنبار، العراق. المجلة الدولية للتصميم والطبيعة وديناميكيات البيئة، 17، 439-445.
- حسن، و. هـ.، نايل، ب. كـ.، كاظم، ز. كـ.، مهدي، كـ.، ريسن، مـ.، وثياب، رـ. فـ. 2023. الاتجاهات، التنبؤات واستراتيجيات التكيف مع تغير المناخ في المناطق الوسطى والغربية من العراق. مجلة العلوم التطبيقية، SN، 5(12)، 312.
- جواد، س.، ناوم، فـ.، باشو، دـ.، وزميل، هـ. 2001. الهيدروجيولوجيا للطبقات المائية في الصحراء الغربية العراقية جنوب نهر الفرات. البرنامج الوطني للاستخدام الأمثل للموارد المائية في حوض نهر الفرات. وزارة الزراعة، بغداد.
- جوادي، ح.أ.، ساغين، جـ.، وسنو، دـ. دـ. 2020. تقييم مفصل لجودة المياه الجوفية في حوض كابل، أفغانستان، ومدى ملاءمتها للتنمية المستقبلية. المياه، 12، 2890.
- كامل، أ. حـ.، عبد الحميد، أ. مـ.، ومصطفى، أ. سـ. 2013. آثار انخفاض منسوب المياه في نهر الفرات في العراق على تشغيل محطة الأنبار الحرارية. Journal of Civil Engineering and Architecture مجلـة الهندـسة المـدنـية والـعـمارـة، 7، 350.
- كارابولوت، م. 2015. تحليـلـ الجـفـافـ فـيـ صـدـعـ آـنـطاـكـيـاـ كـهـرـمـانـ مـرـعـشـ، تـرـكـيـاـ. مجلـةـ الأـرـاضـيـ القـاحـلةـ، 7، 741-754.
- قاسم، س. مـ.، ويـونـسـ، أـ.ـ مـ. 2021. تحـليـلـ زـمـنـيـ وـمـكـانـيـ لـلـجـفـافـ باـسـتـخـدـامـ مؤـشـرـ هـطـولـ الأمـطـارـ المـعيـاريـ. المـنـطـقـةـ الشـمـالـيـةـ الغـرـبـيـةـ منـ العـرـاقـ. مجلـةـ الـهـنـدـسـةـ الرـاـفـدـيـنـ (AREJ)ـ، 26(1)، 115-127.



- خليفة، ع. وكامل، أ. ح. 2021. آثار معدل التدفق في نهر الفرات على تركيزات الملوحة. المجلة الدولية لـ SSRG للهندسة المدنية، 8، 1-7.
- لايدزكي، ل. 2007. تقييم توافر الجفاف المحلي في وسط بولندا باستخدام مؤشر هطول الأمطار المعياري SPI. الري والصرف: مجلة اللجنة الدولية للري والصرف، 56(1)، الصفحات 67-77.
- ناكار، س. 2023. اتجاهات القيم المرتفعة والمنخفضة لهطول الأمطار السنوي والموسمي في تركيا. الاستدامة، 15(23)، ص 16523.
- عثمان، ي.، عبد اللطيف، م، الأنصاري، ن.، كنوتsson، س.، وجواد، س. 2017. تغير المناخ وهطول الأمطار المستقبلي في بيئه قاحلة من الشرق الأوسط: دراسة حالة العراق. مجلة الهيدرولوجيا البيئية، 25(3).
- رحمان، ك.، غورلياك، س. م.، ديني-فرانك، ب. ج.، يون، ج. وراجاراتنام، ب. 2015. انخفاض هطول الأمطار وتغيرات التباين الإقليمي في الأردن. أبحاث الموارد المائية، 51(5)، الصفحات 3828-3835.
- البنك الدولي. 2006. العراق - استراتيجية مساعدة موارد المياه القطرية: معالجة التهديدات الرئيسية لسبل عيش الناس. واشنطن العاصمة: مجموعة البنك الدولي. <http://documents.worldbank.org/curated/en/944501468253199270/Iraq-Country-water-resource-assistance-strategy-addressing-major-threats-to-peoples-livelihoods>

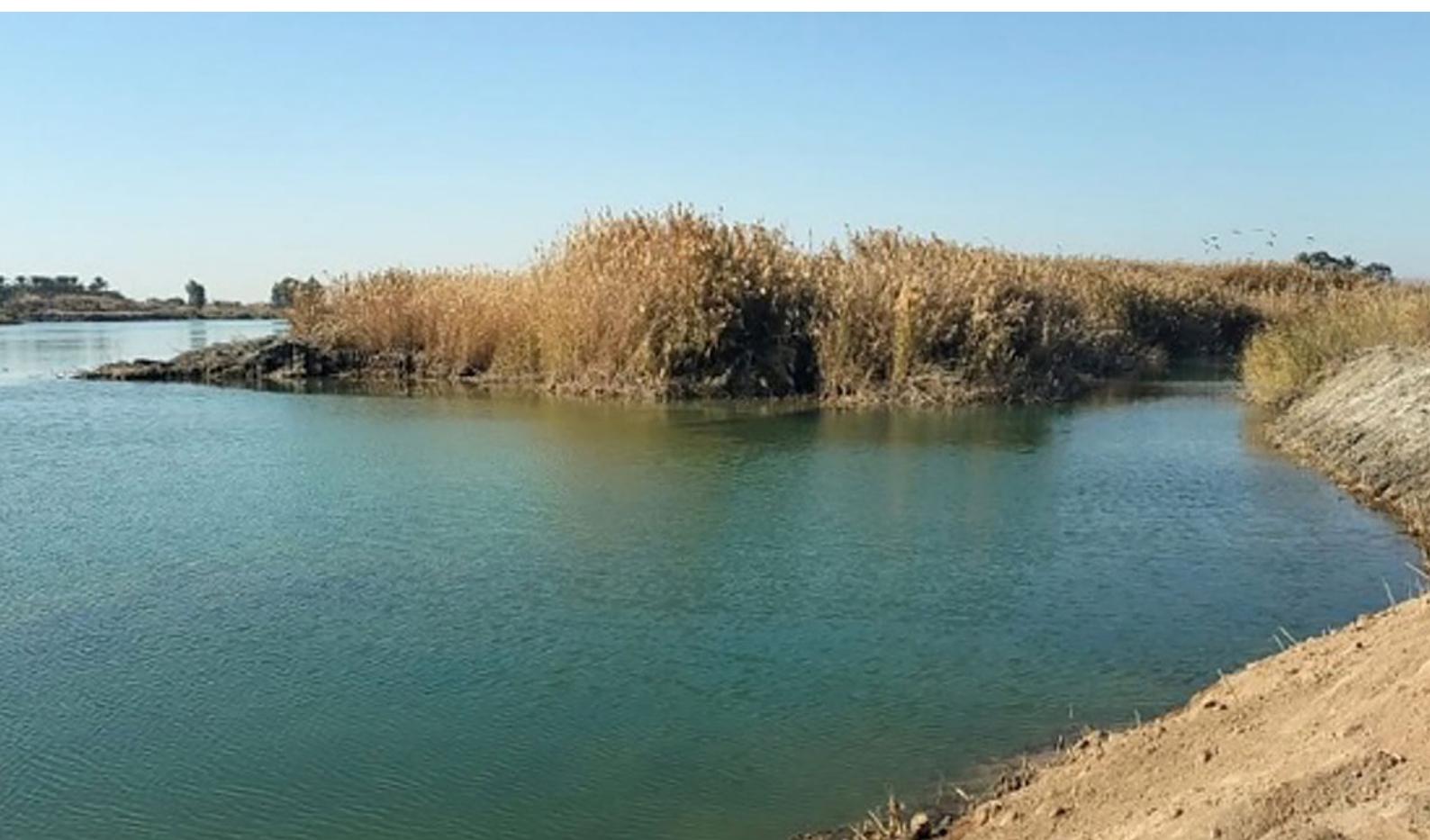


الفصل الثالث تدفق مياه نهر الفرات وجودتها

3.1 مقدمة

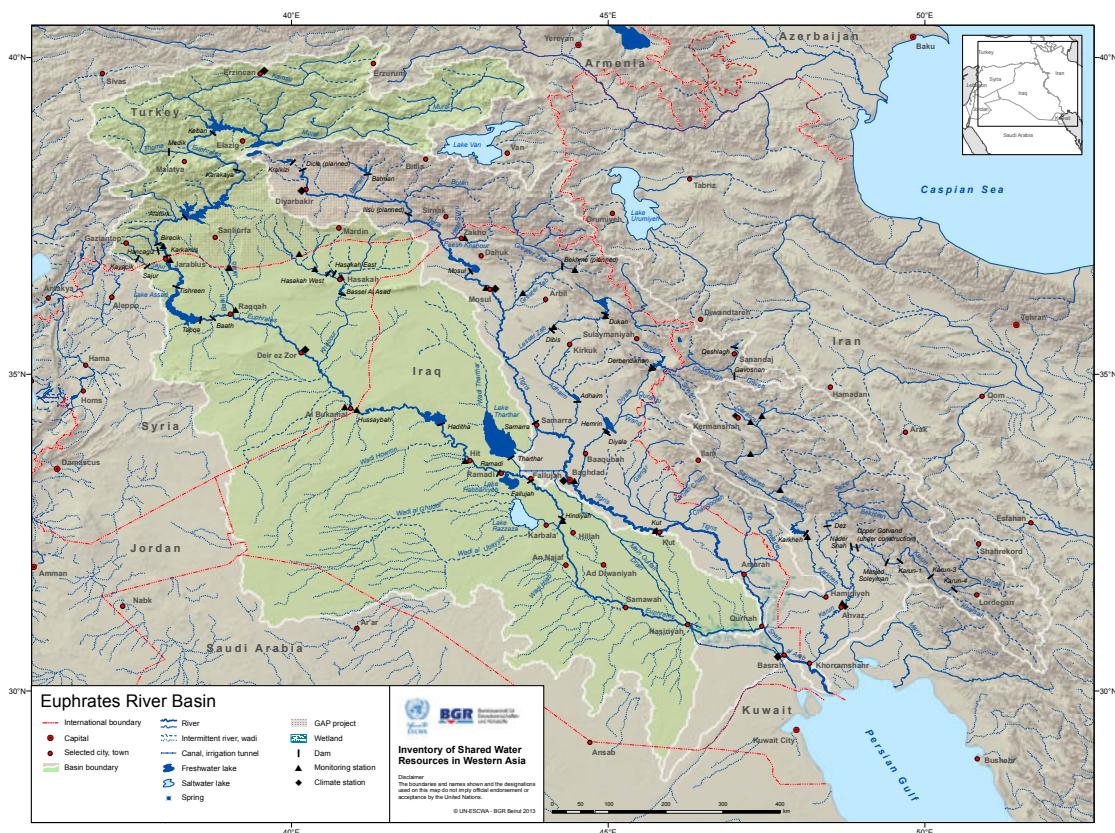
تعتمد محافظة الأنبار بشكل كبير على نهر الفرات. ينبع نهر الفرات من جنوب شرق تركيا، ويتدفق عبر ثلاثة دول تشتهر في حوضه وهي العراق وسوريا وتركيا. ويتقاسم حوضه خمس دول، هي تركيا وسوريا والعراق والأردن والمملكة العربية السعودية، وهي منطقة عُرفت تاريخياً باسم «الهلال الخصيب». ويوضح الشكل 3.1 حوض نهر الفرات، بينما يوضح الشكل 3.2 منطقة التوزيع بين الدول الخمس. ينبع نهر الفرات من منطقة جبلية ذات مناخ متوسط، تشتهر بصيفها الحار، والجاف، وشتائهما البارد والممطر. ويظهر الشكل 3.3 متوسط هطول الأمطار السنوي في حوض نهر الفرات.

يعتبر الري، وتوفير المياه للاستخدام المنزلي، والطاقة الكهرومائية من ضمن الأولويات الرئيسية لإدارة المياه في تركيا وسوريا والعراق. تنتشر الزراعة المروية (>70%) في جميع أنحاء حوض نهر الفرات، مما يؤدي إلى تدفق عكسي كبير لمياه الصرف الصحي، وهو ما يسبب بدوره تلوث المياه وزيادة ملوحتها. وقد كان لمبادرات البنية التحتية المائية في تركيا، وخاصة مشروع جنوب الأناضول (باللغة التركية: Güneydoğu Anadolu Projesi – GAP)، تأثير كبير على موارد المياه في الحوض، مما أدى إلى تغيير النظام الطبيعي لتدفق نهر الفرات والتأثير على أنماط استخدام المياه للدول الأخرى المطلة على النهر، العراق وسوريا (خضير وآخرون، 2022).



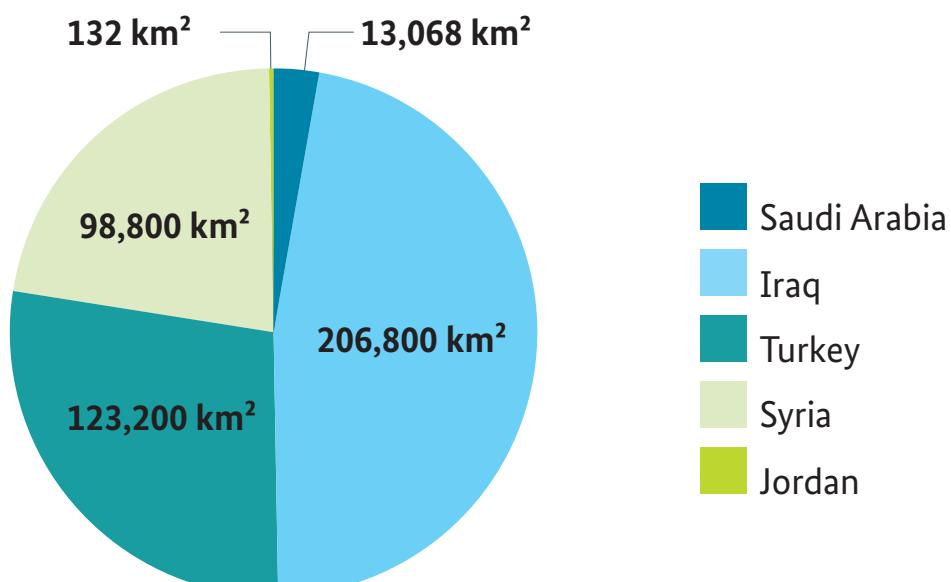


الشكل 3.1: حوض نهر الفرات



المصدر: الأمم المتحدة – اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (UN-ESCWA)، 2013

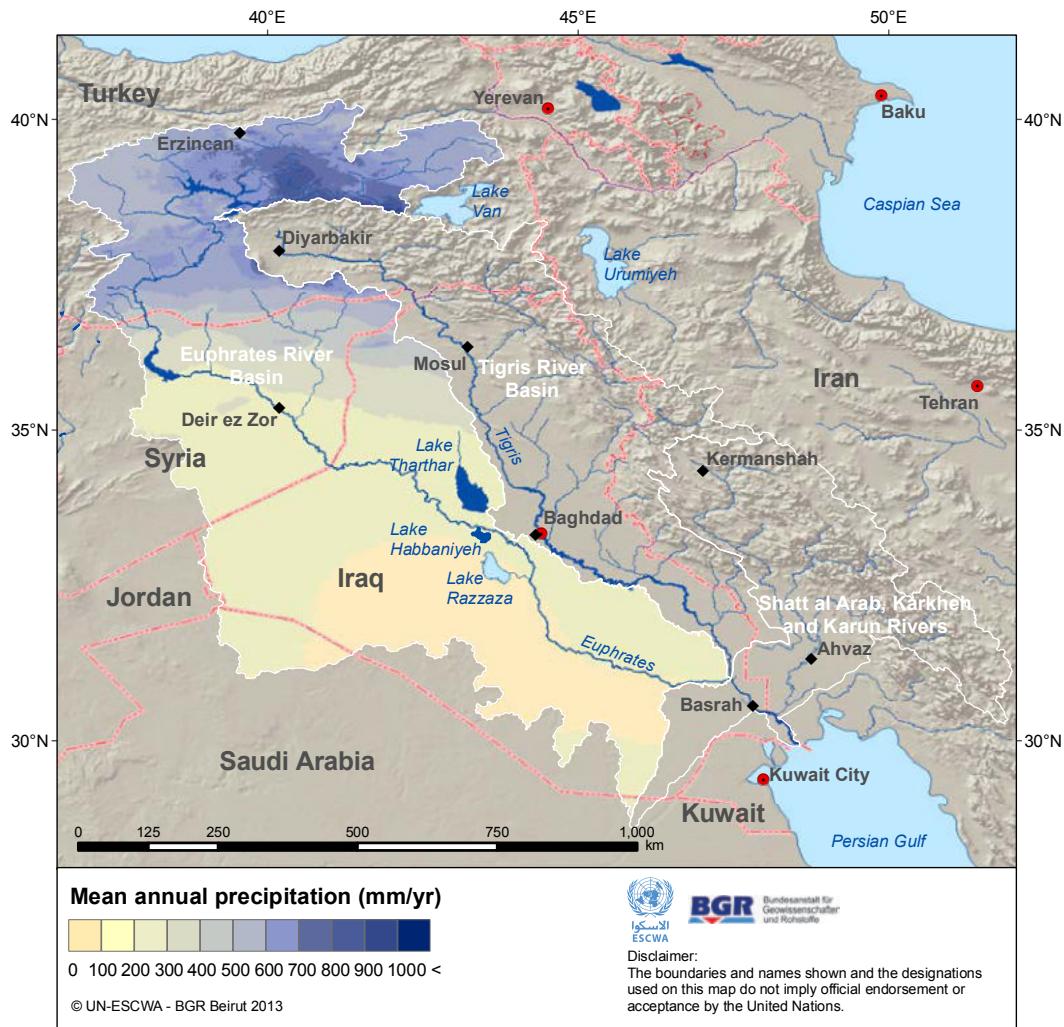
الشكل 3.2: توزيع مساحة حوض نهر الفرات



المصدر: الأمم المتحدة – اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (UN-ESCWA)، 2013



الشكل 3.3: متوسط الهطول السنوي للأمطار في حوض نهر الفرات



المصدر: الأمم المتحدة – اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (UN-ESCWA)، 2013

يؤثر انخفاض التدفقات أيضًا على جودة المياه. حيث يواجه العراق حالياً نوعين من المشكلات المتعلقة بجودة المياه. المشكلة الأولى هي الملوحة والمشكلة الثانية هي تركيز الملوثات في المياه الناتج عن الأنشطة البلدية والصناعية والزراعية التي تصرف المياه العائد إلى مصادر المياه العذبة (مطشر وآخرون، 2021). وتتجدر الإشارة إلى أن مياه الصرف الصحي والمخلفات التي يتم تصريفها في نهر الفرات غير معالجة إلى حد كبير.

يؤدي تطوير الزراعة في جميع أنحاء حوض نهري الفرات ودجلة [Euphrates and Tigris](#)، داخل العراق وخارجها، إلى زيادة تدريجية في ملوحة مياه نهري الفرات ودجلة والأنهار الأخرى في العراق. كما يساهم التطور الاقتصادي والنمو السكاني في ارتفاع مستويات الملوثات المختلفة. ويتفاقم تدهور جودة المياه بسبب فترات الجفاف، التي تلعب دور رئيسي في المساهمة في تصحير الأراضي الزراعية. ويتناول هذا الفصل حالة جودة المياه في مختلف المستويات المائية على طول نهر الفرات في محافظة الأنبار بهدف تقييم مدى ملاءمتها للري بناءً على المعايير المحلية (العراقية) والدولية (منظمة الصحة العالمية). كما تم النظر في عدة معايير فيزيائية وكيميائية. بالإضافة إلى ذلك، يتم استخدام صور الأقمار الصناعية لتقييم تلوث الكلوروفيل-أ ومستوى المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) في المستويات المائية المفتوحة.



3.2 حالة جودة المياه في نهر الفرات

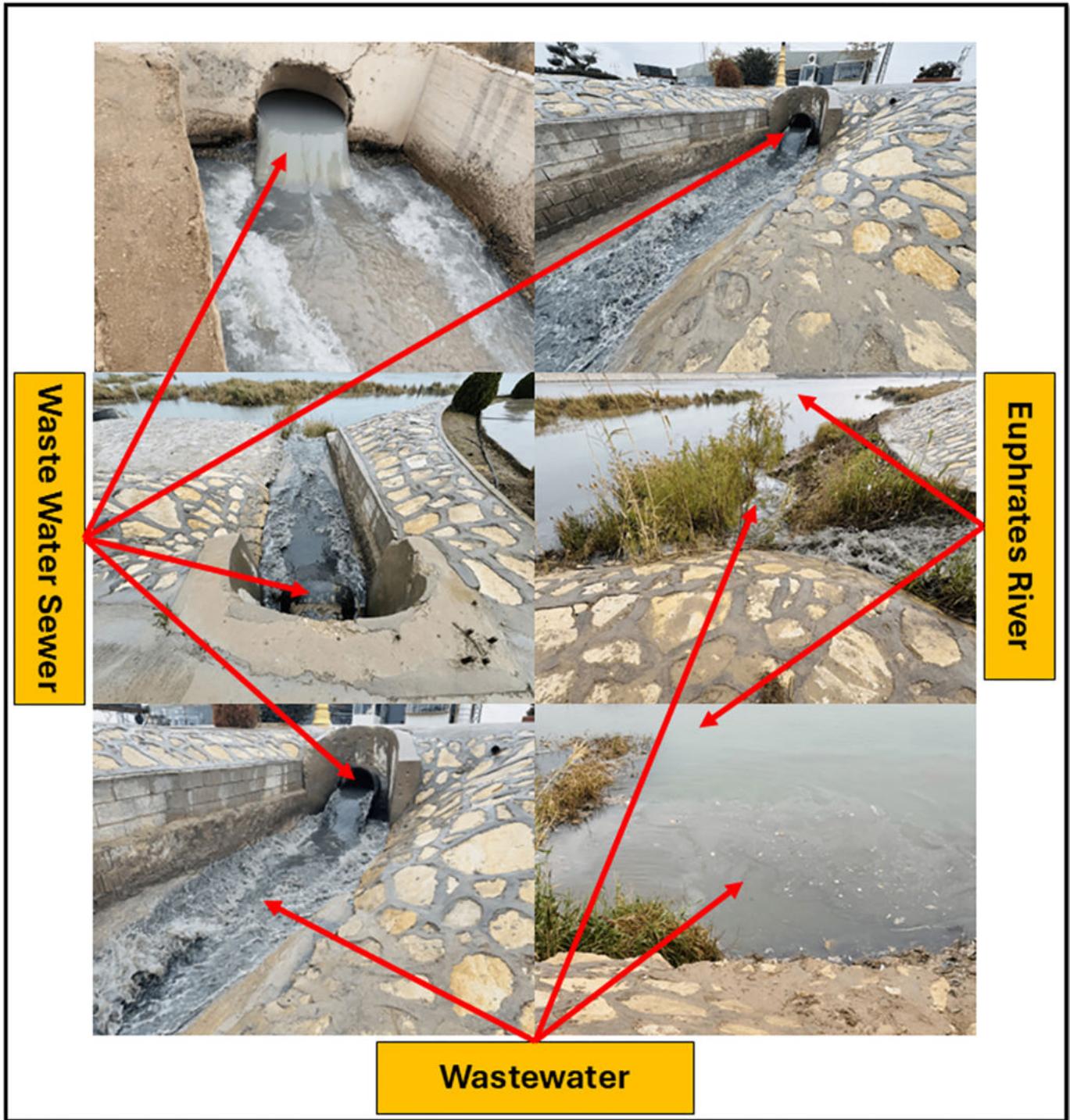
تلعب البحيرات والخزانات التي شكلها السدود دور حاسم لكونها مصادر حيوية للمياه السطحية في العراق. كما أنها تُعد مؤشرات مهمة على تقلبات الظروف المائية، مما يوفر رؤى حول الاحتياطيات الاستراتيجية للمياه في البلاد. وشهدت جميع هذه الخزانات الهامة، مثل خزان حديثة وبحيرة الحبانية في محافظة الأنبار، انخفاض ملحوظ في مساحة سطح المياه خلال السنوات الأربع الماضية، حيث تراجعت من حوالي 370 كيلومترًا مربعًا إلى حوالي 170 كيلومترًا مربعًا. ويمكن أن يُعزى هذا التراجع إلى انخفاض تدفقات المياه الواردة بسبب بناء السدود والسحب المفرط للمياه في دول المصب، وخاصة تركيا وسوريا. بالإضافة إلى تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة (الشكل 3.4) وتأثيرات التغير المناخي، بما في ذلك الانخفاض الكبير في هطول الأمطار المصحوب بارتفاع معدلات التبخر (مسعود وآخرون، 2022). ويوضح الشكل 3.5 أن بحيرة حديثة قد اختفت بالكامل تقريبًا. وهذا يعبر بوضوح عن شدة أزمة المياه وتأثيراتها الضارة على النظم البيئية والمسطحات المائية في المنطقة.

يعاني العراق من أزمة مياه متعددة الأوجه والتي من المتوقع أن تستمر. تُعد إمدادات المياه العامة في العراق أولوية مقارنة باستهانات المياه الأخرى. ويستهلك قطاع الزراعة أكبر كمية من المياه العذبة، حيث يعاني هذا القطاع من عدم توازن بين العرض والطلب على المياه، خاصة في سنوات الجفاف. وقد أشارت شبكة شفق نيوز، وهي مرصد بيئي ومناخي، في 9 مايو 2023 إلى وجود أزمة مياه تؤثر على المناطق الجنوبية من الرمادي، عاصمة محافظة الأنبار، حيث تؤثر على حوالي 13,000 نسمة (علي الأحمدى وآخرون، 2019). وقد دفعت هذه الأزمة سكان هذه المناطق على الفرار من منازلهم بحثًا عن مصادر مياه صالحة للشرب. وتُعد التحديات البيئية من بين العوامل التي تدفع إلى النزوح والهجرة إلى جانب التداعيات السياسية، والديموغرافية، والاقتصادية، والاجتماعية.

ويُعد توافر المياه ذات الجودة الجيدة والخالية من الملوثات أمرًا اساسيًّا للأمن المائي. حيث ينخفض توافر المياه في أي بلد عندما تتدحرج جودتها. تُعتبر المياه الكافية وذات الجودة المناسبة شرط أساسى للحياة البشرية، والتنمية الاجتماعية والاقتصادية، والاستدامة البيئية. ويؤكد الهدف الثالث من أهداف المياه (الهدف 6 من اهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالمياه (هدف التنمية المستدامة 6: الهدف 6.3) على أهمية حماية جودة المياه، حيث ينص على: "بحلول عام 2030 تحسين نوعية المياه عن طريق الحد من التلوث، والقضاء على إلقاء النفايات وتقليل المواد الكيميائية والخطرة إلى الحد الأدنى، وخفض نسبة المياه العادمة غير المعالجة إلى النصف، وزيادة إعادة التدوير وإعادة الاستخدام الآمن على نطاق واسع". (عنيق الإسلام وآخرون، 2017). وقد أظهرت بيانات عام 2022 حول المؤشر 6.3.1 من الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة أن 42% من مياه الصرف الصحي المنزلية في العراق تتم معالجتها بشكل آمن، وهذا يعني أن 58% منها لا يتم معالجتها بشكل آمن. ولا يزال التقييم الشامل والدقيق لجودة المياه على المستويين المحلي والوطني يمثل تحديًا. على سبيل المثال، لم يكن من الممكن تقدير نسبة مياه الصرف الصحي الصناعية والمحلية المعالجة بأمان بشكل مناسب بسبب عدم كفاية البيانات وعدم دقتها في بعض الأحيان.



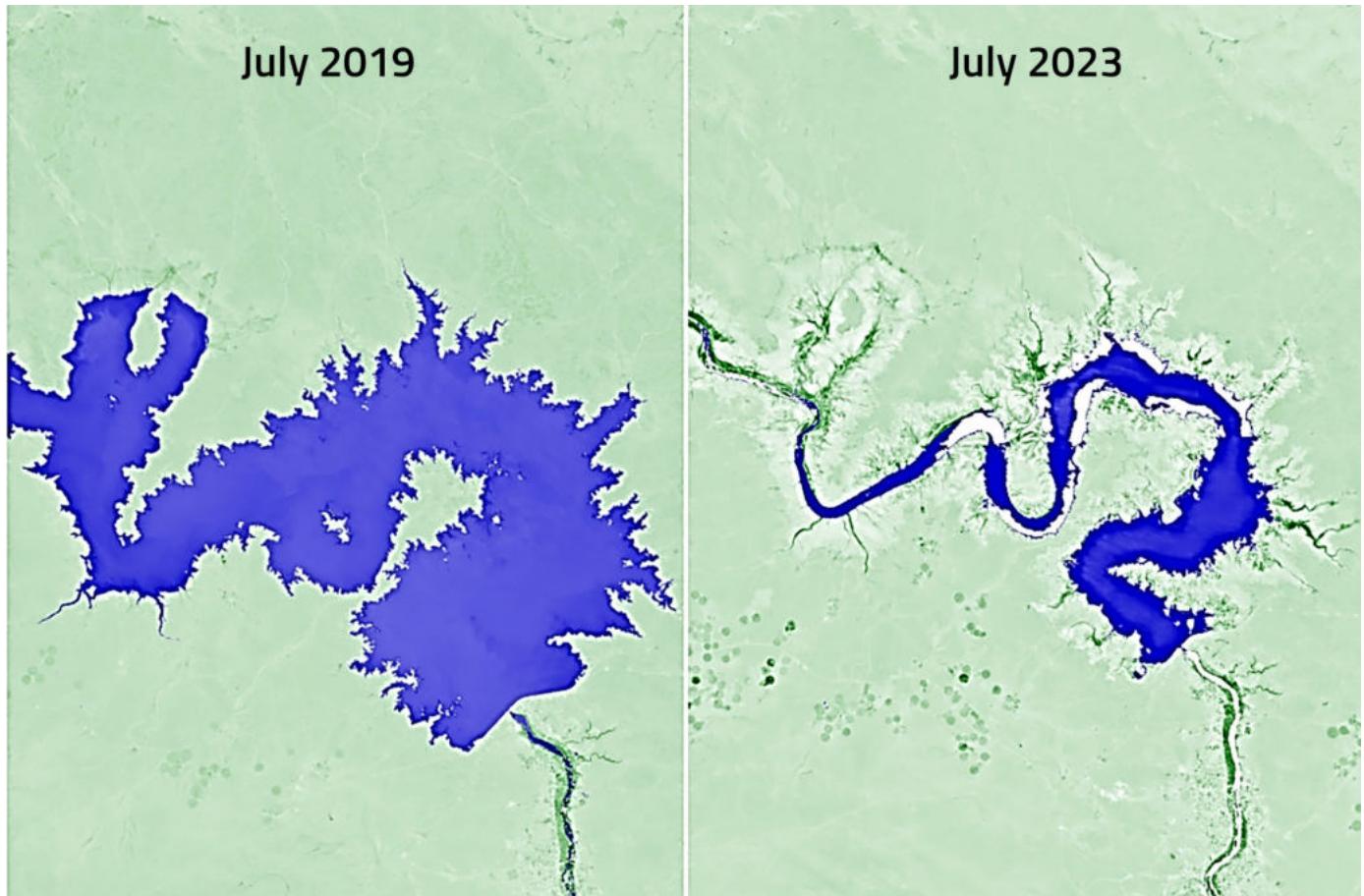
الشكل 3.4: تصريف مياه صرف صحي غير المعالجة



المصدر: صور ذاتية. التاريخ: 2025 الموقع: الرمادي



لشكل 3.5: مقارنة بين بحيرة حديثة في يوليو 2019 (يسار) ويوليو 2023 (يمين)



المصدر: مؤسسة القرن، 2023 - متصرف EO

إن جودة المياه التي تصل إلى العراق من الدول المطلة على الأنهار عند نقطة القائم على نهر الفرات وفي شخابور الواقعة على نهر دجلة لا تقل أهمية عن كميته. على سبيل المثال، لا يُنصح باستخدام المياه التي تتجاوز فيها قيمة الأملاح الذائية الكلية 1,000 جزء في المليون للاستهلاك البشري. أما إذا تجاوزت قيمة 2000 جزء في المليون، فإن ذلك يفرض «قيود صارمة» على استخدام المياه في الري.

ويهدف هذا القسم إلى تقييم جودة مياه نهر الفرات من خلال تحليل تركيزات إجمالي الأملاح الصلبة الذائبة في ستة مواقع حيث تتوفر البيانات للفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022. وقد تم الاكتفاء بتركيز إجمالي الأملاح الذائبة في هذا التحليل.



3.3 تأثير تغير المناخ والتدخلات البشرية

تأتي حوالي نصف موارد المياه في العراق من خارج البلاد (عثمان وآخرون، 2017)، مما يجعلها شديدة التأثر بتأثيرات تغير المناخ. ولقد تضاءلت معدلات التدفق في مصادر المياه السطحية الرئيسية في العراق، نهر دجلة والفرات، إلى أقل من ثلث مستوياتها المعتادة (IAU, 2011). ومن المتوقع أن تشهد هذه المعدلات انخفاضاً أكبر. ولقد وُثقت نتائج العديد من الدراسات العلمية التأثير الواضح لتغير المناخ على انخفاض هطول الأمطار وتناقص معدل التدفق في المنطقة (غوموش وآخرون، 2022؛ آي وآخرون، 2018؛ يلدز وآخرون، 2016). ويُقدر أن هطول الأمطار والثلوج في حوض نهر الفرات من الجانب التركي سينخفض بنسبة 30-40% بحلول نهاية القرن (داجوباتي وآخرون، 2017).

السبب الجذري الثاني للجفاف في العراق هو مزيج من تغير المناخ (انظر الفصل 2)، والافتقار إلى الإدارية المستدامة للموارد المائية، وتدور البنية التحتية على المستوى الوطني، وبناء السدود من جانب واحد، والسحب الجائر للمياه، وتحويل مسار المياه في الدول المطلة على الأنهار، خاصة تركيا وسوريا اللتين تشاركان في مصادر المياه مع العراق.

على مدى العقود الثلاثة الماضية، عانت دولة العراق من فترات جفاف تراوحت شدتها بين الخفيفة والشديدة للغاية. وقد تباينت هذه الموجات في شدتها ومدتها وامتدادها المكاني. وقد أدى بناء السدود الكبيرة وتحويل مجاري المياه من قبل الدول المجاورة إلى تفاقم الوضع (سليمان وآخرون، 2021). وبالإضافة إلى ذلك، ساهمت ممارسات إدارة المياه غير الفعالة، مثل الاستخدام المفرط للمياه البلدية، والاستغلال المفرط للمياه الجوفية، وتصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في مجاري الأنهار، وأنظمة الري غير الفعالة، في زيادة نقص المياه وتدور جودتها (الأنصاري، 2013).

لا تزال الدول المطلة على الأنهار، وخاصة تركيا وسوريا، تعتمد بناء المزيد من السدود وتنفيذ أنظمة نقل المياه بين الأحواض داخل أراضيها. وهذا يعني أنه من المتوقع أن تنخفض تدفقات المجرى المائي المشترك بشكل أكبر، سواء من حيث الكمية أو الجودة.

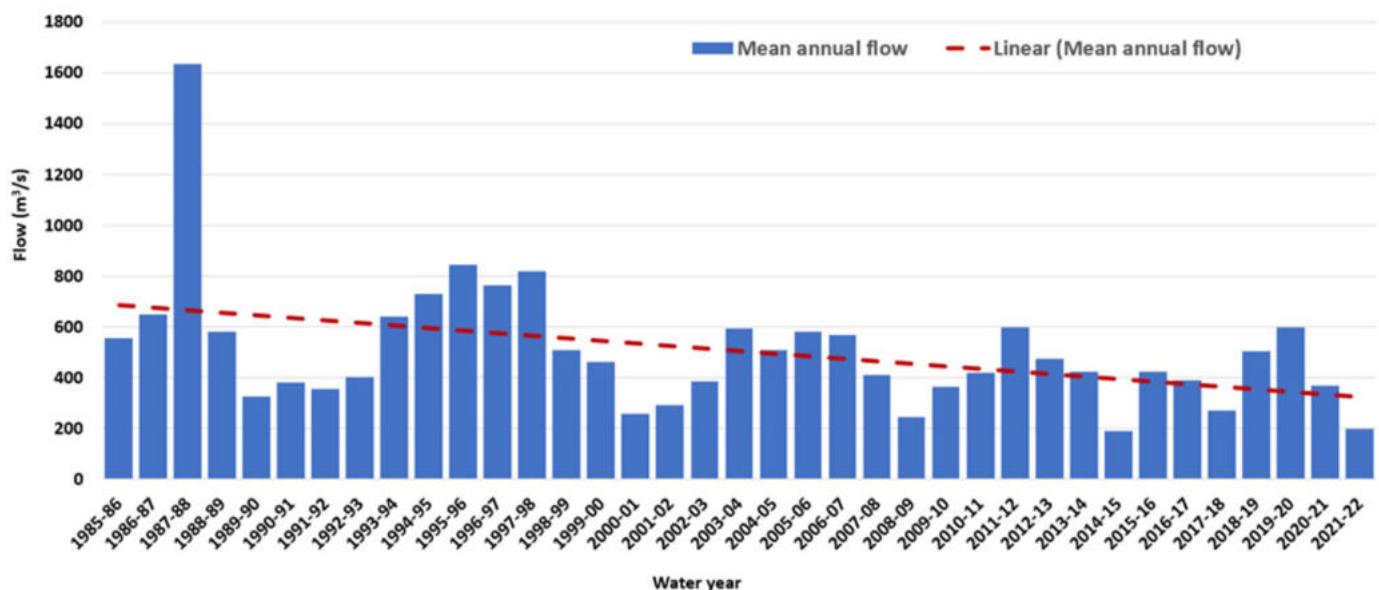
لقد تعرضت الأنظمة الطبيعية لتدفق نهر الفرات إلى خلل كبير بسبب بناء السدود وتحويل تدفق المياه في المنبع. وما يهم هو كيفية تشغيل دول المنبع، وخاصة تركيا، لسدودها الكبيرة (وزارة البيئة، 2020). ومع ذلك، فإن كمية الأمطار التي تهطل في حوض نهر الفرات في أي سنة هييدرولوجية معينة هي عامل حيوي يحدد تدفقات المياه الوالصلة إلى العراق. وهذا لأن أنواع السنوات الهيدرولوجية (جافة، عادية، أو رطبة) ستكون المحرك الرئيسي الذي يحدد الطريقة التي تدير بها تركيا وسوريا سدودهما لتلبية احتياجاتها المائية (رافائيلي، 2009).

يوضح الشكل 3.6 متوسط التدفق السنوي إلى سد حديثة على نهر الفرات (بيانات غير منشورة) بين السنوات المائية 1986 و2022. ويُظهر الخط الأحمر المتقطع اتجاه واضح نحو الانخفاض في متوسط التدفق السنوي إلى سد حديثة، مما يؤثر على توليد الطاقة الكهرومائية، وإمدادات المياه للاستخدامات المنزلية، ومتطلبات الزراعة المروية في اتجاه المصب. ويعزى هذا الانخفاض في التدفق إلى التأثير المشترك لكل من التدخلات البشرية في المنبع وتغير المناخ.

أظهرت دراسة قام بها الأننصاري (2013) توقع بزيادة العجز المائي في محافظة الأنبار التي تعتمد بشكل أساسي على نهر الفرات. ومن المتوقع أن يصل هذا العجز إلى 1,672 مليون متر مكعب سنوياً بحلول عام 2030 و2035 على التوالي. ووفقاً لتقديرات تم صياغتها مؤخراً، يتم استخدام أكثر من 80% من المياه المسحوبة في المحافظة للأنشطة الزراعية، مع وجود هدر كبير للمياه وتلوث ناتج عن استخدام طريقة الري السطحي (خضير وآخرون، 2021).



الشكل 3.6: متوسط التدفق السنوي إلى سد حديثة على نهر الفرات



المصدر: عمل ذاتي

3.4 تقييم جودة المياه على طول نهر الفرات

3.4.1 التحليل المختبري التقليدي

يركز هذا القسم على تقييم التغيرات في جودة المياه على طول نهر الفرات بين القائم والفلوجة خلال العقود الماضية من خلال أخذ عينات ميدانية مباشرة. ونظرًا للنقص الكبير في سجلات معايير جودة المياه، فقد تم تحليل تركيز إجمالي المواد الصلبة الذائبة فقط.

3.4.1.1 نتائج إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS)

تم تحليل إجمالي تركيز المواد الصلبة الذائبة (TDS) في ست محطات على طول نهر الفرات، وذلك للبيانات المسجلة بين مايو 2004 وسبتمبر 2022، وتشمل هذه المحطات: القائم، أعلى سد حديثة، سد حديثة، هيت، الرمادي، والفلوجة. وبلغت متوسطات قيم إجمالي المواد الصلبة الذائبة (3.1)، 689.6، 689.1، 635.7، 635، 591.6، 733.5 جزء في المليون على التوالي (الجدول 3.1). وتتوفر إحصائيات وصفية إضافية، بما في ذلك الربعيات والوسيط، في الملحق الأول كمرجع. وبشكل عام، أظهرت النتائج اتجاه تصاعدي في إجمالي المواد الصلبة الذائبة عند انتقال العينات من القائم نحو الفلوجة. ووفقاً لإرشادات منظمة الأغذية والزراعة (FAO) بشأن جودة المياه التقليدية للري (أيرز ووستكتون، 1985)، فإن قيم إجمالي المواد الصلبة الذائبة الحالية في الموقع الستة تشير إلى وجود قيود طفيفة إلى متوسطة على استخدام مياه الري التي تم أخذ العينات منها (450>إجمالي المواد الصلبة الذائبة< 2000).



الجدول 3.1: ملخص لأدنى وأعلى تركيزات إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) ومتوسط تركيزات التدفق الشهري المقابلة لها، إلى جانب الشهر والسنة التي لوحظت فيها التركيزات الدنيا والقصوى في 6 مواقع على طول نهر الفرات

نهر الفرات/ الموقع	أقصى TDS (جزء في المليون)	متوسط TDS (جزء في المليون)	متوسط التدفق الشهري (متر مكعب/ ثانية)	الشهر/ السنة	أدنى TDS (جزء في المليون)	متوسط التدفق الشهري (متر مكعب/ ثانية)	الشهر/ السنة	متوسط التدفق الشهري (متر مكعب/ ثانية)	الانحراف المعياري (جزء في المليون)
القائم	1,046	635.0	655	أغسطس - 07	175	229	مايو - 09	188.6	635.7
أعلى سد حديثة	1,116	591.6	540	مايو - 07	170	210	مايو - 09	182.1	635.7
سد حديثة	1,140	689.1	682	أغسطس - 12	250	355	- سبتمبر 09	160.3	689.9
هيت	1,186	689.9	580	يوليو - 08	104	345	يوليو - 09	193.0	733.5
الرمادي	1,198	733.5	800	يوليو - 07	184	381	مايو - 21	213.3	
الفلوجة	1,946								

المصدر: عمل ذاتي

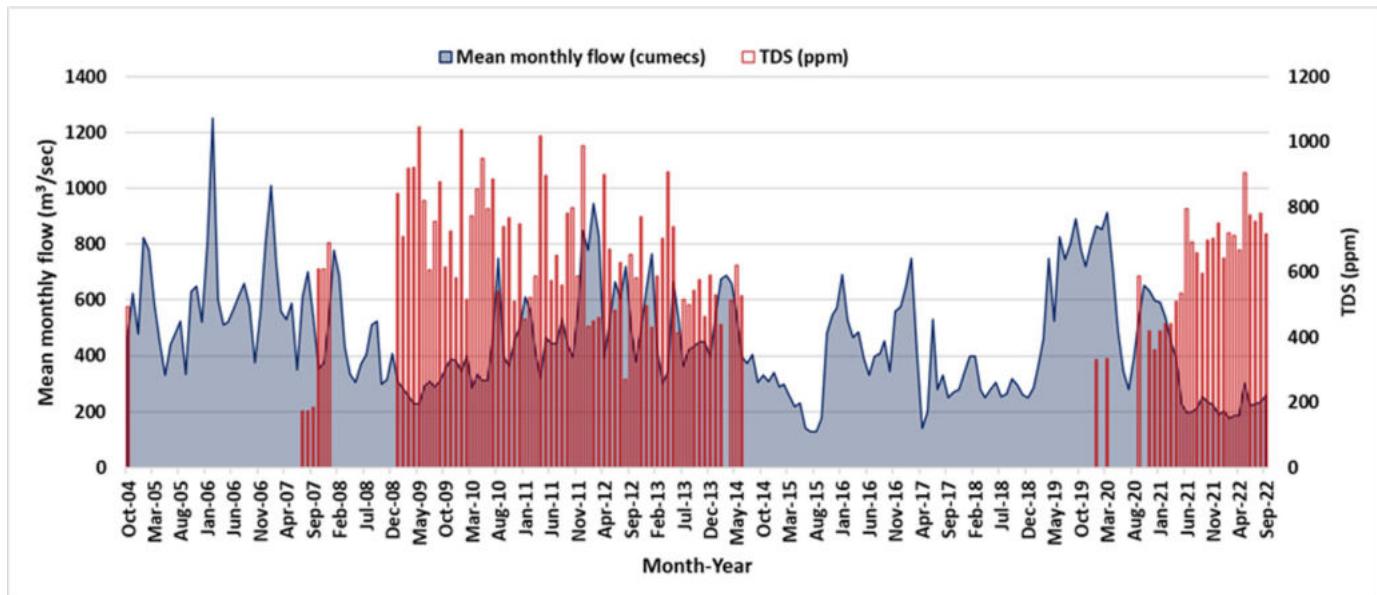
بدءاً من منطقة القائم (الشكل 3.7)، يمكن أن يتأثر ارتفاع نسبة إجمالي المواد الصلبة الذائبة بشكل كبير بسبب تدفقات مياه الصرف الزراعي، ومياه الصرف الصحي المنزلية، والمخلفات الصناعية التي يتم ضخها في النهر من الجانبين التركي والصوري. علاوة على ذلك، يُعد انخفاض معدلات تدفق النهر عامل آخر رئيسي يساهم في ارتفاع قيم المواد الصلبة الذائبة. وقد تفسر مياه الصرف غير المعالجة ارتفاع نسبة إجمالي المواد الصلبة الذائبة التي لوحظت في هيت (1 جزء في المليون) (الشكل 3.10). وقد أظهرت بيانات ثانية غير منشورة أن هناك مصرفي مياه أمطار يصبان في نهر الفرات عند هيت. حيث يصب مصرفي مياه أمطار السويفي في وادي البشار الذي يتذبذب إلى نهر الفرات، وكذلك مصرفي مياه أمطار الدوارة الذي يصب في نهر الفرات مباشرة. وقد أفاد مسعود وآخرون (2022) أن بنايع الكبريت في مدينة هيت تعد أحد مصادر التلوث في نهر الفرات بسبب الصرف المباشر من المناطق الريفية إلى النهر. علاوة على ذلك، أظهرت الدراسات أن شبكات الصرف الصحي للمدن الواقعة على طول نهر الفرات تصرف مباشرة في النهر. بالإضافة إلى ذلك، فإن النفايات الخطرة من المستشفيات واستخدام المواد المتفجرة من قبل الصيادين يسببان تلوث خطير للمياه في نهر الفرات (علي الأحمدى وآخرون، 2019).

فيما يتعلق بارتفاع تركيز إجمالي المواد الصلبة الذائبة في الرمادي (الشكل 3.11)، ذكرت المعلومات الواردة من وحدة السياسات البيئية (عтик الإسلام وآخرون، 2017) أن مصارف مياه الأمطار H1 تصب في قناة الورار التي تنقل المياه إلى بحيرة الحبانية.



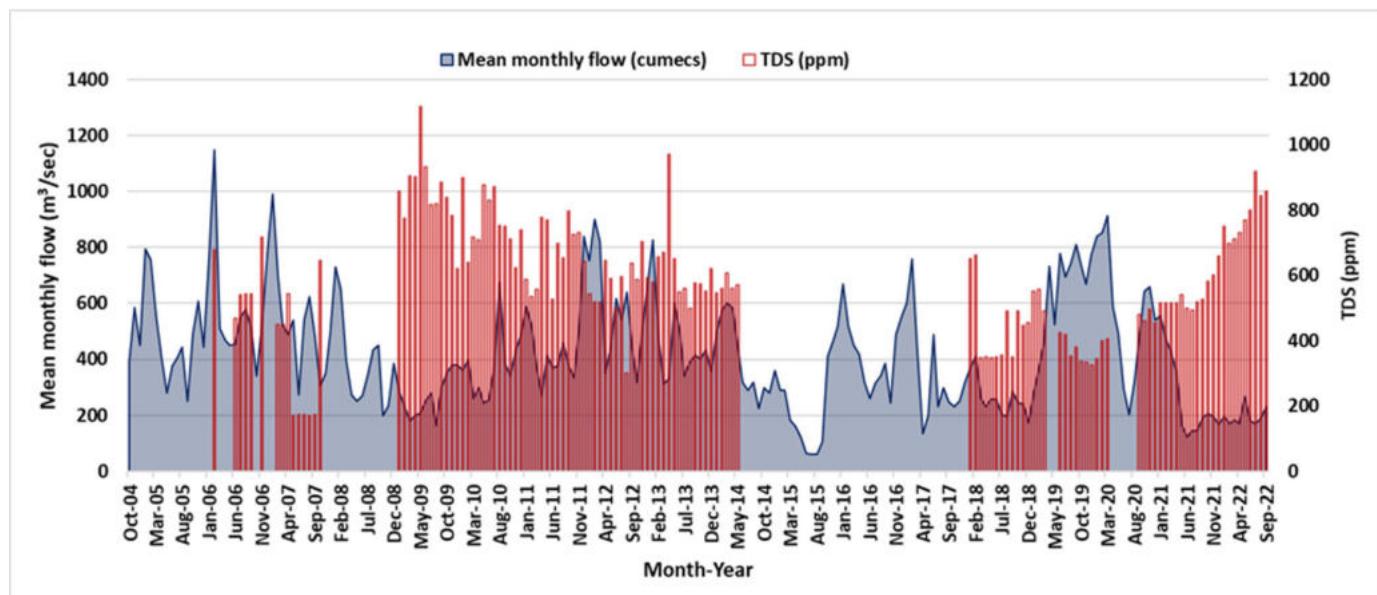
أظهرت البيانات المحدودة المتوفرة بشأن إجمالي المواد الصلبة الذائبة لقناة الترثار-الفرات بين أكتوبر 2012 وسبتمبر 2022 أن متوسط إجمالي المواد الصلبة الذائبة بلغ 1,047.6 جزء في المليون. وتساهم التركيزات العالية لإجمالي المواد الصلبة الذائبة في قناة الترثار-الفرات في زيادة مستوياتها لنهر الفرات عند الفلوحة. ونظرًا لحجم السجلات المفقودة، أصبح من الصعب جدًا وضع علاقة واضحة بين معدل التدفق وإجمالي المواد الصلبة الذائبة. ومع ذلك، أظهرت النتائج أن التركيزات المنخفضة للمواد الصلبة الذائبة يمكن أن ترتبط بمعدلات التدفق المرتفعة، والعكس صحيح.

الشكل 3.7: التغيرات الشهرية لتصريف المياه وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) في نهر الفرات عند القائم في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022



المصدر: عمل ذاتي

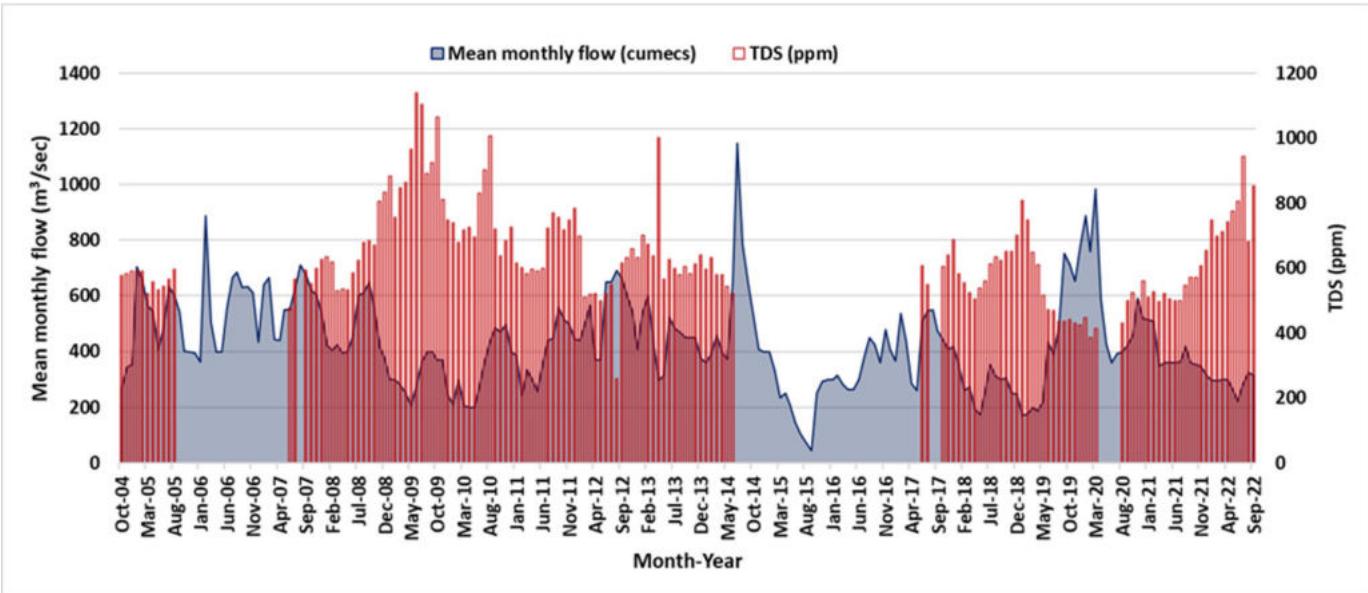
الشكل 3.8: التغيرات الشهرية لتصريف مياه نهر الفرات وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) أعلى سد حديثة في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022



المصدر: عمل ذاتي

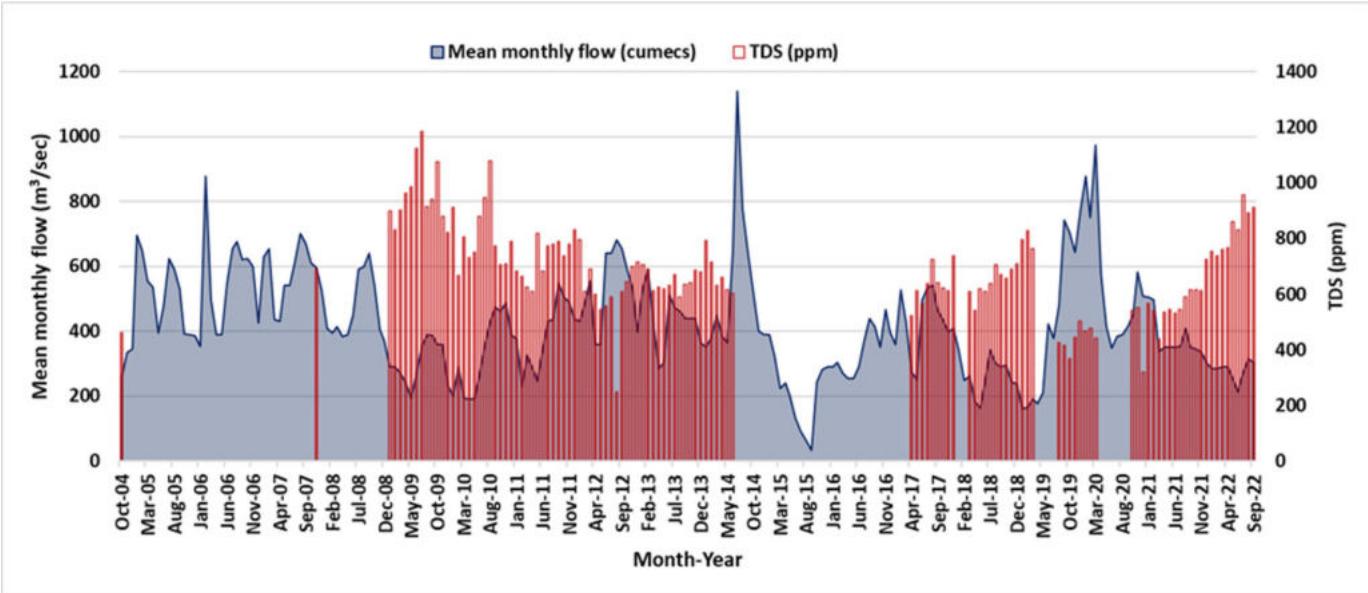


الشكل 3.9: التغيرات الشهرية لتصريف مياه نهر الفرات وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) عند سد حديثة في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022



المصدر: عمل ذاتي

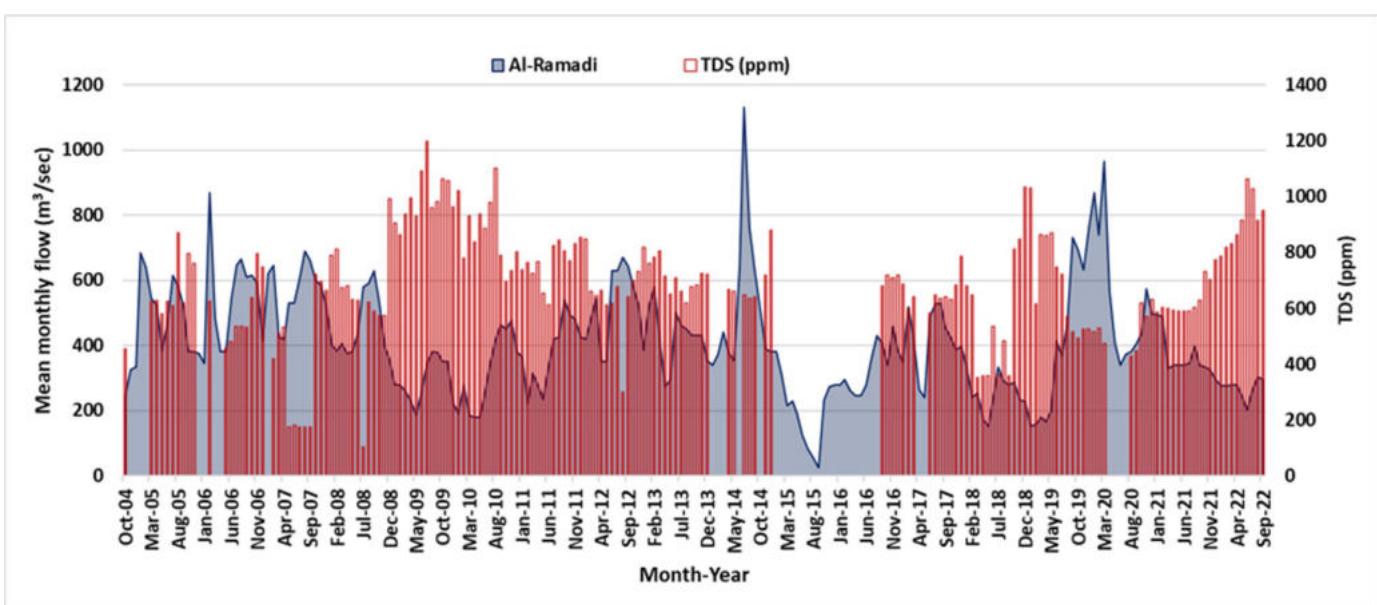
الشكل 3.10: التغيرات الشهرية لتصريف مياه نهر الفرات وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) عند هيت في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022



المصدر: عمل ذاتي

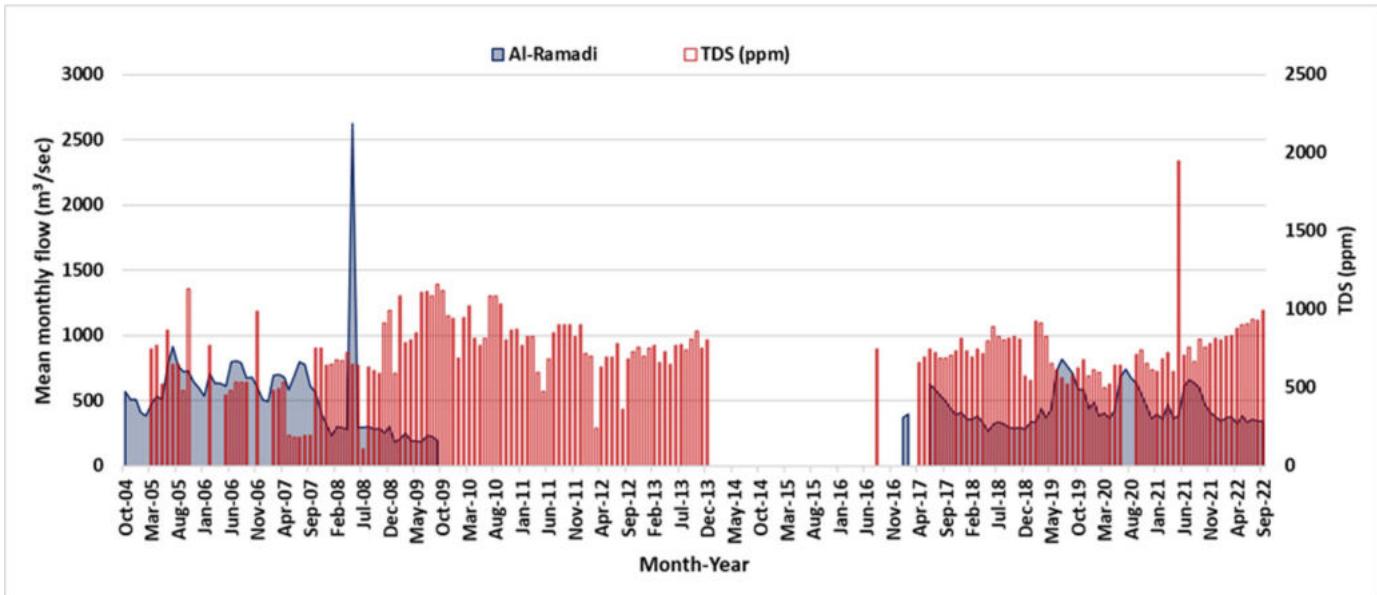


الشكل 3.11: التغيرات الشهرية لتصريف مياه نهر الفرات وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) عند الرمادي في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022



المصدر: عمل ذاتي

الشكل 3.12: التغيرات الشهرية لتصريف مياه نهر الفرات وتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) عند الفلوجة في الفترة بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022



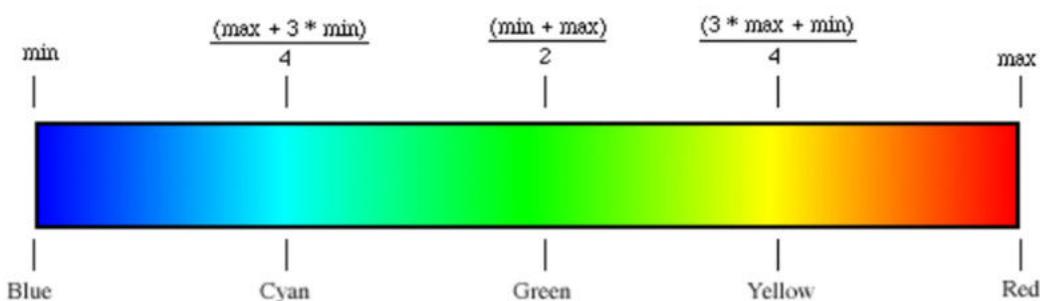
المصدر: عمل ذاتي



3.4.2 تحليل الإثراء الغذائي باستخدام صور الأقمار الصناعية

أفادت العديد من الدراسات عن زيادة حالات الإثراء الغذائي (تحت الماء) على طول نهر الفرات. يحدث الإثراء الغذائي نتيجة لزيادة العناصر المغذية في المياه، وخاصة النيتروجين والفوسفور، مما يحفز تكاثر الطحالب (الإنتاج المفرط للنباتات المائية الأولية) ويتسبيب في انخفاض مستوى الأكسجين المذاب في المسطحات المائية المفتوحة (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2003؛ فيليمين وآخرون، 2018). ويعتبر الإثراء الغذائي ساماً للمسطحات المائية وقد يتسبب في فقدان التنوع البيولوجي وتغيير هيكل المسطحات المائية (بيريز-روزافا وآخرون، 2019). ويقيّم هذا القسم معاملين لجودة المياه، وهما الكلوروفيل-أ [Chl-a]، كطريقة دقيقة نسبياً لقياس نمو الطحالب، والمواد الصلبة العالقة الكلية (TSS)، كمقاييس لشفافية المياه، وتم استخدام صور الأقمار الصناعية Sentinel-2 خلال الفترة بين أبريل 2017 ومايو 2024 من أجل إجراء التحليل المكاني والزمني. ولهذا الغرض، تم استخدام أداة تسمى «أداة مراقبة جودة المياه» Mago Water Quality Monitoring Tool التي طورتها PRIMA (الشراكة من أجل البحث والابتكار في منطقة البحر الأبيض المتوسط). وتبين هذه الأداة مراقبة بيئية فعالة للبحيرات والخزانات، مما يقلل الحاجة إلىأخذ عينات مستمرة من الموقع. وتضم المنطقة المستهدفة من الدراسة نفس المنطقة التي تمأخذ عينات ميدانية منها على طول نهر الفرات، وتمتد بشكل رئيسي من القائم حتى الفلووجة. ويوضح الشكلان 3.13 و 3.14 مقاييس الألوان وخريطة تصنيف الألوان المستخدمة في الأداة لمساعدة القارئ على فهم صور الأقمار الصناعية التي تم إصدارها.

الشكل 3.13: مقاييس الألوان للتركيبات الدنيا والقصوى



المصدر: أداة MAGO-PRIMA [tool](#)

الشكل 3.14: خريطة تصنيف المشهد (SCL) لتوفير خريطة تصنيف البكسل (إزالة البكسلات المحتوية على غيوم) بقيم من 0 إلى 11

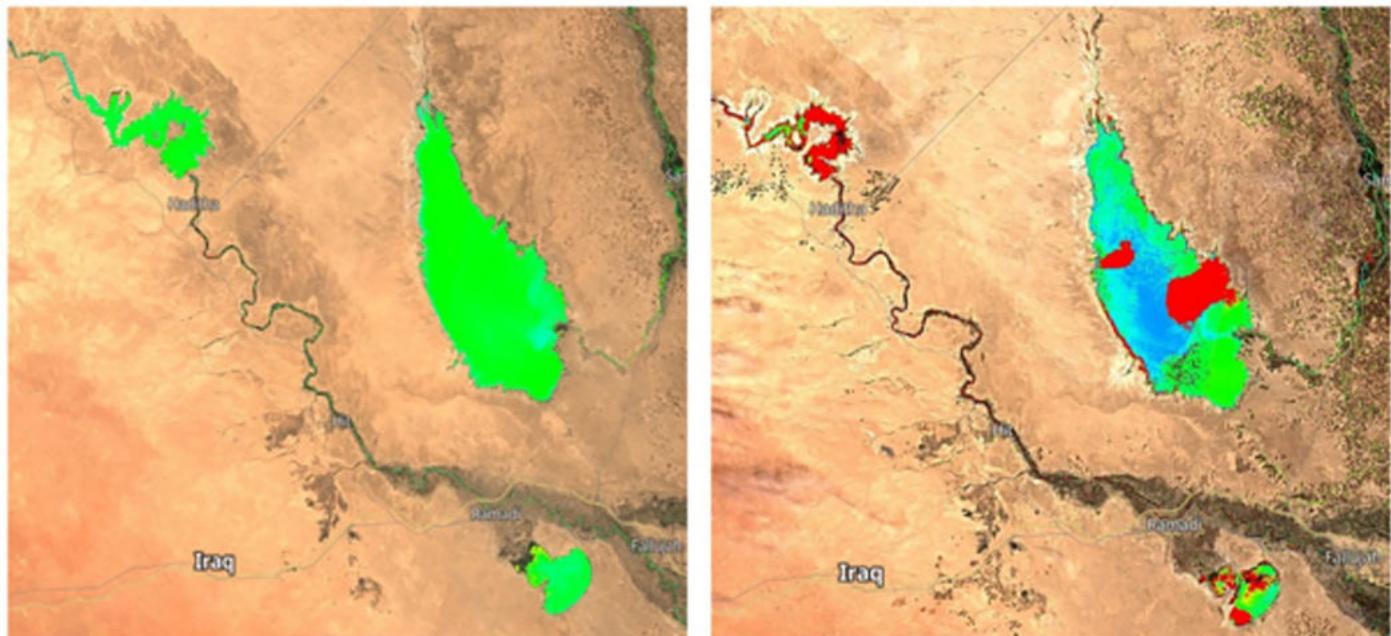
Label	Classification
0	NO_DATA
1	SATURATED_OR_DEFECTIVE
2	DARK_AREA_PIXELS
3	CLOUD_SHADOWS
4	VEGETATION
5	NOT_VEGETATED
6	WATER
7	UNCLASSIFIED
8	CLOUD_MEDIUM_PROBABILITY
9	CLOUD_HIGH_PROBABILITY
10	THIN_CIRRUS
11	SNOW

المصدر: أداة MAGO-PRIMA [tool](#)



3.4.2.1 نتائج الكلوروفيل - أ

الشكل 15: خرائط تركيز الكلوروفيل-أ على طول نهر الفرات باستخدام صور القمر الصناعي Sentinel-2 للفترة بين مايو 2017 (يسار) ومايو 2024 (يمين)

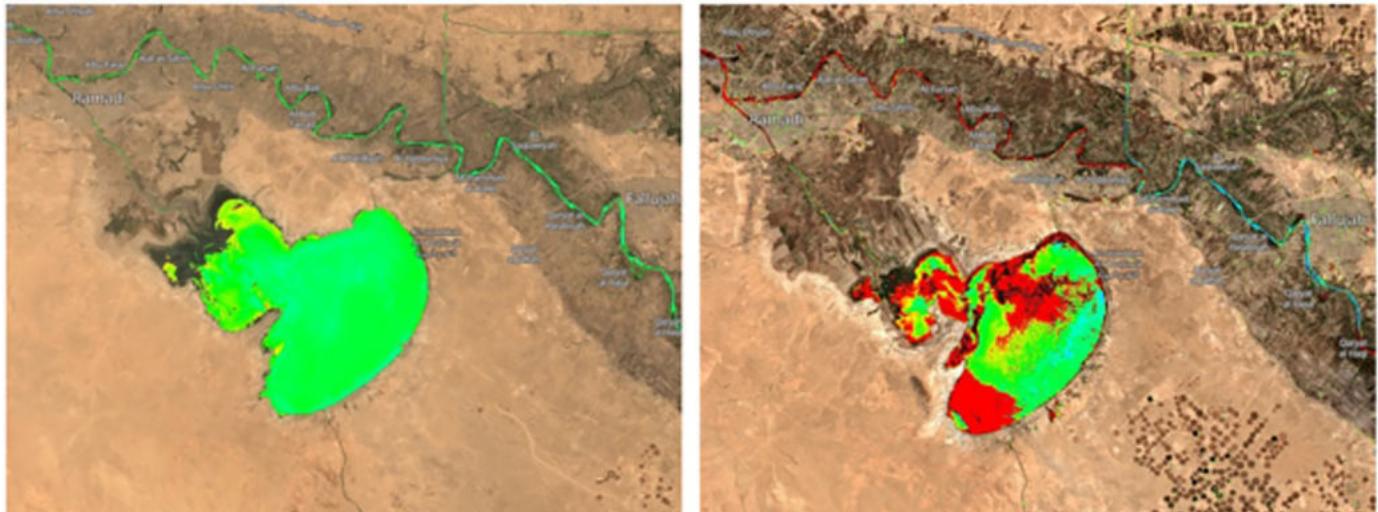


المصدر: منصة Sentinel Hub EO Browser

يتميز الإثراء الغذائي بتوسيع الكتلة الحيوية للطحالب الدقيقة نتيجة الإفراط في مدخلات المغذيات إلى المسطحات المائية (زان وآخرون 2021). ويمكن تقييم شدة الإثراء الغذائي من خلال قياس تركيز الكلوروفيل-أ، وهو صبغة ضوئية لعملية التمثيل الضوئي في العوالق النباتية (جيتسون وآخرون، ٢٠٠٩). ومن خلال تقنية الاستشعار عن بعد، يتم تقييم الكلوروفيل-أ عن طريق ربط الخصائص البصرية للمياه، وبشكل خاص طيف امتصاص الضوء المرئي، بالكتلة الحيوية للعوالق النباتية (سوميتس وآخرون، ٢٠٢٠). تُظهر النتائج المعروضة في الشكل 3.15 زيادة واضحة في محتوى الكلوروفيل-أ في الفترة بين مايو 2017 (يسار) ومايو 2024 (يمين). وتعتبر المناطق الخضراء هي المناطق الأقل تأثراً بامتصاص الصبغة، بينما تسلط المناطق الحمراء الضوء على ذروات امتصاص الصبغة (ديليجيدو وآخرون 2014). بالإضافة إلى انخفاض مساحة سطح المياه في بحيرة حديثة (الشكل 3.5)، يحدث تدهور واضح في جودة مياه البحيرة. ويرجع ذلك جزئياً إلى انخفاض مستويات المياه في البحيرة مما تسبب في زيادة تراكم الرواسب ونقلها مع أحداث الأمطار الغزيرة. وتشمل العوامل الأخرى المسئولة عن هذا التدهور انخفاض مستويات المياه الناتج عن انخفاض هطول الأمطار كما هو موضح في الفصل الثاني، والتعرض الكبير لدرجات الحرارة المرتفعة مما يؤدي إلى تكاثر الطحالب، وتوسيع المناطق الزراعية المكثفة، وتصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة أو المعالجة جزئياً، وأنشطة التعدين، خاصة بالنسبة للفسفور الشائع جداً في المنطقة.



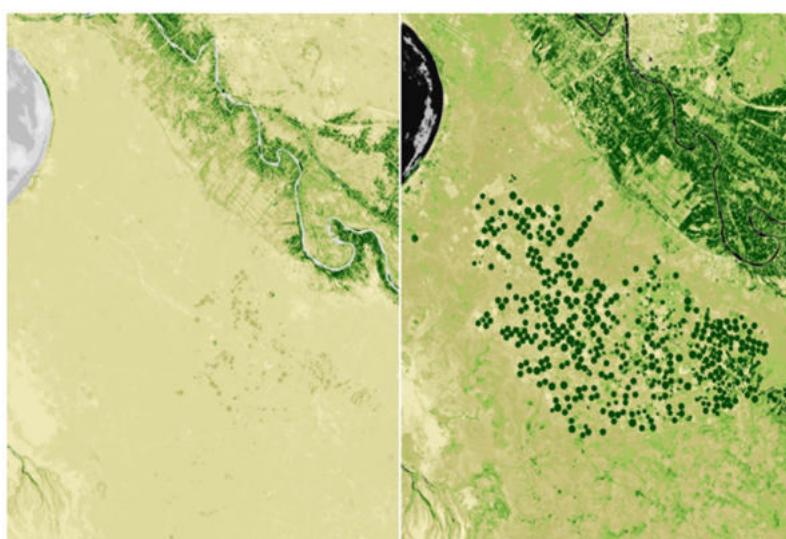
الشكل 3.16: خرائط تركيز الكلوروفيل-أ لبحيرة الحبانية باستخدام صور القمر الصناعي Sentinel-2 للفترة بين مايو 2017 (يسار) ومايو 2024 (يمين)



المصدر: منصة Sentinel Hub EO Browser

وعند التركيز على بحيرة الحبانية، وهي مسطح مائي صناعي تبلغ مساحته 140 كيلومتر مربع، وتقع في منتصف الطريق بين الرمادي والفلوجة، يمكننا أن نرى بوضوح الزيادة في تركيز الكلوروفيل-أ بشكل أوضح (الشكل 3.16). ويعزى هذا بشكل اساسي إلى التوسيع في الأراضي الزراعية غير المسجلة جنوب البحيرة، كما يظهر أيضاً في الزاوية اليمنى السفلية من الشكل 3.16. وقد أشار صبحي (2023) في تقرير لمؤسسة القرن إلى هذا التوسيع في المناطق الزراعية باستخدام صور مؤشر الغطاء النباتي NDVI (الشكل 3.17)، مما يسلط الضوء على غياب إجراءات الرقابة والمتابعة الحكومية. ويُعد انخفاض مستويات المياه ومساحة سطح البحيرة (الشكل 3.18) سبب رئيسي في زيادة تركيزات الكلوروفيل-أ، حيث تصبح المياه أقرب إلى الرواسب.

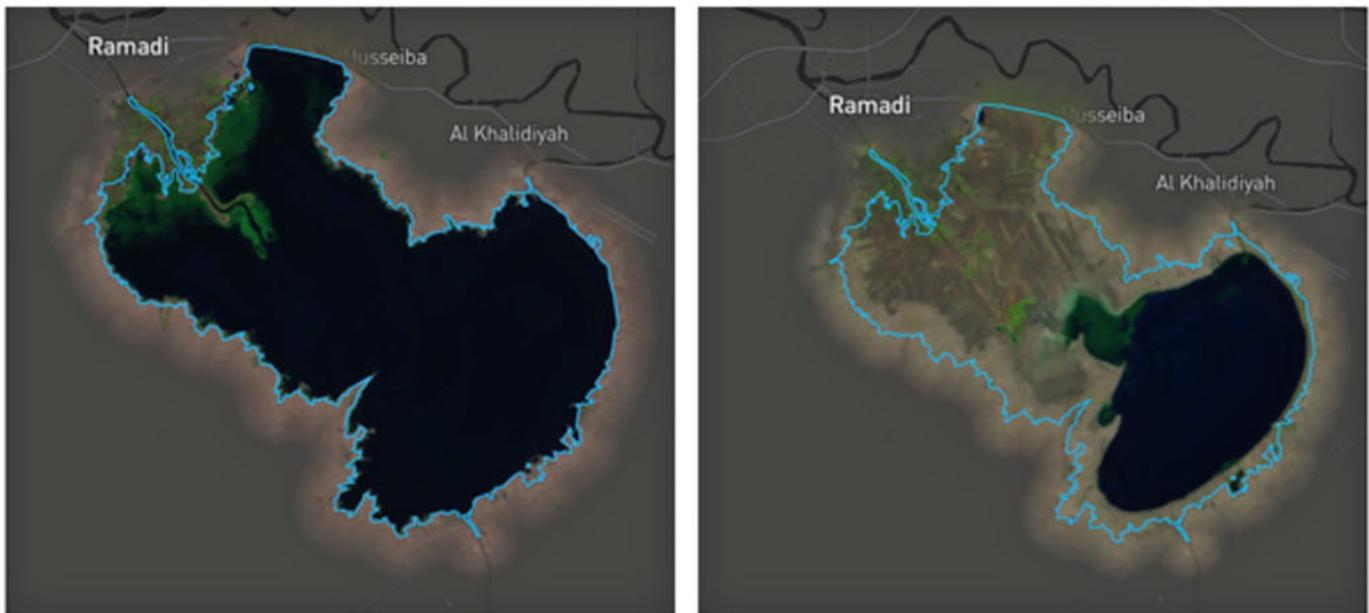
الشكل 3.17: الزيادة في أنظمة الري بالدوارات المركزية جنوب بحيرة الحبانية في محافظة الأنبار في الفترة بين يونيو 2017 (يسار) ومارس 2023 (يمين)



المصدر: صور الأقمار الصناعية عبر منصة Sentinel Hub (EO Browser)، صور مؤشر الفرق النباتي الطبيعي (NDVI)



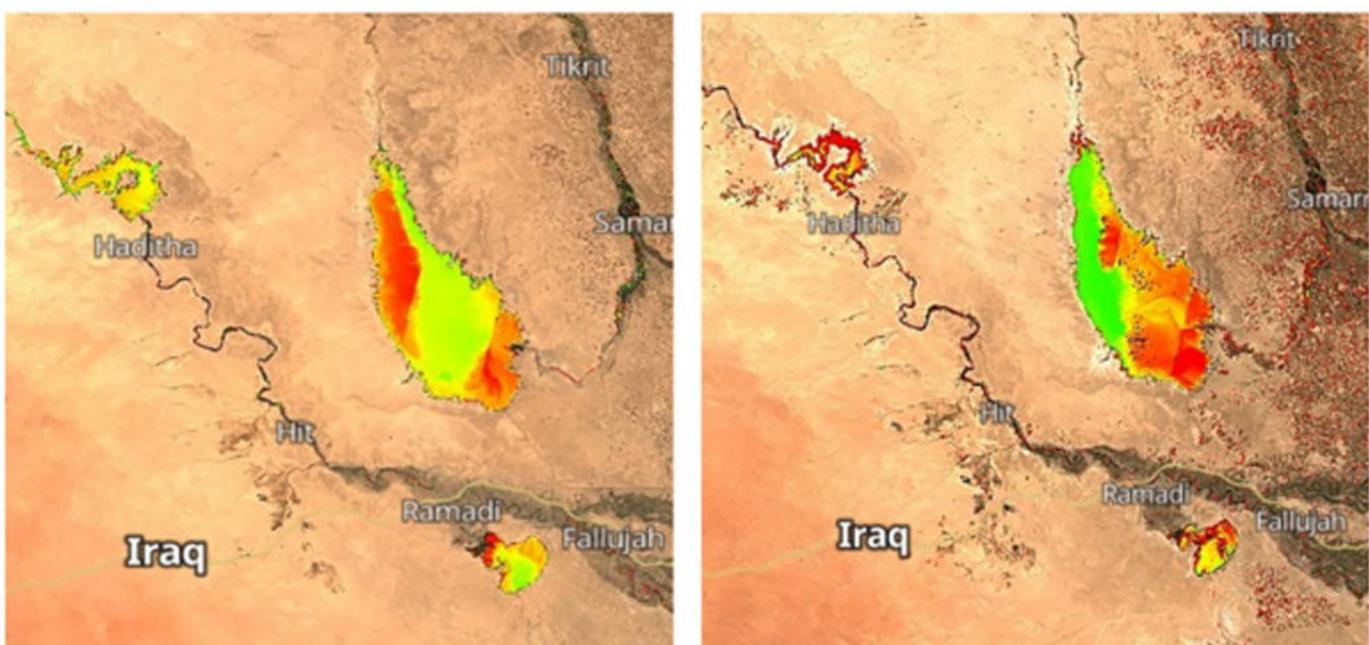
الشكل 3.18: مساحة سطح مياه بحيرة الحبانية في الفترة بين مايو 2017 (يسار) ومايو 2024 (يمين)



المصدر: Global Water Watch، HydroATLAS

3.4.2.2 نتائج إجمالي المواد الصلبة العالقة (TSS)

الشكل 3.19: خرائط إجمالي المواد العالقة (TSS) على طول نهر الفرات باستخدام صور القمر الصناعي 2 Sentinel للفترة بين مايو 2017 (يسار) ومايو 2024 (يمين)



المصدر: منصة Sentinel Hub EO Browser



يُعد إجمالي المواد الصلبة العالقة (TSS) من المعايير الأخرى الهامة التي ترتبط بجودة المياه، حيث تعكس شفافية/عكارة الماء. وتُظهر النتائج زيادة في حجم اختلاف في توزيع المستويات العالية لإجمالي المواد الصلبة العالقة المرتفعة في مايو 2024 (يمين) مقارنة بمايو 2017 (يسار) (الشكل 3.19). وكلما كان اللون البرتقالي أغمق، زاد تركيز إجمالي المواد الصلبة العالقة. ومن الملاحظ وجود تركيزات لإجمالي المواد الصلبة العالقة على حدود البحيرات، ويرجع ذلك جزئياً إلى صحة المياه بالقرب من الشواطئ (زهان وآخرون 2021). وكما هو الحال بالنسبة إلى نتائج الكلوروفيل-أ، تُظهر بحيرة حديثة (أعلى اليسار) وبحيرة الحبانية (أسفل اليمين) تركيزات عالية جداً من إجمالي المواد الصلبة العالقة وترجع الأسباب وراء هذه الزيادة إلى نفس العوامل المذكورة بخصوص الكلوروفيل-أ.

3.5 المناقشة والخاتمة

يوضح الجدول 3.1 ملخص للإحصاءات الوصفية الخاصة بتركيزات إجمالي المواد الصلبة الذائب (TDS) ومتوسط التدفقات الشهرية المقابلة لها، بالإضافة إلى الشهر والسنة، في ستة مواقع على طول نهر الفرات. ويتم عادة استخدام إجمالي المواد الصلبة الزائدة كمؤشر على الملوحة في المياه (مسعود وآخرون، 2022). ووفقاً للمواصفة القياسية العراقية لجودة مياه الشرب م.ق.ع. 417، فإن تركيز إجمالي المواد الصلبة المذابة المسموح به هو 1000 جزء في المليون (قادر وآخرون، 2014). وفيما يتعلق بمدى ملائمة المياه للري، ذكرت إرشادات منظمة الأغذية والزراعة (FAO) بشأن جودة مياه الري أن عندما يكون مستوى إجمالي المواد الصلبة المذابة بين 450 جزء في المليون و2,000 جزء في المليون قد يكون له تأثير طفيف إلى معتدل على إنتاج المحاصيل، في حين أن مستويات المواد الصلبة المذابة التي تزيد عن 2,000 جزء في المليون تسبب تأثير شديد على إنتاج المحاصيل (ماتيو-ساغاستا وبورك، 2010).

أظهرت النتائج أن متوسط إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) يرتفع بشكل ملحوظ بنسبة تقارب 16% بين القائم والفلوجة. ويرجع ارتفاع قيم المواد الصلبة الذائبة في المناطق الواقعية في اتجاه المصب بشكل أساسى إلى تأثير التصريف غير المنضبط لمياه الصرف الصحي، وهو ما أشار إليه أيضاً الحبيتي وآخرون (2011) فيما يتعلق بالمنطقة الواقعية بين هيت والرمادي. مع ذلك، كانت قيم إجمالي المواد الصلبة الذائبة الملاحظة التي لوحظت في هذه الدراسة أقل من تلك التي ذكرها الحبيتي (2011) حيث بلغ المتوسط 1,612.73 مجم/لتر، وهو ما يتجاوز الحدود المسموح بها وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية. ومع ذلك، كانت تركيزات إجمالي المواد الصلبة الذائبة للعينات المأخوذة في الفترة بين نوفمبر 2020 وفبراير 2021 في القائم، راوة، عانة، حديثة، البغدادي، هيت، الرمادي، والفلوجة 335، 390، 410، 430، 432، 438، 442، و496 جزء في المليون على التوالي، وبالتالي فهي تقع ضمن الحدود المسموح بها لمعايير منظمة الصحة العالمية والمعايير العراقية (محمد كريم، 2018). وأشار سليمان وآخرون (2019) إلى وجود زيادة تدريجية في ملوحة المياه من القائم إلى الفلوجة. علاوة على ذلك، ذكروا أن قيم إجمالي المواد الصلبة الذائبة زادت بشكل ملحوظ عند سد الفلوجة. ويمكن أن يعزى ذلك إلى تأثير تدفق المياه من بحيرة الثرثار، وهي بحيرة عالية الملوحة، وبالتالي جرف الأملاح إلى اتجاه المصب (سليمان وآخرون، 2019). كما يُعد توسيع المناطق الزراعية بالقرب من الفلوجة (الشكل 3.17) وغياب معالجة مياه الصرف الصحي سبب آخر لهذه الظاهرة.

تتعدد الأسباب التي تؤدي إلى تدهور جودة المياه السطحية في النهر، وكثير منها يتاثر بعوامل طبيعية مثل الأمطار، وتأكل التربة، ودرجة الحرارة، وتجوية الصخور، وذوبان الأملاح القابلة للذوبان في الماء. لكن الأنشطة البشرية مثل ضخ مياه الصرف الصحي، وتصريف مياه الصرف الصناعي غير المعالجة، ومياه الري الراجعة إلى مجاري النهر تساهم أيضاً في تفاقم تدهور الجودة (أنغريني وسلامت، 2021). وقد شكل الانخفاض في معدل التدفق الواصل إلى العراق بسبب الاستخراج المفرط للمياه، وبناء السدود، وأنظمة تحويل المياه بين الأحواض في دول المصب، وخاصة تركيا، ضغط إضافي على جودة المياه (شيمشك وآخرون، 2023).

يوضح الشكل 3.20 التغير الشهري لتركيزات إجمالي المواد الصلبة الذائبة لنهر الفرات في ستة مواقع بين القائم والفلوجة للفترة من أكتوبر 2004 إلى سبتمبر 2022، مع وجود سجلات مفقودة من أغسطس 2014 إلى نوفمبر 2017 بسبب عدم الاستقرار السياسي في البلاد. وتشير الرسوم البيانية إلى أنه لا توجد علاقة أو توجد علاقة ضعيفة بشكل كبير بين إجمالي المواد الصلبة الذائبة والزمن. وكان معامل الارتباط في موقع هيت مرتفع نسبياً مقارنة بالمواقع الأخرى ($r=0.395$)، مما يعكس ارتباط تناظري معتدل، أي أن إجمالي المواد الصلبة الذائبة قد انخفض مع مرور الوقت. كان هذا الاتجاه مشابهاً في سد حديثة، وأعلى سد حديثة، والقائم، ولكن بدرجة أقل. وقد أظهرت الرمادي والفلوجة اتجاه معاكس لزيادة إجمالي المواد الصلبة الذائبة مع مرور الوقت، ولكنه كان ضعيف. ومع ذلك، أظهرت الموقع الستة زيادة في إجمالي المواد الصلبة الذائبة بعد نوفمبر 2017. بالمقارنة مع الوضع قبل عام 2014، تزامن هذه الزيادة في إجمالي المواد الصلبة الذائبة مع عودة الناس إلى ديارهم واستئناف الأنشطة الزراعية. ويمكن الاستنتاج أن التغيرات في تركيزات المواد الصلبة الذائبة لا تقتصر فقط على التغيرات في كمية التدفق، ولكنها تمتد إلى الجريان السطحي الزراعي والجريان السطحي السكني (الحضري)، وتسرع تلوث التربة، وتلوث المياه من المصادر النقاطية مثل المصانع أو محطات معالجة مياه الصرف الصحي. لذلك، تلعب الأنشطة البشرية دور رئيسي في التحكم في جودة المياه. وأوضح عثمان وآخرون (2017) أن التباين في مستوى نهر الفرات عند محطة هيت يعتمد بشكل كبير على حالة تشغيل سد حديثة والظروف المناخية (حجم الأمطار). يمكن أن يكون لهذا أيضاً تأثير مباشر على مستوى إجمالي المواد الصلبة الذائبة.

فيما يتعلّق بالملحوظات التي تم الحصول عليها باستخدام صور الأقمار الصناعية، أظهرت النتائج وضع حرج للمسطحات المائية المفتوحة في محافظة الأنبار مع وجود تغييرات ملحوظة في جودة المياه، سواء من الناحية المكانية أو الزمنية. حيث زاد مع مرور الوقت كل من تركيز الكلوروفيل-أ، الذي يعد علامـة على نمو العوالق النباتية، وإجمالي المواد الصلبة العالقة(TSS)، التي تشير إلى انخفاض شفافية المياه. وكما هو الحال مع إجمالي المواد الصلبة الذائبة، كانت الزيادة في الكلوروفيل-أ والمواد الصلبة العالقة أكثر وضوحاً في المناطق الواقعة في اتجاه مجرى النهر، مثل بحيرة الحبانية الواقعة بين الرمادي والفلوجة. ويُعد الجريان السطحي الزراعي ومياه الصرف الصحي عاملين رئيسيين للإثارة الغذائي الذي لوحظ من خلال صور الأقمار الصناعية، خاصة وأن كلاهما مصدر غني بالمغذيات مثل النيتروجين والفوسفور. وهذا يشير إلى الحاجة الملحة لاتخاذ إجراءات تهدف إلى السيطرة على الوضع ومعالجته. ويجب أيضاً تحديد نقاط السيطرة ووضع خطة عمل مناسبة. كما ينبغي معالجة التوسع في مناطق الزراعة المكثفة وأحواض تربية الأحياء المائية، بالإضافة إلى تحسين الاستراتيجيات الضعيفـة لإدارة مياه الصرف الصحي وللتعدـين.

تساعد النتائج المستخلصة من هذا التحليل على فهم التغيرات الخاصة بجودة مياه النهر، والكشف عن مصادر ونقاط ترکز التلوث في النهر³، وتوجيه الإجراءات التشريعية الالازمة. كما ستساعد النتائج أيضًا في فهم العوامل المؤثرة على مستويات إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) في نهر الفرات، وتوفير المعلومات الالازمة لوضع الخطط الإدارية التي تهدف إلى حماية هذا المورد الهام والحفاظ عليه. لذلك، تُعد مراقبة الجودة أمر ضروري للإدارة المستدامة للمياه السطحية لمختلف الأغراض، خاصة في المناطق التي يتم فيها استغلال المياه السطحية بشكل مفرط وتحميل ملوثات زائدة نتيجة التصريف غير السليم لمياه الصرف الزراعي والحضري. وتعد مراقبة تصريف مياه الصرف الصحي إلى المسطحات المائية أمر بالغ الأهمية من أجل إنفاذ اللوائح التي تهدف إلى تقليل انبعاثات الملوثات وحماية الموارد المائية. وتدعم الإحصاءات الموثوقة والمحدثة لجودة المياه تحقيق الهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة (SDG6). كما أن الوصول إلى معلومات دقيقة وبيانات محدثة عن جودة المياه يمثل حجر الزاوية في اتخاذ وصنع القرارات القائمة على الأدلة من قبل صانعي السياسات والمؤسسات الداعمة لوضع خطط العمل الوطنية والمحلية.

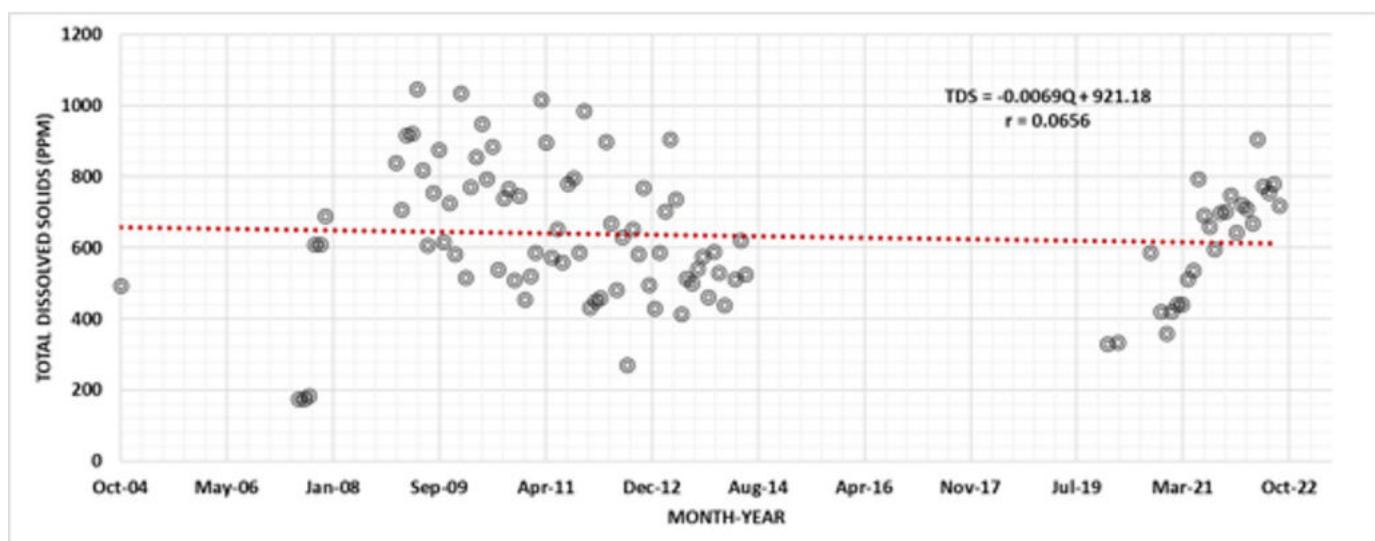
3 يمكن تلخيص مصادر التأثر كال التالي: (1) مياه الصرف الصحي، (2) مياه الصرف الزراعي، (3) المخلفات الزراعية (الجراثيم السطحي الزراعي) و(4) مياه الصرف الصناعي.



هناك حاجة إلى بذل الجهد من أجل ضمان حماية جودة المياه عن طريق تقليل التصريف المباشر لمياه الصرف الصحي غير المعالجة أو المعالجة بشكل غير كافٍ إلى البيئة، مع زيادة تدفقات مياه الصرف الصحي المعالجة من أجل إعادة استخدامها أو تصريفها بشكل آمن ومثمر، وفقاً لأساليب بيئية مستدامة.

إن الاختصار فقط على إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) كمؤشر وحيد لجودة المياه ليس كافياً للحكم على جودة المياه، حيث إن إجمالي المواد الصلبة المذابة هو في الأساس مؤشر على الملوحة. وهناك العديد من المعايير الأخرى المرتبطة بتصريف مياه الصرف الصحي والملوثات الزراعية، مثل الملوثات العضوية، وملوثات المغذيات، والمعادن الثقيلة، والملوثات الميكروبيولوجية. على سبيل المثال، كشفت دراسة أجراها عثمان وآخرون (2017) حول تقييم جودة مياه الفرات أن تركيز أيونات الحديد (Fe^{2+})، والنikel (Ni^{2+})، والزنك (Zn^{2+}) تجاوز الحدود المسموح بها وفقاً إلى على المعايير العراقية (IQS) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) ووكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA)، في حين كانت أيونات الكروم (Cr^{3+})، والرصاص (Pb^{2+})، والمنغنيز (Mn^{2+}) غير موجودة. وبناءً على تقييمهم، يعتبر نهر الفرات. منخفض التلوث بالمعادن الثقيلة، ويرجع ذلك جزئياً إلى التدفق العالي للنهر الذي يسبب تأثير التخفيف في تركيز المعادن الثقيلة.

الشكل 3.20: التغير الشهري لتركيزات إجمالي الأملاح الذائبة (TDS) في نهر الفرات عند القائم بين أكتوبر 2004 وسبتمبر 2022



المصدر: عمل ذاتي



3.6 المراجع

- الأنصاري، ن. 2013. إدارة الموارد المائية في العراق: وجهات نظر وتوقعات. الهندسة، 5، 667-684.
- علي الأحمدى، ن.م، الفرج، ف. والعامري، ن.س. 2019. تقييم ملائمة المياه الجوفية للري في رابع، المملكة العربية السعودية: دراسة حالة لتأثير مكمل لمدافن النفايات وتسال مياه البحر المالحة. مجلة علوم الحياة والبحوث التطبيقية، 5، 176-191.
- أنجريني، ن. وسلامت، ب. 2021. نماذج ثورنتوايت لتقدير النتح التبخرى المحتمل فى مدينة ميدان. سلسلة مؤتمرات IOP :علوم الأرض والبيئة. دار نشر 012095 ،IOP .
- عتيق إسلام، م.، زاهد، أ.، رحمن، م.م.، رحمن، م.س.، إسلام، م.، أكثر، ي.، شامي، م.، بودرود-دوزار، م. وروي، ب. 2017. دراسة جودة المياه الجوفية وصلاحتها للشرب والاستخدام الزراعي في الجزء الجنوبي المركزي من المنطقة الساحلية في بنجلاديش. التعرض والصحة، 9، 41-27.
- خضير، م.، الياسين، ر. وجاسم، ف. 2021. تحسين جودة المياه الجوفية في بعض مناطق محافظة الأنبار عن طريق إعادة تغذيتها بمياه الأمطار. سلسلة مؤتمرات IOP :علوم الأرض والبيئة. دار نشر 012009 ،IOP .
- خضير، م.ي.، كامل، أ.ح.، سليمان، س.ع. والأنصاري، ن. 2022. تقييم جودة واستدامة المياه الجوفية لأغراض الري: دراسة حالة في منطقة جافة، العراق. المجلة الدولية للتنمية المستدامة والتخطيط، 17، 419-413.
- مسعود، م.، الأستا، م.، القرموطي، أ.، السيد، س. وجاد، م. 2022. تقييم جودة المياه الجوفية للزراعة في ظل ظروف مختلفة باستخدام مؤشرات جودة المياه، ونماذج الانحدار الجزئي، ونهج نظم المعلومات الجغرافية. علوم المياه التطبيقية، 12، 244.
- ماتيو-ساغاستا، ج. وبيراك، ج. 2010. حالة الأراضي والمياه (SOLAW). تقرير خلفي عن جودة المياه وتفاعلات الزراعة، نظرة عامة عالمية. روما، منظمة الأغذية والزراعة.
- وزارة البيئة. 2020 التعريفات - الموصولة الكهربائية (EC) متاح على: <https://wq.moenv.gov.tw/EWQP/en/> .Encyclopedia/NounDefinition/Pedia_48.aspx
- محمد كريم، م. 2018. الملائمة البيئية لزراعة المحاصيل في محافظة الأنبار. رسالة دكتوراه. كلية التربية للعلوم الإنسانية. جامعة الأنبار.
- مطشر، أب.أ.، المحمد، ف.م. والجبوري، ح.س.س. 2021. تقييم جودة المياه الجوفية لأغراض الري باستخدام مؤشر جودة المياه في مشروع الحزام الأخضر بمدينة كربلاء - العراق. مجلة العلوم والهندسة، 16، 4060-4078.
- عثمان، ي.، عبد اللطيف، م.، الأنصاري، ن.، كنوتsson، س. وجواب، س. 2017. تغير المناخ وهطول الأمطار المستقبلية في بيئه جافة في الشرق الأوسط: دراسة حالة العراق. مجلة الهيدرولوجيا البيئية، 25.
- قدير، م.، كيلورو، إ.، نانجياء، ف.، مرتضى، ج.، سينغ، م.، توماس، ر.ج.، دريشيل، ب. ونوبيل، أ.د. 2014. اقتصadiات تدهور الأراضي الناجم عن الملوحة واستعادتها. منتدى الموارد الطبيعية. مكتبة وايلي الإلكترونية .282-295
- رفائيلي، ن. 2009. أزمة المياه في العراق: خطر التصحر المتزايد. معهد أبحاث إعلام الشرق الأوسط، التحقيق والتحليل.
- ريتشاردز، ل.أ. 1954. تشخيص وتحسين التربة المالحة والقلوية، مكتب الطباعة الحكومية الأمريكي.
- شيمشيك، س.د.، تشابار، أ.ف. وتورهان، إ. 2023. دراسة إمكانيات الانتقال بين تصنيفات الجفاف باستخدام مؤشر هطول الأمطار المعياري لفترات الرطبة والجافة - حالة سهل سيهان السفلي، تركيا. مجلة الهندسة البيئية، 24.



- فريق قسم علوم التربة. 1993. دليل مسح التربة، وزارة الزراعة الأمريكية.
- سليمان، س.ع.، كامل، أ.ح.، سيل، ك.ن.، الفاضل، م.ي. 2019. إدارة الموارد المائية والاستدامة في صحراء العراق الغربية. *علوم الأرض البيئية*، 78، 495.
- بيريز-روزافا، أ.، كامبيلو، س.، فرنانديز-بالاسيوس، ج.م.، غارسيا-لاكونزا، أ.، غارسيا-أوليفا، م.، إيبابينيز، هـ. وسالا-ميريت، أ. 2019. الديناميكيات طويلة الأمد للعناصر الغذائية، الكلوروفيل أ، ومعايير جودة المياه في بحيرة ساحلية الإثراء الغذائي لعقود، انقطاع مفاجئ وانتعاش سريع نسبياً. *العلوم البحرية المتقدمة*، 1-23 (26).
- ديليغيدو، ج.، تينخو، ك.، رويز-فيردو، أ.، بينا، ر.، وموريينو، ج. 2014. نموذج تجريبي لتحديد الكلوروفيل-أ في المياه القارية باستخدام أقمار Sentinel-2 و3 المستقبلية. التحقق من الصور HICO. *مجلة الاستشعار عن بعد*، 37-47 (41).
- زان، ي.، ديليغيدو، ج.، إيرينا، م.، سوريا، ج.م.، رويز-فيردو، أ.، أورريغو، ب.، ... وموريينو، ج. 2022. تقدير الكلوروفيل-أ والعكاراة في بحيرة مار مينور (جنوب شرق إسبانيا) باستخدام Sentinel-2. *ليمنيтика*، 41(2)، 305-323.
- جيتلسون، أ.أ.، غورلين، د.، موسى، و.ج.، بارو، ت. 2009. خوارزمية بيوجرافية لتقدير تركيز الكلوروفيل-أ عن بعد في المياه من النوع 2. *رسائل البحث البيئي*، 4، 045003.
- سوميت، ت.، أودبيرغ، ك.، جاكوفيليس، د.، براونز، أ.، زاغارس، م.، وكوتسر، ت. 2020. التتحقق والمقارنة بين منتجات جودة المياه في بحيرات البلطيق باستخدام بيانات Sentinel-2 MSI وOLCI-3. *المجسات*، 742 (3).
- صبحي، ح. (2023، 1 سبتمبر). "المراقبة الفضائية تكشف عن مدى مروع لأزمة المياه في العراق"، مؤسسة القرن، <https://tcf.org/content/commentary/satellite-monitoring-reveals-the-startling-ex-tent-of-iraqs-water-crisis>
- يلدز، د.، يلدز، د.، وجونييس، م.س. 2016. مقارنة اتجاهات تدفقات المياه الطبيعية طويلة الأمد لنهر دجلة الأعلى. *مجلة البحث متعددة التخصصات*، 2 (8)، 1174-1184.
- آي، مورات، كاراجا، أ.ف.، ويلدز، أ.ك. 2018. مقارنة اختبارات الاتجاه المبتكرة لمن-كيندال وسین على سلاسل التدفقات الشهرية المقاسة لبعض الجداول في حوض نهري الفرات ودجلة. *مجلة علوم جامعة إرجيس*، 34(1)، الصفحات 78-86.
- داجوباتي، ب.، سرينيفاسان، ر.، أحمدي، م.، وفياما، د. 2017. الأنماط المكانية والزمنية لهطول الأمطار وتغيرات تدفق الجداول في حوض نهري دجلة والفرات. *المراقبة البيئية والتقييم*، 189، الصفحات 1-15.
- آيرز، ر. س.، وويستكوت، د. و. 1985. جودة المياه للزراعة.
- فيلمين، ل.، موجولون، ج. م.، بيوسن، أ. هـ. وبأمان، أ. ف. 2018. أشكال وتغيرات النيتروجين والفوسفور الفرعية السنوية في شبكات الأنهر العالمية خلال القرن العشرين. *التغير الكوكبي العالمي*، المجلد 163، 67-85. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.02.007
- برنامج الأمم المتحدة للبيئة. (2003). استراتيجية مراقبة الإثراء الغذائي لبرنامج MED POL. في وقائع اجتماع المنسيقين الوطنيين لبرنامج MED POL.



الفصل الرابع: جودة المياه الجوفية

4.1 مقدمة

أصبحت الإدارة المستدامة للموارد المائية، وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، تمثل تحدي متزايد بسبب التأثير المشترك للنمو السكاني السريع المرتبط بالاستغلال المفرط للموارد المائية، إلى جانب تأثيرات تغير المناخ. ومن المتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى زيادة وتيرة وشدة الأحداث المناخية القصوى، لا سيما فترات الجفاف في المناطق ذات المناخ الجاف وشبه الجاف. وب يؤدي النمو السكاني السريع المقترب بتسارع الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية في هذه المناطق إلى ضغط ضار على الموارد المائية السطحية والجوفية التي تعد محدودة بالفعل.

وفي العديد من البلدان التي تعاني من استغلال مفرط للمياه السطحية، برزت المياه الجوفية كمصدر إضافي رئيسي للمياه المستخدمة في الزراعة. ونتيجة لذلك، تزايدت المخاوف في السنوات الأخيرة بشأن احتمال نفاد المياه الجوفية واستخدام مياه جوفية ذات جودة منخفضة للري. وتواجه العراق أزمة مياه حادة ناتجة عن العديد من العوامل، بما في ذلك فترات الجفاف الطويلة، والمخاوف المتعلقة بالسدود المستمرة والاستخراج المفرط للمياه في الدول المطلة على الأنهر في المناطق العليا، وخاصة تركيا وإيران، بالإضافة إلى محدودية القدرات في إدارة المياه وضعف البنية التحتية. وقد ساهمت هذه العوامل في تفاقم أزمة نقص المياه التي تؤثر على ملايين الأشخاص (حسن وآخرون، 2023).

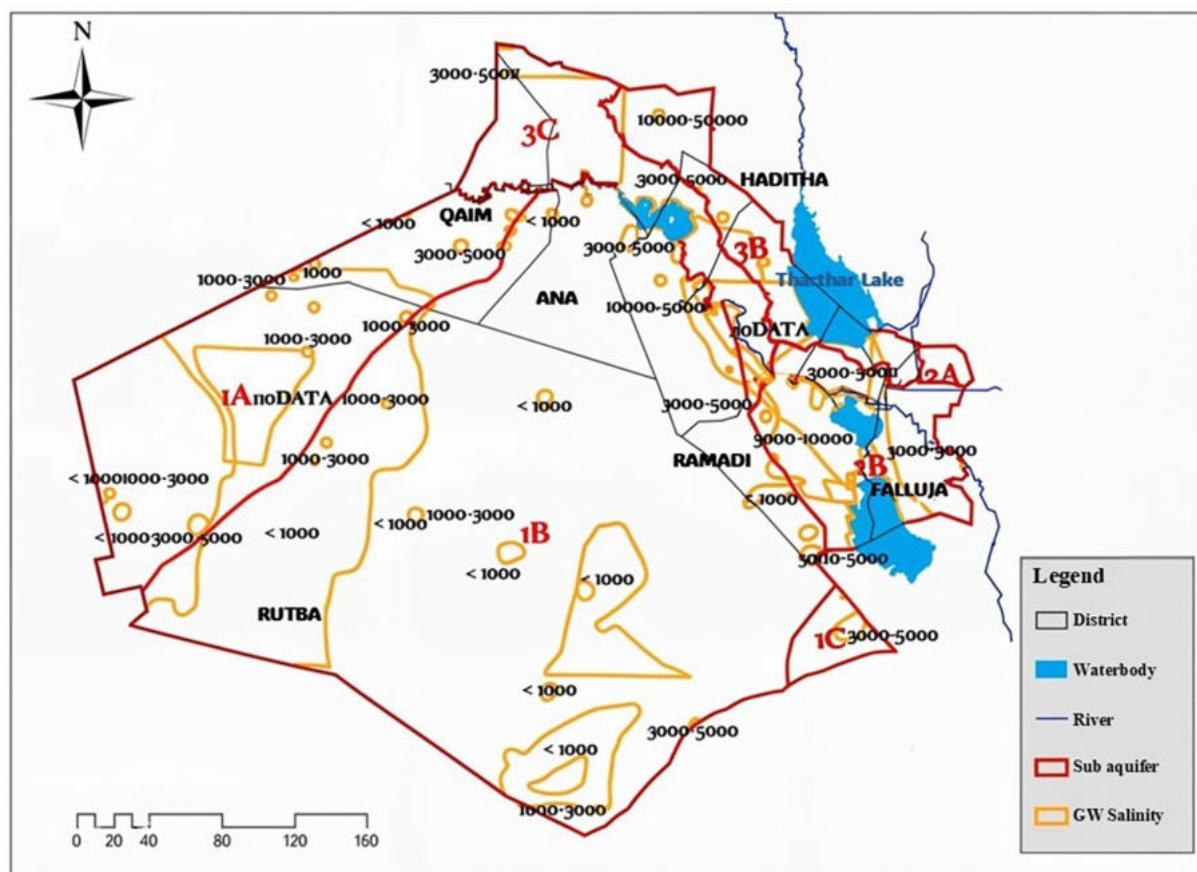




وقد شهد القرن العشرون طفرة كبيرة في حفر الآبار لتلبية احتياجات المياه في المناطق الحضرية ومتطلبات الري والصناعة، وقد ساهم ذلك التقدم في تكنولوجيا الحفر والمضخات، والمعرفة الجيولوجية، والدعم من الدعم الحكومي، لا سيما في مجال الري. ومع ذلك غالباً ما يكون استخدام المياه الجوفية غير مستدام. حيث تتناقص إمدادات المياه الجوفية في بعض المناطق، ويُقدر أن حوالي 20% من المياه الجوفية في العالم يتم استغلاله بشكل مفرط (عثمان وآخرون، 2017). كما أصبح تدهور جودة المياه الجوفية أمر واضح بشكل متزايد. ومن الضوري عكس هذه الاتجاهات للحفاظ على الدور الحيوي للمياه الجوفية.

إن عدم القدرة على رؤية خزانات المياه الجوفية، إلى جانب عدم اليقين بشأن ديناميكياتها وحجم المياه المخزنة فيها، يجعل إدارة المياه الجوفية أكثر تعقيداً وصعوبة في التحكم مقارنة بإدارة المياه السطحية (حسن وآخرون، 2023).

الشكل 4.1: نظرة عامة على الموارد المائية في الانبار

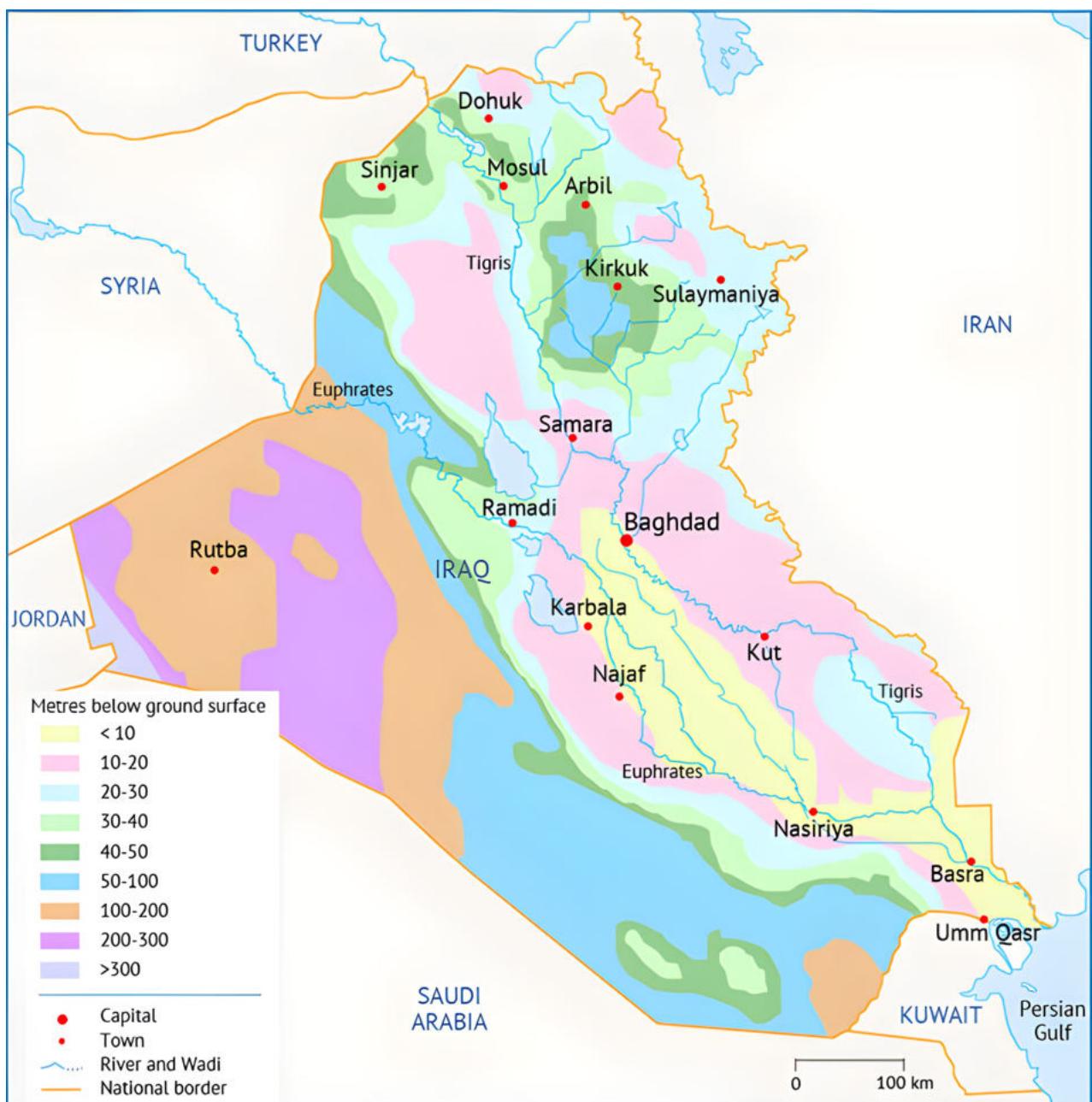


المصدر: خريطة ذاتية



ذكر البنك الدولي أن موارد المياه الجوفية حوالي 1.2 مليار متر مكعب، حيث تمثل حوالي 2% من إجمالي الموارد المائية في العراق. (Rohstoffe, 2013) ويوضح الشكل 4.2 عمق المياه الجوفية في المناطق الهيدرولوجية في العراق. ومن الواضح أن هناك تفاوت كبير في عمق المياه الجوفية في محافظة الأنبار، إذ يتراوح عمقها بين 100 إلى 300 متر تحت سطح الأرض. كما يصل عمق المياه الجوفية في الشريط الحدودي بين الأردن والعراق إلى أكثر من 300 متر. تعكس هذه الاختلافات في الأعماق التنوع الجيولوجي والهيدرولوجي في المحافظة والمنطقة الحدودية، ويعتبر هذا التفاوت عاملاً مهماً في تقييم مخزونات المياه الجوفية وضمان استدامها عبر محافظات العراق المختلفة.

الشكل 4.2: عمق المياه الجوفية في المناطق الهيدرولوجية في العراق



المصدر: Fanack Water



على الرغم من أن القطاع الزراعي يُعد من القطاعات المهمة في العراق، إلا أن مساهنته في الناتج المحلي الإجمالي قد تراجعت من 26.93% في عام 1991 إلى 10.86% في عام 2004، و7.23% في عام 2010، و4.77% في عام 2020 (سليمان وآخرون، 2019). وتشير البيانات الحديثة إلى انخفاض إضافي في مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي حيث سجل أقل من 3% (البنك الدولي، 2023).

يمثل استهلاك المياه الجوفية مصدر قلق كبير. إذ لم تُسجل أية بيانات كمية دقيقة ضمن هذه الدراسة حول مدى استخدام المياه الجوفية في محافظة الأنبار. ومع ذلك، تُظهر صور الاستشعار عن بعد التطور السريع لأنظمة الري المركزية المعتمدة على المياه الجوفية خلال السنوات الخمس الماضية في سهل الفرات (الشكل 3.17). وهناك حاجة ملحة لمراقبة وتنظيم استخدام المياه الجوفية في الأنبار، نظرًا لأنها تعتبر مورد استراتيجي لا يجب استنزافه. وفي الوقت نفسه، تُعد جودة المياه الجوفية في الأنبار غير مستقرة.

وقد قام الحديثي وملاح (2023) بإجراء تحليل لجودة المياه السطحية والجوفية في يوليو 2022 في مدينة حديثة بمحافظة الأنبار. وتشير النتائج إلى أن المياه السطحية مناسبة للشرب والري، بينما المياه الجوفية في المنطقة غير صالحة للشرب (باستثناء عدد محدود من الآبار) ومناسبة فقط لأغراض الري.

أجرت الدراسة التي قام بها فياض وآخرون (2020) تقييم لجودة المياه الجوفية في مناطق كبيسة والوفاء بمحافظة الأنبار. تتأثر منطقة الدراسة بشكل كبير ببيانات القار والكربيل داخل صدع أبو جير. وتم جمع عينات من عشرة آبار في كل منطقة خلال الفترة (أكتوبر-2018 مارس 2019). وتُظهر المعلمات الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في مناطق الوفاء كبيسة في الجدول 4.1، أن معظم المعلمات تجاوزت الحدود المسموح بها، مما يؤكد أن المياه الجوفية في هذه المنطقة غير صالحة للشرب وأن المياه تتميز بالقلوية مع تركيزات مرتفعة من الكبريتات والكلوريدات (كامل وشلال، 2023). علاوة على ذلك، يُظهر الجدول 4.1 أن قيم التوصيل الكهربائي (EC) بلغت 4479 ميكروسيمنز/سم في الوفاء و5818 ميكروسيمنز/سم في كبيسة، متعدلة بذلك حدود منظمة الصحة العالمية. وينطبق نفس الاتجاه على إجمالي المواد الصلبة الذائبة. كما تجاوزت تركيزات كل من الكالسيوم (Ca^{2+}) والمغنيسيوم (Mg^{2+}) والصوديوم ($+Na$) الحدود المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية، حيث وصل تركيز الصوديوم ($+Na$) في كبيسة (666 ملجم/لتر) وهو ما لا يقل عن ثلاثة أضعاف الحد الأقصى المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية (200 ملجم/لتر). تشير هذه القيم إلى أن المياه الجوفية في المنطقة شديدة الملوحة، مما يشكل أخطار على الصحة العامة والبيئة.



4

جودة المياه الجوفية

الجدول 4.1: المعايير الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في منطقتي الوفاء وكبيسة

إرشادات منظمة الصحة العالمية (2011)	كبيسة				الوفاء				المتغير
	الإنحراف المعياري	الإنحراف الحد	الحد الأقصى	الحد الأدنى	المتوسط	الإنحراف المعياري	الإنحراف الحد	الحد الأقصى	
-	2	32	19	22	3	33	18	22	درجة الحرارة (C°)
5	20	117	0.1	9.3	1.6	8	0.2	1.6	العكاره (NTU)
6.5-8.5	0.16	7.5	6.72	7.05	0.22	7.71	6.71	7.12	الرقم الهيدروليكي PH
2500	1451	10011	3270	5818	839	6512	2702	4479	التوصيل الكهربائي (ميكروسيمتر/ سم)
500	956	7246	2412	4013	624	5310	2430	3604	إجمالي المواد الصلبة الذائبة (ملجم/لتر)
-	52	288	3	26	3	15	1	5	إجمالي المواد الصلبة العالقة (ملجم/لتر)
100	345	2818	1107	1571	319	2411	990	1851	العسر الكلي (ملجم/لتر)
75	103	667	200	346	111	616	188	473	الكلاسيوم (ملجم/لتر)
50	35	280	105	168	33	239	102	162	المغنيسيوم (ملجم/لتر)
200	205	1050	129	666	135	680	134	344	الصوديوم (ملجم/لتر)
10	18	88	12	48	10.16	54	11	26	البوتاسيوم (ملجم/لتر)
1	0.26	1.22	0.13	0.67	1.2	6.5	0.7	2.2	الفلوريدا (ملجم/لتر)
500	0.9	6.1	0.5	1.8	57	309	108	204	البيكربونات (ملجم/لتر)
250	37	311	135	229	171	1213	397	676	الكلوريدي (ملجم/لتر)
250	457	2603	438	1545	100	1061	576	954	الكبريتات (ملجم/لتر)
45	220	1033	222	551	196	730	30	368	النترات (ملجم/لتر)
-	6.4	42.2	11.3	19.3	3.5	28.7	11.1	20.1	السيليكا (ملجم/لتر)
-	10	45	2	23					الكبريتيد (ملجم/لتر)

المصدر: فياض وآخرون، 2020

يعرض الجدول 4.2 التغير الشهري في مستويات الأكسجين المذاب (DO) والطلب الكيميائي على الأكسجين (COD) في عينات المياه الجوفية من منطقة الدراسة. تجاوزت قيم كل من الأكسجين المذاب والطلب الكيميائي على الأكسجين الحدود القياسية في كليتا المنطقتين، ومع ذلك كانت مستويات الطلب الكيميائي على الأكسجين أعلى بكثير في كبيسة مقارنة بمنطقة الوفاء. يشير ذلك إلى أن المياه الجوفية في كبيسة تحتوي على كميات كبيرة من المواد العضوية القابلة للأكسدة. ويُعد هذا الوضع مقلقاً لأنظمة البيئة المائية، حيث يؤدي ارتفاع الطلب الكيميائي على الأكسجين إلى استنزاف مستويات الأكسجين في المياه.



جودة المياه الجوفية

4

الجدول 4.2: التغير الشهري في مستويات الأكسجين المذاب (DO) والطلب الكيميائي على الأكسجين (COD) في عينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة

التسلسل	الحدود القياسية	البيانات	الوفاء	كبيسة
1		أكتوبر 2018	7.2	119
2		نوفمبر 2018	7.5	27
3		ديسمبر 2018	7.1	17
4		يناير 2019	8.7	14
5		فبراير 2019	7.8	13
6		مارس 2029	7.5	11
	الحدود القياسية		<5	<10

المصدر: فياض وآخرون، 2020

أجريت دراسة أخرى لتحليل احتمالية وجود تركيزات عالية من غاز الرادون في المياه الجوفية السطحية بمنطقة أبو جير في الأنبار (روهشتوف، 2013). وأشارت النتائج إلى أن المصدر المحتمل للرادون هو الهيدروكربونات الغنية باليورانيوم التي قد تتسرب إلى السطح على طول صدع أبو جير. وعلى الرغم من أن الدراسة لم تشير إلى وجود أي تركيزات خطيرة من غاز الرادون في المياه الجوفية داخل المنطقة (وفقاً لمعايير وكالة حماية البيئة)، إلا أن الباحثين أوصوا بشدة بوضع معيار عراقي جديد يحدد المستوى المسموح به لتركيزات غاز الرادون.

تحتفل جودة المياه الجوفية عادةً أفقياً وعمودياً، وتتأثر بشكل رئيسي بظروف حدود الطبقات المائية عند الانتقال من نظام خزان مائي إلى آخر أو حتى من تكوين جيولوجي إلى آخر داخل نفس النظام. علاوة على ذلك، تتطور ملوحة المياه عادةً بشكل تدريجي داخل وسط التدفق، حتى لو كان في طبقة واحدة، بسبب ذوبان محتواها من الأملاح نتيجة لهجرة المياه الجوفية بين مناطق التغذية والتصريف.

يمكن أن تتغير جودة المياه الجوفية بفعل تطور استخدام الأرضي، والتعدين، وتغير المناخ، أو نتيجة إلى التجوية الكيميائية الطبيعية التي تحدث أثناء تدفقها عبر الطبقة تحت السطحية، وتفاعلها مع طبقات التربة والصخور، مما يؤدي عادةً إلى زيادة مستويات المواد الصلبة الذائبة (كامل وشلال، 2023).

تم تقييم جودة المياه الجوفية الخارجة من خزان الفرات فقط بواسطة كامل وشلال (2023) باستخدام 226 عينة من البار. وقد تراوحت إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) لعينات الخزان المائي بين حد أدنى 368 ملجم/لتر وحد أقصى 8,898 ملجم/لتر (سليمان وآخرون، 2021؛ كامل وشلال، 2023).

حالياً، لا تتوفر معلومات منهجية على مستوى محافظة الأنبار حول جودة المياه الجوفية، ويسعى هذا الفصل إلى تقديم نظرة عامة على جودة المياه الجوفية في محافظة الأنبار بناءً على معايير متعددة.



4.2 المنهجية

4

جودة المياه الجوفية

تم جمع عدد تسعه وتسعين عينة من المياه الجوفية بواسطة فريق الدراسة في محافظة الأنبار وتحليلها لتقدير مدى ملاءمة المياه الجوفية لأغراض الري. جاءت غالبية هذه العينات من المناطق الزراعية. حيث تم اخذها من آبار تشغيلية مختلفة تابعة لتسعة خزانات مائية وهي: أم رضمة، المحاوي، ملوسة، الفرات، الفتحة، عانة، (الفرات + أم رضمة)، (الدمام + عانة)، والجعره. وتراوحت معدلات تصريف الآبار بين 3 لترات/ثانية و20 لترًا/ثانية، وبعمق يتراوح بين 22 متراً و502 متراً. تصف هذه الفقرة حالة جودة المياه الجوفية لأغراض الري من خلال استخدام مؤشرات جودة المياه المختلفة، بما في ذلك الموصلية الكهربائية (EC)، ونسبة امتصاص الصوديوم (SAR)، والنسبة المئوية للصوديوم (Na%)، ومؤشر النفاذية (PI)، وخطر المغنيسيوم (MH)، بالإضافة إلى إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS)، وتعتمد هذه المؤشرات بدورها على معايير أولية مثل البوتاسيوم (K^+)، والكالسيوم (Ca^{2+})، والصوديوم (Na^+)، والمغنيسيوم (Mg^{2+})، والنترات (NO_3^-)، والبيكربونات (HCO_3^-). يهدف هذا الفصل الحالي إلى تحقيق غرضين (1) تقدير الوضع العام لجودة المياه الجوفية في محافظة الأنبار باستخدام البيانات التي جُمعت حديثاً، و (2) تقديم تفسير لمدى ملاءمة جودة المياه لأغراض الري.

4.3 مؤشرات جودة المياه الجوفية

تم تقدير ستة مؤشرات للمياه لتقدير جودة المياه الجوفية في الأنبار. وتُعد الموصلية الكهربائية (EC)، التي تُقاس وتسجل بوحدة ميكرو-سيمنز لكل سنتيمتر ($\mu S/cm$)، مؤشراً على تركيز الأيونات الموصولة في محلول. وتشير القيم العالمية للموصلية الكهربائية إلى تركيز أعلى من الأيونات، مما يدل على زيادة الملوحة أو المواد الصلبة المذابة. وتعتبر المياه ذات الموصلية الكهربائية العالية غير مناسبة للري، لذا تُعتبر الموصلية الكهربائية معيار هام لجودة مياه الري (الأنصارى وأخرون، 2018). تراوحت قيم الموصلية الكهربائية لعينات المياه الجوفية التي تم فحصها بين حد أدنى قدره $668.0 \mu S/cm$ وحد أقصى بلغ $30,200 \mu S/cm$ ، بمتوسط $3,345 \mu S/cm$ (الجدول 4.3). ويوضح الجدول 4.4 مدى ملاءمة المياه لأغراض الري وفقاً لمختلف نطاقات قيم الموصلية الكهربائية. أظهرت النتائج أن الغالبية العظمى (75%) من عينات المياه الجوفية ترتبط بقيمة موصلية كهربائية تزيد عن $2,250 \mu S/cm$ ، وبالتالي يمكن اعتبارها غير مناسبة لأغراض الري. كما كشفت النتائج أن 22% من العينات يمكن اعتبارها مشكوك فيها، ونسبة مئوية ضئيلة جداً من العينات (3%) يمكن تصنيفها بأنها جيدة لأغراض الري.

تُظهر نتائج الموصلية الكهربائية وضعياً مقلقاً بشأن جودة المياه الجوفية في منطقة الأنبار. حيث تشير التقديرات إلى أن 4% من المناطق المروية في العراق تعاني من ملوحة شديدة، و50% تعاني من ملوحة متوسطة، و20% من ملوحة طفيفة (كامل وشلال، 2023). ويزيد هذا الوضع من تعرض العراق لخطر التصحر (كامل وشلال، 2023).

تمكن هوغه جولدبرغ وآخرون (2018) من إثبات أن إعادة تغذية المياه المطرية تحت ظروف مختبرية قادرة على خفض الموصلية الكهربائية في عينة من غرب الأنبار من 5,600 إلى $4,290 \mu S/cm$.



جودة المياه الجوفية

4

وعلى الرغم من أن القيمة النهائية للموصليات الكهربائية لا تزال أعلى من الحد الآمن للري، فإن إعادة تغذية المياه الجوفية باستخدام مجموعة من التقنيات التي تسمح بتسرب جزء من مياه الأمطار أو فيضانات الجريان السطحي، تبدو طريقة واحدة لاستعادة جودة المياه الجوفية. ومع ذلك، هناك حاجة إلى المزيد من دراسات الحالة والتجارب طويلة الأمد لتحديد أهمية كمية الأملاح التي تُغسل مع تغذية مياه الأمطار. يتم مناقشة هذا الموضوع بمزيد من التفصيل في الفصل السادس.

الجدول 4.3: التحليل الإحصائي الوصفي لمختلف معايير جودة المياه الجوفية في الأنبار

المعيار (الوحدة)	المتوسط	الحد الادنى	الحد الاقصى	الانحراف المعياري	الربع الأول (Q1)	الربع الثالث (Q3)
الموصليات الكهربائية EC (ميكرو سيمنز/سم)	3,345.0	668.0	30,200.0	3,270.1	2,310.0	3,715.0
إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS ملجم/لتر)	2,381.7	473.0	19,828.0	2,130.6	1,628.8	2,720.3
نسبة امتصاص الصوديوم (SAR)	9.0	1.7	20.8	3.9	6.2	10.9
نسبة الصوديوم (%)	310.2	32.0	1,748.0	208.3	236.3	403.8
خطر المغنيسيوم (MH)	33.2	18.2	44.4	5.2	30.3	37.1
مؤشر التفاذية (PI)	53.4	30.3	86.2	10.6	48.4	57.3

المصدر: عمل ذاتي

يشكّل إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) مؤشر آخر على ملوحة المياه. وتعتبر قيم إجمالي المواد الصلبة الأقل من 450 ملجم/لتر مثالية للري، بينما تُعد القيم من بين 450 و2000 ملجم/لتر مقيدة بشكل طفيف إلى متوسط، وتعتبر القيم التي تزيد عن 2000 ملجم/لتر غير مناسبة للاستخدام في الزراعة. تراوحت قيم إجمالي المواد الصلبة الذائبة التي لوحظت بين 473 و473 و19,828 ملجم/لتر، بمتوسط 2,381.7 ملجم/لتر، (الجدول 4.3). وأشارت نتائج الدراسة إلى أن أيًّا من العينات التي تم فحصها لا يُفضل استخدامها للري. حيث تقع نصف العينات (50%) ضمن فئة غير المناسبة ($TDS > 2,000$ ملجم/لتر)، بينما تُظهر العينات المتبقية قيودًا خفيفة إلى معتدلة على الاستخدام في الري. وأفادت دراسة أجراها عثمان وآخرون (2017) بشكل مشابه عن ارتفاع قيم إجمالي المواد الصلبة الذائبة في عينات المياه الجوفية من المناطق الغربية والشرقية لأنبار. أظهرت نفس الدراسة إمكانية إعادة تغذية المياه الجوفية بمياه الأمطار في تقليل إجمالي المواد الصلبة الذائبة وتحسين جودة المياه الجوفية.



جودة المياه الجوفية

4

وتعُد نسبة امتصاص الصوديوم (SAR) أحد المقاييس العالمية المستخدمة لقياس مدى ملائمة المياه للزراعة المروية، وقد تم تحليلها أيضًا (جورجي، 2006؛ بونجارتس، 2019؛ بيتس وآخرون، 2018). تمثل نسبة امتصاص الصوديوم نسبة نسبية لأيونات الصوديوم (Na^+) إلى أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) والمغنيسيوم (Mg^{2+}) الموجودة في عينة المياه (المعادلة 1).

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}{2}}}$$

حيث تكون أيونات الصوديوم (Na^+)، والكالسيوم (Ca^{2+})، والمغنيسيوم (Mg^{2+}) بوحدة الميلي مكافئ لكل لتر (l/mEq).

يبلغ متوسط قيمة امتصاص الصوديوم (SAR) في عينات المياه الجوفية قيد الدراسة 9.0، وتراوحت بين 1.7 (دون مخاطر) و 20.8 (مخاطر عالية). واستناداً إلى الجدول 4.4، فإن (الربع الأول) 25% من عينات المياه الجوفية لا تحتوي على مخاطر صوديوم أو تحتوي على مخاطر منخفضة، بينما (الربع الثالث) 75% من العينات أظهرت مخاطر صوديوم متوسطة إلى عالية. وتأثر نسبة امتصاص الصوديوم على وقت تسرب المياه في التربة. لذلك، فإن القيمة المنخفضة للمؤشر في مياه الري يعد أمر مرغوب.

يمكن أن يؤدي الري بمياه ذات نسبة عالية من امتصاص الصوديوم إلى تماسك التربة ومشاكل خطيرة في النفاذية نتيجة إلى تشبع التربة بالصوديوم. يؤدي ارتفاع نسبة امتصاص الصوديوم في المياه إلى زيادة تراكم الصوديوم والملوحة في التربة (مينهاس وآخرون، 2019). عندما تصبح التربة مالحة، أو صودية، أو مالحة-صودية، فإن إنتاجية المحاصيل تتراجع طبقاً إلى ما وثقه سينغ وآخرون (1992). وعند الجمع بين ارتفاع الموصولة الكهربائية (EC) ونسبة امتصاص الصوديوم في مياه الري، يمكن أن يؤدي ذلك إلى تفاقم ملوحة التربة وصوديتها، خاصة إذا تجاوزت الموصولة الكهربائية 12,000 ميكرو سيمزن/سم. وقد بلغت القيمة القصوى للموصولة الكهربائية المرصودة في هذا التحليل 30,200 ميكرو سيمزن/سم، وهي تعتبر قيمة مقلقة بشكل كبير. يصبح غسل الأملاح المتراكمة في التربة ذات مؤشر امتصاص الصوديوم أمراً العالى صعباً ومكلفاً، وفي النهاية تصبح التربة غير صالحة للزراعة. ونتيجة لذلك، يضطر المزارعون إلى التحول إلى زراعة المحاصيل المقاومة، والتي قد تكون ذات قيمة اقتصادية أقل في بعض الأحيان. وعلى الرغم من وجود إجراءات للتخفيف، مثل الصرف، والتحسين الكيميائي للتربة، وتعديلات الجبس، وزراعة المحاصيل المقاومة، إلا أن هذه الإجراءات عادة ما تكون مكلفة، وغالباً ما يكون وضع التربة غير قابل للعكس. لذلك، يجب إعطاء الأولوية للإجراءات الوقائية.



جودة المياه الجوفية

4

تُعد نسبة الصوديوم المئوية (%) مؤشراً واسع الاستخدام لتقدير جودة المياه المستخدمة في أغراض الري (نون وأخرون، 2021؛ تاو وأخرون، 2019؛ يعقوب وأخرون، 2015). وتفاعل أيونات الصوديوم (Na^+) مع الكربونات (CO_3^{2-}) مكوناً تربة قلوية، بينما يتفاعل مع الكلوريد (Cl^-) مكوناً تربة مالحة. تؤدي التربة المتأثرة بالصوديوم (القلوية أو المالحة) إلى إبطاء نمو المحاصيل. تُستخدم المعادلة 2 لحساب نسبة الصوديوم المئوية (%Na). ويعرض الجدول 4.4 تصنيف (%Na) لقياس جودة المياه المستخدمة في الري.

$$\% \text{Na} = \frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+} \times 100$$

حيث تُقاس قيم أيونات الصوديوم (Na^+)، والكالسيوم (Ca^{2+})، والبوتاسيوم (K^+)، والمغنيسيوم (Mg^{2+}) بوحدة الميلي مكافى لكل لتر (mEq/l).

يمكن أن يؤدي ارتفاع تركيز الصوديوم (Na^+) إلى تدهور بنية التربة، وتقليل نفاذيتها، وانخفاض إنتاجية النباتات. تراوحت قيم النسبة المئوية للصوديوم ($\text{Na}\%$) المحسوبة بين 25 كحد أدنى و78.6 كحد أقصى، بمتوسط 49.7 (الجدول 4.3). أظهرت النتائج أن قيم النسبة المئوية للصوديوم تقع ضمن نطاقات مقبولة ومشكوك فيها فيما يتعلق بالقيود استخدام المياه في الري. واستناداً إلى التصنيف الوارد في الجدول 4.4، تقع 75% من عينات المياه الجوفية التي تم فحصها في الربع الثالث (Q3) ضمن مناطق القيود المسموح بها والمشكوك فيها لأغراض الري. ولم تُصنف أي من العينات التي جرى تحليلها على أنها ممتازة أو غير صالحة تماماً.

يؤدي التركيز العالي لأيونات المغنيسيوم (Mg^{2+}) في المياه الجوفية إلى التأثير سلباً على جودة التربة عن طريق تحويلها إلى تربة قلوية، مما يؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل (ويلهانيت وغلانتز، 1985). مخاطر المغنيسيوم (MH) هي نسبة أيونات المغنيسيوم (Mg^{2+}) إلى مجموع أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) والمغنيسيوم (Mg^{2+}). وتعتبر قيمة (MH) التي تقل أو تساوي 50 مناسبة للاستخدام في الري، في حين تشير القيمة التي تتجاوز 50 إلى عدم ملاءمة المياه للري. تُستخدم المعادلة 3 لحساب قيمة MH.

$$\text{MH} = \frac{\text{Mg}^{2+}}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} \times 100$$

حيث تُقاس أيونات الصوديوم (Na^+)، والكالسيوم (Ca^{2+})، والمغنيسيوم (Mg^{2+}) بوحدة الميلي مكافى لكل لتر (mEq/l).

وقد تراوحت قيم مخاطر المغنيسيوم (MH) المحسوبة بين 18.2 و44.4، بمتوسط قدره 33.2 ملي مكافى/لتر. وقد أظهرت النتائج أن 100% من عينات المياه الجوفية التي خضعت للدراسة تُعتبر مناسبة للري، حيث كانت قيمة مخاطر المغنيسيوم $\text{MH} < 50$ ملي مكافى/لتر (الجدول 4.4).



جودة المياه الجوفية

4

يعتبر مؤشر النفاذية (PI) هو آخر مؤشر تم استخدامه في دراسة مدى ملائمة المياه لأغراض الري. حيث تتأثر قدرة حركة الماء في التربة (النفاذية) بالاستخدام طويل الأمد لمياه الري (ذات التركيز العالي من الأملالح)، حيث تتأثر أيونات الصوديوم (Na^+)، والكالسيوم (Ca^{2+})، والمغنيسيوم (Mg^{2+})، والبيكربونات (HCO_3^-) الموجودة في التربة.

ويتم استخدام المعادلة رقم 4 لحساب مؤشر النفاذية. ويمكن تصنيف مؤشر النفاذية إلى ثلاث فئات: الفئة الأولى (<75٪ مناسب)، الفئة الثانية (25٪ - 75٪، جيد)، والفئة الثالثة (>25٪، غير مناسب). وينصح فقط باستخدام المياه التي تقع ضمن الفئتين الأولى والثانية في أغراض الري.

$$\text{PI} = \frac{\text{Na}^+ + \sqrt{\text{HCO}_3^-}}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+}$$

حيث تُقاس أيونات الصوديوم (Na^+)، والكالسيوم (Ca^{2+})، والمغنيسيوم (Mg^{2+})، والبيكربونات (HCO_3^-) بوحدة ملي مكافئ لكل لتر (mEq/l).

يوضح الجدول 4.4 تصنيف مؤشر النفاذية (PI) للزراعة المروية. وقد تراوحت قيم مؤشر النفاذية المحسوبة بين 30.3 و 86.2 بمتوسط قدره 53.4. كما كشفت النتائج أن جميع عينات المياه الجوفية التي تم دراستها تقع في الفئة الثانية (75٪-25٪، جيدة)، أي أنها موصى باستخدامها في الري.



الجدول 4.4: المؤشرات المستخدمة في قياس مدى ملائمة المياه للزراعة المروية

الفئة	النطاق	المعامل
ممتاز	$Na < 20$	
جيد	$Na \leq 40 \geq 20$	
مقبول	$Na \leq 60 \geq 40$	نسبة الصوديوم المئوية (Na%)
في حالة شك	$Na \leq 80 \geq 60$	
غير مناسب	$Na > 80$	
لا توجد مخاطر	$SAR < 2$	
مخاطر منخفضة	$SAR \leq 10 \geq 2$	نسبة امتصاص الصوديوم (SAR)
مخاطر متوسطة	$SAR \leq 18 \geq 10$	
مخاطر عالية	$SAR \leq 26 \geq 18$	
مخاطر عالية جداً	$SAR > 26$	
مناسب	$MH \leq 50$	
غير مناسب	$MH > 50$	مخاطر المغنيسيوم (MH)
غير مناسب	$PI < 25$ (الفئة الثالثة)	
جيد	$PI \leq 75 \geq 25$ (الفئة الثانية)	مؤشر دونين للنفاذية (PI) (%)
ممتاز	$PI > 75$ (الفئة الأولى)	
لا يوجد	$700 \geq$	الموصولة الكهربائية EC (ميکرو سیمنز/سم)
معتدل	$700-3000$	
شديد	$3000 \leq$	
لا يوجد	$450 \geq$	إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) جزء في المليون ()
معتدل	$450-2000$	
شديد	$2000 \leq$	

المصدر: المبادئ التوجيهية لمنظمة الأغذية والزراعة لجودة المياه التقليدية للري (آيرز ووستكوت، 1985، الفاو، 2010)



4.4 الخاتمة

على الرغم من أن المياه الجوفية تمثل حجمًا صغيرًا من إجمالي موارد العراق المائية، إلا أنها لا تزال مصدراً أساسياً للمياه لأن معظم المياه السطحية في العراق يتم استيرادها من خارج البلاد، مع استمرار التعديات على نهر الفرات. حتى في حالة توفر المياه السطحية وكفايتها، يجب إدارة المياه الجوفية بشكل مستدام لتحسين التكيف مع تغير المناخ وتعزيز مرونة سبل العيش. سعت هذه الدراسة، من خلال استخدام مجموعة متنوعة من مقاييس جودة المياه، إلى تحديد ما إذا كانت جودة المياه الجوفية في محافظة الأنبار مناسبة للري. وتساعد نتائج الدراسة الأولية مديرى المياه وصناع القرار على وضع خطة قوية، واختيار أفضل مسار للعمل، واستخدام أدوات الإدارة المتكاملة للموارد المائية من أجل حماية المياه الجوفية من مصادر التلوث المحتملة، واستخدامها بشكل مستدام، وبهذه مبادرة لتطوير المياه الجوفية والزراعة المستدامة في المنطقة.

تم تقييم مدى ملاءمة المياه الجوفية في محافظة الأنبار لأغراض الري باستخدام ستة مؤشرات وهي: النسبة المئوية الصوديوم ($\text{Na}\%$ ），نسبة امتصاص الصوديوم (SAR)، مخاطر المغنيسيوم (MH)، مؤشر النفاذية (PI)، إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS)، والموصولة الكهربائية (EC). ومع ذلك، لا يزال من الضروري إجراء أبحاث إضافية باستخدام عدد أكبر من عينات المياه الجوفية ومعايير جودة أكثر تنوعاً.

تشير النتائج إلى أنه عند النظر في الملوحة، تشكل الموصولة الكهربائية للمياه الجوفية في محافظة الأنبار أحد أكبر التحديات، حيث تقع 75% من القياسات ضمن نطاق غير مناسب للاستخدام الزراعي. وأشارت نتائج إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) إلى أن أيّاً من العينات التي تم فحصها لن تكون مثالية للري، إلا إذا تم معالجتها أو مزجها مع مصادر مياه أخرى. وتدرج نصف العينات التي تم تحليلها ضمن الفئة الغير المناسبة ($TDS > 2,000 \text{ ملجم/لتر}$) بمتوسط وسطي قدره 2270.5 ملجم/لتر. وبالاقتران مع نتائج مؤشر امتصاص الصوديوم، تشير النتائج إلى زيادة مخاطر الملوحة والصوديوم في التربة بالمنطقة، والتي إذا لم تعالج بشكل عاجل، قد تؤدي إلى تدهور لا رجعة فيه للأراضي مع تهديد كبير للأمن الغذائي وسبل العيش الزراعية في الأنبار.

يجب أن يكون أحد المكونات الأساسية لبرنامج تقييم المخاطر طويلاً الأمد هو المراقبة المستمرة لكمية وجودة المياه الجوفية. كما ينبغي على الجهات المختصة بالمياه الجوفية دراسة فعالية أي منشآت اصطناعية لإعادة تغذية المياه ومنشآت حصاد مياه الأمطار في منطقة الدراسة لاستعادة الجودة العالية للمياه الجوفية.

تُظهر نتائج هذه الدراسة أن تقييم جودة مياه الري بناءً على المؤشرات يمكن أن يكون مفيداً في عمليات اتخاذ القرار، مثل تحديد عدد الآبار المناسبة لأنظمة الري ومنع تلف المحاصيل والإنتاج. كما يقترح أيضاً أن تكون المراقبة الدورية لجودة مياه الري والتلوث أمر ضروري لمساعدة المزارعين والجهات المعنية في صياغة سياسات الري للحكومة المحلية في الأنبار.



4.5 المراجع

- الأنصاري، ن.، آدامو، ن.، سيساكيان، ف.، كنوتون، س. ولاوي، ج. 2018. موارد المياه في حوض نهر الفرات. مجلة علوم الأرض والهندسة الجيوتكنولوجية، 8، 1-20.
- الحديثي، إ. ب. و الملاح، ع. ي. (2023، أغسطس). تقييم هيدروجيوكيميائي للمياه السطحية والجوفية في منطقة حديثة، محافظة الأنبار، غرب العراق. في: سلسلة مؤتمرات IOP: علوم الأرض والبيئة (المجلد 1222، العدد 1، ص. 012045). دار نشر IOP.
- بيتس، ر. أ.، ألفيري، ل.، برادشو، س.، فيصر، ج.، فيين، ل.، فريدينغشتاين، ب.، جوهار، ل.، كوتورو ليس، أ.، لويس، ك. ومورفوبولوس، ج. 2018. التغيرات في الظواهر المناخية القصوى وتوازن المياه العذبة وقابلية التعرض لانعدام الأمان الغذائي في ظل سيناريوهات ارتفاع درجة الحرارة العالمية 1.5°C و 2°C باستخدام نموذج مناخى عالمي عالي الدقة. المعاملات الفلسفية للجمعية الملكية أ: علوم الرياضيات والفيزياء والهندسة، 376، 20160452.
- بونجارت، ج. 2019. ملخص لصانعي السياسات من التقرير العالمي لتقييم التنوع البيولوجي وخدمات النظم البيئية لمنصة السياسات العلمية الحكومية الدولية للتوعي البيولوجي وخدمات النظم البيئية . مكتبة وايلي على الإنترنت.
- فياض، أ. م.، زيدان، ت. أ. و الهيتي، ع. أ.، 2020. تقييم جودة المياه الجوفية في منطقتي الوفاء وكبيرة باستخدام التحليل الإحصائي متعدد المتغيرات، الأنبار، غرب العراق. المجلة العراقية للجيولوجيا، ص. 107-127.
- جيورجي، ف. 2006. النقاط الساخنة لتغير المناخ. رسائل أبحاث الجيوفيزياء، 33.
- حسن، و. ح.، نايل، ب. ك.، كاظم، ز. ك.، مهدي، ك.، ريسن، م. وثياب، ر. ف. 2023. الاتجاهات، التنبؤات والاستراتيجيات التكيفية لتغير المناخ في المناطق الوسطى والغربية من العراق. العلوم التطبيقية SN، 5، 312.
- هوغه جولدبرج، أ.، جيكوب، د.، تايلور، م.، بيندي، م.، براون، س.، كاميلوني، إ. أ.، ديديهو، أ.، ديلان، ر.، إببي، ك. إل. وإنغلبريشت، ف. 2018. تأثيرات الاحترار العالمي 1.5°C على الأنظمة الطبيعية والبشرية.
- كامل، أ. وشلال، ع. 2023. تقدیر تدفقات المياه في منطقة الرطبة في العراق. ليو، س.، يانغ، ج.، يانغ، ش. ووانغ، ي. 2021. تحليل الجفاف الزمانی والمکانی باستخدام مؤشر المطوال القياسي (SPI) ومؤشر المطوال-التبرکن القياسي (SPEI) في محافظة سیتشوان، الصين. التقارير العلمية، 11، 1280.
- مينهاس، ب.، قادر، م. و ياداف، ر. 2019. تملح التربة الناتج عن الري بالمياه الجوفية وخيارات الاستجابة. إدارة المياه الزراعية، 215، 74-85. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.12.030>
- نون، أ. م.، أحمد، ح. ج. وسلامان، س. أ. 2021. تقييم الطلب على المياه في محافظة الأنبار-العراق. أبحاث البيئة والبيئة، 9، 64-75.
- عثمان، ي.، عبد اللطيف، م.، الأنصاري، ن.، كنوتون، س. وجداد، س. 2017. تغير المناخ والهطول المطري المستقبلي في بيئة قاحلة من الشرق الأوسط: دراسة حالة العراق. مجلة الهيدرولوجيا البيئية، 25.
- دائرة حماية البيئة في بنسلفانيا 2006. أفضل الممارسات الإدارية 6.4.9: شريط الترشيح النباتي. في: دليل أفضل ممارسات إدارة مياه الأمطار في بنسلفانيا.
- روهوستوف، ب. ف. ج. و. 2013. جرد الموارد المائية المشتركة في غرب آسيا، الأمم المتحدة.
- سينج، ر.، مينهاس، ب.، تشوهان، ج. وجوبتا، ر. 1992. تأثير المياه عالية الملوحة ونسبة امتصاص الصوديوم على تملح وثرب التربة ومحاصيل الدخن والقمح. إدارة المياه الزراعية، 1(2-21)، 93-105. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(92\)90085-B](https://doi.org/10.1016/0378-3774(92)90085-B)
- سليمان، س. أ.، كامل، ع. ح.، سيل، ك. ن. والفاضل، م. ي. 2019. إدارة الموارد المائية والاستدامة فوق الصحراء الغربية العراقية. علوم الأرض البيئية، 78، 495.



- سليمان، س. أ.، نجم، أ. ب.، كامل، ع. ح. والأنصاري، ن. 2021. تقييم الطلب المستقبلي الأمثل على استهلاك المياه في محافظة الأنبار غرب العراق. المجلة الدولية للتنمية المستدامة والتخطيط، 16، 457-462.
- تاو، هـ، بوباكير، أ. مـ، رامل، مـ، ياسين، زـ. مـ، حسين، مـ. سـ. وشاهيد، سـ. 2019. تحديد الطلب الحيوي على الأكسجين والمذاب لبيئة الأنهر شبه الجافة: تطبيق نماذج الحوسبة الناعمة. أبحاث العلوم البيئية وتلوثها، 26، 923-937.
- ويلهایت، دـ. أـ. وغلاتزـ، مـ. 1985. فهم ظاهرة الجفاف: دور التعاريف. المياه الدولية، 10، 111-120.
- يعقوب، إـ، السعيد، رـ، سوريا، جـ. وسويدان، مـ. 2015. محاكاة سيناريوهات إدارة موارد المياه العادمة العابرة للحدود في حوض وادي زومر باستخدام نموذج WEAP



الفصل الخامس: أنظمة الري والصرف الصحي

5.1 مقدمة

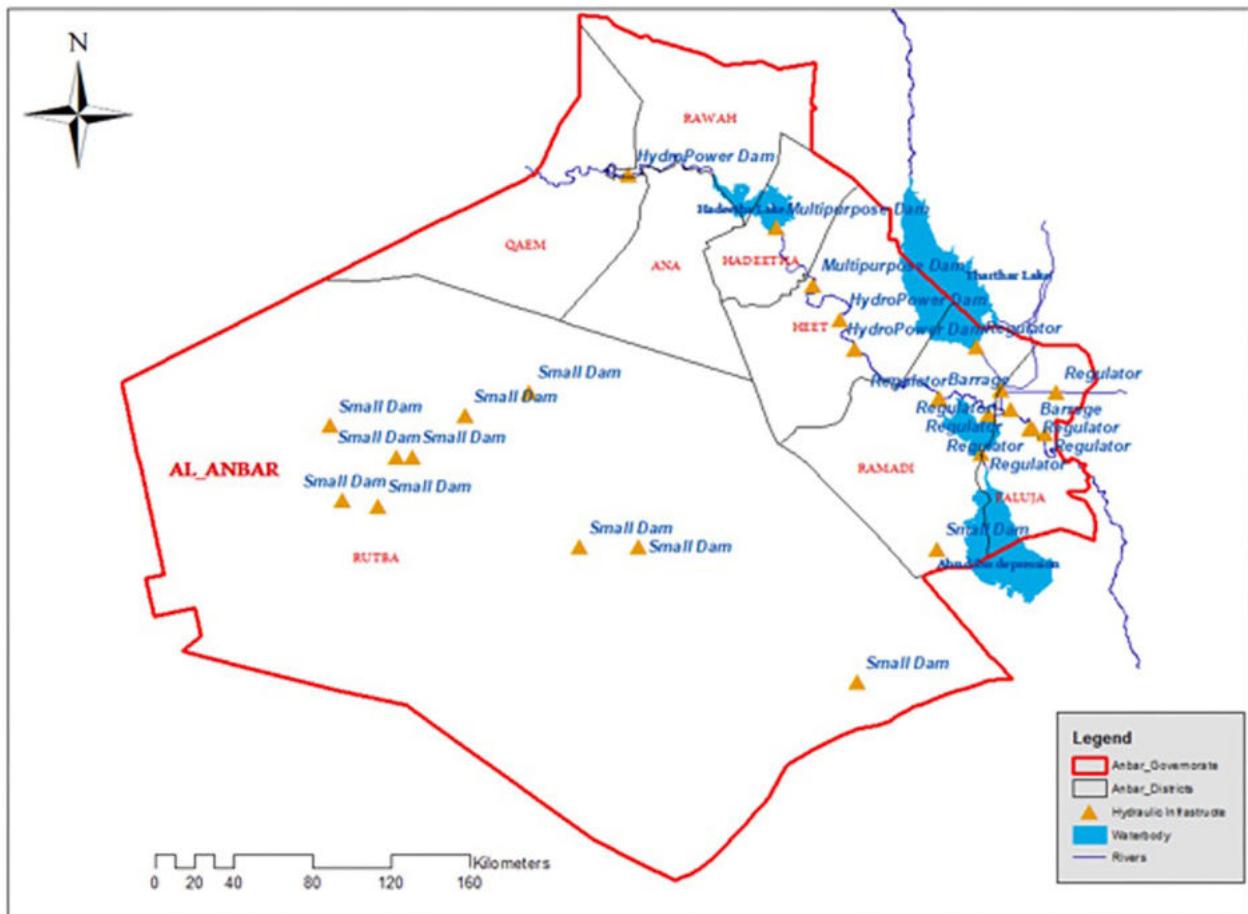
نظراً لأن الري يعد أكبر مستهلك للمياه في محافظة الأنبار، فهو يمثل محور أساسى لتحسين إدارة الموارد المائية في المحافظة. وقد بلغت المساحة الزراعية في الأنبار 221,250 هكتار في عام 2015 (سليمان وآخرون، 2021)، منها 115,310.5 هكتار قد تم تصنيفهم على أنها صافي المساحة المروية (هيئة التعاون الدولي اليابانية، 2016). تُزرع مجموعة متنوعة من المحاصيل تقليدياً باستخدام الري السطحي، مثل: القمح، والشعير، والبصل، والذرة، وعباد الشمس، والسمسم، بالإضافة إلى البستين والخضروات الشتوية والصيفية. ويتم دمج نظام الري مع توليد الطاقة الكهربائية من الخزانات المقامة على مجرى النهر وخارجها. وتظهر الخزانات الرئيسية في محافظة الأنبار في الشكل 5.1.

يقع خزان حديثة على نهر الفرات، وقد بدأ تشغيل هذا المجمع الهيدروليكي في عام 1985. يقوم هذا الخزان متعدد الأغراض بتنظيم تدفق نهر الفرات، الذي يتم تنظيم جزء منه بالفعل بواسطة خزان كيبيان وخزان طبقة، بهدف تلبية احتياجات الري في العراق، وتوليد الطاقة الكهرومائية، بالإضافة إلى التحكم في تصريف الفيضانات.





الشكل 5.1: المنشآت الهيدروليكية في محافظة الأنبار



المصدر: GOPA-AFC

خزان الحبانية هو خزان يقع خارج مجرى النهر، على الضفة اليمنى لنهر الفرات، في المنخفض طبيعى محاط من الشرق. يستخدم الخزان للتنظيم الجزئي لتدفق نهر الفرات. يشكل خزان الحبانية مع المنشآت المجاورة له مجمع هيدروليكي متتكامل يشمل سد الرمادي، ومنظم المياه وقناة البداية، وقناة ومنظم ذيل الدبان، وقناة ومنظم مجرى الهروب (المجرة)، بالإضافة إلى منخفض أبي دبس الذي يستخدم لاستيعاب فائض مياه الفيضانات ومياه تصريف الأراضي من قضاء كربلاء.

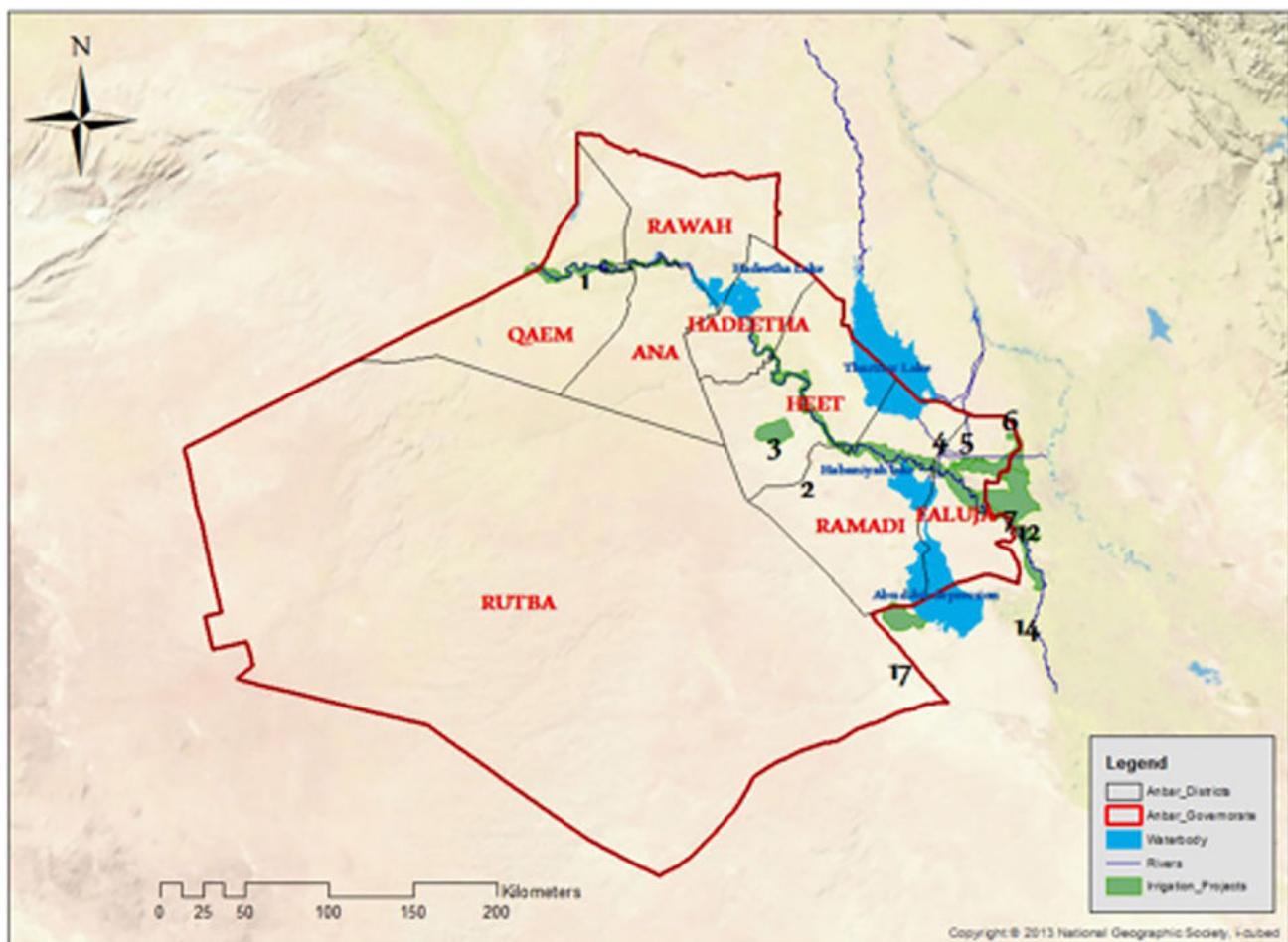
تم بناء المجمع الهيدروليكي في الفلوجة عام 1985. يهدف المجمع إلى تثبيت إمدادات المياه للقنوات القائمة في الصقلاوية، أبو غريب، اليوسفية، اللطيفية، والإسكندرية. من أجل ذلك، تبدأ قناة من الحوض العلوي لمشروع الفلوجة، وتمتد على طول الضفة اليسرى لنهر الفرات، حيث تتقاطع مع جميع القنوات المذكورة (باستثناء قناة الصقلاوية) وتعمل على توحيدتها في نظام ري كبير يسمى "أبو غريب الكبير". ويشمل المجمع الهيدروليكي على سد تحويل، قناة ملالية، ممر للأسماك، منشآت لسحب المياه وحوض تهدئة. أما سدود مشروع الكفل - الشنا悱ة فقد شُيدت في فترات زمنية مختلفة على أذرع الكوفة والشامية وعلى فرع ياعو، بهدف إدارة نظام المياه في تلك الأذرع وخلق ارتفاع لمنسوب المياه لأغراض الري. ومن هذه السدود: سد مشخاب العليا وسد مشخاب السفلى على ذراع الكوفة، سد الشامية على ذراع الشامية، وسد ياعو على الفرع الذي يحمل الاسم نفسه.



5.2 أنظمة الري في الأنبار

تُعد مساحة الأراضي المزروعة بالري في الأنبار صغيرة نسبياً، إلا أن الخزانات الموجودة في الأنبار تزود أنظمة الري بالمياه في محافظات أخرى أيضاً. وتُغذى أنظمة الري إما مباشرة من نهر الفرات - عن طريق التدفق بالجاذبية أو الضخ من الخزانات أو من الينابيع. ويتم وصف النظام في الجدول 5.1، الذي يستند إلى جمع المعلومات الميدانية الصادرة عن المصادر لتحديد التفاصيل الدقيقة لتوزيع أنظمة الري.⁴ لعامي 2023/2024 من خلال استخدام مجموعة من المصادر لتحديد التفاصيل الدقيقة لتوزيع أنظمة الري.

الشكل 5.2: أنظمة الري في محافظة الأنبار



المصدر: تحقيق ميداني شخصي

⁴ تبلغ المساحة الإجمالية للري 193,000 هكتار) والمساحة الصافية المروية (169,185 هكتار) تُضاف إلى إجماليات مختلفة عن الأرقام الواردة في تقرير الوكالة اليابانية للتعاون الدولي (JICA) المذكورة سابقاً. ويرجع ذلك إلى استخدام مصادر مختلفة وزيادة المساحة المروية فعلياً بين عامي 2016 و2023.



الجدول 5.1: أنظمة الري في محافظة الأنبار

رقم المشروع	الوصف	الموقع/ المحافظة	المدخلات	مصدر المياه/ نوع	المساحة الإجمالية (هكتار)	صافي المساحة المروية (هكتار)
IP-1	مزارع صغيرة من الحدود السورية حتى سد حديثة (وطأة الرحبة - ريحانة - سكره - الأخضر - الخصفة - الحصاة)	كلا ضفتي نهر الفرات / الأنبار	نهر الفرات	المياه السطحية -	12,939	14,750
IP-2	مزارع صغيرة من سد حديثة حتى حدود مشروع الرمادي (سکران) - الضفة اليسرى لنهر الفرات جنوب سد حديثة	كلا ضفتي نهر الفرات / الأنبار	نهر الفرات	المياه السطحية -	10,307	11,750
IP-3	مزارع صغيرة عند الينابيع في محافظة الأنبار على نهر الفرات	بالقرب من كبيسة الأنبار / الأنبار		المياه الجوفية	219	250
IP-4	الرمادي-الحبانية	غرب بغداد، على كلا ضفتي نهر الفرات / الأنبار		المياه السطحية -	29,500	33,750
IP-5	الفلوجة - عامرية و (مزارع صغيرة من حدود الرمادي-الفلوجة حتى حدود مدينة بغداد)	جنوب الفلوجة / الأنبار		المياه السطحية -	12,275	14,000
IP-6	الصقلاوية	من شرق الفلوجة إلى غرب قضاء الكاظمية / الأنبار		المياه السطحية -	30,702	35,000
IP-7	أبو غريب	جنوب غرب بغداد / بغداد		المياه السطحية -	45,175	51,500
IP-12	الفلوجة الموحدة	بين نهر الفرات والقناة الرئيسية للفلوجة، 35 كم جنوب شرق بغداد/ الأنبار/ بابل/ بغداد		المياه السطحية -	11,850	13,500
IP-14	جرف الصخر ورويحة	غرب جرف الصخر / بابل		المياه السطحية -	8,325	9,500
IP-17	مزارع صغيرة مروية بالينابيع في محافظة كربلاء (عين التمر)	غرب الشتانة / كربلاء		المياه الجوفية	2,193	2,500
IP-141	مزارع في شمال الصقلاوية من نهر الفرات وعلى الضفة اليسرى من مجرى الصقلاوية	34 كم شرق مدينة الرمادي / الأنبار		المياه السطحية -	5,700	6,500

المصدر: بحث شخصي

بسبب ملوحة التربة وتضاريس الأرض، يستكمل نظام الصرف الري في معظم مناطق الأنبار. ويُدار نظام الصرف بواسطة عدة محطات ضخ للصرف وشبكة من المصادر المفتوحة. عادةً ما لا يتم معالجة مياه الصرف ولا يُعاد استخدامها بشكل منهجي، حيث تُعاد تقريباً بدون استثناء إلى نهر الفرات. عادةً، لا يتم معالجة مياه الصرف الصحي ولا يُعاد استخدامها بشكل منهجي. ففي جميع الحالات تقريباً، تُصرف هذه المياه مرة أخرى إلى نهر الفرات.



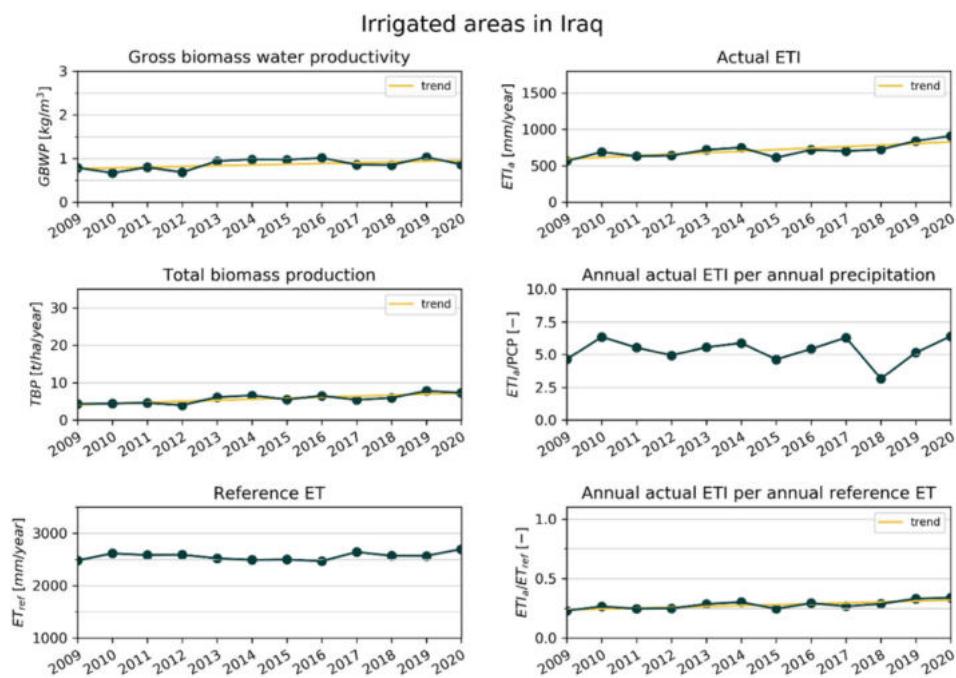
5.3 التحديات

كان للنزاعات والحروب في العراق تأثير شديد على عمل أنظمة الري والصرف، حيث تعرضت هذه الأنظمة للتخرّب المتعمّد والإهمال الجسيم. وأدت الحروب التي شهدتها العراق وتؤثّرها على المجتمع بشكل عام، وكذلك في محافظة الأنبار، إلى توقف أو حتى تراجع في تنفيذ الخطط التنموية.

تُظهر البيانات المعالجة من قاعدة بيانات الوابور (WaPOR) التابعة لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO) (https://wapor.apps.fao.org/home/WAPOR_2/1) تعافي من فترة الحرب. في الأراضي المزروعة بالري في العراق، أظهرت عدّة متغيرات اتجاه إيجابي ملحوظ خلال الفترة من 2009 إلى 2020 (الشكل 5.3). كان الاتجاه الأكثر أهمية هو ارتفاع إجمالي إنتاج الكتلة الحيوية بنسبة 58%， وهو ما يمثل إجمالي المحصول (الجدول 5.2). مقارنة بإجمالي إنتاج الكتلة الحيوية، فقد ازداد أيضًا النتح الفعلي (ET_a)، الذي يعكس استهلاك المياه، بنسبة 35% في العراق - ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى زيادة استخدام المياه. كان تأثير تغيير المناخ في هذه الفترة التي امتدت 12 عامًا على الطلب على المياه صغيراً نسبياً، حيث بلغت نسبة النتح المرجعي (الذي يعكس الطلب الجوي على المياه) 3% فقط. وهذا يعني أن الطلب الجوي على المياه زاد قليلاً بسبب تغيير المناخ، ويرجع ذلك على الأرجح إلى التغييرات في درجات الحرارة. هناك العديد من التأثيرات المناخية الأخرى، التي تم وصفها في الفصل الثاني وخاصة التغيير في هطول الأمطار والتهديد بالجفاف الجوي. هذه التأثيرات تؤثر بشكل (خطير) على توفر المياه، لكنها لا تؤثر بقوة على متطلبات المحاصيل من المياه، والتي ترتبط جزئياً بالطلب الجوي على المياه جفاف الهواء.

زاد إنتاج الكتلة الحيوية أكثر من النتح الفعلي (ET_a)، مما يشير إلى تحسّن في إنتاجية المياه أيضًا. بشكل عام، زادت إنتاجية الكتلة الحيوية الإجمالية من المياه بشكل ملحوظ بنسبة 23% (الجدول 5.2)، مما يدل على أن كمية المياه المطلوبة لإنتاج نفس كمية الكتلة الحيوية قد انخفضت على مر السنين. قد تكون العوامل الرئيسية وراء هذا التحسّن هي استعادة واستئناف خدمات الري، وتحسين ممارسات الري، أو اتباع طرق زراعة أفضل.

الشكل 5.3: نتائج الوابور (WaPOR) لقيم السنوية المتوسطة للعراق (2009-2020) للأراضي الزراعية المروية



المصدر: قاعدة بيانات الوابور (WaPOR) - منظمة الأغذية والزراعة (FAO)



الجدول 5.2: نظرة عامة على نتائج تحليل الاتجاهات للأراضي الزراعية المروية في العراق خلال الفترة 2009-2020

مجموعة بيانات	المتوسط 2009 - 2020	التغير خلال فترة 12 عاماً * [%]
إنتاجية الكتلة الحيوية الإجمالية للمياه GBWP	0.87 كجم/ m^3	ذو دلالة (p=0.046745)
إجمالي إنتاج الكتلة الحيوية (TBP)	5.704 طن/هكتار/سنة	ذو دلالة (p=0.011175)
النتح التبخري المرجعي (ETref)	2561 ملم/سنة	اتجاه
النتح التبخري الفعلي (ETA)	709 ملم/سنة	ذو دلالة (p=0.004932)
النتح التبخري الفعلي / هطول الأمطار (Eta/PCP)	5.33	اتجاه
النتح التبخري الفعلي / النتح التبخري المرجعي (Eta/Etref)	0.28	ذو دلالة (p=0.007488)

المصدر: قاعدة بيانات الوابور (WaPOR) - منظمة الأغذية والزراعة (FAO)

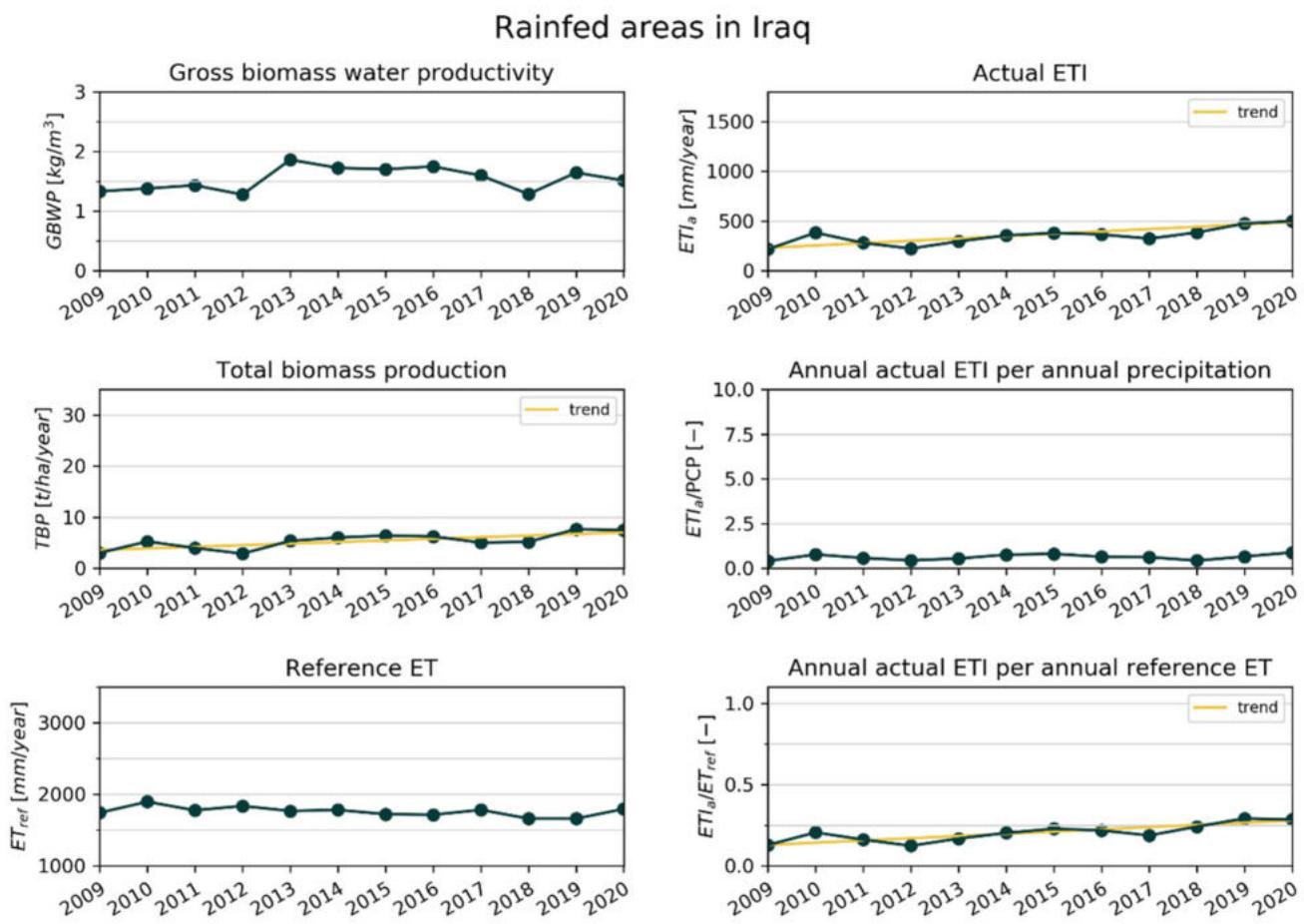
* تم تحديد النسبة المئوية للتغير على مدى 12 عاماً بضرب الميل في المدة (12 عاماً)، ثم قسمتها على متوسط القيمة السنوية خلال الفترة 2009-2020. تم اختبار الاتجاهات مقابل مستوى دلالة تبلغ 0.05 باستخدام اختبار مان-كيندال. وتشير قيمة p إلى مدى دلالة الاتجاه. وعندما يكون الاتجاه غير ذي دلالة إحصائية، يُشار إليه بـ "NS".

يشير التحليل باستخدام قاعدة بيانات الوابور (WaPOR) إلى توافق هذا مع الاتجاه العام في البلاد. فقد لوحظت زيادة مذهبة في (النتح التبخري الفعلي، الذي يعكس استهلاك المياه) بنسبة 81% في المناطق المعتمدة على الأمطار في العراق (أنظر الجدول 5.3). ويترافق هذا الارتفاع في النتح التبخري الفعلي مع زيادة في إجمالي إنتاج الكتلة الحيوية بنسبة 70%. ويعود هذا أمر لافت للنظر، خاصة في ظل الارتفاع في درجات الحرارة والتقلبات في هطول الأمطار التي تواجهها البلاد.

تعكس إنتاجية الكتلة الحيوية الإجمالية من المياه (GBWP) القدرة على تحويل مياه الأمطار والجريان السطحي إلى إنتاج محاصيل، وقد شهدت تقلبات كبيرة على مدار فترة البحث (2009-2020). وكان الاتجاه في إنتاجية الكتلة الحيوية الإجمالية من المياه أقل قبل عام 2013 مقارنة مما كان عليه بعد ذلك. وفي عام 2013، حدثت زيادة في إنتاج الكتلة الحيوية. ومنذ ذلك الحين، بدأ هذا الاتجاه في الانخفاض قليلاً. وفي عام 2018، لوحظت قيمة منخفضة لإنتاجية الكتلة الحيوية الإجمالية من المياه، مما أدى إلى تراجع إنتاج الكتلة الحيوية خلال ذلك العام (الشكل 5.4).



الشكل 5.4: نتائج الوابور WaPOR لقيمة السنوية المتوسطة للعراق (2009-2020) للأراضي الزراعية المعتمدة على الأمطار



المصدر: قاعدة بيانات الوابور (WaPOR) - منظمة الأغذية والزراعة (FAO)



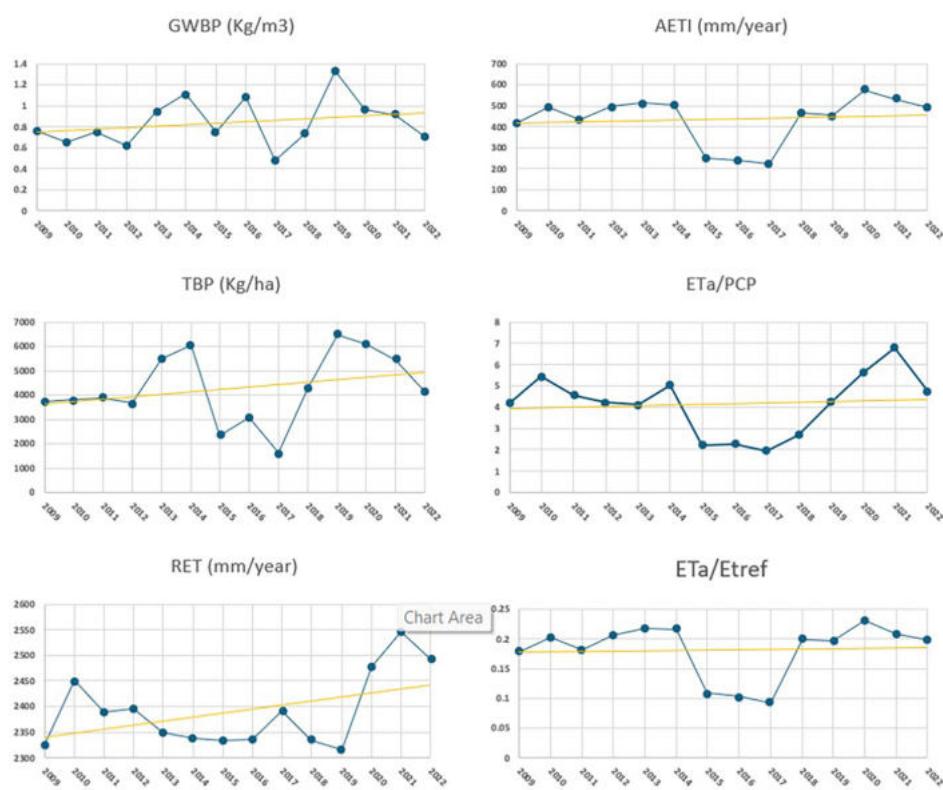
الجدول 5.3: نظرة عامة على نتائج تحليل الاتجاهات للأراضي الزراعية المعتمدة على الأمطار في العراق خلال الفترة 2009-2020

المتوسط 2009 - 2020			مجموعة بيانات
	التغير خلال فترة 12 عاماً *	[%]	
اتجاه	+12%	1.54 كجم/م ³	إنتاجية الكتلة الحيوية الإجمالية للمياه GBWP
ذو دلالة (p=0.023642)	+70%	5369 طن/هكتار/سنة	إجمالي إنتاج الكتلة الحيوية (TBP)
اتجاه	%-8	1762 ملم/سنة	النتح التبخرى المرجعى (ETref)
ذو دلالة (p=0.004932)	+81%	348 ملم/سنة	النتح التبخرى الفعلى (ETa)
اتجاه	+31%	0.63	النتح التبخرى الفعلى / هطول الامطار (Eta/PCP)
ذو دلالة (p=0.004932)	+81%	0.20	النتح التبخرى الفعلى / النتح التبخرى المرجعى (Eta/Etref)

المصدر: قاعدة بيانات الوابور (WaPOR) - منظمة الأغذية والزراعة (FAO)

* يتم حساب نسبة التغير خلال 12 سنة عن طريق ضرب الميل في المدة (12 سنة) وقسمته على المتوسط السنوي للفترة 2009-2020. تم اختبار الاتجاهات مقابل عتبة دلالة 0.05 باستخدام اختبار مان-كيندال. تشير قيمة p إلى دلالة الاتجاه. عندما يكون الاتجاه غير دال، يتم الإشارة إلى ذلك بـ "NS" ((غير معنوي)).

الشكل 5.5: نتائج الوابور WaPOR للقيم السنوية المتوسطة للعراق (2009-2022) للمناطق المزروعة بالري في الرمادي



المصدر: قاعدة بيانات الوابور (WaPOR) - منظمة الأغذية والزراعة (FAO)

الجدول 5.4: نظرية عامة على نتائج تحليل الاتجاهات لمساحة الأرضي المزروعة بالري في الرمادي خلال الفترة 2009-2022

مجموعة بيانات	المتوسط 2009-2022	التغير خلال فترة 12 عاماً *	[%]
إنتاجية الكتلة الحيوية الإجمالية للمياه GBWP	0.8 كجم/م ³	غير معنوي (p=0.701134)	20%
إجمالي إنتاج الكتلة الحيوية (TBP)	4290.7 كجم/هكتار/سنة	غير معنوي (p=0.324423)	28%
النتح التبخري المرجعي (ETref)	2391.2 ملم/سنة	غير معنوي (p=0.511220)	4%
النتح التبخري الفعلي (ETA)	434.9 ملم/سنة	غير معنوي (p=0.511220)	8%
النتح التبخري الفعلي / هطول الامطار (Eta/PCP)	4.1 ملم/سنة	غير معنوي (p=0.661415)	10%
النتح التبخري الفعلي / النتح التبخري المرجعي (Eta/ETref)	0.2 ملم/سنة	غير معنوي (p=0.742556)	3%

المصدر: قاعدة بيانات الوابور (WaPOR) - منظمة الأغذية والزراعة (FAO)

* يتم حساب نسبة التغير خلال 12 سنة عن طريق ضرب الميل في المدة (12 سنة) وقسمته على المتوسط السنوي للفترة 2009-2020. تم اختبار الاتجاهات مقابل عتبة دالة 0.05 باستخدام اختبار مان-كيندال. تشير قيمة p إلى دالة الاتجاه. عندما يكون الاتجاه غير دال، يتم الإشارة إلى ذلك بـ "NS" ((غير معنوي)).

وضح الشكل 5.5 والجدول 5.4 تأثير الصراع في عام 2014 على نظام الري في الرمادي. تعكس الأرقام التعبّي الذي حدث بعد هذه الفترة من الاضطرابات. جميع المتغيرات الناتجة عن تحليل بيانات WaPOR ضمن نظام الري تتبع الاتجاه العام الملاحظ في مساحة الأراضي المزروعة بالري في العراق، والذي أظهر اتجاهًا إيجابيًّا من 2009 إلى 2020 (الجدول 5.4). أبرز هذه الاتجاهات هو زيادة إنتاج الكتلة الحيوية الكلية بنسبة 28%， مما يشير إلى ارتفاع الإنتاجية الإجمالية. في الوقت نفسه، ارتفع النتاج التبخرى الفعلى (ET_a)، الذي يعكس استهلاك المياه، بنسبة 8%. وقد فاق نمو إنتاج الكتلة الحيوية زيادة ET_a، مما يدل على تحسن إنتاجية المياه.

وبالتالي، تحسنت إنتاجية المياه للكتلة الحيوية الإجمالية (GBWP) بنسبة 20%， مما يعكس كفاءة أكبر في إنتاج الكتلة الحيوية لكل وحدة ماء مستخدمة. خلال فترة 12 عاماً، كان تأثير تغير المناخ على الطلب المائي محدوداً نسبياً، حيث ارتفع النتح التبخرى المرجعى (ETref)، الذى يعكس الطلب الجوى على المياه، بنسبة 4% فقط (الشكل 5.5). تؤكد هذه العوامل تأثير استعادة وتحسين خدمات الري والتحسين العام لنظام الري.

قد يكون ذلك نتيجة لمشاريع مختلفة أعادت تأهيل بنية النظام التحتية وقدمت ممارسات أفضل لإدارة المياه. كجزء من مشروع RePLECA، كلفت GIZ تقييم تأثير إعادة تأهيل القنوات على إنتاجية المحاصيل واختيارها باستخدام أدوات الاستشعار عن بعد في محافظة الأنبار قرب الرمادي والفلوجة (MASAE Analytics 2022). تأثرت المنطقة بشكل كبير بصراع تنظيم الدولة الإسلامية في عام 2014، مما أدى إلى أضرار جسيمة في البنية التحتية، بما في ذلك قنوات الري ومضخات المياه. ومع بدء تعافي القطاع الزراعي بعد انتهاء الصراع، أدت عدة عوامل إلى إبطاء أو حتى تعطيل جهود التعافي، بما في ذلك الجفاف المتكرر، ومشاريع البناء في الدول المطلة على الأنهار، واستراتيجيات الحكومة للتعامل مع انخفاض مستويات المياه.

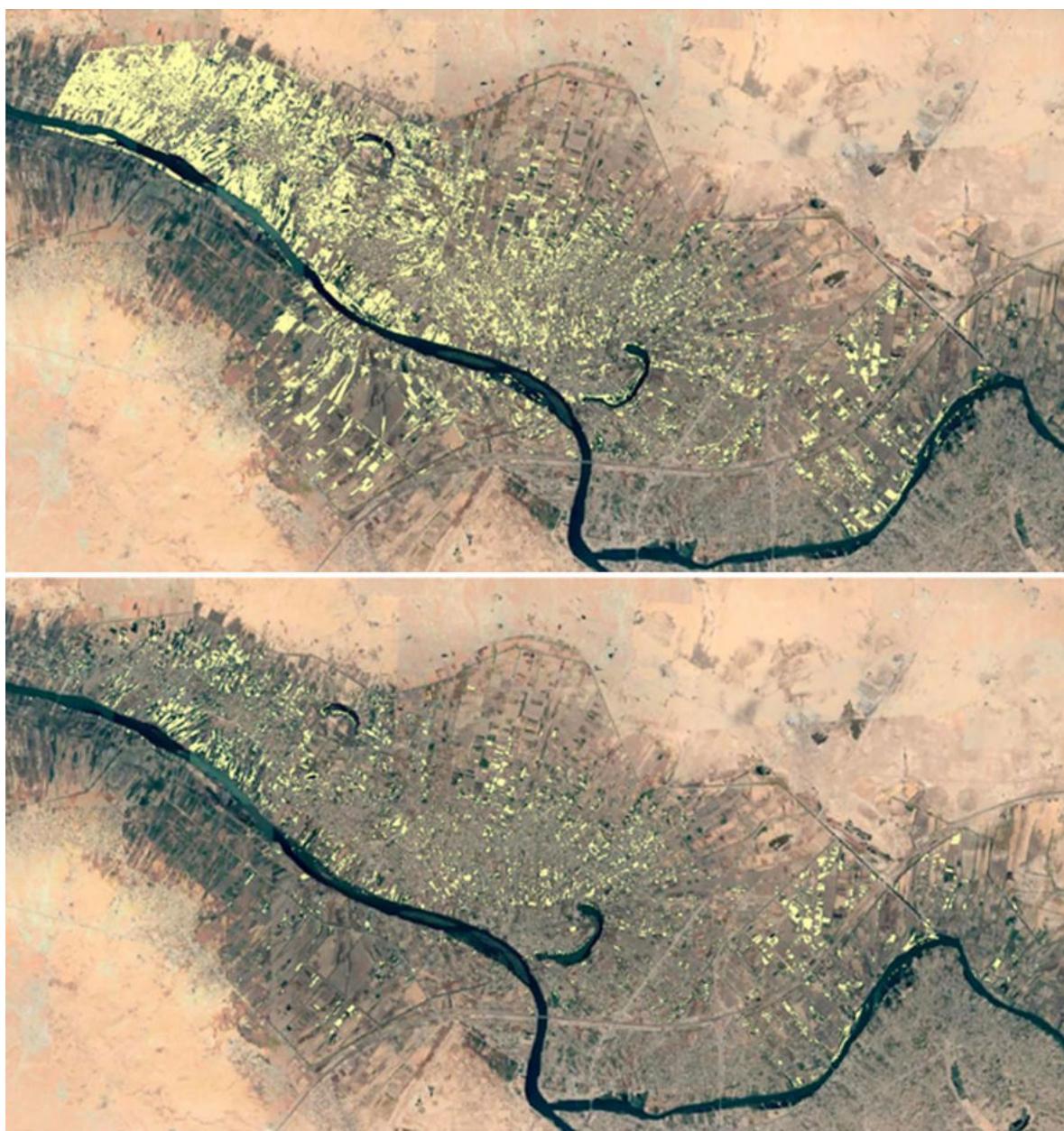
بالإضافة إلى هذه التحديات، يتم التحكم في الوصول إلى المياه عبر حصص مائية فرضتها الحكومة مؤخراً. أظهرت الزيارات الميدانية في هذا المشروع توسيع زراعة محاصيل العلف على حساب زراعة الحبوب الأكثر ربحية. وعلى النقيض، كشفت نتائج الاستشعار عن بعد عن تطور إيجابي في زراعة الحبوب. أظهرت كل من البيانات الميدانية وبيانات الاستشعار عن بعد انخفاضاً في زراعة الخضروات، وهو ما قد يفسر جزئياً الزيادة في زراعة الحبوب.



تعاني التنظيمات الحكومية من غياب سياسة واضحة تدعم المنتجات في السوق المحلية. لا يوجد تقويم زراعي يمنع استيراد محاصيل محددة خلال موسم إنتاجها المحلي الذروي. وبدلًا من ذلك، غالباً ما يغمر السوق بالسلع المستوردة التي تتنافس بقوة مع المنتجات المحلية. هناك حاجة لوضع ارتباط بين سياسات الاستيراد والتصدير والتقويم الزراعي. من العوامل الأخرى التي ساهمت في انخفاض إنتاج الخضروات ارتفاع أسعار الأسمدة والبذور، التي تضاعفت أكثر من ثلاثة مرات نتيجة زيادة سعر الدولار بنسبة 20%.

أدت جهود GIZ في إعادة تأهيل البنية التحتية للمياه إلى زيادة مساحة زراعة الحبوب (الشكل 5.6)، بينما لوحظ تأثير سلبي على زراعة محاصيل العلف. كما عكست قيم NDVI وNDWI تأثيراً إيجابياً على الحبوب (تحسين الوصول إلى المياه) وعلى محاصيل العلف (تحسين الصحة النباتية) في المناطق التي أعيد تأهيلها، على التوالي.

الشكل 5.6: تطور زراعة الحبوب قبل (أدناه) وبعد (أعلاه) جهود إعادة التأهيل



المصدر Masaee Analytics



بشكل عام، قام المزارعون في الأنبار بتقليل تنوع محاصيلهم، ومعظمهم تحول إلى زراعة محاصيل العلف كونها محاصيل طويلة الأمد ويمكن دمجها مع الثروة الحيوانية (الزراعة المختلطة). تظهر الفرص في ثلاثة مجالات:

1. إعادة تأهيل وتحسين البنية التحتية للري والصرف
2. تحسين تخصيص المياه وتوزيعها
3. إدارة المياه في الحقول

5.4 الفرص المتاحة

5.4.1 إعادة تأهيل وتحسين البنية التحتية للري والصرف

الشكل 5.7: الأضرار التي لحقت بنظام الري



المصدر 2024: مراقبة احتياجات الصيانة وإعادة التأهيل لشبكات الري في الأنبار، العراق، تقرير غير منشور

تجري حالياً عملية تقييم منهجي لحالة نظام الري، ولكن من خلال التقييم الميداني ومجموعات النقاش البؤرية التي أجريت كجزء من هذه الدراسة، يتضح أن أجزاء كبيرة من أنظمة الري والصرف متضررة، مع وجود بعض الأجزاء المتعطلة تماماً (الشكل 5.7، MASAE، 2024). وتتضمن المشاكل الشائعة تلف تبطين القنوات وتلف الأكتاف، وكثرة النباتات في المصادر المفتوحة، وتعطل تشغيل الهياكل التحكمية المزودة بالأبواب. وهناك أيضاً أضرار لحقت بالبنية التحتية الأكبر



حاجة كما هو الحال في بعض محطات الضخ. يؤدي هذا الوضع إلى ضعف السيطرة على توزيع المياه في الري، وزيادة خسائر التسرب، وغمر التربة بالمياه في مناطق معينة. تم تقييم حالة 580 كيلومترًا من القنوات في الأنبار. من أصل 580 كيلومترًا من القنوات، كان الوضع كما يلي:

- بطانة تالفة: 11,547 متر
- معجون متضرر: 38 متر
- اكتاف متضررة: 3,283 متر
- بحاجة إلى إصلاح كامل: 22,341 متر

شمل التقييم أيضًا 849 منشأة هيدروليكية. ولا يزال جزء كبير من هذه المنشآت في حالة تدهور ويحتاج إلى إصلاح، حيث تتطلب 29% من المنشآت الرأسية، و26% من المنشآت العرضية، و10% من الجسور فوق القنوات، و47% من المنافذ إصلاحًا جزئي أو كلي.

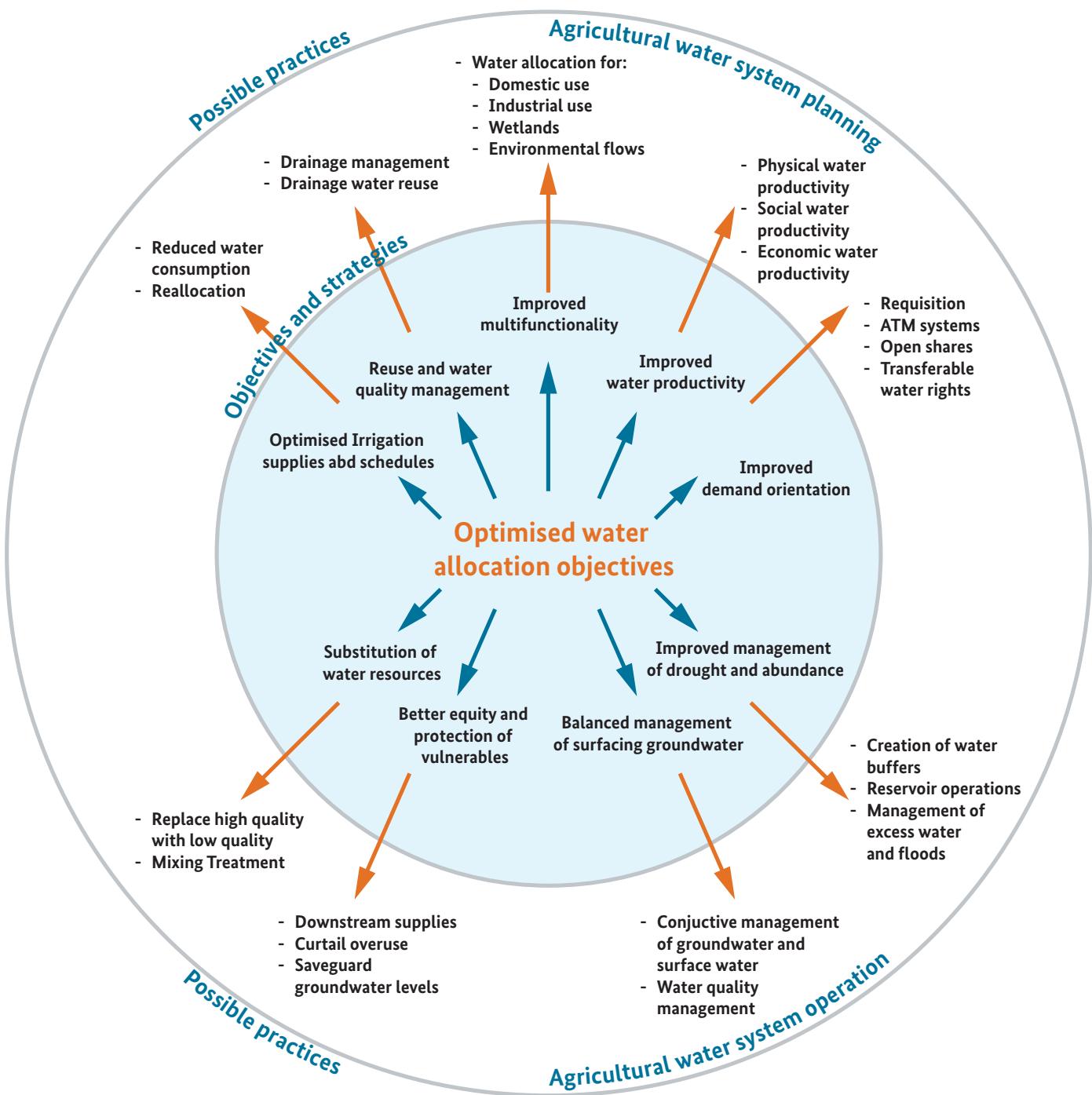
يجب معالجة هذا الأمر في إطار تحديد أولويات واضحة: ما الذي يجب إصلاحه أولاً؟ ومن الواضح أن الاستثمار في استعادة خزانات المياه وتحسين كفاءة استخدام المياه هو الامر الأكثر إلحاحاً. للحفاظ على المياه، يجب تطوير وصيانة وتحسين أنظمة النقل والتوزيع الفعال، مثل تبطين القنوات الحالية، واستخدام شبكات أنابيب التوزيع، وإدخال أنظمة ري حقلية ذكية حديثة وفعالة. كما يجب أن يتواافق تحسين إدارة المياه على مستوى الحقل مع تحسين تخصيص المياه وتوزيعها على مستوى النظام (انظر القسم التالي). هناك بالفعل ممارسة يقوم بها المزارعون لإنشاء خزانات في الحقول. وبشكل عام، ونظرًا للندرة الشديدة والمستمرة جزئياً للمياه، يجب رسم خرائط لخزانات المياه في جميع أنظمة الري ودعمها بشكل مناسب. أخيراً، عند إعادة تأهيل نظام الري، يجب إجراء تقييم للمناطق التي قد يكون من الصعب خدمتها حالياً وأو في المستقبل، نظراً لنقص المياه. وقد يتم إلغاء الأولوية في جهود التأهيل في هذه المناطق.

5.4.2 تحسين تخصيص المياه وتوزيعها

في الأنبار، كما هو الحال في أماكن أخرى، هناك مجال للتحسين في نظام تخصيص المياه ضمن أنظمة الري، حيث لا يتم بالضرورة توصيل المياه بالكميات الصحيحة، في الوقت المناسب، ولل فترة الزمنية المناسبة عبر أنظمة الري المختلفة. ومن الضروري إعادة معايرة نظام تخصيص المياه، وكذلك توزيع المياه على المناطق المختلفة. ويفضل أن يتم ذلك بناءً على فهم شامل للترتيبات الحالية والنظام الذي يشرف عليها. يتطلب تغيير تخصيص المياه وتوزيعها الاستثمار في التشاور مع أصحاب المصلحة الرئيسيين والمعنيين وممثلي مستخدمي المياه. يوضح الشكل 5.8 أدناه نظرة عامة على التحسينات الممكنة في تخصيص المياه، مأخوذة من المبادئ التوجيهية الخاصة بتخصيص المياه في الزراعة المروية الصادرة عن جامعة الدول العربية. تقدم هذه النظرة العامة طيف واسع من التحسينات الممكنة التي يجب أخذها في الاعتبار.



الشكل 5.8: خيارات لتحسين تخصيص المياه



المصدر: بحث ميتميتسا، مقتبس عن جامعة الدول العربية، 2022



تم إجراء تقييم معمق لأنظمة تخصيص المياه. والنقطة الرئيسية هي أن النظام منظم بشكل جيد على أعلى المستويات في أنظمة الري. هناك مجموعة من القوانين والقرارات والتعليمات الفعالة المتعلقة بعمل وزارة الموارد المائية والتي تشير إلى (تحسين) توزيع المياه والحفاظ على مصادر الموارد المائية ومنع الممارسات الضارة، مثل:

- قانون وزارة الموارد المائية رقم (50) لسنة 2008، المعدل.
- قانون الري رقم (6) لسنة 1962 (المعدل).
- قانون صيانة شبكات الري والصرف رقم (12) لسنة 1995، بصيغته المعدلة.
- التشريعات المتعلقة بآبار المياه واستخدام مياه الينابيع.
- نظام الحفاظ على الموارد المائية رقم (2) لسنة 2001.
- منع البناء في منطقة تصريف نهر دجلة.
- التشريعات المتعلقة بتحصيل الرسوم لدوائر وزارة الموارد المائية مقابل الخدمات المقدمة للآخرين.
- التشريعات المتعلقة بري المناطق النائية، والعقوبات المفروضة على تلوث المياه، وتخصيص الشواطئ.
- هناك أيضًا عملية سياسية وتنظيمية يمكن من خلالها تخصيص المياه الصالحة للزراعة.

على المستوى المؤسسي، يتولى المجلس الأعلى لإدارة المياه مسؤولية تخصيص المياه مركزيًا. ويمثل هذا الجهاز رفيع المستوى جميع الوزارات المعنية ويعمل تحت رئاسة رئيس الوزراء. أما على الصعيد التشغيلي، تتولى وزارة الموارد المائية ووحداتها في المركز والمحافظات المسؤولة عن توزيع المياه. وينفذ التحسين والتعديل المنتظم لتخصيص المياه جزء لا يتجزأ من صلاحيات الوزارة. يتركز الاهتمام على تخصيص المياه على المستوى الأعلى، وبدرجة أقل على توزيع وتوقيت إمدادات المياه داخل قنوات الري على سبيل المثال.

يُعرف بحق مستخدمي المياه الزراعية في الحصول على المياه ويتم تسجيل هذا الحق. وتتضمن وزارة الموارد المائية من خلال وحداتها اللامركزية المختلفة توافر المياه وفق الحصص الرسمية. وهناك معيار مائي معمول به لجميع الأراضي الزراعية، مع تخصيص حصص بناءً على طبيعة الأرض ونوع المحصول. كما يتم تسجيل والاعتراف بحقوق المستخدمين غير الزراعيين في المياه، ويتبع ذلك المعيار المائي المعمول به حسب نوع الاستخدام.

هناك تواصل منتظم بين مشغلي شبكات المياه، ومستخدمي المياه، وأصحاب المصلحة الآخرين في مجال المياه، ومن أولوياته تحسين تخصيص المياه واستخدامها. وعلى الرغم من أن الأنظمة العامة واضحة المعالم منظمة بشكل جيد، لا سيما على مستوى نظام الري، إلا أن هناك مجال للتحسين العملي وتعديل النظام بدقة، من خلال مشاركة مستخدمي المياه المنظمين وغيرهم من أصحاب المصلحة.

هناك أيضاً إمكانية للتحسين، بالإضافة إلى وجود رغبة آلية مُحسنة لتنفيذ تخصيص المياه. في محافظة الأنبار، يمكن أن تتضمن أجندة إعادة ضبط تخصيص المياه داخل أنظمة الري كل ما يلي:

- التحكم في انتشار مزارع الأسماك الكبيرة التي تسحب المياه مباشرةً من النهر الرئيسي.
- استكشاف فرص زيادة تخزين المياه خلال فترات التدفق العالي للمياه.
- ترشيد إمدادات الري – وذلك لتحفيز التوفير المحلي للمياه.
- الحد من غمر المياه – تجنب تراكم المياه الزائدة.
- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، على سبيل المثال جمع المياه الزائدة وخلطها بالمياه العذبة، لإعادتها إلى نظام الري.



- استكشاف الاستخدام المشترك، على سبيل المثال الجمع بين الري السطحي وحصاد المياه و/أو استخدام المياه الجوفية الضحلة وتحسين توافر المياه وجودتها لمختلف الاستخدامات.
- استكشاف إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، وجعلها جزء غير تقليدي مكمل لنظام الري.

ستستفيد هذه التحسينات من تنظيم أقوى على المستوى المحلي – مع قيام روابط مستخدمي المياه (WUAs) بدور أكبر في إدارة المياه المحلية وكونها واجهة للتواصل مع مزود الخدمة الرئيسي. خلال العقود الماضية، شهدت العديد من البلدان حركة كبيرة في تشكيل روابط مستخدمي المياه، وذلك لإنشاء طبقة أدنى في نظام المياه وتوفير واجهة مع مستخدمي المياه الزراعيين. تمثل هذه الروابط غالباً أكبر مجموعة من مستهلكي المياه، لكنها في كثير من الحالات تكون غير منتظمة، مما يؤدي إلى هدر المياه والتواترات والنزاعات. في كثير من الأحيان، تم إنشاء هذه الروابط من خلال الدعم الخارجي، غالباً كجزء من الاستثمار في بنية تحتية جديدة أو معدات تأهيلها للري. ثم تولت روابط مستخدمي المياه مسؤولية المساهمة في تصميم الأنظمة ومساهمة المستفيدين في التكاليف. وعادةً ما كانت هذه الروابط منتظمة رسمياً، مع وجود مجلس إدارة وأعضاء، لكن بعد انتهاء الدعم الخارجي توقفت عن العمل بهذا الشكل الرسمي. وعلى الرغم من توقف روابط مستخدمي المياه عن عقد اجتماعات منتظمة، إلا أنه في كثير من الحالات تم بناء علاقات جديدة بين مستخدمي المياه الزراعية، مما ساعد في تشغيل نظام الري.

هناك حاجة إلى تطوير الوضع بحيث لا تنشأ روابط مستخدمي المياه كمشروع مؤقت فحسب، بل ككيانات رسمية ضمن نظام إدارة المياه الشامل، مع تحديد مسؤوليات واضحة لتوزيع المياه، وإدارتها، وتشغيل النظام على المستوى المحلي المهم. كما يمكن للروابط أن تستفيد من تبادل الخبرات والتفاوض مع جمعيات وروابط أخرى لمستخدمي المياه، بهدف تعزيز القدرات وبناء العلاقات. وتشير التجارب إلى أنه إذا حظيت هذه الروابط بمكانة رسمية وتم تشجيعها على الأداء الفعال، فإنها تحقق نتائج إيجابية جداً.

5.4.3 إدارة المياه في الحقول

على الرغم من ندرة المياه (المتزايدة)، يستخدم المزارعون المياه بشكل مفرط. وفي ظل نقص الاستثمار في الري الأكثر تقدماً ومتطلبات رأس المال المنخفضة، يُعد الري السطحي، المعروف أيضاً بالري بالغمر، الطريقة التقليدية الأكثر استخداماً، حيث يشكل 81.4% من المساحة المروية في الأبار. لا يتم استخدام سوى 40% من المياه بشكل فعال في الزراعة باستخدام هذه التقنية، مما يتسبب في تشبع التربة بالمياه/ التملح وارتفاع معدلات التبخّر والتنحّ غير المفيد.

تعمل وزارة الزراعة بالتعاون مع وزارة الموارد المائية على الترويج والدعم المالي لتدابير الري الحقلية الفعالة. تمثل الاستراتيجية في نشر أنظمة الري بالرش لزراعة محاصيل الحبوب وأنظمة الري بالتنقيط لزراعة الخضروات وري أشجار الفاكهة والنخيل. بالإضافة إلى ذلك، يتم تشجيع استخدام الصوبات الزراعية النفقة. ومع ذلك، من الواضح أن هناك مجال كبير للقيام بالمزيد.

وبعيداً عن تقنيات الري الدقيقة، يمكن تحقيق مكاسب كبيرة من خلال تحسين إدارة المياه في الحقل أيضاً، على سبيل المثال في الزراعة على التلال، لا سيما في المناطق الحساسة للملوحة، وفي تحسين تصريف المياه في الحقول.

ومن أجل تحقيق ذلك، يمكن النظر في عدة عوامل تمكينية، أولها نظام شامل لتخفيص المياه (انظر القسم 5.4.2) يعزز ويكافئ الإدارة المحلية الأفضل للمياه من قبل المزارعين، ثانياً، نظام حواجز مالية - سواء كانت أسعار المياه أو دعم استثماري، بحيث يكون تحسين إدارة المياه في الحقل مجدياً اقتصادياً، ثالثاً، سهولة الحصول على الخدمات اللازمة لتحسين إدارة المياه في الحقول بشكل أفضل (موردون، ميكانيكيون، تدريب). وأخيراً، لا تقتصر إدارة المياه في الحقل على ترشيد المياه فقط، بل تشمل أيضاً صحة التربة.

يجب أن تأخذ إدارة المياه في الاعتبار أيضًا مسألة الملوحة: فمن الضروري غسل التربة باستمرار للتخلص من الأملاح المتراكمة. ويطلب ذلك كمية كافية من المياه منخفضة الملوحة، واستخدام الأسمدة العضوية، واستخدام نظام حصاد المياه. وهذا بالإضافة إلى الإجراءات التكميلية التي يجب اتخاذها، والتي تشمل التوعية المستمرة لترشيد استخدام المياه من خلال استخدام التطبيقات الحديثة. فيما يلي نوع نظام المياه الزراعية الأنسب لأنواع التربة المختلفة الموجودة في محافظة الأنبار (الجدول 5.5).



الجدول 5.5: التربة في محافظة الأنبار

نوع التربة	الوصف	نسبة المساحة	الموقع	استخدام المياه في الزراعة
التربة الرملية الجيرية الصحراوية	أكثر أنواع التربة انتشاراً، يتراوح عمقها بين 10 إلى 25 سم، ذات ملوحة متوسطة وذات قوام رملي.	< 40%	منطقة أعلى الفرات مناسبة لزراعة المحاصيل والجزء الغربي من ب باستخدام أنظمة الري بالرش حدود المحافظة المحوري وأنظمة الري الثابتة.	
التربة الصحراوية الصخرية	ثاني أكبر نوع من التربة، عمقها 10 سم، لكنها عالية النفاذية للماء.	21%	في جميع أنحاء المحافظة المحلية ذات الألياف العالية التي تتحلل ببطء لاستغلالها	
التربة الصحراوية الجيرية	نوع تربة ذات نسبة منخفضة من المواد العضوية، ومحتوى عالي من كربونات الكالسيوم، وذات نفاذية عالية للمياه.	< 12%	غير مناسبة للزراعة	غرب المحافظة
التربة الصحراوية الجبسية	لعب المناخ دوراً رئيسياً في تكوينها. تميز بالجفاف وتحتوي على الجبس والجير والرمل، وملوحة معتدلة، وإنزاجية زراعية وإنخفاضة	< 12%	على طول حواف الأنهار، أسمدة مناسبة ذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالماء، واستصلاح والوديان الصحراوية، والمنخفضات الرملية مستمر للتربيه، ونظام الري بالتنقيط، أو الزراعة في البيوت الصوبات الزراعية	
تربة صحراوية جبسية مختلطة	مزيج من الجبس والجير والرمل، مع خصوبة منخفضة وقدرة محدودة على الاحتفاظ بالمياه	12%	منطقتي الرمادي إمكانية الزراعة في الصوبات الزراعية و الفلوجة	
تربة السهل الفيسي الغرينية	تتكون أساساً من جزيئات الطين والرمل الدقيقة، وتعد من أكثر الأراضي الزراعية خصوبة في العالم، ذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالمعذنيات والماء	1.8%	مناسبة لزراعة معظم أنواع شمال غرب الرمادي المحاصيل، على الرغم من حق نهاية الفلوحة، على التعدي على بعض المناطق طول الفرات. لأغراض البناء الحضري.	
تربة السهل الفيسي	تربة ذات مزيج خفيف تتكون عموماً من الطين والجير. يصل عمقها إلى مترين، ونسبة المادة العضوية فيها 8%	> 0.3%	من الحدود السورية مناسبة لزراعة العديد من العراقية إلى قضاء هيت المحاصيل بجودة إنتاجية عالية	

المصدر: عثمان وآخرون 2017



5.4.4 الخاتمة

إن إدارة أنظمة الري في محافظة الأنبار تمثل مفتاح رئيسي لتحقيق تحسين الأمان المائي، خاصة في ظل الوضع الذي تشهد فيه إمدادات المياه العامة الواسعة إلى البلاد بشكل عام وإلى محافظة الأنبار تراجع مستمر. وبما أن الري هو المستهلك الأكبر للمياه بفارق كبير، فإن تقليل إمدادات المياه يؤثر بشكل كبير على نظام الري. ويُعد التحول إلى زراعة محاصيل الأعلاف ذات الاحتياجات المائية المنخفضة مظهراً من مظاهر هذا التطور. ولمواجهة تزايد ندرة المياه، يجب إيجاد حلول ضمن نظام الري نفسه، وذلك لتحقيق نتائج أفضل بموارد مائية أقل. وفي هذا الصدد، هناك عدة سبل مهمة لتحقيق ذلك:

- إعادة تأهيل البنية التحتية المتضررة للري، والتي لحق بها الضرر نتيجة إلى مزيج من النزاع والإهمال.
- تحسين تخصيص المياه داخل أنظمة الري، عبر عدة اتجاهات، مثل إعادة الاستخدام المنهجي لمياه الصرف الصحي المعالجة، وإعادة استخدام مياه الصرف المعالجة، والاستخدام المشترك المتوازن للمياه السطحية والجوفية داخل نظام الري، والسيطرة على ظاهرة تسيب التربة بالمياه، والتحكم في استخدام المياه غير المصرح به، ولا سيما أحواض تربية الأسماك الكبيرة التي تم إنشاؤها في السنوات الأخيرة.
- تحسين كفاءة استخدام المياه على مستوى الحقل، إلى جانب تخصيص المياه بشكل أفضل تتناسب مع النظام الرئيسي. ويمكن أن يشمل ذلك العديد من العناصر، مثل إدخال أنظمة تحكم فعالة، وكذلك الاستخدام المنهجي للزراعة على التلال التي ثبت أنها تؤثر بشكل كبير في تقليل استخدام واستهلاك المياه، وزيادة المحاصيل، وتقليل المدخلات الزراعية

كل هذا يحتاج إلى أن يستند إلى منظمات فعالة ومؤهلة للإدارة. ونحن نوصي بشكل خاص بإنشاء روابط مستخدمي المياه (WUAs) حيث إنها تمثل جزءاً من أنظمة إدارة المياه الشاملة ويتم منح الصلاحيات الالزمة لها. أما العنصر الهام الآخر فهو البناء على الممارسات الراسخة التي تهدف إلى تحسين تخصيص المياه تحت إشراف وزارة الموارد المائية، والعمل على مواصلة تحسين توصيل إمدادات مياه الري من حيث التوقيت، والكميات، والمزيج على المستويات الأدنى في أنظمة الري، حيث يكون لذلك أهمية بالغة.

تُظهر التحليلات التي تم إجراؤها باستخدام نظام الوابور (WaPOR) أن إنتاجية المياه في الأنبار قد تعافت بعد فترة الصراع الشديد، حيث زادت كمية المياه التي يتم استخدامها، ولكن زادت كمية المياه التي يتم إنتاجها بوتيرة أكبر. ومع ذلك، هناك مجال كبير للمضي قدماً في هذا المسار نحو تحسين إنتاجية المياه بشكل أكبر.



5.5 المراجع

- جامعة الدول العربية. 2022. المبادئ التوجيهية لتحسين تخصيص المياه للزراعة.
- MASAЕ Analytics. 2022. استعادة السلام وسبل العيش والدورات الاقتصادية في الأنبار، العراق (ريليك) - تقرير نهاية المشروع. 2024.
- MASAЕ Analytics 2024. رصد احتياجات الصيانة وإعادة التأهيل لشبكات الري في الأنبار، العراق. تقرير غير منشور.
- عثمان، ي.، عبد اللطيف، م.، الأنصاري، ن.، كنوتсон، س. وجواب، س. 2017. تغير المناخ وهطول الأمطار المستقبلية في بيئة جافة في الشرق الأوسط: دراسة حالة العراق. مجلة الهيدرولوجيا البيئية، 25.
- جايكا 2016. مسح جمع البيانات حول إدارة الموارد المائية والري الزراعي في جمهورية العراق. التقرير النهائي، وكالة التعاون الدولي اليابانية (JICA) NTC International Co., Ltd



الفصل السادس: حصاد مياه الجريان السطحي والفيضانات

6.1 مقدمة

مع وجود الضغط الحالي على المياه السطحية والجوفية في الأنبار، أصبح من الضروري للغاية الاحتفاظ بالمزيد من المياه وجعلها متاحة للاستخدام المباشر في الزراعة المعتمدة على الأمطار أو على الفيضانات، أو في تغذية الخزانات المائية الجوفية. وتواجه موارد المياه العذبة في العراق ضغوط هائلة بسبب اعتماد البلاد على الأنهر العابرة للحدود المشتركة مع إيران وتركيا، والجفاف المطول الممتد، والاستخدام غير الفعال للمياه، والنمو السكاني السريع إلى جانب التنمية الاجتماعية والاقتصادية. وقد واجهت منطقة الأنبار تحديات كبيرة في توفير وإدارة المياه لأنشطتها الاقتصادية. يستعرض هذا الفصل خيارات حصاد مياه الجريان السطحي والفيضانات في الأنبار ويحدد المناطق المحتملة لحصاد مياه الأمطار.

6.2 خيارات حصاد الجريان السطحي ومياه الفيضانات

هناك مجموعة كبيرة من التدابير والإجراءات الممكنة للاحتفاظ بمياه الأمطار والجريان السطحي في محافظة الأنبار. والتي وذلك يتطلب عناية دقيقة في الاختيار والتخطيط. وتوجد عدة سدود في الجزء الجنوبي من المحافظة تقوم بتخزين مياه العواصف، مثل سد الأبيلا في وادي حوران، والذي سيتم مناقشته أدناه.

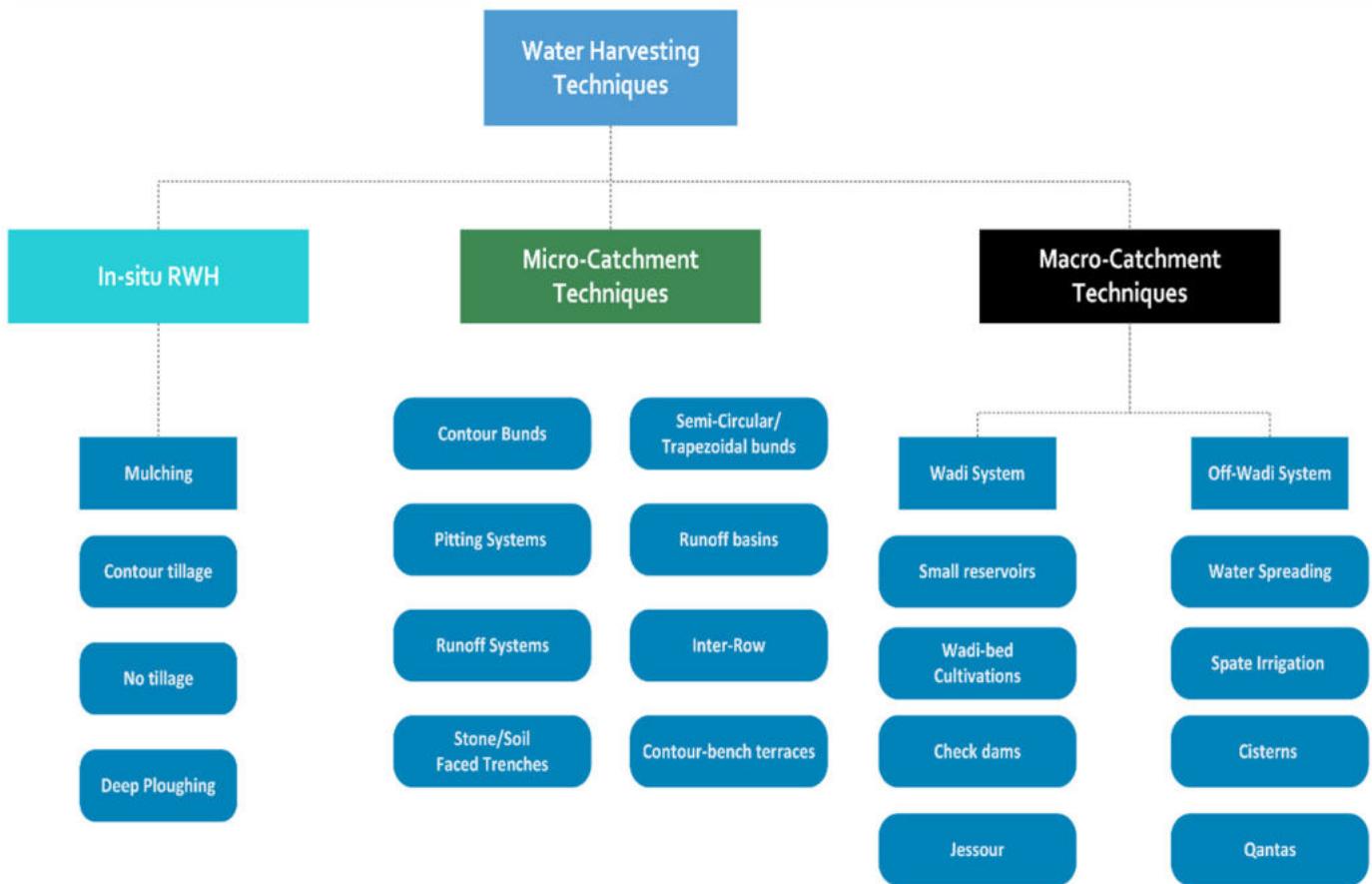
يمكن أن يكون حصاد مياه الأمطار (RWH) حل عملي في المناطق المعرضة للجفاف والفيضانات. وهناك تصنيفات مختلفة لتقنيات حصاد مياه الأمطار تعتمد على نسبة منطقة التجميع إلى مساحة منطقة المحصول: أنظمة في الموقع وأنظمة خارج الموقع، أو أنظمة التجميع الصغيرة والكبيرة. وتجمع أنظمة الحصاد في الموقع مياه الأمطار داخل المزارع أو بالقرب منها وتخزن المياه في التربة. وعادةً ما تكون مساحة أنظمة التجميع الصغيرة أقل من 1000 متر مربع. أيضاً يتم استخدام أنظمة التجميع الكبيرة لجمع كميات كبيرة من الجريان السطحي الناتج عن الأمطار الغزيرة وتُطبق بشكل رئيسي لحصاد مياه الفيضانات. انظر الشكل 6.1. (ولدجورجيس، 2017).

وتشمل المعايير الفنية التي يتم استخدامها على نطاق واسع بهدف تقييم تقنيات حصاد مياه الأمطار المناسبة: المعدل الإجمالي لهطول الأمطار ونطء هطول الأمطار بما في ذلك ذروة الأمطار، الانحدار، نوعية ونسيج التربة، بالإضافة إلى العوامل الاجتماعية والاقتصادية مثل التكلفة، توفر العمالة، حيازة الأرضي، المسافة إلى المجتمعات، وسهولة الوصول إلى الطرق (عبد القادر وآخرون، 2023).





الشكل 6: تصنیف تقنيات حصاد



المصدر: بناءً على: ولديجورجيس، 2017 مع تعديلات

بالنظر إلى انخفاض هطول الأمطار في محافظة الأنبار، تُعد أنظمة التجميع الكبيرة هي الأقرب، مثل حصاد السيول / مياه الأمطار الغزيرة أو إعادة التغذية الموضعية. وتركز هذه الأنظمة في المناطق التي يتم جمع فيها مياه الجريان السطحي ودمجها. وتوجد عدة خيارات متنوعة لإعادة التغذية الموضعية، دون مخاطر الترسيب، وقد أثبتت فعاليتها في تجديد المياه الجوفية. ومن الأمثلة على ذلك: السدود الجوفية، السدود المتسلقة، السدود المترددة، السدود الرملية، ومثبتات مجاري الأنهر على الرغم من نجاح هذه التقنيات في أماكن أخرى، إلا أنها لم تستكشف بعد في الأنبار، حيث يُعد انخفاض هطول الأمطار مصدر قلق فيما يتعلق بتوافر المياه الجوفية. يجب إدخال تقنيات بديلة للتقطاط وتخزين مياه الجريان السطحي بالقرب من المناطق التي تعتمد على المياه الجوفية للري في المناطق الحرجية، وذلك لتكون بديلة لمصادر المياه الجوفية المستنزفة بشكل مفرط. بالإضافة إلى ذلك، فإن إدارة المياه الجوفية المحلية تُعد أمر حاسم من أجل تحقيق التوازن عن طريق زيادة العرض وتقليل الإفراط في الاستخدام. وهناك أمثلة من تجارب واحدة في جمهورية الصين الشعبية، حيث تم تركيب عدادات على الابار ويتم سحب المياه باستخدام بطاقة صراف آلي، على أساس حصة محددة مسبقاً.مثال آخر هو تشجيع المراقبة الهيدرولوجية التشاركية المحلية، حيث يتم تشجيع مستخدمي المياه الجوفية على إجراء موازنات مائية بناءً على ملاحظاتهم الخاصة، وتخطيط تدابير وإجراءات تهدف إلى تقليل استهلاك المياه.

الفرصة الرئيسية الأخرى لتحقيق توازن المياه الجوفية هي الاستخدام المباشر لمياه الفيضانات في الاستخدامات الإنتاجية، قد يكون هذا للزراعة، أو تحسين مناطق الرعي، أو الغابات. هناك تاريخ طويل لمثل هذه الأنظمة التي تعتمد على الفيضانات في شمال أفريقيا وجنوب آسيا، والتي يمكن دراستها، انظر أيضاً www.floodbased.org.



ومن خلال استخدام تقنيات التحويل الجديدة، مثل السدود الصغيرة أو حواجز توزيع مياه الفيضانات، يتم تخفيف وطأة هذه الفيضانات المفاجئة وتوزيعها على مساحة واسعة، حيث تغذى رطوبة التربة. وفي العديد من المناطق التي تعتمد على أنظمة الري القائمة على الفيضانات، يتم الحفاظ على رطوبة التربة بعد حدوث السيول المفاجئة من خلال تغطية التربة أو الحراثة العميقية لاستغلالها لاحقاً في الأغراض الإنتاجية، مثل زراعة الحبوب الخشنة، القمح، البقوليات، أو البذور الزيتية. وتتحقق هذه الأنظمة اهتمام جاد في محافظة الأنبار.

6.3 المناطق المحتملة

تم إجراء دراسات حول الإدارة المستدامة للموارد المائية في الصحراء الغربية في العراق (سليمان وآخرون، 2019). حيث تم استخدام أدوات للاستشعار عن بعد والتحليل الرقمي من أجل تقدير معدل حصاد المياه السنوي لكل حوض. وقد تم اكتشاف موقع جديدة لجمع المياه لمجموعة متنوعة من التطبيقات الزراعية والتنمية المجتمعية. كما درس محمد وآخرون (2022) إمكانية بناء سلسلة من السدود الصغيرة بهدف تجديد المياه الجوفية وتحسين النظام البيئي.

أظهرت دراسة أن محافظة الأنبار في غرب العراق تحتوي على عدد كبير من الأودية الفيضانات الموسمية (سليمان وآخرون، 2019). وتمتد بعض هذه الأودية إلى حدود المملكة العربية السعودية والأردن وسوريا. ويسرد الجدول 6.3 أبرز الأودية الوعادة لحساب مياه الأمطار المحتمل التي يجب أن يتمأخذها في الاعتبار في المشاريع الاستراتيجية المستقبلية في العراق (سليمان وآخرون، 2019). ويتم وصف كل موقع بالتفصيل أدناه.

الجدول 6.1 هذه الأودية الرئيسية في الصحراء الغربية للعراق (المقدادي، 2012).

المنطقة / الوادي	المساحة (كم²)	الطول (كم)	الانحدار (%)	الحصاد السنوي ($\text{م}^3/\text{كم}^2$)
حوران	13,340	490	0.162	15,355.36
العبيث	6,515	340	0.169	4,582.31
الغداف	5,900	165	0.236	7,098.64
عامج	5,399	170	0.223	6,405.22
العوج	1,246	60	0.28	4,782.34

المصدر: أدهم وآخرون 2018



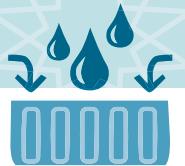
6.3.1 وادي حوران

يُعد وادي حوران أكبر وادي في المنطقة الغربية من العراق، حيث يمتد من الحدود السعودية إلى حدود الأردن وسوريا، بمساحة حوض تبلغ 13,370 كيلومتر مربع (الشكل 6.2) (كامل وشلال، 2023). ويبلغ طول المجرى الرئيسي أكثر من 486 كيلومتراً من حدود العراق مع السعودية إلى نهايته في نهر الفرات عند أسفل سد حديثة. يبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي حوالي 120 ملم، منها 50% تسقط في الشتاء، و35% في الربيع، والـ15% المتبقية تسقط في الخريف (كامل وشلال، 2023). يكون الوادي جاف تماماً في معظم أيام السنة، لكنه يحمل فيضانات قصيرة وشديدة خلال موسم الأمطار. الحجر الجيري الصلب هو النوع الرئيسي للصخور في حوران (عمار، 2017). ويسرد الجدول 6.3 المعايير الرئيسية ونظام التقييم المحتمل الذي يجب على مخططى الموارد المائية أخذها في الاعتبار عند اختيار موقع مناسب لحصاد مياه الأمطار (أدهم وآخرون، 2018؛ صايل وآخرون، 2021).

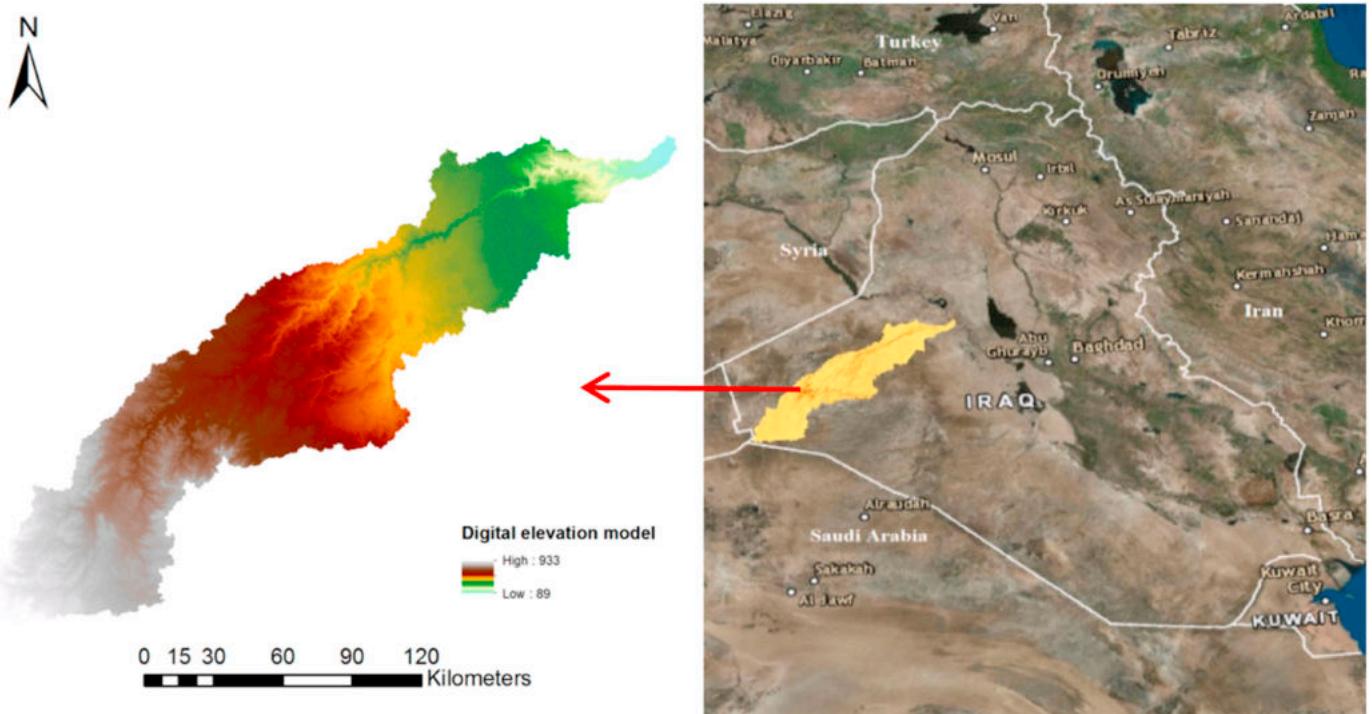
الجدول 6.2: معايير تحديد المواقع المحتملة لحصاد المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة

المعيار	الفئة	القيمة	النتيجة (الدرجة)
عمق الجريان السطحي	ملاءمة متوسطة	80-90	8
	ملاءمة عالية جداً	70-80	9
	مناسب	60-70	4
	ملاءمة منخفضة	50-60	3
	ملاءمة منخفضة جداً	50 >	1
الانحدار (%)	مسطح	1.5 >	3
	متدرج	2.5-1.5	9
	متدرج	4.5-2.5	5
	تلاي	7.5-4.5	2
	جبلي	7.5 <	1
استخدام/غطاء الأرض	أراضي زراعية وعشب مرتفع جداً	مرتفع جداً	9
	زراعة معتدلة	مرتفع	7
	تربيه جراء	متوسط	5
	جبل	منخفض	2
	مسطح مائي، منطقة حضرية مقيد	مقيد	مقيد
نسيج التربة	ملاءمة عالية جداً (طينية)	20 <	9
	ملاءمة عالية (طينية-غرينية)	15-20	7
	ملاءمة متوسطة (طينية رملية)	15-Nov	4
	ملاءمة منخفضة (طينية غرينية رملية وغرينية)	11-Aug	3
	ملاءمة منخفضة جداً (آخرى)	8 >	1
ترتيب المجاري المائية	ملاءمة عالية جداً	7 <	9
	ملاءمة عالية	7	8
	ملاءمة متوسطة	6	3
	ملاءمة منخفض	5	2
	ملاءمة منخفضة جداً	4 >	1

المصدر: صايل وآخرون، 2021



الشكل 6.2: موقع وادي حوران

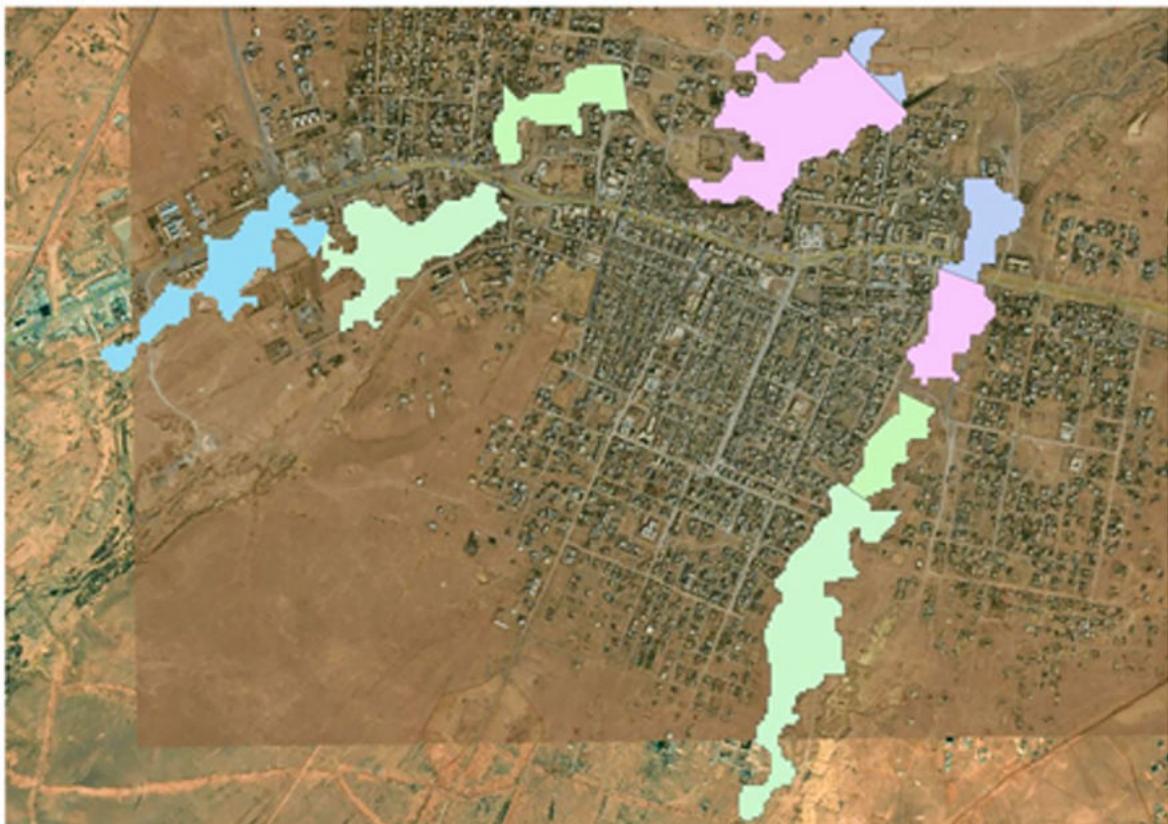


المصدر: كامل وشلال، 2023

يدخل وادي حوران مدينة الرطبة من الجزء الجنوبي الغربي ويمر لمسافة 4 كيلومترات داخل المدينة قبل أن يخرج منها من الجزء الشمالي الشرقي (الشكل 6.2). بينما يدخل وادي المساد المدينة من الجزء الجنوبي ويمتد لمسافة حوالي 2.75 كيلومتر ويلتقي بوادي حوران في الجزء الشمالي الشرقي من المدينة، انظر الشكلين 6.3 و 6.4 (كامل وشلال، 2023). وقد وجد عمار (2017) أن معظم قوام ونسيج التربة في وادي حوران يتكون من الطين والطين الغريني ذي القدرة العالية على الاحتفاظ بالماء، مما يجعلها مناسبة جدًا لبناء أنظمة حصاد مياه الأمطار (RWH). وبناءً على نوع التربة في حوران، أوصى عمار (2017) كذلك بضرورة أن يؤخذ في الاعتبار اختيار المواقع في حوران ذات الانحدارات الخفيفة إلى المعتدلة (-1.5% - 4.5%)، وينبغي تجنب المناطق ذات المنحدرات التي تزيد عن 5% لأن هذه المناطق معرضة للتآكل بسبب التوزيع غير المنظم للجريان السطحي، وبالتالي تحتاج إلى أعمال ترابية كبيرة. بالإضافة إلى ذلك، في حالة وجود أراض مستوية واسعة في قاع الوادي، يمكن النظر في تحويل مجاري الفيضانات مباشرة لاستخدامها لأغراض الري بالفيضانات.



الشكل 6.3: الموقع المحتملة لإنشاء بحيرات سدود الاعتراض في وادي حوران ووادي المسعد



المصدر: القبيسي والقبيسي (2023)

الشكل 6.4: مدينة الرطبة مع وديانها الرئيسية (حوران والمساد)



المصدر: كامل وشلال، 2023



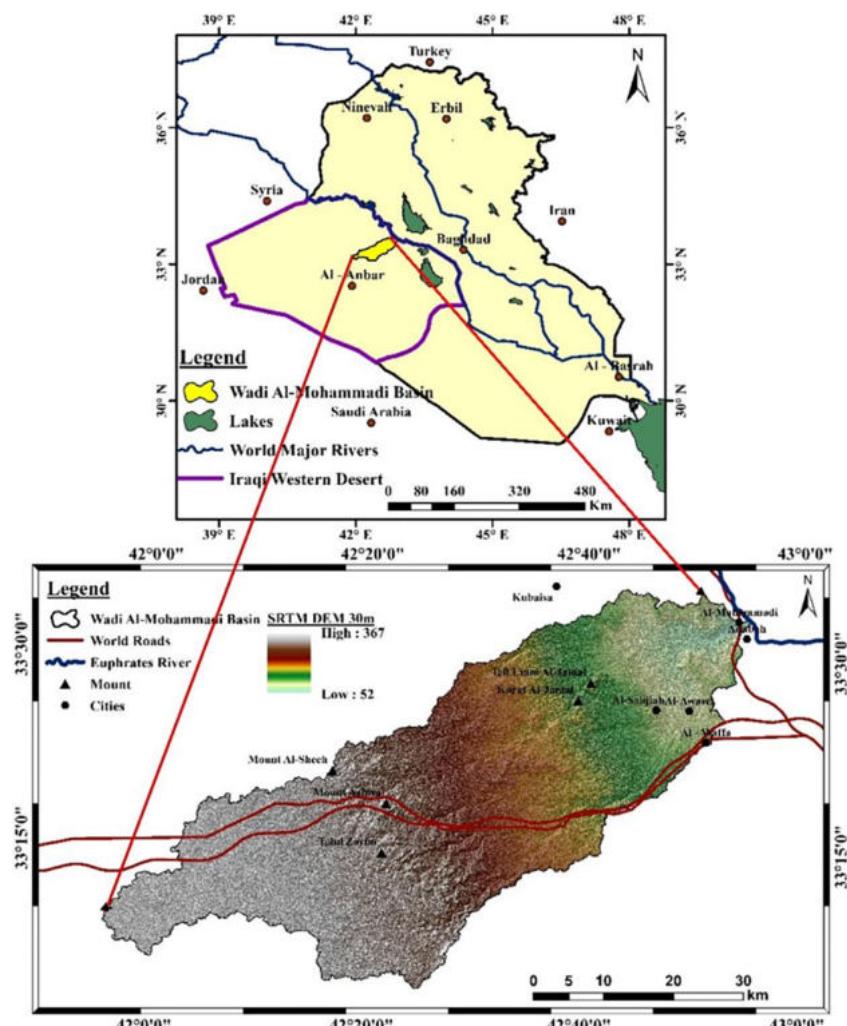
6.3.2 وادي الغدف

يقع وادي الغدف (صايل وآخرون، 2021) في شرق نهر الفرات في الصحراء الغربية بالعراق، ضمن محافظة الأنبار، وتبلغ مساحة حوضه التصريفي 8513 كيلومتر مربع. وتعُد تربة الوادي خصبة، وتنشر فيه صخور الحجر الجيري على نطاق واسع في المنطقة، وهو ما يمكن أن يكون مفيداً لبناء السدود. ويتلقي الوادي كمية كبيرة من الجريان السطحي خلال موسم الأمطار، لذا فإن حصاد مياه الأمطار سيكون أداة مفيدة للتخفيف من ندرة المياه في موسم الجفاف.

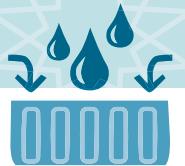
6.3.3 وادي المحمدي

تبلغ مساحة الحوض حوالي 2287 كيلومتر مربع، ويتراوح ارتفاعه بين 52 و367 متر فوق مستوى سطح البحر. ويوضح الشكل 6.5 موقع وادي المحمدي (الكبيسي والكبيسي، 2023). ويحد الوادي من الشمال وادي الحاجية في حوض الكبيسة، ومن الشرق نهر الفرات، ومن الغرب منخفض أبو جير، ومن الشرق منطقة الكيلو - 160.

الشكل 6.5: موقع وادي المحمدي



المصدر: القبيسي والقبيسي، 2023

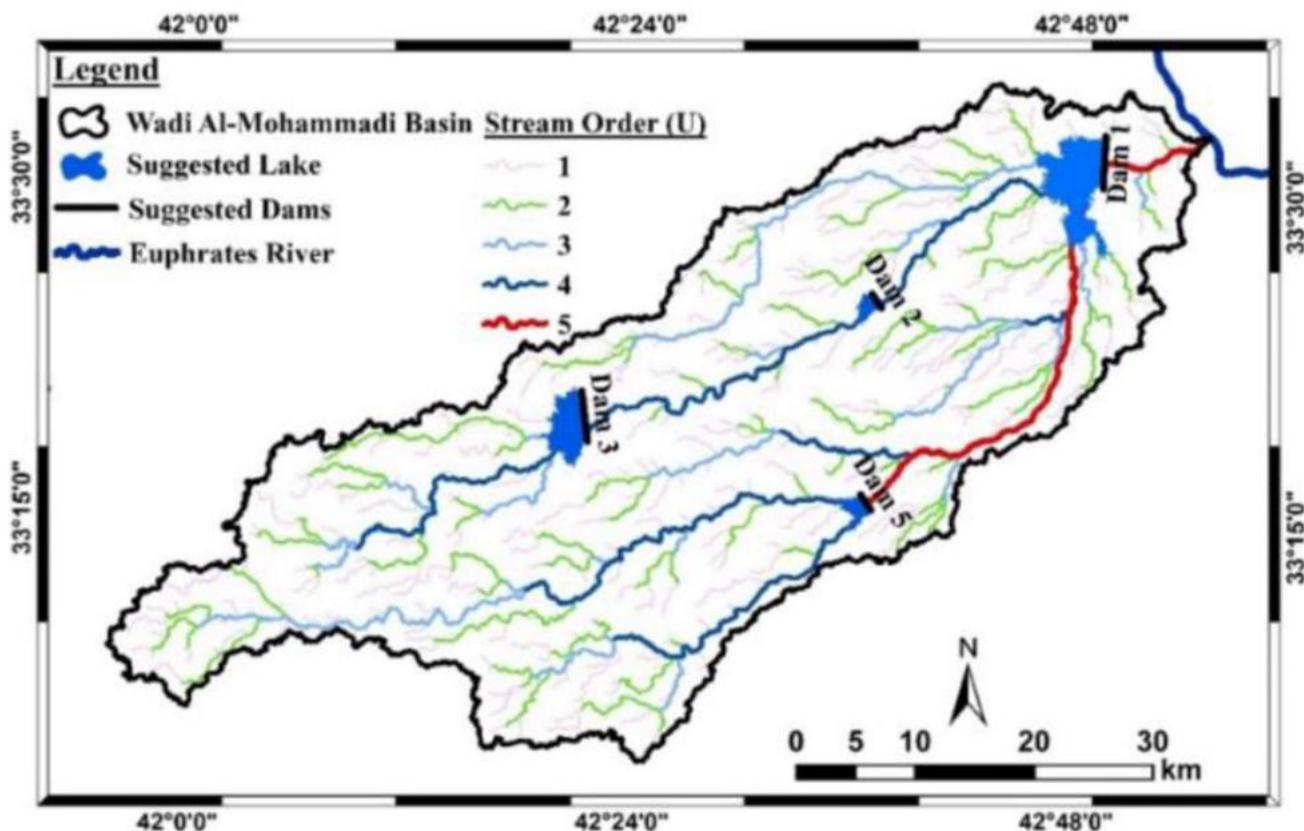


استخدم القبيصي والقبيصي (2023) عامل تقييم مرجح يتكون من خمسة عوامل لتقييم مستوى الملاءمة لاختيار موقع سدود حصاد المياه لوادي المحمدي.

وتم تصنيف مؤشر الملاءمة إلى فئات، حيث تم اعتبار الموقع عالي الملاءمة إذا كانت القيمة بين (90-100)، وملائم بين (80-90)، وملائم إلى حد متوسط بين (70-80)، وغير ملائم بين (60-70)، وغير ملائم بشدة إذا كانت القيمة أقل من 60. وتتضمن العوامل المستخدمة في التقييم المسافة إلى القرى، والمسافة إلى الشقوق الأرضية، والارتفاع، والانحدار، والمسافة إلى الطرق.

استناداً إلى هذا التحليل، تم اختيار أربعة مواقع سدود مبدئية، كما هو موضح في الشكل 6.8. ويُعد الموقع الأول عند مخرج الوادي أكثر المواقع الوعادة. وبحسب التقييم الأولي الذي أجراه الباحثون، سيبلغ ارتفاع السد 65 متراً وعرضه 3995 متراً، وسيكون لديه سعة تخزين تصل إلى 186 مليون متر مكعب، ويعطي مساحة قدرها 33 كيلومتر مربع. ومع ذلك، يلزم إجراء المزيد من الدراسات لتحديد الجدوى، بما في ذلك قياس الترسيب، والتقييم الجيوفيني، والتخطيط لاستخدامات متعددة للسد، بما في ذلك إمكانية تحديد منطقة مسيطرة (منطقة ري محتملة).

الشكل 6.6 : الموقع المحتمل لبناء السدود في وادي المحمدي



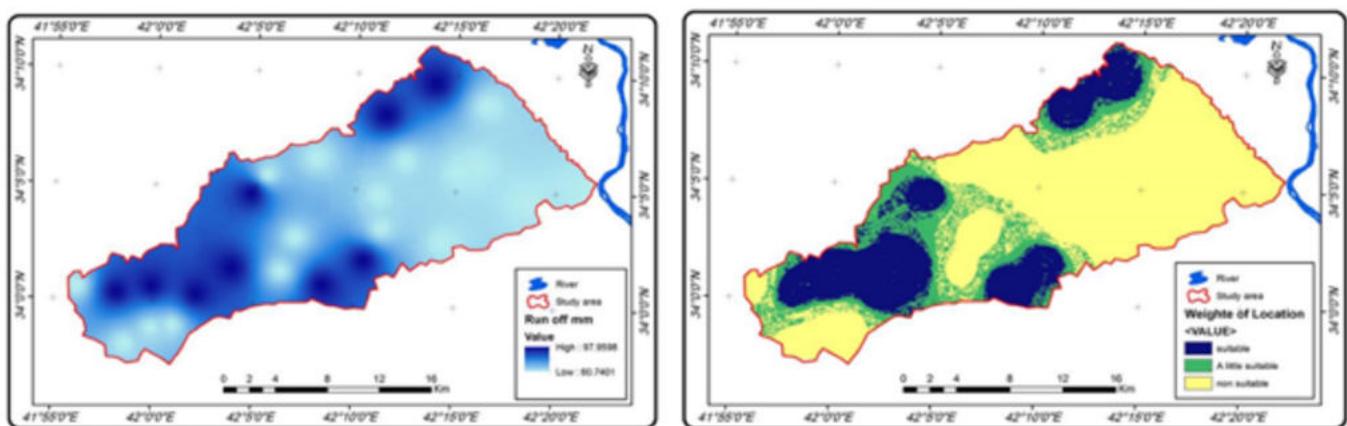
المصدر: القبيصي والقبيصي، 2023



6.3.4 وادي حقلان

يقع وادي حقلان في غرب العراق، ويحده من الشمال بحيرة حديثة، ومن الجنوب والجنوب الشرقي وادي حوران، ومن الغرب وادي الفهامي. تبلغ مساحة حوض التصريف الخاص به حوالي 452.6 كيلومتر مربع، ويقع ضمن تكوين الفرات. يوضح الشكل 6.6 خريطة عمق الجريان السطحي (على اليسار) وخريطة إمكانات حصاد مياه الأمطار (على اليمين). وأشارت النتائج المستخلصة من دراسة «النهج المعتمد على نظم المعلومات الجغرافية لاختيار موقع حصاد مياه الأمطار» إلى أن حوالي 28% من منطقة الدراسة مناسبة تماماً لحصاد مياه الأمطار، و21% مناسبة بشكل معندي (صايل وآخرون، 2020).

الشكل 6.7: خريطة عمق الجريان السطحي (على اليسار) وخريطة إمكانات حصاد مياه الأمطار (على اليمين)



المصدر: صايل وآخرون، 2020

6.3.5 دمج حصاد مياه الأمطار مع إدارة المياه

يكون مفتاح نجاح أنظمة مياه الجريان السطحي ومياه الفيضانات ليس فقط في القدرة على جمع المياه والاحتفاظ بها، بل أيضاً في الحفاظ عليها واستخدامها بكفاءة. تدل موثوقية نظام حصاد مياه الأمطار على قدرة النظام على توفير الكمية المطلوبة من المياه خلال فترة زمنية معينة. وقد قام أدهم وآخرون (2023) بتقييم نظام سد الأبيلة في وادي حوران من خلال استخدام نموذج محاكاة لميزانية المياه (يعتمد على الوقت والحجم) لثلاثة سيناريوهات (سنوات رطبة، متوسطة، وجافة). حيث وجد المؤلفون أن أداء جمع وتخزين المياه لا يتجاوز 50% في جميع السيناريوهات، وأن زيادة سعة التخزين بعد حجم معين لا تضيف قيمة في هذا الصدد. ويُعد تقييم أداء نظام حصاد مياه الأمطار أمر ذات أهمية كبيرة لمعرفة مدى كفاءة النظام في ظل سيناريوهات مختلفة من التصميم والإدارة. ويمكن اعتماد تقنيات نمذجة هيدرولوجية متنوعة لتقييم وتحسين مراافق تحسين نظام حصاد مياه الأمطار.

العنصر الهام الآخر في إدارة المياه ضمن أنظمة حصاد مياه الأمطار هو إدارة المياه على الأرض. وفي المناطق الجافة مثل الأنبار، يمثل هذا مجال واسع لتحقيق نتائج أفضل، كما نوقش في الفصل الخامس. حيث يتم جمع مياه الجريان السطحي والفيضانات في سد، كما هو الحال في سد الأبيلة، وتنطبق نفس الإجراءات والتدابير المستخدمة في أنظمة الري الدائمة.



ومع ذلك، في الأنظمة الأخرى التي تعتمد على الجريان السطحي ومياه الفيضانات حيث لا تتوفر فيها تخزين سطحي، ولا تتحقق كفاءة استخدام المياه من خلال التوفير في مياه الفيضانات المخزنة، بل يتم ذلك من خلال الحفاظ على رطوبة التربة في أفضل الظروف الممكنة. ويختلف ذلك حسب ظروف التربة. ولكن بشكل عام، يساعد الجمع بين تغطية التربة الغطاء العضوي والحراثة العميقية في الحفاظ على الرطوبة الناتجة عن الفيضانات. قد يكون هذا هو الأنسب بالنسبة لمحافظة الأنبار. أما في الأنظمة التي تعتمد أكثر على الأمطار، حيث توفر المياه بكميات مستقرة خلال فترة الأمطار، على النقيض من ذلك قد تُفضل الزراعة المحافظة والزراعة بدون حرث.

6.4 الخاتمة

على عكس الدول الأخرى، لم تشهد محافظة الأنبار تقريرًا أي استثمار من قبل المجتمع المحلي أو القطاع الخاص في مجال حصاد مياه الفيضانات أو مياه الأمطار. وهناك حاجة لجمع جميع الأطراف المعنية ووضع جدول اعمال واضح حول حصاد مياه الأمطار والفيضانات، وبذل جهد جماعي حاسم ووضع خطة استراتيجية شاملة. حيث يجب أن يؤدي هذا إلى توسيع نطاق التدخلات ليشمل خيارات متعددة تتجاوز الخيار الافتراضي الحالي المتمثل في بناء السدود فقط.

هناك مجموعة واسعة من التدابير المناسبة للأودية الجافة، بما في ذلك استخدام نهج الحوض الكبير حيث يتم حصاد مياه الجريان السطحي ومياه الفيضانات من الأنهر في الأودية الجافة وأنظمة الصرف الصحي. يمكن حصاد مياه الأمطار والجريان السطحي ومياه الفيضانات لاستخدامها بشكل مباشر في الإنتاج أو لتغذية المياه الجوفية. وتُعطى الأولوية لاعتماد نهج إدارة الحوض المائي لتفعيل إدارة أحواض المناطق الجافة، منطقة فرعية تلو الأخرى. كما يمكن أن يكون لمساهمة تحسين استخدام مياه الفيضانات، وإعادة تغذية المياه الجوفية، وتحسين تخزين مياه الفيضانات، أثر كبير في تعزيز أمن المياه الجوفية والتكييف مع تغير المناخ. وعند تطبيق نهج الحوض المائي في الأنبار، يوصى بما يلي:

- العمل على نطاق مكثف ودمج التدخلات المختلفة هو الأكثر فعالية، حيث يسمح بذلك بـ ملاحظة تأثير محلي كبير على مستويات المياه الجوفية، وتغيير مستويات الرطوبة في المناظر الطبيعية، وحتى تغيرات في المناخ المحلي والنباتات.
- التخطيط المحلي مهم لتحديد أفضل التدخلات، ويهدف إلى تطبيق ممارسات ذات تكلفة منخفضة نسبياً.
- يجب أن تغطي إدارة أحواض المياه مجموعة واسعة من الخيارات - بدءاً من تحسين الحفاظ على الرطوبة الخاصة بالترابة إلى إدارة مياه الفيضانات، وإعادة تغذية المياه الجوفية، وتخزين المياه السطحية. الخطوة الأهم في التخطيط لأنظمة حصاد مياه الجريان السطحي ومياه الفيضانات هي اختيار المواقع الوعادة بشكل أكبر. وقد أشارت مراجعة منهاجية إلى أن مساحة التجميع، وهطول الأمطار، والانحدار، ونوع التربة، واستخدام/غطاء الأرض، والمسافة إلى المناطق الزراعية، والمسافة إلى المناطق الحضرية، والكثافة السكانية يمكن أن تكون عوامل حاسمة في موقع حصاد مياه الأمطار في محافظة الأنبار. ومن الضروري إنشاء إطار أكثر شمولاً لأنظمة حصاد مياه الأمطار تدعم تقليل تلوث المياه، والاستدامة، والحفاظ على الموارد الطبيعية في محافظة الأنبار.
- قد يؤدي ذلك إلى وضع خطة رئيسية لحصاد مياه الأمطار في المحافظة. ويجب أن يتم حصاد المياه والاحتفاظ بها في جميع أنحاء المناظر الطبيعية، ويجب أن يشمل ذلك، على سبيل المثال، حماية مجاري الأنهر الحصوية (التي تتيح التدفقات الجوفية وتسهل إعادة تغذية طبقات المياه الجوفية) أو استخدام الطرق لحصاد المياه.



يوصى على الصعيد التشغيلي بما يلي:

- جمع عدد كبير من أصحاب المصلحة - الحكومة، والمجتمع المدني، والمجموعات المجتمعية، والقطاع الخاص، من لديهم اهتمام بتطوير الأجزاء القاحلة في محافظة الأنبار.
- استكشاف وتقديم عدد كبير من الخيارات المناسبة للظروف القاحلة التي تسود في جزء كبير من محافظة الأنبار، بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر: السدود الجوفية، والسدود الرملية، ومنشآت الري بالفيضانات، وحواجز توزيع مياه الفيضانات، وممرات التسريب، وغيرها من تقنيات حصاد المياه في الأحواض الكبيرة وإعادة تغذية المياه الجوفية.
- دمج ذلك مع تقدير أفضل لإدارة المياه في الحقل والحفاظ على الرطوبة بما يتناسب مع البيئات القاحلة.
- إجراء التقييم على أساس كل حوض مائي على حدة، مع فهم فرص الجريان السطحي ومياه الفيضانات و بالإضافة إلى التدفقات الجوفية في الأنهار الجافة.
- مطابقة ذلك مع طرق التنفيذ ونماذج الأعمال لتشغيل الأنظمة بفعالية.



6.5 المراجع

- عبد القادر، م.م.، محمود، ع.ف.، مباشر، أ.م.، و رضا، م.أ. 2023. نظام دعم اتخاذ القرار متعدد المعايير لاختيار تقنية حصاد مياه الأمطار في أنظمة الوديان، سيناء، مصر. مجلة ممارسات وتكنولوجيات المياه، 18، 701-715.
- أدهم، أ.، عبد، ر.، مهدي، أ.ك.، حسن، و.ح.، ريكسن، م.، و ريتسيما، أ.ك. 2023. تحليل موثوقية نظام جمع مياه الأمطار لسد الأبيلة في صحراء العراق الغربية. مجلة المياه، 15، 944.
- أدهم، أ.، صايل، أ.ك.بن.، عبد، ر.، عبد العظيم، م.أ.، ويسيلينغ، ج.ج.، ريكسن، م.، فليسكنز، ل.، كريم، أ.، و ريتسيما، أ.ك.ج. 2018. نهج قائم على نظم المعلومات الجغرافية لتحديد المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار في الصحراء الغربية للعراق. البحوث الدولية للمحافظة على التربة والمياه، 6، 304-297.
- القبيسي، م.ه. و القبيسي، ق.ي. 2023. اختيار موقع السدود لحصاد مياه الأمطار في الصحراء الغربية للعراق: دراسة حالة في حوض وادي المحمدي. المجلة الجيولوجية العراقية، 38-50.
- المقدادي، س.و. 2012. التحقيق ونمذجة المياه الجوفية - الصحراء الغربية للعراق.
- عمار، أ.أ. 2017. تقييم أنظمة حصاد مياه الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة. جامعة فاخينينجن للأبحاث.
- كامل، أ. و شلال، أ. 2023. تقدير تدفقات المياه في منطقة الرطبة بالعراق.
- محمد، أ.س.، كامل، أ.ه.، المافركي، أ.ك.ب.ي.، الحديثي، إ.أ.ك.، فياض، أ.س.، إبراهيم، م.ك.، مطر، ه.أ.، حماد، ر.، نايف، ر.إ.، وغان، إ.ت.أ. 2022. التنمية المستدامة لوادي حوران - صحراء العراق الغربية. المجلة العراقية للهندسة المدنية، 14، 44-53.
- صايل، أ.ك.، محمد، أ.، وأحمد، أ. 2020. نهج قائم على نظم المعلومات الجغرافية لاختيار مواقع حصاد مياه الأمطار. سلسلة مؤتمرات IOP: علوم وهندسة المواد. IOP للنشر، 012246.
- صايل، أ.ك.بن.، سليمان، س.ع.، كامل، أ.ه.، محمد، ن.س.، عبدالله، ج.، والأنصارى، ن. 2021. تقليل تأثيرات التصحر في منطقة جافة: دراسة حالة لصحراء غرب العراق. تقدم في الهندسة المدنية، 2021، 1-12.
- سليمان، س.ع.، كامل، أ.ه.، صايل، أ.ك.بن.، والفاضل، م.ي. 2019. إدارة الموارد المائية والاستدامة في الصحراء الغربية للعراق. علوم الأرض البيئية، 78، 495.
- ولديجورجيس، ب.ج. 2017. تأثير تقنيات حصاد المياه على العمليات الهيدرولوجية وعائد الرواسب في شمال إثيوبيا. جامعة فاخينينجن للأبحاث



الفصل السابع: التوصيات

تواجـه الأوضـاع الـخـاصـة بـإـدارـة المـيـاه في مـحـافـظـة الأنـبـار تحـديـات كـبـيرـة تـعد مـمـثـلـة إـلـى حد ما لـوـاقـع الـبـلـاد بـأـكـملـها. وـقد تـنـاوـلت الفـصـول السـابـقة هـذـه التـحـديـات وـالـوـاقـع المـتـغـير، وـتم مـحاـولـة قـيـاسـها وـتحـديـدـها قـدر الإـمـكـان. وـتـشـمـل هـذـه التـحـديـات انـخـفـاض تـدـقـقـ المـيـاه السـطـحـيـة العـابـرـة للـحدـود، وـتـرـاجـع مـعـدـلات هـطـول الأمـطـار، وـزـيـادة الضـغـط عـلـى المـوـارـد المـحـدـودـة وـالـيـة هي جـزـئـاً غـير مـتـجـدـدـة، وـضـعـف قـاعـدة المـوـارـد. وـقـد تم تـرـجمـة هـذـه التـحـديـات بـالـفـعـل إـلـى تـدـهـورـ في قـاعـدة المـوـارـد، مما يـزيـدـ من قـابـلـيـة تـأـثـرـ النـاسـ وـالـأـنـشـطـة الـيـة تعـتمـدـ عـلـيـها. من الإنـصـافـ القـولـ إنـ وـاقـعـ جـدـيدـ قدـ فـرـضـ نـفـسـهـ.

وـفيـ الـوقـتـ نـفـسـهـ، هـنـاكـ أـيـضاً فـرـصـ غـيرـ مـسـتـغـلـةـ لـلـتـخـفـيفـ مـنـ بـعـضـ هـذـهـ التـحـديـاتـ. وـلـمـ يـتمـ تـطـبـيقـ العـدـيدـ مـنـ الـمـارـسـاتـ الـمـحـسـنـةـ بـعـدـ. كـمـاـ لـمـ يـتمـ اـتـخـازـ خـطـوـاتـ لـتـنـظـيمـ إـدـارـةـ وـاسـتـخـدـامـ قـاعـدةـ الـمـوـارـدـ الـمـائـيـةـ وـأـيـضاـ هـنـاكـ بـعـضـ الـبـيـانـاتـ الـحـيـوـيـةـ غـيرـ مـعـرـوفـةـ، مـثـلـ تـدـقـقـ نـهـرـ الـفـرـاتـ فـيـ مـوـاـقـعـ مـخـتـلـفـةـ أـوـ مـدـىـ اـسـتـخـدـامـ الـمـيـاهـ الـجـوـفـيـةـ. وـيـتـطـلـبـ الـأـمـرـ اـتـخـازـ خـطـوـاتـ حـاسـمـةـ تـتـعـلـقـ بـالـتـدـاـيـرـ الـتـنـظـيمـيـةـ وـالـتـخـطـيـطـيـةـ، وـالـاستـثـمـارـاتـ وـالـبـرـمـجـةـ، وـتـطـبـيقـ مـارـسـاتـ جـدـيدـةـ. وـلـتـحسـينـ إـدـارـةـ الـمـيـاهـ فيـ مـحـافـظـةـ الـأـنـبـارـ وـعـكـسـ اـتـجـاهـ التـدـهـورـ وـالـإـهـمـالـ، يـقـرـحـ تـنـفـيـذـ التـوـصـيـاتـ الرـئـيـسـيـةـ التـالـيـةـ:

1. تـحسـينـ إـدـارـةـ الشـامـلـةـ لـلـمـوـارـدـ الـمـائـيـةـ
2. تـحسـينـ إـدـارـةـ الـمـيـاهـ فيـ نـظـامـ الـرـيـ
3. تـنـظـيمـ اـسـتـخـدـامـ الـمـيـاهـ الـجـوـفـيـةـ
4. إـنـشـاءـ نـظـمـ لـجـمـعـ مـيـاهـ الـامـطـارـ وـمـيـاهـ الـفـيـضـانـاتـ
5. مـراـقبـةـ جـوـدـةـ الـمـيـاهـ
6. تـحسـينـ التـشـريـعـاتـ

مدرب من AFC يوجه المزارعين أثناء نشاط جماعي ضمن برنامج مدارس المزارعين في الأنبار





7.1 تحسين الإدارة الشاملة للموارد المائية

يوصى باتخاذ الإجراءات التالية لتحسين الإدارة الشاملة للموارد المائية في محافظة الأنبار، والتي سيتم ذكرها أولاً ثم مناقشتها بالتفصيل أدناه:

1. تطوير رؤية لاستخدام وإدارة الموارد المائية في محافظة الأنبار
2. توسيع صلاحيات ونطاق مهام إدارة الموارد المائية
3. مراجعة التشريعات واللوائح مع التركيز على إمكانية تنفيذها
4. إنشاء منصة لأصحاب المصلحة في مجال المياه
5. تفعيل روابط مستخدمي المياه والمنظمات المحلية في إدارة المياه
6. النظر في فرض رسوم على المياه كأداة لإدارة الطلب

تطوير رؤية لاستخدام وإدارة الموارد المائية في محافظة الأنبار

لقد تغير وضع الموارد المائية في محافظة الأنبار نتيجة إلى انخفاض التصريفات من دول المنبع المجاورة أعلى النهر وبسبب تأثير التغيرات المناخية. وقد أدى ذلك إلى وضع أكثر جفافاً وأكثر عرضة للجفاف. وبالتالي، يجب ممارسة الضغط – بالتعاون مع الشركاء الدوليين – على تركيا وسوريا المجاورتين بشأن بناء سدود جديدة في المنبع وتشغيل السدود القائمة. وفي الوقت نفسه، يجب أن تعد محافظة الأنبار رؤية شاملة - بمشاركة جميع الأطراف والجهات المعنية – بشأن إدارة المياه في الانبار، مع الأخذ في الاعتبار الوضع الحالي والمستقبل الأكثر جفافاً والأقل أماناً. كما يجب ألا تقصر هذه الرؤية على إدارة المياه في حد ذاتها، بل أن تضع التحديات في منظور أوسع نطاقاً حتى يشمل اقتصاد المحافظة.

توسيع صلاحيات ونطاق مهام إدارة الموارد المائية

هناك عدد من المهام الناشئة في إدارة المياه تتجاوز اختصاصات إدارة الموارد المائية، تشمل هذه المهام على وجه الخصوص مراقبة وتنظيم استخدام المياه الجوفية، وتعزيز حصاد المياه، وتسهيل إعادة استخدام مياه الصرف الصحي. لذا، يُوصى بإجراء مراجعة لصلاحيات إدارة الموارد المائية، بالإضافة إلى العدد الفعلي للموظفين والمرافق الفعلية، بهدف تحديد الوظائف التي يجب إضافتها وتلك التي يمكن منحها أولوية أقل.



مراجعة التشريعات واللوائح مع التركيز على إمكانية تنفيذها

تطلب التحديات والفرص الجديدة المتعلقة بالمياه إعادة النظر في التشريعات واللوائح الحالية. فيما يلي بعض من أهم التشريعات ذات الصلة.

الترتيب	موضوع القانون أو القرار أو التعليمات	السنة	الرقم
1	قانون الري (مع التعديلات)	1962	6
2	نظام صيانة مياه الصرف الصحي والمياه العامة من التلوث	1967	25
3	قانون تنفيذ مشاريع الري	1971	138
4	تعليمات شراء وامتلاك وتركيب المضخات	1981	3883
5	تعليمات تطبيق قانون تنفيذ مشاريع الري	1987	1
6	قانون استغلال ضفاف الأنهار	1987	59
7	تعليمات حفر آبار المياه لضوابط المفروضة على بيعها وتأجيرها	1988	3
8	شروط بيع وإيجار محطات ضخ الري	1989	4961
9	قانون صيانة شبكات الري والصرف	1995	12
10	قانون الري	2017	11

يوصى بمراجعة التشريعات الحالية واللوائح المرتبطة بها وذلك لتحديد مدى عمليتها وكفايتها في مواجهة التحديات واغتنام الفرص فيما يتعلق بإدارة الموارد المائية في محافظة الأنبار، وإذا كان الأمر كذلك، تحديد التعديلات اللازمة. وتشمل التحديات الرئيسية التي يجب أخذها في الاعتبار ما يلي: (1) إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، (2) إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي وأي تحسينات أخرى في تخصيص المياه على المستوى المحلي ضمن أنظمة الري، (3) تنظيم تطوير واستخدام المياه الجوفية، (4) تعزيز حصاد المياه والاحتفاظ بها، و(5) السيطرة على تطوير أحواض تربية الأسماك.

إنشاء منصة لأصحاب المصلحة في مجال المياه

في الوضع الحالي، أصبح استخدام المياه أكثر ترابطاً من أي وقت مضى. حيث أصبحت الحاجة إلى إدارة متكاملة للموارد المائية أمر حتمي، مع ترابط القطاعات المختلفة، وأنظمة الإنتاج الزراعي والمدن، والحكومة على مستوياتها المتعددة، بما في ذلك الحكومة المحلية. لذلك، من الضروري أن يكون هناك تبادل منتظم ومنصة تجمع مختلف أصحاب المصلحة والجهات المعنية، سواء كان ذلك في شكل لجنة للمياه أو برنامج اجتماعات منتظم بجدول أعمال مُعد مسبقاً. ويمكن أن يكون تطوير الرؤية، كما هو مذكور سابقاً، نقطة انطلاق لهذه المنصة.

تفعيل روابط مستخدمي المياه والمنظمات المحلية في إدارة المياه

تعتمد إدارة المياه بشكل كبير على العمل المحلي والتنظيم المحلي وحل المشكلات محلياً. وهذا يتطلب تفعيل المنظمات المحلية القادرة على المساهمة في إدارة المياه المحلية. على وجه الخصوص، يمكن لروابط مستخدمي المياه أن تلعب دور يتجاوز التشغيل والصيانة، وتساهم في تحسين إدارة المياه المحلية، بالتنسيق مع روابط مستخدمي المياه الأخرى، على سبيل المثال في تنسيق توزيع المياه وتعزيز الممارسات الجيدة. وعند الحاجة، يمكن تعزيز التنظيم والتشريعات الحالية. وينطبق الأمر نفسه على الحكومة المحلية التي قد تساعد، بالإضافة إلى مهامها الإدارية، في حل النزاعات والمساهمة في التنسيق المحلي.



النظر في فرض رسوم على المياه كأداة لإدارة الطلب

في الوقت الحالي، تُعتبر رسوم المياه ضئيلة، خاصة إذا ما قورنت بقيمة المياه من حيث إنتاج المحاصيل واستخدام المدخلات الأخرى. ومن المهم التعمق في موضوع فرض الرسوم على المياه واستكشاف كيفية تأثيرها على الطلب على المياه، سواء كحافز سعري أو كأداة توعية. بشكل عام، تخلق الرسوم المنخفضة الحالية مأزق سياسي – لأن رفع الرسوم الآن إلى مستوى يؤثر على الطلب قد يسبب اضطرابات وتقلبات. ومع ذلك، هناك حاجة لمعالجة هذه القضية، بما في ذلك في استخدام المياه الجوفية، وجعل تسعير الموارد جزء من مجموعة واسعة من التدخلات.

7.2 تحسين إدارة المياه في أنظمة الري والصرف

بما أن الري هو أكبر مستهلك للمياه في محافظة الأنبار، فإن تحسين إدارة مياه الري يلعب دور كبير في عدة مجالات: الأمان المائي، والأمن الغذائي، وتحسين الدخل وسبل العيش. وفي الماضي، كان هناك استثمار في إعادة تأهيل الأنظمة بعد سنوات من الإهمال والاضطرابات. وهذا التعافي لم يكتمل بعد. وفي الوقت نفسه، هناك حاجة ملحة للاستثمار في إدارة أفضل للمياه ضمن أنظمة الري، وذلك من أجل تحسين نتائجها.

ويقترح اتخاذ الإجراءات التالية:

- إعادة التأهيل والاستثمار الجديد في البنية التحتية للري، مع تحديد الأولويات.
- خطة تخصيص المياه (بما في ذلك إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي).
- تعزيز الإدارة الفعالة للمياه في الحقل ومكافحة الملوحة.
- إجراءات وتدابير زراعية لإدارة الملوحة

إعادة التأهيل والاستثمار الجديد في البنية التحتية للري مع تحديد الأولويات

يجري حالياً جرد للأضرار التي لحقت بأنظمة الري. ومن الواضح أن مفتاح نظام الري الفعال هو وجود نظام نقل مياه موثوق به، وهو ما تعرض للخطر خلال النزاع واحتلال داعش. هناك خطة هامة لإعادة التأهيل وتنفيذ بعض الاستثمارات الجديدة التي لابد من القيام بها. من الضروري أيضاً أن تخضع هذه الجهود إلى عملية تحديد الأولويات، حيث إن انخفاض التصريفات المتكررة والجفاف دفع المزارعين إلى تعديل أنماط زراعتهم، وتم التخلي عن بعض المناطق نتيجة للندرة وأو الأضرار الناجمة عن النزاع. لذلك، يجب اختيار المناطق ذات الإمكانيات الأفضل ومنحها أولوية للاستثمار.

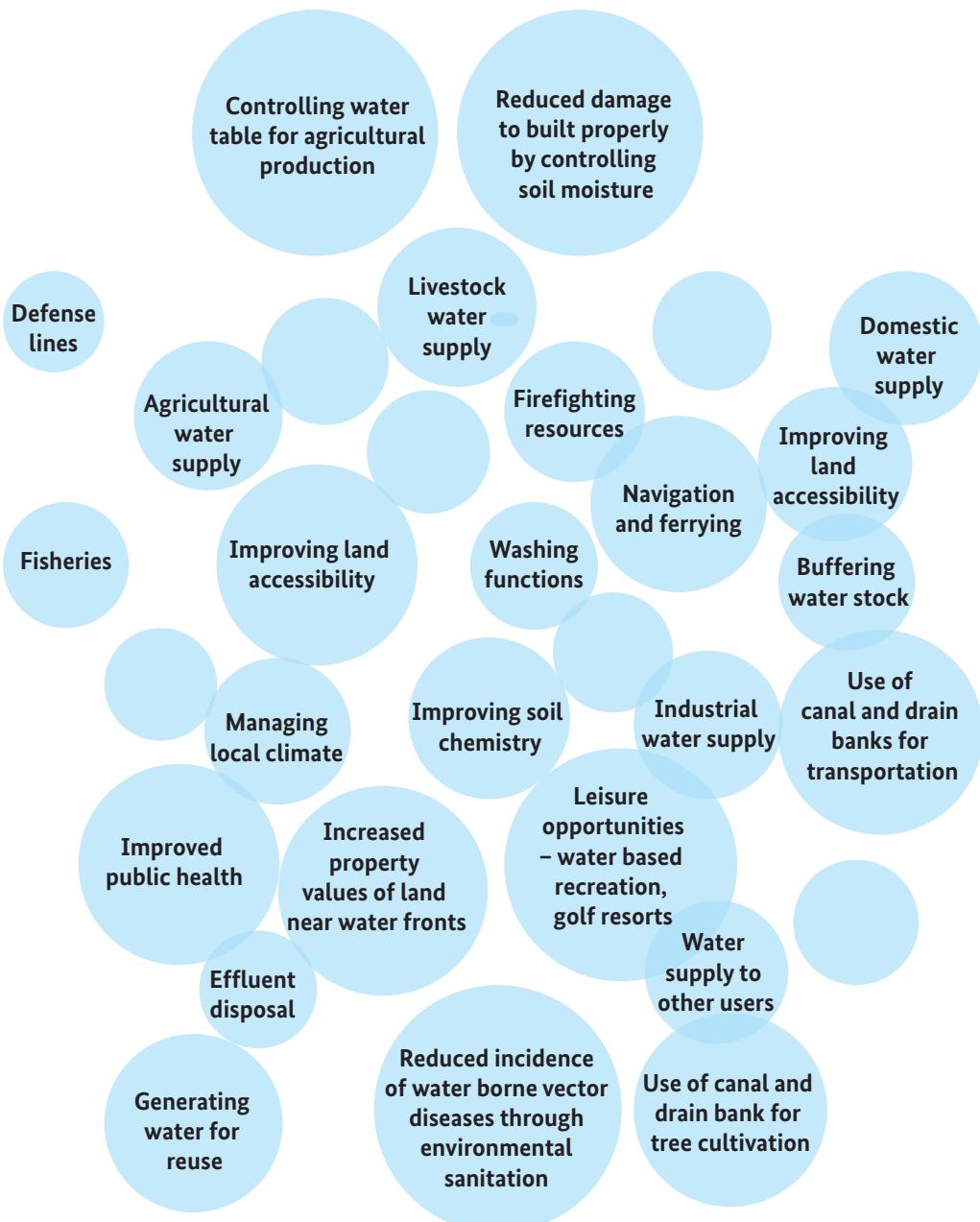
خطة تخصيص المياه المحلية (بما في ذلك إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي)

يمكن مفتاح أداء نظام الري في كيفية تنظيم تخصيص المياه عبر النظام بأكمله، سواء على المستوى الرئيسي وداخل المنطقة المستهدفة. وتخدم أنظمة الري أيضاً وظائف أخرى بالإضافة إلى الري، كما هو موضح في الشكل 7.1، ويمكنأخذ هذه الوظائف في الاعتبار ضمن خطة تحسين تخصيص المياه. ومن ضمن الأولويات العاجلة دمج إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي ضمن تخصيص المياه، والتكييف مع انخفاض التدفقات وتغير المساحة المستهدفة الفعلية. كما يجب تطوير خطة تخصيص المياه ضمن ارتشيري صارم وبمشاركة أصحاب المصلحة الرئисيين، بما في ذلك روابط مستخدمي المياه (WUA).



الشكل 7.1: الوظائف الممكنة في نظام الري

List of Functions in Irrigation and Drainage



تعزيز الإدارة الفعالة للمياه في الحقل ومحاربة الملوحة

على الرغم من ندرة المياه السائلة، لا تزال طرق الري غير الفعالة في الحقول، مثل الري بالغمر، شائعة الاستخدام. وقد بدأت أنظمة الري بالتنقيط والري بالرش في الانتشار في العديد من المناطق، كما تم البدأ باستخدام الزراعة في الأنفاق إلا أن التكيف مع هذه الأساليب ليس موحد بعد. ويوصى بدراسة سبب عدم التكيف، حتى يتسعى تطوير تدابير لتعزيز الترويج بشكل أكثر فعالية (مثل تقديم القروض، والتبادل الأفقي). وفي الوقت نفسه، يجب تقييم بطء التكيف مع هذه التدابير الجديدة، أيضاً في ضوء المنظور الاقتصادي الكلي ونقص المياه المهدد، من أجل تحديد التوقعات الممكنة في هذا الصدد.



التدابير والإجراءات الزراعية لإدارة الملوحة

تُعد الملوحة من السمات المميزة لأنظمة الري في محافظة الأنبار. يمكن التخفيف من الآثار السلبية لهذه الملوحة من خلال اعتماد تدابير زراعية متنوعة، بما في ذلك التسميد عبر الري، بالإضافة إلى استخدام أصناف من المحاصيل المقاومة للملوحة. وقد شهدت السنوات الأخيرة العديد من الإنجازات، حيث تم اختبار مدى تحمل الملوحة لمجموعة متنوعة من أصناف المحاصيل المحلية. وأتضح أن العديد من هذه الأصناف تتمتع بخصائص مناسبة جدًا، مما يجعل من الممكن تعزيز الترويج لاستخدامها بشكل أفضل.

7.3 تنظيم استخدام المياه الجوفية

تظهر المياه الجوفية، كما هو الحال في مناطق أخرى من الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، كمصدر جديد للزراعة المروية. وهذا يثير مخاوف مبررة بشأن تأثير ذلك على احتياطي المياه الجوفية وكذلك الآثار المترتبة على استخدام المياه الجوفية ذات الجودة الهامشية. كما تمثل الزيادة السريعة في أنظمة الري المحوري بالقرب من ضفاف نهر الفرات تطور يحتاج إلى متابعة دقيقة.

ويوصى بتنفيذ عدد من الأنشطة في هذا السياق:

- تنظيم تطوير المياه الجوفية
- تعزيز إعادة تغذية المياه الجوفية
- حماية مصادر المياه الجوفية عالية الجودة
- استكشاف فرص الاستخدام المشترك

تنظيم تطوير المياه الجوفية

هناك تشريعات قائمة لتوجيهه ومراقبة تطوير استخراج المياه الجوفية. ويجب التتحقق من مدى فعالية هذه التشريعات، وإذا لزم الأمر، يمكن النظر في تدابير تكميلية. كما سيكون من المفيد إشراك أصحاب المصلحة الرئисين، وهم المزارعون المعتمدون على المياه الجوفية. كما يوصى أيضًا بتحسين الوعي والمعرفة الأساسية حول المياه الجوفية في مجتمع أوسع بكثير.

تعزيز إعادة تغذية المياه الجوفية

تم تخصيص فصل كامل للفرص المتاحة لزيادة حصاد مياه الأمطار (الفصل 6). ويمكن تطبيق ذلك في المناطق ذات الإمكانيات العالية، حيث من المتوقع تحقيق عائد معقول على الجهات المبدولة في إنشاء الهياكل اللازمية. وتتجدر الإشارة إلى أن حصاد مياه الأمطار ليس من التقاليد الشائعة في العراق، ومن ثم فإن بناء القدرات في هذا المجال أمر ضروري.

حماية مصادر المياه الجوفية عالية الجودة

تُعد المياه الجوفية مورد استراتيجي، إذ لا يعتمد توفرها على سنوات الأمطار الجيدة أو السيئة أو حتى تغير المناخ. وهذا يجعل المياه الجوفية مهمة جدًا لتوفير الإمدادات طويلة الأمد للمستهلكين الرئيسيين، مثل الصناعات. ويُوصى بتحديد مصادر المياه الجوفية عالية الجودة في الأنبار، استنادًا إلى الدراسات الهيدروجيولوجية المتوفرة، وحماية وضع هذه الاحتياطيات من خلال حظر استخراجها لأغراض منخفضة القيمة مثل الزراعة.



استكشاف فرص الاستخدام المشترك

تؤدي تسرب إمدادات المياه السطحية إلى تجديد غني للطبقات المائية الضحلة تحت نظام الري. ويمكن بعد ذلك استخدام هذه المياه الجوفية الضحلة بالتزامن مع الري السطحي، مما يخلق نظام ري عند الطلب. يجب أن تكون إمدادات المياه السطحية متوازنة بحيث لا تكون غزيرة جدًا لدرجة تمنع الحاجة إلى الري التكميلي بالمياه الجوفية، ولا شحوبة جدًا بحيث لا يكون هناك تسرب وإعادة تغذية.

7.4 إنشاء نظام لحصاد جريان مياه الأمطار ومياه الفيضانات

إن إمكانية حصاد جريان مياه الأمطار ومياه الفيضانات في المناطق غير الواقعة على نهر الفرات في محافظة الأنبار لا تزال غير معروفة إلى حد كبير، ومن المؤكد أنها غير مستغلة بشكل كبير. ومع تزايد الضغط على الموارد المائية في المحافظة، يصبح من الضروري تطوير هذه الفرص. كما يجب دعم ذلك بفهم أفضل للتقنيات المتاحة، ونماذج الإدارة المصاحبة لها، التركيز بشكل عام على المناطق الوعادة / الأحواض الفرعية في الوديان الجافة بالأأنبار. ويقترح اتخاذ الإجراءات التالية:

- جمع جميع أصحاب المصلحة الرئيسيين وإنشاء كتلة حرجية للتخطيط الاستراتيجي والعمل.
- استكشاف تقنيات جديدة لحصاد المياه على مستوى الأحواض الكبيرة والحفاظ على رطوبة التربة في المناطق الجافة.
- إجراء تقييم لكل حوض مائي على حدة وتحديد المناطق ذات الإمكانيات العالية لحصاد المياه، باستخدام نهج متكامل.

جمع أصحاب المصلحة الرئيسيين

يجب إنشاء كتلة حرجية ومجتمع من الممارسين في مجال حصاد مياه الجريان السطحي والفيضانات وإعادة تغذية المياه الجوفية. تلعب وزارة الزراعة والموارد المائية دور محوري هنا، وكذلك المنظمات غير الحكومية النشطة في هذا المجال، ومنظمات المجتمع المحلي، والحكومة المحلية، والقطاع الخاص. تتيح هذه المنصة المشتركة تنفيذ تدخلات استراتيجية فيما يتعلق بأفضل الأساليب - من حيث التقنيات ونماذج الإدارة والترتيبات الداعمة.

استكشاف تقنيات جديدة

هناك العديد من التقنيات المناسبة لحصاد المياه على مستوى الأحواض الكبيرة، لكنها غير معروفة وليس جزء من تقنيات إدارة المياه في محافظة الأنبار. حيث يتركز النهج الحالي بشكل ضيق على بناء السدود. ومن أمثلة الخيارات الأخرى، غالباً الأفضل، السدود الجوفية، السدود الرملية، هياكل الري بالفيضانات، سدود توزيع مياه الفيضانات، معارض التسرب، وتقنيات إعادة تغذية المياه الجوفية المتنوعة. بالإضافة إلى ذلك، هناك تقنيات مثبتة لإدارة والحفظ على رطوبة التربة. يجب مشاركة هذه التقنيات مع أصحاب المصلحة الرئيسيين، وأيضاً دمجها في برامج التنفيذ وفي الممارسات القياسية كما تُدرس في البرامج التعليمية.

تحديد المناطق ذات الإمكانيات العالية بناءً على مسح وتقدير منهجي

لابد من فهم أفضل للفرص والموقع الحالية في الأراضي الجافة الواسعة في محافظة الأنبار. باستخدام مجتمع الممارسين (كما ذكر أعلاه) وتكنولوجيا المعلومات الحديثة، يجب إجراء مسوحات لتحديد المناطق الوعادة بشكل أكبر لتطبيق نهج متكامل لإدارة المياه الجريان السطحي ومياه الفيضانات.



7.5 إدارة جودة المياه

تمثل جودة المياه مصدر قلق كبير. حيث تؤثر التدفقات المنخفضة في نهر الفرات على جودة مياه النهر، كما تسبب المستويات المنخفضة في خزانات التخزين الرئيسية والبحيرات في حدوث ظاهرة الإثارة الغذائي. لذا، هناك حاجة ملحة لجعل جودة المياه أولوية رئيسية ومحور اهتمام أساسي. وفيما يلي الإجراءات المقترنة لتحقيق ذلك:

- زيادة الوعي حول تلوث جودة المياه
- تعزيز إعادة استخدام مياه الصرف الصحي من جميع المراكز الحضرية الكبرى

نشر الوعي حول تلوث جودة المياه

يوجد رصد منهجي لجودة المياه السطحية في العراق يشمل أنهار دجلة، والفرات، وديالى، وبشط العرب، وبعض الروافد داخل الحدود العراقية. في محافظة الأنبار، تم تركيب سبع محطات، تبدأ من القائم وتمتد حتى الفلوجة. يوضح الجدول 7.1 تصنيف جودة المياه وفقاً لقيم مؤشر جودة المياه (WQI) لعام 2019، والذي لا يزال معمول به. ومن حيث المبدأ، يتم إعداد التقارير عن جودة المياه بشكل أسبوعي. وفي حالة اكتشاف أي تلوث، يتم فرض العقوبات اللازمة.

الجدول 7.1: تصنيف جودة المياه وفقاً للجهاز المركزي للإحصاء

الترتيب	حالة مياه النهر	دليل جودة المياه	توضيح درجة التلوث	اللون	المدى
1	ممتاز	صحي بشكل ممتاز			95-100
2	جيد	متأثر بالتلوث ويقي جيداً			80-94
3	مقبول	متأثر بالتلوث بشكل ملحوظ ولكن يبقى مقبولاً			65-79
4	رديء	متأثر بالتلوث بشكل كبير ويمكن معالجته			45-64
5	مرفوض	يشكل تهديد لصحة الإنسان وبقية الأحياء			0-44

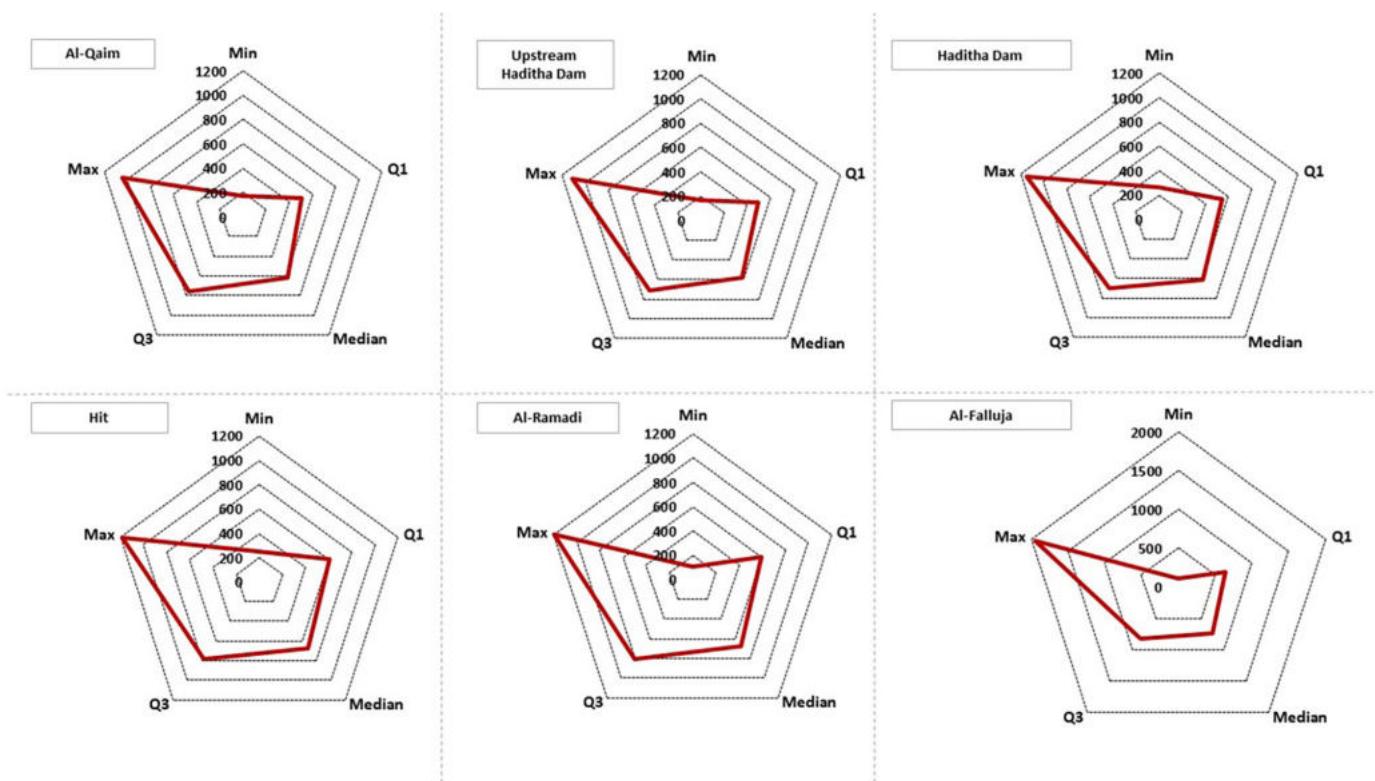
هناك حاجة إلى نشر هذه المعلومات على نطاق أوسع وزيادة الوعي بأسباب ومخاطر تدهور جودة المياه. مع توفر التشريعات الالزمة، أصبح من الممكن اتخاذ إجراءات ضد الملوثين. ويمكن أن يشكل ذلك أساساً للمشاركة الفعالة في إنشاء المنشآت والمرافق الخاصة بمعالجة المياه.

تعزيز إعادة استخدام مياه الصرف الصحي من جميع المراكز الحضرية الكبرى

يُعد إطلاق مياه الصرف الصحي غير المعالجة من المناطق الحضرية والصناعية أحد الأسباب الرئيسية لانخفاض جودة المياه السطحية، مما يسبب مخاطر بيئية وصحية جسيمة. ولقد شهدت العديد من الدول الأخرى في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تقدم كبير في معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي، خاصة في الاستخدامات ذات القيمة المنخفضة مثل الزراعة. يمكن الاستفادة من الأمثلة الناجحة من الدول الأخرى في المنطقة وتطبيقها محافظ الأنبار، مع دراسة إمكانية إعادة استخدام الحمأة الناتجة عن المعالجة كمنتج ثانوي.

الملحق الأول: إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) على طول نهر الفرات

إحصائيات وصفية لإجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) في 6 مواقع على طول نهر الفرات، بما في ذلك القيم الدنيا، والقصوى، والربع الأول (Q1)، والوسيط، والربع الثالث (Q3).



تم النشر من قبل:
الوكالة الألمانية للتعاون الدولي

المكاتب المسجلة:

بون وإشبورن | ألمانيا
الهاتف: +49619679-0
الفاكس: +49619679-1115
البريد الإلكتروني : info@giz.de
الموقع الإلكتروني: www.giz.de
المشروع:

تحسين القدرة على التكيف مع المناخ وتعزيز التماسك الاجتماعي في الأندار

<https://www.giz.de/en/worldwide/206741.html>

النص: شركة GOPA AFC GmbH بون، ألمانيا
الهاتف: +4922892394000
info@afci.de | www.gopa.eu

التصميم:

باربرا رويتز | أوبرأورسل، ألمانيا barbarareuter-grafik@web.de

حقوق الصور:

الصورة على الغلاف والصفحة الأخيرة © AdobeStock, sveta

الصورة في الصفحة 9 © GIZ

الصورة في صفحة 14 © AdobeStock, John Wreford

الصورة في صفحة 31 © GIZ

الصورة في صفحة 52 © AdobeStock, Mohammed

الصورة في صفحة 67 © GIZ

الصورة في صفحة 86 © AdobeStock, Mohammed

الصورة في صفحة 98 © GIZ

تاريخ النشر:

تشرين الأول 2025

تحمل GIZ وحدها مسؤولية محتوى هذا المنشور

بالتکلیف من:

الوزارة الاتحادية الألمانية للتعاون الاقتصادي والتنمية BMZ

إخلاء المسؤولية القانونية:

يُستخدم تمثيل الخرائط الجغرافية لأغراض توضيحية فقط ولا يشكل اعترافاً بالحدود أو المناطق الدولية. ولا تقدم GIZ أي ادعاءات تتعلق بصحة أو دقة أو اكتمال الخرائط، كما لا تحمل أي مسؤولية ناجمة عن استخدام المعلومات الواردة فيها.

