جامعة دمشق

كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة المائية

الإدارة المتكاملة للموارد المائية في حوض الرقاد

دراسة أُعدت كجزءٍ من متطلبات نيل شهادة الماجستير في الهندسة المائية

إعداد

المهندسة رقيه سرحان

المشرف

الدكتور المهندس يوسف مرعي

المشرف المشارك

الدكتور المهندس بسام فركوح

دمشق- سورية

2015

جامعة دمشق

كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة المائية

الإدارة المتكاملة للموارد المائية في حوض الرقاد

إعداد

م.رقيه سرحان

لجنة الحكم مؤلفة من السادة:

د.م. محمد هشام التجار	الأستاذ المساعد في قسم الهندسة المائية-كلية الهندسة المدنية-جامعة دمشق اختصاص: هيدرولوجيا وهيدروجيولوجيا	عضواً
د.م. يوسف مرعي	الأستاذ المساعد في قسم الهندسة المائية-كلية الهندسة المدنية-جامعة دمشق اختصاص: منشآت مائية	عضواً مشرفاً
د.م. عدنان النحاس	المدرس في قسم الهندسة المائية-كلية الهندسة المدنية-جامعة دمشق اختصاص: منشآت الري	عضواً

دمشق 2015

اهداء

أساتذتي الأفاضل الدكتور يوسف مرعي والدكتور بسام فركوح .....لكم جزيل الشكر لدعمكم ومساهمتكم في انجاز هذا البحث.....

اليكَ يا من بذلت ولم تنتظر العطاء... يا من ساهمت في انجاز كل سطر من هذا البحث... الدكتور عمران الشهابي .....اليكَ اهدي عبارات الشكر والتقدير لمنحكَ اياي الثقة.....

إلى الزميل المهندس وائل غدا .....شكراً لوقوفكَ بجانبي.....

إلى المخلص لعمله.... الجيولوجي بسام الشمالي ....شكراً لدعمكَ مسيرة البحث بخبرتكَ وعطائكَ.....

إلى أبي وأمي وأخوتي ....

إلى صديقاتي.....

إلى كل من ساعد في انجاز هذا البحث....إلى من سيساهم في تطويره وتقديم الفائدة.....

إلى نفسي .....شكراً على الصمود....

والحمد والشكر لله ....

رقيه

الفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
الفهرس	I
قائمة الجداول	VI
قائمة الأشكال	VII
معجم المصطلحات	XI
الملخص	XII
مقدمة	1
الفصل الأول: إدارة الموارد المائية	
1-1. تعريف الإدارة المتكاملة للموارد المائية	5
1-2. مفهوم ادارتي العرض والطلب على المياه	5
1-3. مبادئ الادارة المتكاملة للموارد المائية	5
1-4. إدارة المياه حسب منهجية أمباورز	6
1-4-1. منهجية أمباورز	6
1-4-2. أسلوب الإدارة المائية المتبعة	6
1-5. أمثلة عن عملية تطبيق ادارة الموارد المائية	7
1-5-1. حوض حلب	7
1-5-1-1. توصيف الحوض	8
1-5-1-2. الطلب على المياه والمشكلة المرتبطة بها	8
1-5-1-3. الرؤية المشتركة المستقبلية	8
1-5-1-4. مراحل دراسة الحوض	9
1-5-2. معسكرات دارفور	10
1-6. أدوات ادارة الموارد المائية	12
1-6-1. برنامج نظام التخطيط والتقييم المائي WEAP21	12
الفصل الثاني: موقع الدراسة –حوض الرقاد–	
2-1. تمهيد	14

2-1-1. حوض اليرموك 14
2-2. حوض الرقاد 15
2-2-1. الخواص العامة لوادي الرقاد 16
2-2-1-1. مسار الوادي 17
2-2-1-2. مواصفات الوادي الهندسية 17
2-2-1-3. أقسام وادي الرقاد 17
2-2-1-4. الغطاء النباتي 18
2-2-1-5. المناخ 18
2-2-1-6. التركيب الجيولوجي للحوض 20
2-2-2. النظام المائي لحوض الرقاد 20
2-2-2-1. المياه الجوفية 20
2-2-2-2. الشبكة الهيدروغرافية 21
2-2-3. المنشآت المقامة على وادي الرقاد 23
2-2-3-1. السدود 23
2-2-3-2. قنوات التحويل 25
2-3. الاستعمار الاستيطاني الصهيوني في الجولان 27
2-3-1. إجراءات الكيان الاسرائيلي لسرقة ومصادرة مياه الجولان 27
2-3-2. الانتهاكات البيئية الإسرائيلية في الجولان 34

الفصل الثالث: الموارد المائية في الحوض والطلب على المياه

3-1. مقدمة 35
3-1-1. الأمطار 35
3-2. الموارد المائية المتوفرة في منطقة الدراسة 36
3-2-1. الموارد المائية التقليدية 36
3-2-1-1. المياه السطحية 36
3-2-1-2. المياه الجوفية 41
3-2-2. الموارد المائية غير التقليدية 43
3-3. الطلب على المياه 43
3-3-1. الطلب على المياه لأغراض الشرب والاستخدام المنزلي 43
3-3-1-1. عدد السكان 43

3-3-1-2. الاستخدامات المنزلية 43
3-3-1-3. كفاءة شبكات مياه الشرب 44
3-3-2. واقع الري في منطقة الدراسة والطلب على المياه لهذا القطاع 44
3-3-2-1. المساحات المروية 44
3-3-2-2. شبكات الري المستخدمة 44
3-3-2-3. الطلب على المياه لأغراض الري 47
3-3-3-3-1. الطلب على المياه السطحية 49
3-3-3-3-2. الطلب على المياه الجوفية 49
3-3-3-3-3. الطلب الاجمالي على المياه لأغراض الري 49

الفصل الرابع: واقع الصرف الصحي في حوض الرقاد

4-1. مقدمة 57
4-2. منظومات الصرف الصحي المنفذة في حوض وادي الرقاد 57
4-2-1. منظومات الصرف الصحي في البلدات والقرى المنفذة ذات الحل المركزي 57
4-2-1-1. محور وادي الرقاد 57
4-2-1-2. محور بئر عجم – بريقة 59
4-2-1-3. محور أم باطنه– ممتنة 59
4-2-1-4. محور نبع الصخر – مجدوليا 60
4-2-1-5. محور الأصبح– العشة– الرفيد 61
4-2-1-6. محور غدير البستان 62
4-2-2. منظومات الصرف الصحي في البلدات والقرى المنفذة ذات الحل اللامركزي 63
4-2-2-1. مصبات حضر 63
4-2-2-2. مصبات جبا 63
4-2-2-3. مصبات مسحرة والتجمعات التابعة لها 64
4-2-2-4. مصبات كودنة 64
4-2-2-5. مصبات المعلقة 65
4-2-2-6. مصبات رويحينة 65
4-2-3. بعض الأمور الهامة المقترحة من قبل مؤسسة الصرف الصحي في القنيطرة 66

الفصل الخامس: بناء نموذج منطقة الدراسة

5-1. مقدمة 67

5-2. بناء النموذج 67
5-2-1. العمل ضمن بيئة GIS 67
5-2-1-1. النموذج الرقمي للمنطقة المدروسة 67
5-2-1-2. ملء المصبات 68
5-2-1-3. إنشاء طبقة اتجاه الجريان 69
5-2-1-4. إنشاء طبقة الجريان التراكمي 70
5-2-1-5. تحديد شبكة المسيلات المائية 70
5-2-1-6. تحويل طبقة المسيلات من راستر إلى طبقة شعاعية 71
5-2-1-7. تحديد الأحواض الصبابة الجزئية 72
5-2-1-8. رسم الحوض الصباب الرئيسي 73
5-2-2. استخدام برنامج WEAP21 75
5-2-2-1. وضع الإطار الزمني للنموذج 75
5-2-2-2. الحدود المكانية ومكونات النظام لمنطقة الدراسة 75
5-2-2-3. إدخال البيانات 76
5-2-2-3-1. بيانات نقاط الطلب 76
5-2-2-3-2.بيانات المصادر المائية ونقاط التزويد 79
5-2-2-3-3. بيانات محطة القياس 82
5-2-2-4. معايرة النموذج 82
5-2-2-5. الموازنة المائية للمنطقة المدروسة 84

الفصل السادس: بناء السيناريوهات وتحليل النتائج

6-1. بناء السيناريو المرجعي 86
6-1-1. تحليل نمو السكان 86
6-1-2. التقلبات المناخية 86
6-1-3. نتائج السيناريو المرجعي 89
6-2. بناء السيناريوهات 91
6-2-1. سيناريو ازدياد معدل احتياج الفرد 91
6-2-1-1. فرضيات سيناريو ازدياد معدل احتياج الفرد 91
6-2-1-2. نتائج سيناريو ازدياد معدل استهلاك الفرد 92

6-2-2. سيناريو تأثير الأزمات (الهجرة القسرية) 94
6-2-2-1. فرضيات سيناريو تأثير الأزمات (الهجرة القسرية) 94
6-2-2-2. نتائج سيناريو تأثير الأزمات (الهجرة القسرية) 95
6-2-3. سيناريو التغيرات المناخية 97
6-2-3-1. فرضيات سيناريو التغيرات المناخية 97
6-2-3-2. نتائج سيناريو التغيرات المناخية 98
6-3. النتائج والمقترحات 101
6-3-1. سيناريو التحكم بالدورة الزراعية، وتغيير أولويات تخزين السدود 102

التوصيات

التوصيات 105

المراجع

المراجع 106
مصادر البيانات 107

قائمة الجداول

الرقم		الصفحة
2 – 1	المواصفات التصميمية للسدود المقامة على وادي الرقاد	26
3 – 1	أعلى الهطولات المطرية المسجلة mm/year	36
3 – 2	شبكات الري الموجودة في حوض وادي الرقاد	47
3 – 3	الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية المروية في القنيطرة من السدود على مجرى الرقاد	50
3 – 4	الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية المروية في درعامن السدود على مجرى الرقاد	51
3 – 5	الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية المروية في حوض وادي الرقاد من المياه السطحية (السدود)	52
3 – 6	الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية المروية في حوض وادي الرقاد من المياه الجوفية (الآبار)	53
3 – 7	الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية المروية في حوض وادي الرقاد من المياه الجوفية (الينابيع)	54
3 – 8	الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية المروية في حوض وادي حسب المصادر المائية	55
4 – 1	محاور ومصبات الصرف الصحي المنتهية إلى وادي الرقاد	66
5 – 1	اتجاهات الجريان في برنامج GIS	69
5 – 2	الطلب على مياه وادي الرقاد لأغراض الزراعة	78
5 – 3	الطلب على المياه لأغراض الشرب ونقاط الصرف الصحي في المجرى	78
5 – 4	تصريف الينابيع بـ [m^3/sec]	79
5 – 5	حجوم تخازين السد الأساسية	82
5 – 6	التصاريف المقاسة باتجاه الأردن خلال السنة المرجعية	82
6 – 1	رطوبة السنة المائية نسبةً للسنة الطبيعية	87
6 – 2	استهلاك الفرد التدريجي خلال الفترة المدروسة	91
6 – 3	عدد السكان وفق سيناريو الهجرة القسرية	94
6 – 4	مساحة نقاط الطلب الزراعية واحتياجها ضمن سيناريو التحكم بالدورة الزراعية وتغيير اولويات التخزين	103

قائمة الأشكال

الرقم		الصفحة
1 – 2	روافد نهر اليرموك	15
2 – 2	مسيل الرقاد	16
3 – 2	تغيرات المناخ في حوض الرقاد	19
4 – 2	مناسيب المياه الجوفية في المنطقة المدروسة وما حولها	21
5 – 2	روافد وادي الرقاد	22
6 – 2	السدود المقامة على مجرى وادي الرقاد في المنطقة المحتلة من الحوض	28
7 – 2	سد حيتل	29
8 – 2	سد المنصورة	31
9 – 2	الساتر الترابي	32
10 – 2	صور تبين انهيار الساتر الترابي	33
1 – 3	معدل الهطول المطري في حوض الرقاد	35
2 – 3	السدود ومحطات القياس على وادي الرقاد	37
3 – 3	حجم جريان وادي الرقاد عند محطات القياس	38
4 – 3	كميات المياه الداخلة والخارجة لسدود وادي الرقاد	40
5 – 3	كمية المياه المنتجة شهرياً من الآبار في حوض وادي الرقاد	41
6 – 3	غزارة ينابيع حوض الرقاد السنوية الوسطية	42
7 – 3	الغزارة الوسطية الشهرية لينابيع حوض الرقاد	42
8 – 3	أنواع المحاصيل المزروعة في حوض وادي الرقاد	48
9 – 3	أنواع الأشجار المزروعة في منطقة حوض الرقاد	48
10 – 3	حجم الطلب على المياه لأغراض الري	56
11 – 3	تصاريف المياه اللازمة للري	56
1 – 4	محور وادي الرقاد	58
2 – 4	محور بئر عجم بريقة	59
3 – 4	محور أم باطنة–ممتنة	60
4 – 4	محور نبع الصخر–مجدوليا	61
5 – 4	محور الأصبح – العشة – الرفيد	62

6 – 4	محور غدير البستان	63
7 – 4	مصب حضر	63
8 – 4	مصبات جبا	64
9 – 4	مصبات مسحرة	64
10 – 4	مصبات كودنة	65
11 – 4	مصبات المعلقة	65
1 – 5	النموذج الرقمي لمناسيب حوض اليرموك	68
2 – 5	طريقة ملء المصبات	68
3 – 5	تحديد اتجاه الجريان	69
4 – 5	اتجاهات الجريان	70
5 – 5	الجريان التراكمي	70
6 – 5	تحديد المسيلات المائية وربطها بالعقد	71
7 – 5	شبكة المسيلات المائية لمنطقة الرقاد وما حولها	71
8 – 5	تحويل طبقة المسيلات من راستر إلى شعاعية	72
9 – 5	الأحواض الجزئية المتشكلة في حوض اليرموك	73
10 – 5	الأحواض الرئيسية المتشكلة في حوض اليرموك	74
11 – 5	فصل حوض وادي الرقاد	75
12 – 5	استيراد الشرائح من نظام GIS إلى برنامج WEAP21	77
13 – 5	نموذج منطقة الدراسة ضمن نظام WEAP21	78
14 – 5	تقسيم مخزون السد ضمن برنامج WEAP21	81
15 – 5	تصاريف وادي الرقاد وروافده خلال سنة الأساس	84
16 – 5	المقارنة بين التخزين المحسوب والمقاس لسد المنطرة خلال سنة الأساس	85
17 – 5	المقارنة بين التخزين المحسوب والمقاس لسد بريقة خلال سنة الأساس	85
18 – 5	كمية الداخل الشهري للمنطقة المدروسة خلال السنة المرجعية	86
19 – 5	كمية الخارج الشهري من المنطقة المدروسة خلال السنة المرجعية	86
1 – 6	متوسط الهطول بين المحطات المناخية في حوض وادي الرقاد	87
2 – 6	نموذج السنة المائية لسلسة السنوات المدروسة من العام (85-1986) وحتى عام (-2010 09)	88
3 – 6	نموذج السنة المائية للفترة المدروسة ضمن برنامج WEAP21	88

4 – 6	ازدياد الطلب على المياه في التجمعات السكانية خلال الفترة المدرسة وفق السيناريو المرجعي بالنسبة للسنة المرجعية	89
5 – 6	مقارنة مخزون المياه الجوفية خلال الفترة المدروسة وفق السيناريو المرجعي مع السنة المرجعية	90
6 – 6	مقارنة حجم الصرف الصحي خلال الفترة المدروسة وفق السيناريو المرجعي مع السنة المرجعية	90
7 – 6	مقارنة مخزون السدود خلال الفترة المدروسة وفق السيناريو المرجعي مع السنة المرجعية	90
8 – 6	مقدار العجز الحاصل في نقاط الطلب الزراعية خلال الفترة المدروسة وفق السيناريو المرجعي	91
9 – 6	تدرج استهلاك الفرد في برنامج WEAP21	92
10 – 6	مقارنة الطلب على المياه في التجمعات السكانية بين السنة المرجعية والسيناريو المرجعي والوضع الراهن	93
11 – 6	مقارنة مخزون المياه الجوفية بين السنة المرجعية والسيناريو المرجعي والوضع الراهن	93
12 – 6	مقارنة كمية الراجع من التجمعات السكانية بين السنة المرجعية والسيناريو المرجعي والوضع الراهن	93
13 – 6	الزيادة في حجم تخزين السدود ضمن سيناريو زيادة معدل احتياج الفرد نسبةً للسيناريو المرجعي	94
14 – 6	مساحة الأراضي الزراعية وفق سيناريو الهجرة القسرية	94
15 – 6	الزيادة في مخزون المياه الجوفية وفق سيناريو الهجرة القسرية نسبةً للسيناريو المرجعي	95
16 – 6	مخزون المياه الجوفية في سيناريو الهجرة القسرية والسيناريو المرجعي نسبةً للسنة المرجعية	96
17 – 6	تخزين السدود في سيناريو الهجرة القسرية والسيناريو المرجعي نسبةً للسنة المرجعية	96
18 – 6	تصاريف الجريان باتجاه الأردن في سيناريو الهجرة القسرية نسبةً للسنة المرجعية	96
19 – 6	تصاريف الرقاد وروافده وفق سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي	97
20 – 6	حجم التغذية الجوفية وفق سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي	98
21 – 6	الزيادة في احتياج الأراضي الزراعية في سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي	98
22 – 6	مقارنة مخزون المياه الجوفية بين السنة المرجعية و السيناريو المرجعي و سيناريو التغيرات المناخية	99

6 – 23	حجم المياه الجوفية في سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي	99
6 – 24	مقارنة مخزون السدود بين السيناريو المرجعي و سيناريو التغيرات المناخية	100
6 – 25	حجم تخزين السدود في سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي	100
6 – 26	حجم العجز في تلبية طلب النقاط الزراعية في سيناريو التغيرات المناخية	100
6 – 27	التصاريف باتجاه الأردن في سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي	101
6 – 28	مساحة الأراضي الزراعية حسب المحاصيل في الحوض ضمن سيناريو التحكم بالدورات الزراعية، وتغيير أولويات تخزين السد	102
6 – 29	مقارنة العجز بين سيناريو التحكم بالدورات الزراعية وتغيير أولويات تخزين السد والسيناريو المرجعي	104
6 – 30	حجم تخزين السدود في سيناريو التحكم بالدورات الزراعية وتغيير أولويات تخزين السد نسبةً للسيناريو المرجعي	104

معجم المصطلحات	
Artifical Recharging	الشحن الصناعي
Buffer Coefficient	معامل الحجز
Buffer Zone	المخزون الاستراتيجي
Calibration	معايرة
Conservation Zone	حجم التخزين الطبيعي
Conventional Water Resources	الموارد المائية التقليدية
Decision Support Systems, DSS	نظم دعم القرار
Flood Control Zone	حجم الفيضان
Geographic Information System, GIS	نظام المعلومات الجغرافية
Ground Water	المياه الجوفية
Inactive Zone	الحجم الميت
Initial Storage	التخزين البدائي
Integrated Water Resources Management	الإدارة المتكاملة للموارد المائية
Mathematical Model	نموذج رياضي
Non- Conventional Water Resources	الموارد المائية غير التقليدية
Observed Volume	حجم تخزين السد الشهري المقاس
Outlets	مصبات
Reference Scenario	السيناريو المرجعي
Return Link	خطوط المياه الراجعة
Simulated Volume	حجم تخزين السد المحسوب
Supply management	إدارة العرض
Surface Water	المياه السطحية
Transmission Link	خطوط نقل المياه
Treatment Plant	محطة معالجة
Unmet Demand	العجز المائي (الطلب الغير مغطى)
Water Balance	الموازنة المائية
Water Demand	الطلب على المياه
Water Evaluation and Planning, WEAP	نظام تقييم وتخطيط الموارد المائية

الملخص

يُعد حوض وادي الرقاد من الأحواض المائية الهامة الواقعة في المنطقة الجنوبية الغربية من الجمهورية العربية السورية، إلا أنه رغم تمتعه بوفرة الهطولات المطرية، وكثافة شبكة المسيلات المائية فيه، فمستوى إدارة الموارد المائية المتوافرة فيه مايزال دون المستوى المطلوب، ولاسيما فيما يتعلق بإدارة السدود العديدة المقامة على واديه، هذا إلى جانب تعرضه للتلوث بمياه الصرف الصحي، وسيطرة الاحتلال الصهيوني على جزءٍ من منابع الحوض.

تلخص هدف البحث باقتراح خطة عمل تمتد حتى سنة 2035 وتشتمل على مجموعة من الاجراءات لتحسين إدارة الموارد المائية في حوض وادي الرقاد وذلك باستخدام برنامج WEAP21، وقد تضمن ذلك بناء نموذج رياضي للمنطقة المدروسة يوضح فيها المصادر والمنشآت المائية، ونقاط الطلب عليها، ومن ثم وضع موازنة مائية لتقييم الوضع المائي في الحوض. تلى ذلك تطبيق عددٍ من السيناريوهات على النموذج بعد الوضع بالحسبان التغيرات الديموغرافية والمناخية المتوقعة.

بينت النتائج العامة للسيناريوهات تناقص مخزون المياه الجوفية لمنطقة الرقاد، وزيادة تخزين السدود، أو تناقصه أحياناً مع ظهور عجز في تلبية طلب القطاع الزراعي في بعض السنوات، وعلى ضوء هذه النتائج أُقترحت سيناريوهات بديلة لحل المشكلات الناتجة تتلخص بتغيير أولويات التوزيع بين المصادر، ونقاط الطلب، وعملية الشحن الصناعي للمياه الجوفية أو تحويل المياه باتجاه سدود درعا، مع التوصية بأن تهتم البحوث اللاحقة بحل مشكلة التلوث القائمة في الحوض، وتطوير نموذج المنطقة بمساعدة مؤسسات وزارة الموارد المائية ووزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.

الكلمات المفتاحية: وادي الرقاد، الإدارة المتكاملة للموارد المائية، WEAP21، إدارة السدود.

مقدمة
Introduction

تمهيد Preface

من بين التحديات الرئيسية التي يواجهها العديد من دول العالم ما يتعلق بضمان حصول جميع السكان على إمدادات مستدامة لمياه الشرب، وكيفية السيطرة على الفيضانات وموجات الجفاف، ومن هنا تشكل قضايا المياه أهم الأولويات بالنسبة لأي بلد، ويكتسب موضوع المياه أهمية خاصة في الدول العربية نظراً لمحدودية المتاح منها، ووقوعها ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة، ولهذا ينبغي الاستفادة من جميع الوسائل العلمية المتاحة والمتطورة لتحسين إدارة الموارد المائية والخدمات المتعلقة بها بشكل فعال واستغلالها في خدمة النمو السكاني المتسارع.

إن توفير المياه بالكمية والنوعية المطلوبتين يتطلب إدارة فاعلة للمياه بالعمل التشاركي وتعاون كافة الإدارات والأفراد المتأثرين بوضع المياه والاهتمام بدقائق العرض والطلب على المياه بدءاً من المستويات المحلية ومن ثم توسيع النطاق، حيث لا يمكن تحقيق الأهداف في هذا المجال إلا عن طريق وجود رؤية مشتركة والتزام كافة الأطراف بتحقيقها.

هدف البحث Scope of the Research

يهدف البحث إلى إيضاح الآلية المتبعة في إدارة الموارد المائية، وتسليط الضوء على أهمية الاستفادة من التقانات الحديثة في الإدارة الفعالة للموارد المائية، وتقييمها من خلال دراسة حالة حوض الرقاد. وبالتالي اعداد قاعدة بيانات ونموذج للحوض يوضح توزيع المصادر المائية على القطاعات المختلفة من شرب وري باستخدام برنامج WEAP21، وتقييم الموازنة المائية الراهنة فيه واقتراح مجموعة من الإجراءات لتحسين إدارة الموارد المائية في الحوض في ظل ظروف تغيرات ديموغرافية و مناخية و إدارية.

مشكلة البحث Problem of the Research

عدم الاستثمار الأفضل لمياه حوض الرقاد وتوظيفها بشكل مناسب، وصعوبة إدارة الحوض في فترة الجفاف والفيضان التي قد يتعرض لهما بسبب سيطرة الاحتلال الاسرائيلي على جزءٍ من منابع الرقاد من جهة، ومجاورة الأردن من جهة أخرى، بالإضافة لحجم التلوث الذي يتعرض له مجرى وادي الرقاد.

الحدود المكانية والزمنية للبحث Spatial and temporal Boundaries of the Research

دُرس موضوع البحث في الحدود الآتية:

الحدود المكانية: تم اختيار حوض الرقاد كحالة دراسية، إلا أنه بسبب احتلال اسرائيل لجزءٍ من الحوض، اقتصر البحث على الجزء الواقع تحت السيطرة السورية الممتد من جبل الشيخ حتى نهر اليرموك المحاذي للحدود مع الأردن.

الحدود الزمنية: اعتُمدت البيانات المتوافرة للعام (2010-2009)، وعولجت وحللت وجرى استقرائها حتى سنة 2035، كما تضمن البحث استخدام بيانات الهطولات المطرية للفترة (2010-1985)، وبيانات أخرى كعدد السكان وحجوم تخزين السدود لسنوات متعددة.

منهج البحث Methodology of the Research

اعتمد البحث المنهج التاريخي في الفصل الأول، والمنهج الوصفي في الفصل الثاني والثالث والرابع، والمنهج التحليلي في الفصل الخامس، والمنهج الاستقرائي في الفصل السادس.

أهمية البحث Importance of the Research

تأتي أهمية البحث من عدة نواحي، أهمها:

- من كون المنطقة المدروسة (حوض الرقاد) تتميز بالآتي:
  - تنوع الظروف المناخية السائدة.
  - ارتفاع معدلات الهطولات المطري، ووفرة الموارد المائية.
  - كثافة شبكة المسيلات المائية.
  - وجود عدد كبير من السدود بالنسبة لمجرى وادي الرقاد الموسمي.
  - التلوث الكبير الذي يتعرض له مجرى الوادي بسبب صرف مياه الصرف الصحي إليه.
  - الاحتلال الاسرائيلي لهضبة الجولان، فقد قامت اسرائيل بالاعتداء على مياه الرقاد عن طريق بناء سد تخزين على أكبر روافد الرقاد قرب القنيطرة بالإضافة لسدود أخرى على روافده ليؤثر ذلك سلباً في الوارد المائي لوادي الرقاد ضمن الأراضي السورية، وبالتالي في الموارد المائية التي يمكن الاستفادة منها في حوض الرقاد، ومن هنا تأتي صعوبة التحكم بإدارة السدود في حالة الفيضان.

وبنفس الوقت هناك تزايد في الطلب على المياه في جميع القطاعات، مما يستدعي ضرورة تطبيق نظام إدارة متكامل وفعال يحقق التوازن مابين الموارد والطلب عليها، والاستفادة من المياه لصالح المنطقة المدروسة، والمناطق المجاورة من جهة، والتخفيف من مشاكل التلوث فيها من جهة أخرى.

- لم يجرِ من الناحية العلمية، دراسة حوض جزئي من قبل، فكانت أحد الصعوبات الأساسية التي واجهت الباحث هو كيفية اقتطاعه إدارياً وهيدرولوجياً وعلاقته بالأحواض المجاورة.
- كيفية استخدام برنامج WEAP21 للأودية التي تتميز بشبكة كثيفة من الروافد، وليس كاستخدامه المعتاد بالنسبة للأنهار.

صعوبات البحث Difficulties of the Research

- الحاجة لكمٍ كبيرٍ ومتنوع من البيانات في مختلف مجالات الزراعة والري والموارد المائية والمناخ والتلوث.
- محدودية تعاون بعض المؤسسات الحكومية المعنية بتزويد الباحث بالبيانات المطلوبة بإدعاء سرية هذه البيانات.
- صعوبة في جمع البيانات المطلوبة من مصادرها المختلفة مما أطال هذه الفترة إلى ثلاث سنوات تقريباً.
- تضارب قيم بعض البيانات التي تم الحصول عليها من عدة مصادر، وهذا يدل على ضعف التنسيق بين مديريات المؤسسة الواحدة، ومابين المؤسسات المختلفة.
- الحاجة الماسة إلى معرفة كافية باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS، وبرنامج نظام تقييم وتخطيط المياه WEAP21، كتقانات مساعدة لانجاز البحث.

أدوات البحث Tools of the Research

- الزيارات الميدانية لبعض المواقع والمؤسسات المختصة للحصول على البيانات المطلوبة.
- برامج ادارة قواعد البيانات:

- برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS (Geographic Information Systems)، وهو عبارة عن أدوات لإدخال بيانات جغرافية (خرائط، صور جوية)، ووصفية (أسماء، جداول)، ومعالجتها، وإخراجها لأهداف محددة في مجالات متعددة، ففي مجال البحث الحالي تم استخدام شريط الأدوات "Arc Hydro"، وهو أداة لدراسة المياه والتحليل الهيدرولوجي.
- برنامج تخطيط وتقييم المياه WEAP21 (Water Evaluation And Planning)، هو نموذج للإدارة المتكاملة للموارد المائية، ويستخدم كأداة لتحليل وتقييم تخطيط المياه عن طريق تأمين قاعدة بيانات يحاكي فيها كلاً من الاحتياج والتزويد والتخزين ومصدر التلوث والمعالجة والتصريف، يضع بالحسبان الاستخدامات المتعددة والمنافسة بين قطاعات المياه.

محتويات الأطروحة Contents of the Thesis

تتألف الأطروحة بشكل رئيسي من مقدمة، وستة فصول، إضافة إلى قائمة بأسماء المراجع والمصادر العربية والأجنبية المستخدمة في البحث.

يوضح الفصل الأول تعريف مفهوم ادارة الموارد المائية المتكاملة، ومبادئها وكيفية أسلوب الادارة المتبعة، والتعريف ببعض البرمجيات المستخدمة في إدارة الموارد المائية، كما يوضح مجموعة من الحالات التي تم فيها استخدام، وتطبيق مبادئ إدارة المياه لتحقيق الاستفادة القصوى من المياه، وحل بعض المشكلات المتعلقة بها.

يتضمن الفصل الثاني توصيف المنطقة المدروسة (حوض الرقاد)، من حيث الموقع والظروف الطبيعية، ويتضمن أيضاً لمحة عن تأثير الاحتلال الاسرائيلي لجزء من المنطقة على إدارة الموارد المائية في الحوض.

يبين الفصل الثالث الموارد المائية المتوافرة في المنطقة وحجمها، والطلب عليها سواء الاستهلاك المنزلي، أو الزراعي، ويوضح تطور الموارد، والطلب عليها مع الزمن.

أما الفصل الرابع فيشمل الحديث عن واقع الصرف الصحي في منطقة الرقاد، والتلوث الناتج عنه ومدى تأثيره في مصادر المياه.

خُصص الفصل الخامس لوضع نموذج رياضي للمنطقة المدروسة باستخدام برمجيات GIS و WEAP21، وتشغيل هذا النموذج لإجراء الموازنة المائية.

أما الفصل السادس فتضمن بناء سيناريوهات تحاكي تطور السلاسل الزمنية للبيانات والتوقعات المستقبلية، ومناقشة النتائج، وصياغة مجموعة من المقترحات والتوصيات المتعلقة بإدارة المياه في المنطقة المدروسة.

التوصيات.

المراجع.

الفصل الأول

إدارة الموارد المائية

الفصل الأول

The First Chapter

إدارة الموارد المائية

Water Resources Management

1-1. تعريف الإدارة المتكاملة للموارد المائية Definition of Integrated Management of Water Resources

هي عملية يتم من خلالها تطوير تفاعلي مابين الموارد المائية المتوافرة والأراضي، وكل الموارد المرتبطة بها، بهدف زيادة المردود الاقتصادي والاجتماعي بشكل متكافئ دون الاضرار بديمومة النظم البيئية الحيوية السائدة [6]،[7].

2-1. مفهوم ادارتي العرض والطلب على المياه The Concept of Supply Management and Water Demand

تستند إدارة الموارد المائية للتحكم والتخطيط العلمي بآليتين أساسيتين من الأنشطة الإدارية هما:

آلية ادارة العرض تتطلب تحديد مواقع المياه الحالية والمحتملة وتعيينها وتنميتها وإدارتها.

آلية ادارة الطلب تستهدف الترويج لمستويات وأنماط أكثر صواباً في استعمال المياه.

يدمج التخطيط بين هاتين الآليتين معاً إلى جانب الاهتمامات البيئية، ويوفر أساساً تحليلياً للربط بينهما.

إن من مهام إدارة الموارد المائية إجراء تنسيق وتوازن بين آليات العرض والطلب، وتلك المهام تتطلب بالاستناد على معايير تحقق الأهداف المعلنة، لتأمين المتطلبات السكانية وتنمية المورد المائي والمحافظة عليه من التلوث وتحقيق النهج الاقتصادي المطلوب، [13].

3-1. مبادئ الادارة المتكاملة للموارد المائية Principles of Integrated Management of Water Resources

تُعد مبادئ دبلن[1] مرجعاً أساسياً لنظام الإدارة المتكاملة للموارد المائية وهي:

- المياه العذبة هي مصدر محدود وحساس، وأساسي لاستمرار الحياة والتطوير والحفاظ على البيئة.
- يجب أن ترتكز عملية تطوير وإدارة الموارد المائية على مبدأ التشاركية، بحيث يمكن لمستخدمي المياه والمخططين وصناع القرار المشاركة في التطوير، والإدارة على كافة المستويات.
- تلعب النساء دوراً مركزياً في الحفاظ على الموارد المائية، وإدارتها، وحمايتها.

[1] مجموعة من المبادئ العملية تشكلت من خلال جهود استشارية عالمية في المنتدى العالمي للموارد المائية والبيئة في دبلن International Conference of Water and Environment عام 1992.

- للماء قيمة اقتصادية في كل أشكال استخدامها، ويجب التعامل معها كسلعة اقتصادية.

بالرغم من أن هذه المبادئ تهدف إلى تبني تغيرات وتعديلات لرفع سوية إدارة الموارد المائية إلا أنه يجب عدم التعامل معها بشكلٍ مطلق بل هناك حاجة واضحة لإخضاع هذه المبادئ للتعديل، والإضافات في ضوء الخبرات الناتجة عما يحصل من معالجات، وتفسيرات أثناء التطبيق، [4].

4-1. إدارة المياه حسب منهجية أمباورز Water Management by EMPOWERS Methodology

1-4-1. منهجية أمباورز EMPOWERS Methodology

تقدم هذه المنهجية إطاراً عملياً ومنطقياً لأنشطة يشترك في تنفيذها مستخدمو المياه والعاملون عليها لدعم عملية التغيير المطلوب، لتحسين إدارة المياه، ولاسيما على المستوى المتوسط (المحافظة أو البلدية)، والمستوى المحلي (القرية والبلدة). وتقوم هذه المنهجية على دعامتين هما: "حوار المعنيين وعملهم التوافقي" و" دورة الإدارة المائية".

ويقصد بالأولى الحوار والأعمال التي يتعاون المعنيون بها، ويتطلب حوار المعنيين تخصيص الوقت والمكان والبنية المؤسسية للتفاعل بين أولئك المعنيين، والتشارك بالموارد والخدمات المائية في منطقة محددة، ويشتمل تعريف المعنيين على مستخدمي المياه وذوي العلاقة بالإدارة المائية ومزودي الخدمات والمنظمات غير الحكومية الداعمة للمجتمعات، أو الخدمات المائية المقدمة لهم، أما العمل التوافقي فهو النقاش المؤدي إلى أفعال منسقة قائمة على فهم مشترك وإستراتيجية توافقية.

أما الدعامة الثانية تتعلق بدور الإدارة التي تبدأ بتحقيق رؤية مشتركة ثم استخدم أداة تخطيطية متقدمة تعرف ببناء السيناريوهات من أجل الوصول إلى استراتيجية تخطيط للتغيير المنشود، ثم تطبيقه إلى أن يتم معالجة وتحليل النتائج والخروج برؤية جديدة، [6].

2-4-1. أسلوب الإدارة المائية المتبعة [6]،[8] Followed Method of Water Management

الخطوة الأولى: تعريف حدود المنطقة المعنية، والمدة الزمنية التي يتم خلالها إجراء تقدير الموازنة المائية.

الخطوة الثانية: تشكيل فريق عمل لجمع المعلومات العامة المتعلقة بالمنطقة، والبيانات المائية، من حيث الوارد والتخزين والطلب والفواقد.

الخطوة الثالثة: انشاء قاعدة معلومات بعد تحليل دقتها والتأكد من وثوقيتها، وتقديمها بأشكال من شأنها دعم صناعة القرار.

الخطوة الرابعة: وضع مخطط يظهر مقادير التخزين والتدفق الداخل والخارج من المنطقة المعنية ليستخدم في حساب الموازنة المائية، وذلك وفق العلاقة:

$$P = Q + E \pm \Delta S$$

P: كمية الهطول، (m^3).

Q: جريان المياه، (m^3).

E: التبخر، (m^3).

ΔS: التغير في التخزين في التربة أو تكوينات المياه الجوفية أو الخزانات، (m^3).

الخطوة الخامسة: تحليل شجرة المشكلات لتحديد المشكلات الرئيسية المتعلقة بالمياه، المؤثرة في المعنيين ومسبباتها وآثارها، وتحديد الاحتياجات الرئيسية من المعلومات التي ينبغي جمعها.

الخطوة السادسة: بناء النموذج، وهو عبارة عن تمثيل رياضي للنظام المدروس باستخدام أحد البرمجيات، وهو يتألف من متغيرات تمثل المدخلات والمخرجات والأوضاع الداخلية للنظام، ومجموعة المعادلات، التي تميز العلاقات بين هذه المتغيرات.

الخطوة السابعة: تحليل السلاسل الزمنية من أجل التنبؤ بمعدلات التغير واحتمالية الأحداث المستقبلية، وذلك بالاعتماد على تحليل الاتجاهات الزمنية، والأحداث الماضية، مثلاً التنبؤ ببعض العوامل المؤثرة في مستقبل الامداد والطلب على المياه كالنمو السكاني، أو التغيرات المناخية.

الخطوة الثامنة: الرؤية المشتركة، وتستخدم هذه العملية لتطوير رؤية دقيقة مشتركة لما يريد المعنيون أن تصير إليه الموارد، والخدمات المائية في منطقتهم خلال مدة زمنية محددة.

الخطوة التاسعة: بناء السيناريوهات وهي عبارة عن وصف مترابط لوضع مستقبلي محتمل، ولا يمثل نبوءة محددة حول المستقبل بل هو وصف معقول لما قد يحدث يستند إلى تحليل وفهم التوجهات والأحداث الحالية والسابقة.

الخطوة العاشرة: تطوير استراتيجيات مائية تقلل من المخاطر المحتملة التي تم تُحدد أثناء بناء السيناريوهات.

الخطوة الحادية عشر: التخطيط لتحويل الاستراتيجية إلى خطة قابلة للتطبيق، ووضع تقديرات للتكاليف وجداول عمل للأنشطة، ومن ثم تحليل التكاليف مقابل الفوائد الممكنة.

5-1. أمثلة عن عملية تطبيق ادارة الموارد المائية Examples of Practical Application of Water Resources Management

1-5-1. حوض حلب، Aleppo Basin [14]

نتيجة الاتفاقية الموقعة مابين الوزارة الاتحادية الألمانية، ووزارة الري السورية عام 2005 طُبقت مبادىء الإدارة المتكاملة للموارد المائية في حوض حلب لوضع سياسة الاستثمار المستقبلية المتعلقة بموارد هذا الحوض.

1-1-5-1. توصيف الحوض Description of the Basin

- يقع في الجزء الشمالي الغربي من سورية، وتتوسطه مدينة حلب، ويحده شمالاً الحدود التركية وشرقاً حوض الفرات، وجنوباً حوض البادية، وغرباً حوض العاصي، ويشغل مساحة قدرها $11500\ Km^2$.
- يسود الحوض صيف حار وجاف، وشتاء رطب، والرياح السائدة في المنطقة غربية.
- هيدروغرافيا الحوض: تتميز غالبية الأنهار والوديان في الحوض بالجفاف خلال فصل الصيف والخريف، ومن أهم أنهار الحوض، نهر قويق، ووادي الذهب، وبحيرة الجبول، ومنخفض السيحة.
- أقيم سد الشهباء على نهر القويق بارتفاع 14 متر، وحجم تخزين 16 مليون متر مكعب قبل مدينة حلب.
- تشكل الأمطار بصورة رئيسية التصاريف الأعظمية للأنهار في الحوض، وتبلغ غزارة الجريان $2.3\ m^3/sec$.

2-1-5-1. الطلب على المياه، والمشكلة المرتبطة بها: Water Demand and Associated Problem with

☒ معدلات النمو السكاني:

تُعد مدينة حلب أهم تجمع سكاني في الحوض، حيث يتزايد عدد السكان بمعدل كبير يزيد على معدل التزايد في التنمية الاقتصادية، وهذا يتطلب الاستمرار بتوفير الماء والغذاء لسكانها.

☒ المساحات المروية:

- تُقدر المساحة المروية في الحوض بحدود 180 ألف هكتار، وهي تشكل 18% من المساحة المروية في سورية، يُروى 100 ألف من المياه الجوفية والباقي بالري السطحي، ومن المتوقع زيادتها بنحو (25-30) ألف هكتار بعد ضم مشاريع ري حلب الجنوبية إليها.
- طرائق الري السائدة تقليدية، ونسبة الري الحديث لا تتجاوز 12.75% من المساحة المروية.
- تتزايد المساحات المروية بشكل عام في الحوض، بهدف تحقيق الحاجات الغذائية، بدعم بعض المحاصيل الزراعية.

☒ يبلغ حجم الاحتياج المائي الحالي والمستقبلي 3319.936 مليون متر مكعب سنوياً[1]، وهو يشكل أكثر من حصة سورية من نهر الفرات، المحددة بمقدار $500\ m^3/sec$ لكلٍ من سورية والعراق.

3-1-5-1. الرؤية المشتركة المستقبلية Future Shared Vision

- تنظيم استثمار المياه الجوفية والسطحية بتطبيق المقننات المائية وتركيب العدادات لحساب الاستجرار السنوي للحوض، والسعي الجاد مع مديرية الزراعة من أجل البحث عن بدائل للزراعات الشرهة للمياه، والتي تحقق الريع الاقتصادي المناسب للمزارعين وترشيد في المياه.

[1] تبلغ كمية المياه المقرر استجرارها مستقبلاً من المياه السطحية 1226.83 مليون متر مكعب.

- انجاز المشروع الإقليمي للصرف الصحي بإقامة محطات المعالجة، لوقف تلوث المياه، واستخدام مياه معالجة على نوعيات من الزراعات غير المأكولة.
- ترشيد استهلاك المياه بكافة أشكاله بالتوعية والإرشاد، وفرض العقوبات إن لزم الأمر، وتنفيذ المشروع الوطني للتحول إلى طرائق الري الحديثة.

4-1-5-1. مراحل دراسة الحوض Stages of Basin Study

- تمت الدراسة على مرحلتين حيث تضمنت المرحلة الأولى:
  - الاطلاع على الدراسات الهيدرومناخية السابقة.
  - الاستطلاع الحقلي لمواقع مراكز القياس المائي القائمة.
  - الاستطلاع الحقلي للأودية والينابيع، ومحطات الرصد الجوي، الذي شمل نحو 35 محطة رصد.
  - وضع شبكة مراقبة بيزومترية، حيث اعتمد نحو 234 بئراً لأخذ القياسات الشهرية الدورية خلال المرحلة الثانية للدراسة من خلال آبار المواطنين.
  - وضع برنامج للأعمال المقترحة للمرحلة الثانية.
- تضمنت المرحلة الثانية:
  - وضع الموازنة المائية للحوض (السطحية والجوفية).
  - تقييم الاحتياطي الطبيعي للمياه الجوفية لكل حامل مائي (المخزون الساكن).
  - تقييم الموارد المائية الطبيعية السطحية والجوفية، من الناحية الكمية والنوعية، وكذلك الموارد المائية القابلة للاستثمار في الحوض، لوضع النظام الأفضل للاستثمارات المستقبلية، ومواقع هذه الاستثمارات،لا سيما في المناطق الحدودية الشمالية.
  - وضع توصيات ومقترحات الاستثمار المائي الأمثل للمياه الجوفية.
  - دراسة تحسين نوعية المياه السطحية والجوفية، وكيفية حمايتها من الاستنزاف والتلوث.
  - اعداد نظام معلومات متكامل للمياه السطحية والجوفية، باستخدام تقانات الحاسب الآلي، وربطه بنظام GIS.
  - إنشاء نموذج رياضي للحوض من أجل استقراء الوضع المائي المستقبلي، والتغيرات المحتملة نتيجة الاستثمارات المائية المتوقعة.

- شملت الأعمال التي نُفذّت في المرحلة الثانية:
- الأعمال الهيدرولوجية بما فيها تركيب المحطات الهيدرومناخية والأعمال الهيدروجيولوجية وتضم حفر الآبار الاستكشافية، والمراقبة الدورية.
- والأعمال الجيوفيزيائية التي شملت حوض حلب والشريط الحدودي بطول 240 كم، وعمق 20 كم تمتد من اعزاز غرباً حتى حدود دجلة والخابور شرقاً.

- الأعمال المخبرية وقد شملت كافة التحاليل الكيميائية والجرثومية والإيزوتوبية على عينات المياه والبتروغرافية والباليونترولوجية على عينات الطبقات المخترقة أثناء الحفر.

2-5-1. معسكرات دارفور، [15] Darfur Camps

تم إيفاد بعثتين ضمن برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى عواصم ولايات دارفور الثلاث في السودان خلال شهري شباط وآذار 2008، بهدف إدارة موارد المياه في معسكرات[1] الأشخاص النازحين داخلياً، والمجتمعات[2] المستضيفة لهم في دارفور.

بيّن تقرير البعثات، تعّرض هذه المجتمعات لنمو سكاني مترافق مع زيادة الطلب على المياه، حيث يعتمد السكان على المياه الجوفية كمورد لتلبية احتياجاتهم (شرب واستخدامات)، مما يتطلب معالجة مخاطر الجفاف التي تتعرض لها هذه المدن والمعسكرات المحيطة بها. بالإضافة إلى ذلك فإن هذه المعسكرات لا تتمتع بقدرة عالية على تخزين المياه الجوفية وإنما تعتمد في إمداداتها على التغذية السنوية التي تصلها من وادٍ قريب، وفي حال ارتباط المعسكر بالوادي ارتباطاً هيدروليكياً وثيقاً، وتمتع الوادي بمخزون وفير من مياه الأمطار، زادت فرص صمود موارد المياه في المعسكر في سنوات انخفاض معدل مياه الأمطار (كمعسكر مورني)، أما إن لم يكن للمعسكر اتصال بوادٍ قريب (كمعسكرات دريج وأوتاش)، فيعتمد فقط على المخزون المحدود الموجود في التشققات الصخرية تحت المعسكر، مما يعرض المعسكر لمخاطر نضوب المياه الجوفية في سنوات القحط.

لذلك تم التركيز في برامج رصد المياه الجوفية على تحديد هذه الصلات الهيدروليكية التي تشير إلى سبل تغذية الأحواض الجوفية الواقعة تحت هذه المعسكرات، وبالتالي تشير إلى مدى احتمالية نضوب المياه الجوفية في المعسكرات في سنوات القحط.

يُبرز هذا التقرير أهمية اعتماد استراتيجية وتنفيذها للتأهب لمواجهة الجفاف على النحو التالي:

- ☒ أدت موجات النزوح الضخمة في دارفور إلى زيادة الكثافة السكانية زيادةً غير مسبوقة في اعتمادها على موارد المياه الجوفية في مناطق تتفاوت فيها معدلات هطول الأمطار.
- ☒ تزامنت الأزمة مع أربع سنوات من معدلات هطول أمطار أعلى من المتوسط فأصبحت المياه الجوفية وفيرة.
- ☒ لا يجب الاعتماد على استمرارية مثل هذه المعدلات لهطول الأمطار.
- ☒ تقع بعض المعسكرات على مسافة بعيدة من مصادر تغذية المياه الجوفية مما يجعلها أكثر عرضة لخطر نضوب المياه الجوفية.

وعليه، لابد من اعتماد استراتيجية تأهب لتقييم آثار سنوات القحط على المعسكرات عالية الكثافة السكانية وهزيلة الأحواض الجوفية وتلافي أضرارها.

[1] تقع المعسكرات بجوار تجمعات سكانية مستضيفة لهم.
[2] تشمل المجتمعات التجمعات السكانية والمعسكرات التابعة لها.

وسعيًا نحو تخفيف آثار الجفاف على المعسكرات الهشة للأشخاص النازحين داخليًا، يقترح تطبيق الاستراتيجية التالية للتأهب لمواجهة الجفاف:

- توسيع نطاق المبادرات الحالية في مجال التحليل الهيدرولوجي مع مواصلة التحسينات في جودة ومجال جمع البيانات الهيدرولوجية، وإدارتها وتحليلها في المعسكرات المعرضة للهشاشة.
- إعداد خطط مؤقتة للتأهب لمواجهة الجفاف إذا جاء موسم الأمطار لعام 2008 مخيبًا للآمال وستُحسن هذه الخطط من القدرة على تحمل آثار الجفاف إلى حين وضع إجراءات لتخفيف آثار الجفاف موضع التنفيذ، وستشمل هذه الخطط المؤقتة أنشطة مختلفة مثل حفر الآبار في المناطق عالية العائد المائي وذات القدرة التخزينية.
- تصميم مشاريع تخفيف آثار الجفاف وتنفيذها (السدود الرملية والسدود الحاجزة) أثناء مواسم الجفاف لعامي (2008-2009) و (2009-2010).
- وضع خطط التأهب لمواجهة الجفاف للتصدي للمخاطر الكامنة والتي ستظل ماثلة في بعض الحالات حتى بعد تنفيذ مشاريع تخفيف آثار الجفاف.
- تقدم هذه الاستراتيجية مشروع المياه وإصحاح البيئة في دارفور بُغية مراجعتها وتطويرها واعتمادها وتنفيذها كأحد مكوّنات استراتيجية عريضة للمياه والإصحاح.
- يتطلب تطوير إدارة موارد المياه دراسة تصورات طويلة الأمد لما بعد النزاع ولعودة الأشخاص النازحين داخليًا إلى مواطنهم إضافةً إلى مواجهة مخاطر الجفاف أثناء النزوح، وينبغي أن تلائم البنية التحتية لموارد المياه إعادة التأهيل والتعافي الزراعي والبيئي في المناطق التي تعرضت للتدهور البيئي خلال سنوات زيادة كثافة السكان بها إبان سنوات النزاع، كما ينبغي إدراج هذه الإجراءات ضمن استراتيجية شاملة لموارد المياه لدعم المناطق التي ينتظر عودة السكان إليها، ولسكان الريف بما في ذلك مجموعات الرحالة.
- ولضمان استدامة الفائدة في دارفور، لا بد من القيام بهذا العمل بشكل تشاركي مع إيلاء الإهتمام اللازم للتطوير المؤسسي وبناء القدرات مع الحكومة والمجتمع المدني، وسيتم العمل بالتعاون مع اليونيسيف ومشروع المياه وإصحاح البيئة والجهات الأخرى ذات المصلحة، وسيشكل جزءً من برنامج أشمل يعده برنامج الأمم المتحدة للبيئة واليونيسف للإدارة المتكاملة لموارد المياه، وهو نهج تشاوري متعدد القطاعات لإدارة موارد المياه يأخذ في الحسبان الوضع المُعقد لهياكل الحوكمة في دارفور ويضم السلطات الرسمية والتقليدية، بالإضافة إلى الفنيين العاملين في قطاع المياه والمجتمع المدني.

6-1. أدوات ادارة الموارد المائية Tools of Water Resources Management

هي عبارة عن أنظمة تُوضع لبناء نموذج للحالة المدروسة من أجل سهولة التحكم بالمدخلات والمخرجات، والعمليات الحسابية المعقدة، بهدف وضع معايير، تدعم القرار المتكامل للموارد المائية والطلب عليها بشكل مستديم، [2]، حيث إن بعض هذه الأنظمة يقدم نماذج هيدرولوجية وهيدروليكية لإدارة أنظمة الأنهار والمنشآت عليها، وبعضها الآخر يمثل نماذج لإدارة الخزانات المائية والمتطلبات المتعلقة بها، ومن هذه الأنظمة برامج (River WareTM DSS، HEC-RESSIM، MODSIM DSS، MULINO DSS، Water Ware)، وحسب (أبو شعر وآخرون، 2006) [4]، فقد ذكر مجموعة شروط لهذه البرمجيات التي قد تقيد استخدامها، منها:

- يجب معرفة جريانات أعلى النهر المشتقة من نماذج هيدرولوجية موصوفة سابقاً.
- تحديد التدفقات الحدية مسبقاً.
- إن بعض هذه البرامج لا يأخذ نوعية المياه بعين الاعتبار.
- يتطلب تطبيق بعضها مهارة أعلى من قبل المستخدم.

بالإضافة لهذه البرمجيات هناك:

1-6-1. برنامج نظام التخطيط والتقييم المائي WEAP21، [9]

هو أداة برمجية تساعد في تخطيط الموارد المائية المتكاملة، ويوفر إطاراً مرناً وسهل الاستخدام لأغراض التخطيط وتحليل السياسات.

أُستخدم في هذا البحث برنامج WEAP21 كأداة لإدارة المياه في المنطقة المدروسة، لأنه يتميز بما يأتي:

- يتضمن واجهة سهلة الاستخدام، تمكن المستخدم من إدارة موارد المياه والطلب عليها من خلال بناء نماذج هيدرولوجية وفيزيائية موزعة ومعقدة ونماذج احتياج متعددة.
- يضع برنامج WEAP21 إلى جانب الطلب قضايا أخرى مثل أنماط استخدام المياه، وكفاءة المعدات، واستراتيجيات إعادة الاستخدام، والتكاليف، وخطط تخصيص المياه على قدم المساواة مع موضوعات إلى جانب العرض مثل تدفق الجداول، وموارد المياه الجوفية والخزانات وتحويلات المياه.
- المقاربة المتكاملة إزاء محاكاة كلٍ من المنظومات المائية الطبيعية (مثل التبخر، ومتطلبات الجريان السطحي، والتدفق) ومكونات المنظومات المائية الهندسية (مثل الخزانات، وضخ المياه الجوفية)، وهذا يسمح للمخطط للوصول إلى عرض أشمل لمجموعة واسعة من العوامل التي يجب مراعاتها في إدارة موارد المياه لاستخدامها في الحاضر والمستقبل، والنتيجة هي أداة فعالة للنظر في الخيارات البديلة لتنمية المياه وإدارتها.

يشتمل تطبيق WEAP21 عدة خطوات، أهمها:

- تعريف الحدود المكانية للمنطقة ووضع الاطار الزمني، ومكونات النظام، وتشكيل النموذج.

- إجراءالحسابات للطلب الفعلي على المياه وأحمال التلوث والموارد والإمدادات للمنظومة، ويمكن اعتبار هذا كخطوة معايرة في تطوير تطبيق ما.
- وضع السيناريوهات: يمكن استكشاف مجموعة من الفرضيات البديلة حول التأثيرات المستقبلية للسياسات، والتكاليف، والمناخ، على سبيل المثال في الطلب على المياه والعرض والهيدرولوجيا والتلوث، وتستخدم السيناريوهات لاستكشاف النموذج بمجموعة هائلة من أسئلة ماذا لو؟
- إجراء تقييم السيناريوهات فيما يتعلق بالاكتفاء بالمياه، وبالتكاليف والفوائد والتوافق مع الأهداف البيئية، والحساسية تجاه الريبة في المتغيرات الرئيسية.

يملك WEAP21 تاريخاً طويلاً من الاستخدام والتطوير، فقد قام بتطبيقه (Raskin, 1992) أولاً على دراسة بحر Aral، إلا أن امكانيات البرنامج كانت محدودة آنذاك، وقد حظي فيما بعد بتطورات برمجية هامة.

تم تطوير هذا البرنامج بالتعاون بين SEI (معهد ستوكهولم للبيئة الموجود في مدينة بوسطن /أمريكا) والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة أكساد ليصبح قادراً على استخدام نماذج المياه الجوفية، وكذلك حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل بدقة، ليصبح أكثر ملائمة للمناطق الجافة وشبه الجافة، كما وتم تطبيقه في عددٍ من الدول العربية مثل سورية (حوض الزبداني)، وفلسطين (حوض الضفة الغربية)، ولبنان (حوض جعيتا)، والأردن (كافة الأحواض، واعتمد في إعداد الخطة الوطنية لإدارة الموارد المائية)، وتونس (حوض زوس كوتين)، والمغرب (حوض بيرشيد)، [10].

الفصل الثاني

موقع الدراسة – حوض الرقاد-

الفصل الثاني

The Second Chapter

موقع الدراسة – حوض الرقاد –

Study Located-AlRaggad Basin-

1-2. تمهيد Preface

1-1-2. حوض اليرموك AL-Yrmouk Basin

يقع حوض اليرموك في الزاوية الجنوبية الغربية من سورية، كما يمتد جزء من الحوض ضمن الجولان المحتل، وجزء ضمن الأراضي الأردنية، ويقدر مجموع مساحة الحوض ضمن سورية بمقدار 5387 كم^2، وتشمل أجزاءً من محافظة درعا والسويداء والقنيطرة.

يحد حوض اليرموك من الشرق مرتفعات جبل العرب، ومن الجنوب الحدود الأردنية، ومن الغرب مرتفعات الجولان، التي تشكل الحد الفاصل بين حوضي وادي الرقاد ونهر الأردن، ومن الشمال الحد الفاصل بين حوضي نهري اليرموك والأعوج.

تتميز أراضي الحوض بأراضٍ شبه مستوية يبلغ ارتفاعها ما بين 400 إلى 800 متر عن سطح البحر، وكلها من أصل بركاني، وتعد سهول الحوض من أخصب الأراضي السورية.

يهطل على الحوض ما متوسطه 2 مليار متر مكعب ويزداد الهطول بالاتجاه غرباً ليصل وسطياً في القنيطرة إلى 800 مم سنوياً، ويقل إلى مادون 225 مم سنوياً في المنطقة الجنوبية الشرقية بصرى الشام، وما يجاورها ويهبط معدل الهطول في المنطقة الشمالية الشرقية من الحوض إلى 250 مم، وقد تم التوصل إلى هذه الأرقام من سبع عشرة محطة من خلال دراسات أعدت من قبل وزارة الموارد المائية لرصد كميات الأمطار الهاطلة سنوياً، ولعدة سنوات.

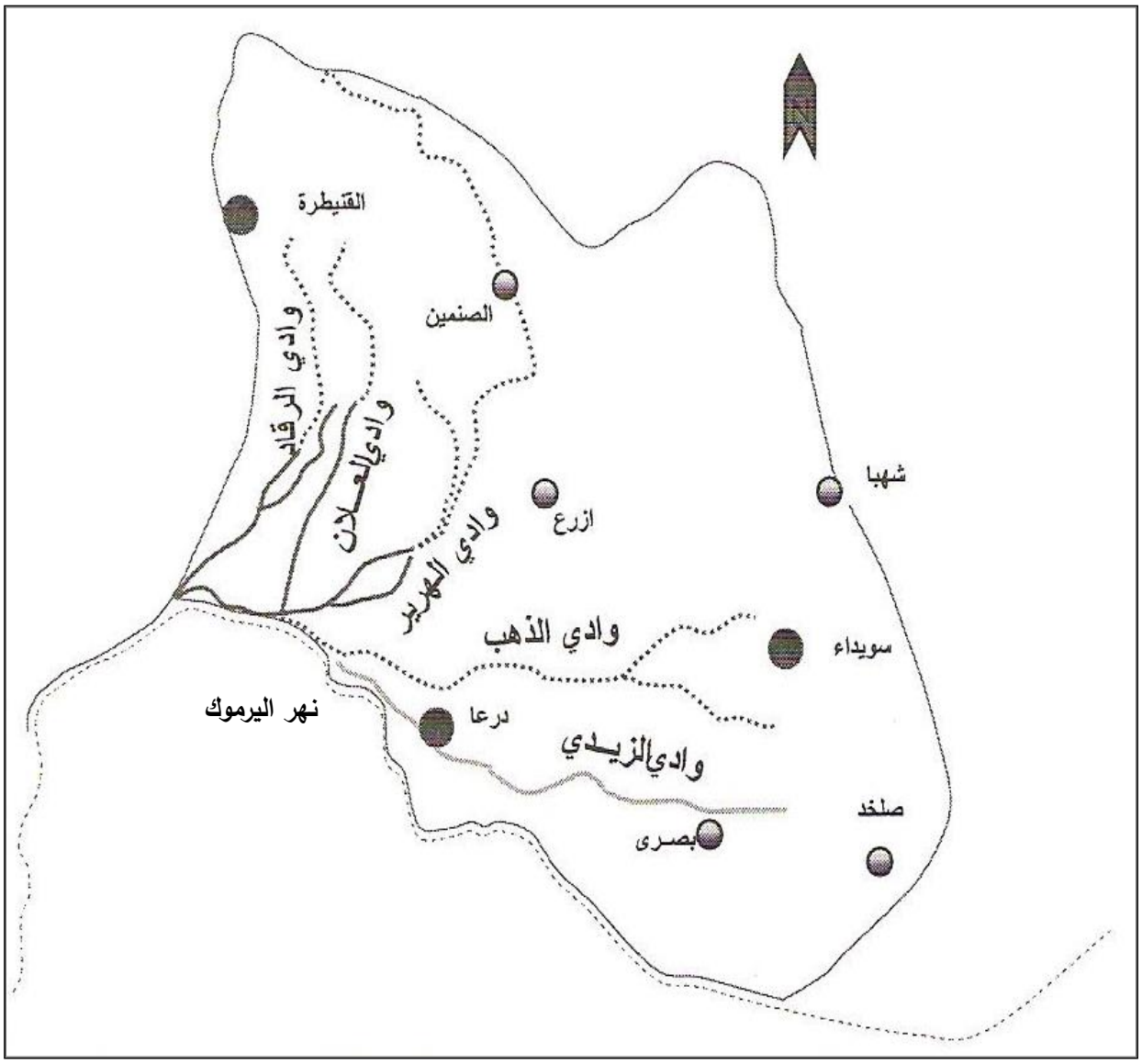
يتبخر من هذه الهطولات جزء كبير يصل إلى حدود (75-80%)، أما المتبقي من الهطولات فجزءٌ منه يشكل مصدراً متجدداً للمياه الجوفية في الحوض، حيث تقدر كمية المياه الجوفية المتجددة في سنة متوسطة الرطوبة باحتمال 50% حوالي 267 مليون متر مكعب، والجزء الآخر يشكل المياه الجارية في أودية الحوض، وتقدر كمية المياه السطحية التي تجري في وديان هذا الحوض في سنة متوسطة الرطوبة باحتمال 50% بحوالي 180 مليون متر مكعب.

أكبر المسيلات المائية الرافدة لنهر اليرموك، الشكل (2-1):

- وادي الرقاد.
- وادي العلان.
- وادي الهرير.
- وادي الذهب.

- وادي الزيدي.

تتغير غزارة هذه الأدوية من عام لآخر حسب كمية الهطولات المطرية، وتختلف مدة الجريان من أربعة إلى خمسة أشهر (من شهر كانون الأول حتى شهر نيسان).



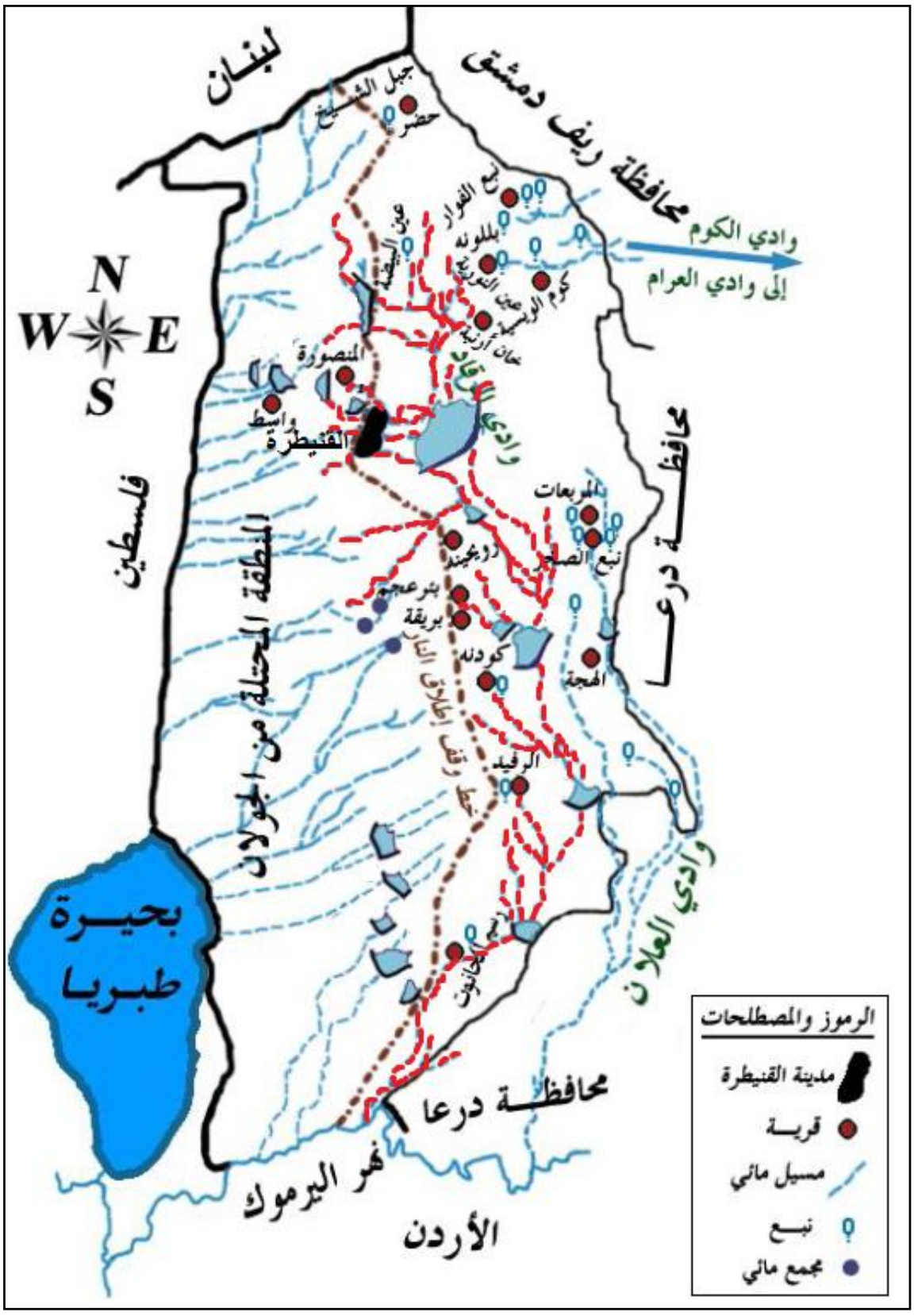
الشكل (2-1). روافد نهر اليرموك

سيتم في هذا البحث دراسة إدارة الموارد المائية المتاحة ضمن حوض وادي الرقاد.

2-2. حوض الرقاد AL-Raggad Basin

يمتد حوض الرقاد من الزاوية الشمالية الغربية لحوض اليرموك، وحتى الزاوية الجنوبية الغربية، تُقدر مساحة الحوض بنحو 525 كم^2، جزءٌ منها في محافظة درعا، والجزء الأكبر ضمن محافظة القنيطرة، ويقع جزء من الحوض ضمن الأراضي المحتلة، ويحده الأردن من جهة الجنوب.

1-2-2. الخواص العامة لوادي الرقاد General Characteristics of AL-Raggad Valley



الشكل (2-2). مسيل الرقاد

2-2-1-1. مسار الوادي Valley Path

يُعد وادي الرقاد من أهم الوديان التي ترفد نهر اليرموك، حيث تبدأ مسيلاته من مناسيب مختلفة لسفوح جبل الشيخ الجنوبية في محافظة القنيطرة من قرى (طرنجة وجباتا الخشب وعين البيضة) في الجزء المحرر من الجولان من جراء الهطولات المطرية، وتبدأ فروعه الأخرى من داخل الجولان المحتل لتلتقي أهم فروعه في غدير الأقرع شمال سد كودنة، ويتجه وادي الرقاد حتى الجنوب، ويرفده خلال ذلك عدة روافد إلى أن يصل وادي الطعيم ومن ثم يتابع حتى يصب في نهر اليرموك شرق قرية الدبوسية عند تلة خالد، الشكل (2-2).

2-2-1-2. مواصفات الوادي الهندسية Engineering Specifications of the Valley

يبلغ الطول الاجمالي للوادي 73.6 كم بميلٍ طولي متوسط قدره 12.2%، وتساوي مساحة الحوض الساكب 525 كم^2 تقريباً، متوسط الارتفاع للحوض 796 م، كثافة الشبكة الهيدروغرافية 0.89 كم/كم^2.

2-2-1-3. أقسام وادي الرقاد Sections of the AL-Raggad Basin

نبين فيما يأتي وصفاً تفصيلياً للمسافات المقيسة اعتباراً من نقطة تلاقيه مع نهر اليرموك:

القسم الأول: من الكم 75 إلى الكم 64 (من النبع – طريق دمشق القنيطرة):

يمتد من بداية النهر عند الموقع الكيلومتري 75 كم حتى جسر طريق دمشق القنيطرة عند الموقع الكيلومتري 64 كم من المصب، ويتشكل هذا القسم من النهر على الهضاب السطحية الجنوبية لجبل الشيخ على ارتفاع (900-1000) م، ويبلغ عرضه في هذا القسم (40-60) م في أوله و(100-150) في نهايته، أما جوانب وادي النهر فهي خفيفة الانحدار، عمقها 0.5 م.

القسم الثاني: من الكم 64 إلى الكم 50 (من جسر الطريق – قرية رويحينة):

يمتد من جسر طريق دمشق القنيطرة حتى بلدة الرويحنية (50-64) كم من المصب ضمن سهل حجري خفيف التموج ينحصر بين مرتفعات الجولان في الغرب، وسلسلة من الهضاب في الشرق، ويجري على امتداد هذا القسم وبشكل متوازٍ فرعان للنهر، الرقاد الكبير والرقاد الصغير على مسافة من بعضهما تقع بين 0.5 إلى 2 كم، وتقع نقطة التقاءهما على مسافة 44 كم من المصب، ويقدر الميل الطولي المتوسط للرقاد الرئيسي 13.5% ويستقبل كلٌ من الرقاد الكبير والصغير عدداً من الروافد يراوح طولها في المجال (2-3) كم. لوادي الرقاد شكل v، ويتراوح عرضه بين (100-150) م و 200 م، جوانب الوادي متوسطة إلى خفيفة الانحدار، إذ تتألف من البازلت الكتيم المتكشف، ويبلغ ارتفاع جوانب الوادي (5-7) م، قعر الوادي غير منتظم، مقعر الشكل قليلاً، يراوح عرضه من (15-20) م.

القسم الثالث: من الكم 50 إلى الكم 30 (من رويحينة – مركز الرفيد):

يمتد من بلدة رويحينية حتى مركز الرفيد (30-50) كم من المصب، وتصب في هذا القسم عدة وديان.

يختلف شكل الوادي في هذا القسم، ويتغير الشكل الذي نشاهده في الرويحينة ليصبح شبه منحرف في المركز، عرض الوادي في المجال (150-200) م، ويصل إلى (350-400) م في المركز. جوانب الوادي شديدة الانحدار وارتفاعها من (15-20) م. قعر الوادي حجري غير منتظم، ويتألف مجرى النهر من عدة تشعبات يبلغ عرضها عندما تلتقي 30 م في بعض الأماكن.

القسم الرابع: من الكم 30 إلى 22 الكم (من محطة القياس – وادي الطعيم):

يمتد من مركز الرفيد حتّى يبلغ وادية السحيق (22-30) كم من المصب، ويسير وادي الرقاد في أرض منبسطة، وفي مجرى وحيد، وتصب فيه عدة روافد، ويأخذ الوادي هنا شكل شبه منحرف عرضه (340-400) م و (450-500) م، جوانب الوادي متوسطة الانحدار يصل ارتفاعها إلى 20 م. تتكون منحدراته من صخور الركيزة البازلتية. يتعرج سريره قليلاً في التوضعات الحجرية ويبلغ عرضه (25-30) م، أما ارتفاع الضفاف فيبلغ (2-3) م.

القسم الخامس: من الكم 22 إلى الكم 0 (من وادي الطعيم – نقطة التقائه مع اليرموك):

يمتد من بداية الوادي العميق 22 كم من المصب، بميولٍ شديدة تصل حتى 25%، وترفد الوادي هنا ثلاثة روافد رئيسية، ويكون وادي النهر بشكل v وجوانبه شديدة الانحدار وأحياناً قائمة، ويبلغ ارتفاعها في البداية من (50-60) م، وفي الوسط من (250-300) م، و350 م عند الملتقى، أما قعر الوادي فهو حجري غير منتظم، ويتصف بكبر عرضه حيث تراوح قيمته الوسطية في المجال (30-40) م، وتكون جوانبه جرفية، والقعر كبير الميل، كما تجتازه وهاد صغيرة، ومجاري مائية وعرة.

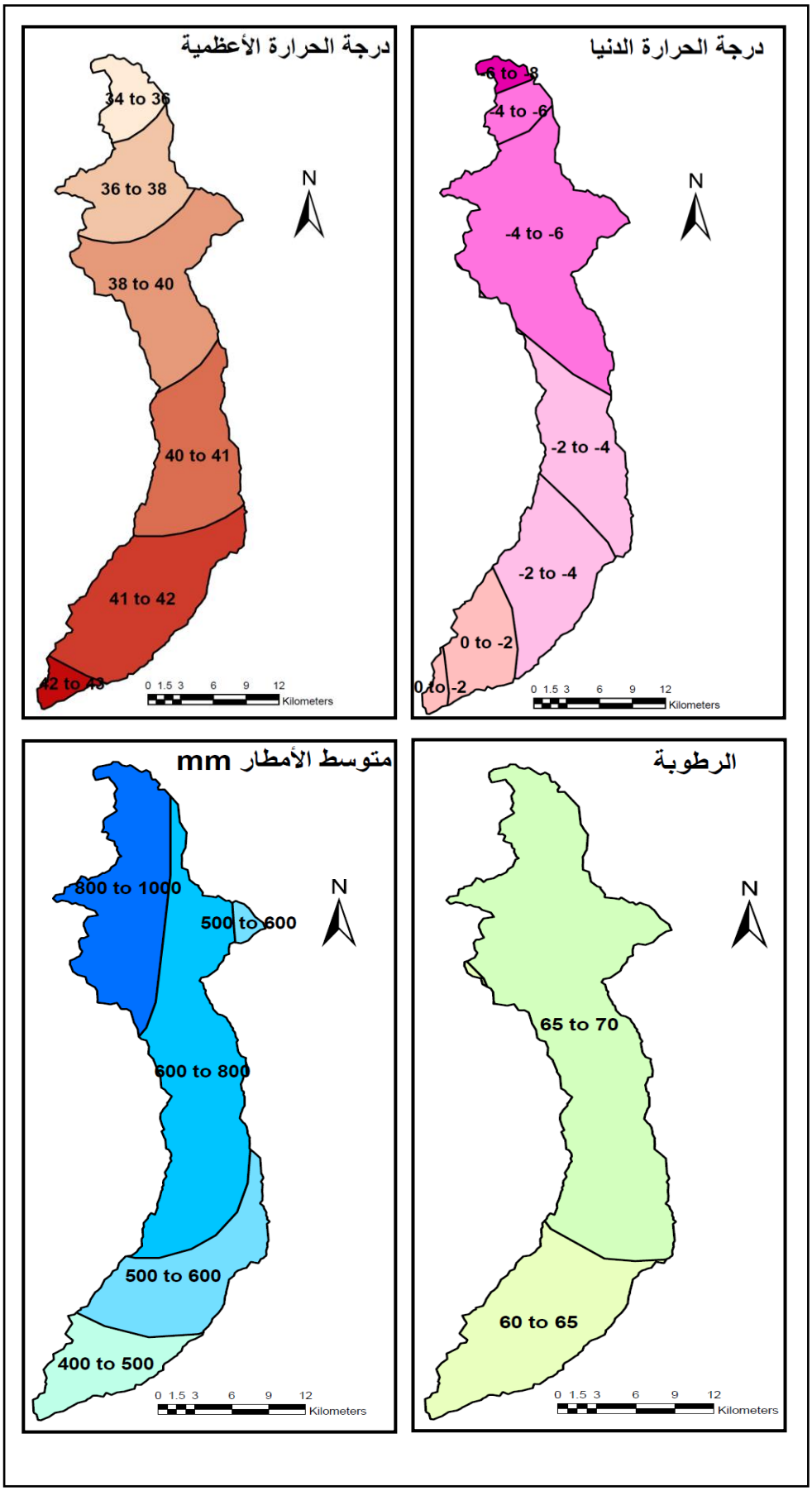
4-1-2-2. الغطاء النباتي Plant Cover

يبدو قعر الوادي قاحلاً، إذ لا تستطيع النباتات أن تتجذر، بسبب الفيضانات السيلية، التي تجرف في طريقها هذه النباتات والأنقاض الصغيرة والمتوسطة، وقد سمحت المياه المترشحة على طول السفح القريب برطوبة أكثر، وبجريان دائم، لكنه ضعيف، يغذي بعض النباتات (كالقصب والدفلة).

5-1-2-2. المناخ Climate

يُبين الشكل (2-3)، أهم الظروف المناخية السائدة على امتداد حوض وادي الرقاد.

- يمتد حوض وادي الرقاد جغرافياً على منطقة تتباين فيها الظروف المناخية مابين الرطب شمالاً إلى نصف الجاف جنوباً.
- تراوح الرطوبة في المجال (65 ÷ 70)% في المنطقة الشمالية والوسطى من الحوض، وفي المجال(60 ÷ 65)% في الزاوية الجنوبية.
- تصل درجة الحرارة شتاءً في الحوض إلى مادون الصفر في المرتفعات، أما صيفاً فتكون درجة الحرارة الأعظمية في المجال (34° ÷ 36°)، وتزداد باتجاه الجنوب لتصل إلى43°.
- تراوح الأمطار الهاطلة مابين 400 mm جنوباً، و 1000 mm وما فوق شمال الحوض.



الشكل (2-3). تغيرات المناخ في حوض الرقاد

2-2-1-6. التركيب الجيولوجي للحوض Geological Structure of the Basin

تشكل منطقة الدراسة من الناحية الجيولوجية وحدة متكاملة من الصخور البازلتية التي تغطي معظم مساحتها، والتي تعود إلى فترات زمنية مختلفة من النيوجين إلى الرباعي الحديث، وهذه الصبات البازلتية تتمتع بتركيب ليثولوجي وبتروغرافي واحد.

تتكون الصبات البازلتية من اندفاعات بركانية متعاقبة تراوح سماكة الواحدة منها بين عدة أمتار إلى 20 متراً، ولكنها نادراً ما تتجاوز 30 متراً، وتنتشر بين الصبات البازلتية طبقات رقيقة من الغضار التي نجمت بصورة رئيسة عن التعرية، أو نتيجة الترسبات من مياه الجريان السطحي التي كانت تحدث بين فترات الاندفاعات البركانية، وتتميز الصخور البازلتية بانتشار الشقوق والتكسرات فيها، مما يساعد من جهة في رشح مياه الأمطار والجريان السطحي، ومن جهة ثانية في تسهيل حركة المياه الجوفية.

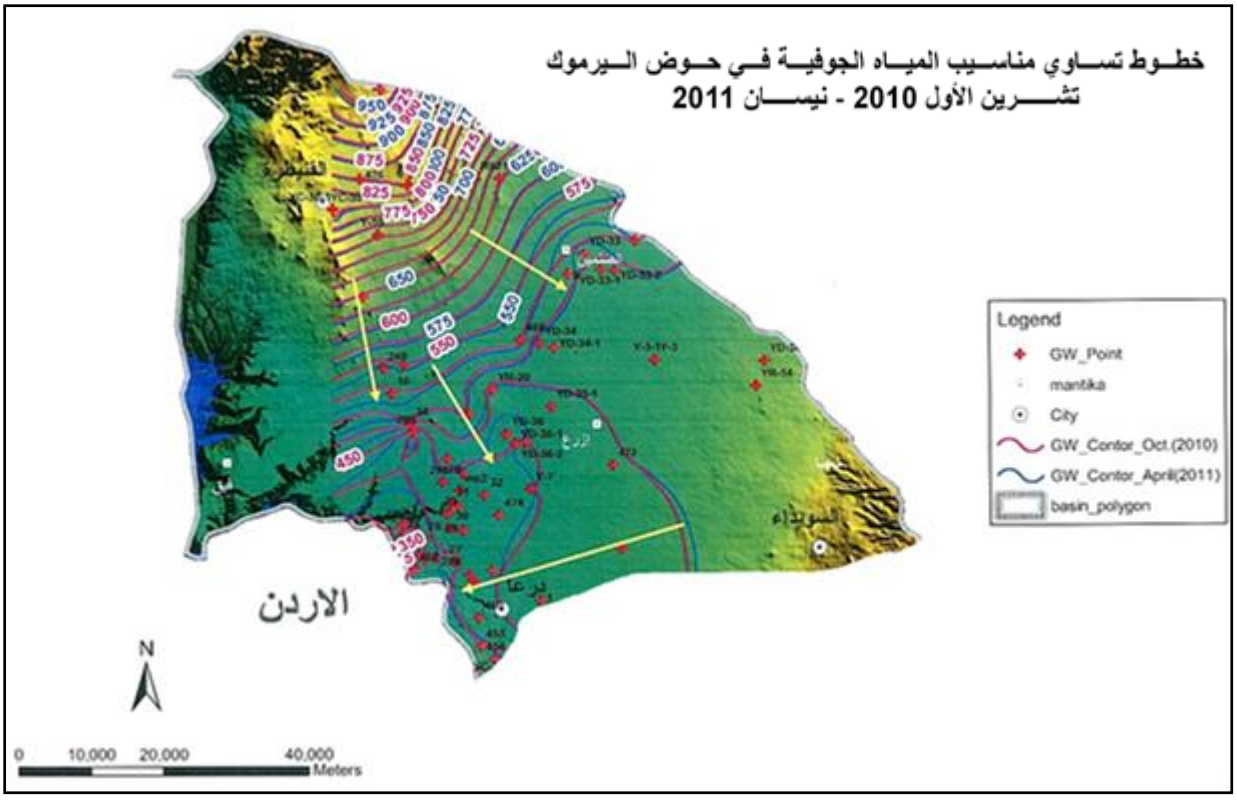
تشكل طبقات البازلت بمختلف أعمارها الحامل المائي الرئيسي في المنطقة سواء من حيث الغزارة أو الانتشار أو العمق وحتى بالنسبة للنوعية، وهو سهل المنال إذ أن أعماق الآبار لا تكون كبيرة، إلا أن ما يؤثر سلباً في أهميته كونه غير مستمر فالمياه فيه تتحرك وفقاً لتوزع الشقوق والفراغات، وبالتالي فهو لا يتميز بمخزون مائي جوفي كبير.

2-2-2. النظام المائي لحوض الرقاد Water System of AL-Raggad Basin

2-2-2-1. المياه الجوفية Groundwater

تتعرض المنطقة إلى استثمارات مائية مكثفة، وبصورة خاصة من حامل البازلت، وذلك بسبب أعماقه القريبة من السطح وبالتالي سهولة الوصول إليه ونوعية مياهه الجيدة.

يُوضح الشكل (2-4) خطوط تساوي منسوب المياه الجوفية بالنسبة لمستوى سطح البحر، حيث يُلاحظ من هذا المخطط أن حركة المياه تبدأ من أقصى الشمال الغربي، وتكون كثافة الخطوط متوسطة إلى شديدة، مما يدل على أن سرعة الجريان كبيرة إلى حد ما في هذه المنطقة، وتتدرج الخطوط باتجاه الجنوب بكثافة، مما يشير إلى حركة سريعة للمياه من المنطقة الغربية باتجاه الجنوب، ومعظم هذه الحركة تكون نحو أراضي الجولان المحتل، أما باتجاه الشرق فتتدرج الخطوط متناقصة حتى تصل إلى مستوى 500 متر.



الشكل (2-4). مناسيب المياه الجوفية في المنطقة المدروسة وما حولها

2-2-2-2. الشبكة الهيدروغرافية Hydrographic Network

من الناحية الهيدرولوجية يتواجد في المنطقة شبكة كثيفة من الوديان والمجاري المائية، ويعود السبب في ذلك إلى الفروق في الارتفاعات الطوبوغرافية والهطولات المطرية الكبيرة، إضافة إلى انتشار الينابيع بكثافة في المنطقة، ويبين الشكل (2-5) الشبكة الهيدروغرافية في الحوض، حيث يُلاحظ وجود عددٍ كبيرٍ من المسيلات المائية التي تسيل بصورة مؤقتة، والتي تتجه في معظمها باتجاه وادي الرقاد.

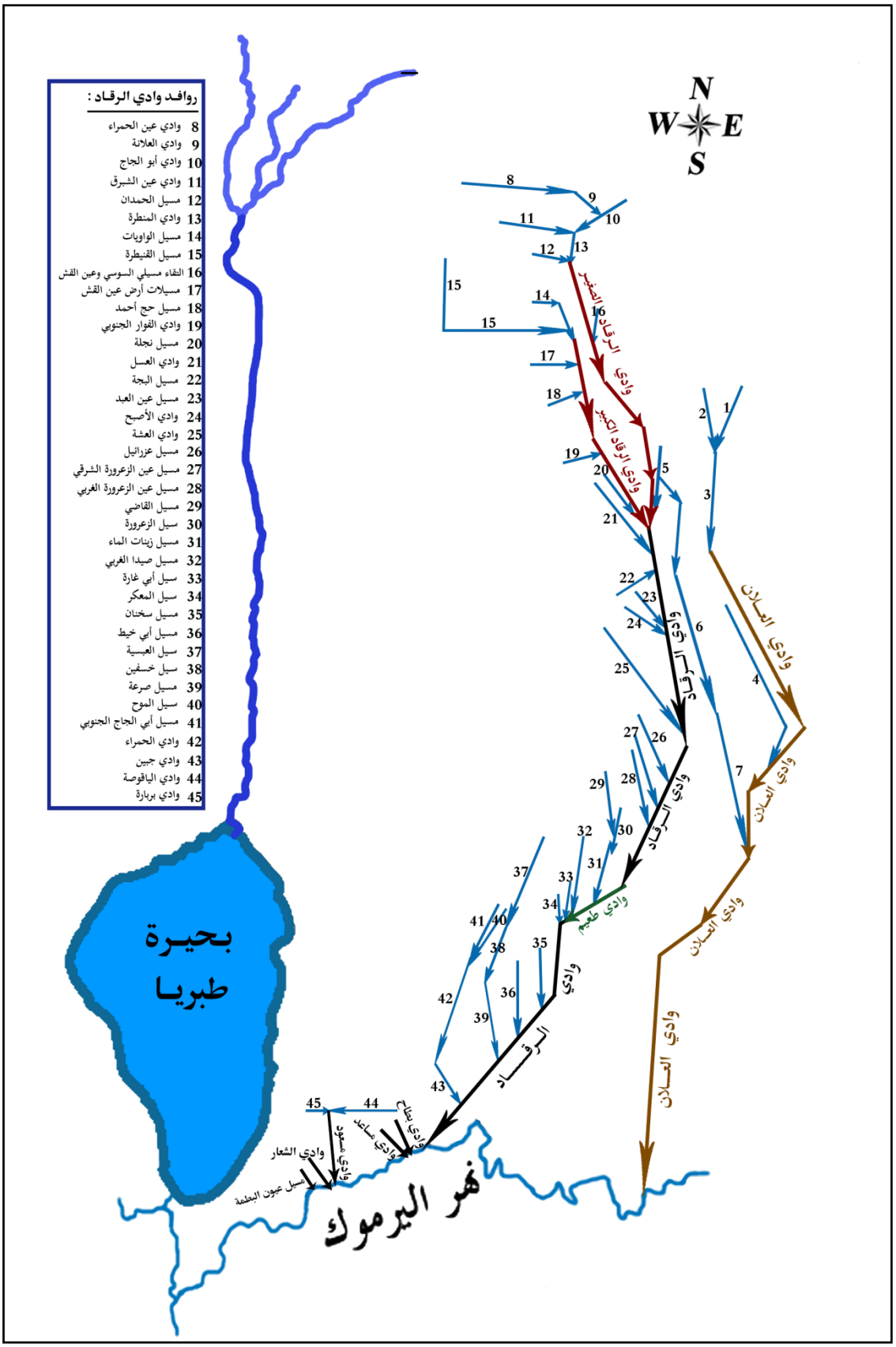
الرقاد وادي موسمي طويل يجري في الشتاء، ويجف في فصل الصيف، وتختلف مدة جريانه بين عام وآخر حسب كمية الهطول المطري، ويرفده عدة أودية، وتُقسم هذه الروافد إلى ثلاثة أقسام هي:

أولاً– الوديان الرافدة لوادي الرقاد الصغير:

(وادي المنطرة– مسيل الحمدان– مسيل عين البغال– مسيل السوسي– مسيل الحلبي– فرع من التقاء سيل الخرارة مع مسيل عين الشبرق).

ثانياً– الوديان الرافدة لوادي الرقاد الكبير:

(مسيل الواويات– مسيل القنيطرة– مجموعة المسيلات المتشكلة من أرض عين الكرش– مسيل حج أحمد– وادي عين أبو جاعد– وادي الفوار الجنوبي– مسيل نجلة).



الشكل (2-5). روافد وادي الرقاد

ثالثاً– الوديان الرافدة لالتقاء واديي (الرقاد الصغير والرقاد الكبير):

يلتقي الواديان الصغير والكبير في موقع رسم اللويزية وعلى منسوب /766/ م، حيث يرفده مسيلات أخرى من الجهة الغربية للوادي، هي: (وادي العسل– مسيل البجة– مسيل عين العبد– وادي الأصبح– وادي العشة– مسيل عزرائيل– مسيل عين الزعرورة الشرقي– سيل المقفى– مسيل أبي تينة– مسيل عين الزعرورة الغربي).

رابعاً– وادي الطعيم:

يبدأ تشكله من قناة زينات الماء شرق صيدا من منسوب /495/ م لينحدر بشدة بعد هذا المنسوب، ترفده مجموعة وديان، هي: (وادي الرقاد– مسيل الخرمان– مسيل زينات الماء– مسيل صيدا الغربي– سيل أبي غارة– سيل المعكر).

خامساً– وادي الرقاد:

- بعد وادي الطعيم يتابع الوادي بنفس الاسم، الرقاد.
- يرفد وادي الرقاد بعد هذا الموقع /تل أبي الغيتار/ مجموعة من المسيلات والوديان في الأراضي السورية، هي: (مسيل سخنان– مسيل أبي خيط– مسيل صرعة– وادي جبين).
- كما يغذي وادي الرقاد بعد تل أبي الغيتار مجموعة من المسيلات الصغيرة وعيون تتفجر على أطراف الوادي مثل: (نبع بئر السبع– عين الطاروق الشرقية– عين الملائكة)، ليصب وادي الرقاد بنهر اليرموك في محطة وادي خالد جنوب شرق الياقوصة.

2-2-3. المنشآت المقامة على وادي الرقاد Structures in AL-Raggad Valley

2-2-3-1. السدود Dams

أُنشئ على وادي الرقاد عددٌ من السدود لتخزين المياه من أجل تغطية متطلبات الري، ويبلغ حجم تخزين بحيرات السدود المقامة على وادي الرقاد وفروعه وهي سدود (المنطرة و رويحينه و بريقة و كودنة و غدير البستان و الرقاد و عابدين) ما مقداره 98.89 مليون متر مكعب.

A. سد المنطرة:

- تاريخ الانجاز: 2010.
- نوع السد وتصنيفه حسب الحجم: ركامي مع نواة غضارية – متوسط.
- موقع السد: القنيطرة – أم العظام.
- الوديان المغذية للسد: وادي الرقاد.
- التجمعات السكانية على مجرى الوادي: رويحينة – مجدوليا – الصمدانية.
- التجمعات السكانية التي يشكل خطراً عليها: رويحينة – مجدوليا – المشيرفة – رسم القطا – رسم الكرم – رسم الحلبي – أم العظام.

- الأضرار المحتمل حدوثها عند انهيار السدود: غمر الأراضي المجاورة للسد.

B. سد رويحينة:

- تاريخ الانجاز: 1983.
- نوع السد وتصنيفه حسب الحجم: جسم حجري مع جدار فرعي ترابي – صغير.
- موقع السد: القنيطرة – رويحينة.
- الوديان المغذية للسد: وادي الرقاد.
- التجمعات السكانية على مجرى الوادي: رويحينة.
- التجمعات السكانية التي يشكل خطراً عليها: رويحينة–مجدوليا.
- الأضرار المحتمل حدوثها عند انهيار السدود: غمر الأراضي المجاورة للسد.

C. سد بريقة:

- تاريخ الانجاز: 1986.
- نوع السد وتصنيفه حسب الحجم: ركامي – صغير.
- موقع السد: القنيطرة – بريقة.
- الوديان المغذية للسد: وادي العسل رافد لوادي الرقاد.
- التجمعات السكانية على مجرى الوادي: لايوجد.
- التجمعات السكانية التي يشكل خطراً عليها: محطة ضخ لشبكة الري.
- الأضرار المحتمل حدوثها عند انهيار السدود: مادية.

D. سد كودنة:

- تاريخ الانجاز: 1994.
- نوع السد وتصنيفه حسب الحجم: ركامي مع نواة غضارية – متوسط.
- موقع السد: القنيطرة – كودنة.
- الوديان المغذية للسد: وادي الرقاد.
- التجمعات السكانية على مجرى الوادي: قرى سويسة.
- التجمعات السكانية التي يشكل خطراً عليها: سويسة الدواية – قرقس – رسم الشركس – قصيبة – عين التينة – عين الفرنجة – رسم الدرب – رسم الزيتون – بعض القطع العسكرية.
- الأضرار المحتمل حدوثها عند انهيار السدود: غمر الأراضي المجاورة للسد.

E. سد غدير البستان:

- تاريخ الانجاز: 1987.
- نوع السد وتصنيفه حسب الحجم: ترابي – متوسط.
- موقع السد: القنيطرة – بلدة الناصرية – تحت إشراف مديرية موارد درعا.

- الوديان المغذية للسد: وادي الرقاد.
- التجمعات السكانية على مجرى الوادي: لايوجد.
- الأضرار المحتمل حدوثها عند انهيار السدود: مادية.

F. سد الرقاد:

- تاريخ الانجاز: 1991.
- نوع السد وتصنيفه حسب الحجم: ركامي – متوسط.
- موقع السد: القنيطرة – قرية المقرز والبكار.
- الوديان المغذية للسد: وادي الرقاد.
- التجمعات السكانية على مجرى الوادي: المقرز.
- التجمعات السكانية التي يشكل خطراً عليها: المقرز – أبو حجر – ثكنة عسكرية.
- الأضرار المحتمل حدوثها عند انهيار السدود: مادية وبشرية.

G. سد عابدين:

- تاريخ الانجاز: 1989.
- نوع السد وتصنيفه حسب الحجم: غضاري متجانس – صغير.
- موقع السد: درعا – مسيلي الناشف والخفاء.
- الوديان المغذية للسد: وادي الرقاد.
- التجمعات السكانية على مجرى الوادي: لايوجد.
- الأضرار المحتمل حدوثها عند انهيار السدود: مادية وبشرية.

يبين الجدول (2-1) المواصفات الفنية* لهذه السدود.

2-2-3-2. قنوات التحويل Conversion Channels

- قناة تحويلية من وادي الرقاد (بعد سد الرقاد) إلى سد عابدين في درعا.
- قناة جر من وادي الرقاد (سد غدير البستان) إلى وادي العرام، لتأمين التخزين لسدود هذا الوادي في السنوات الجافة.
- تحويل المياه عبر قناة شبكة ري كودنة إلى سد تسيل.

* مع الإشارة إلى أن حجوم التخزين الميتة لسدود الوادي غير منطقية بالمقارنة مع دراسات تصميم السدود التي تعتبر أن الحجم الميت يجب ألّا يقل عن 5% من حجم التخزين الكلي.

الجدول (2-1). المواصفات التصميمية للسدود المقامة على مجرى وادي الرقاد

السد	حجم التخزين التصميمي [MCM]	منسوب عتبة المفيض [m]	ارتفاع الماء الأعظمي فوق عتبة المفيض [m]	الحجم الميت [MCM]	ارتفاع السد [m]	معدل الهطول السنوي [mm]	مساحة سطح البحيرة [$m.m^2$]
المنطرة	40.20	899.40	1.4	0.20	29.0	735	3.760
رويحينة	1.03	901.60	0.8	0.08	10.7	730	0.53
بريقة	1.10	103.70	0.6	0.20	13.0	700	0.280
كودنة	31.00	765.50	1.2	0.12	30.0	700	3.180
غدير البستان	10.80	607.20	1.5	0.80	23.0	650	1.570
الرقاد	9.20	523.00	1.5	0.60	23.0	653	1.450
عابدين	5.56	400.00	0.5	0.37	14.0		0.009

2-3. الاستعمار الاستيطاني الصهيوني في الجولان Zionist Settler Colonialism in AL-Joullan

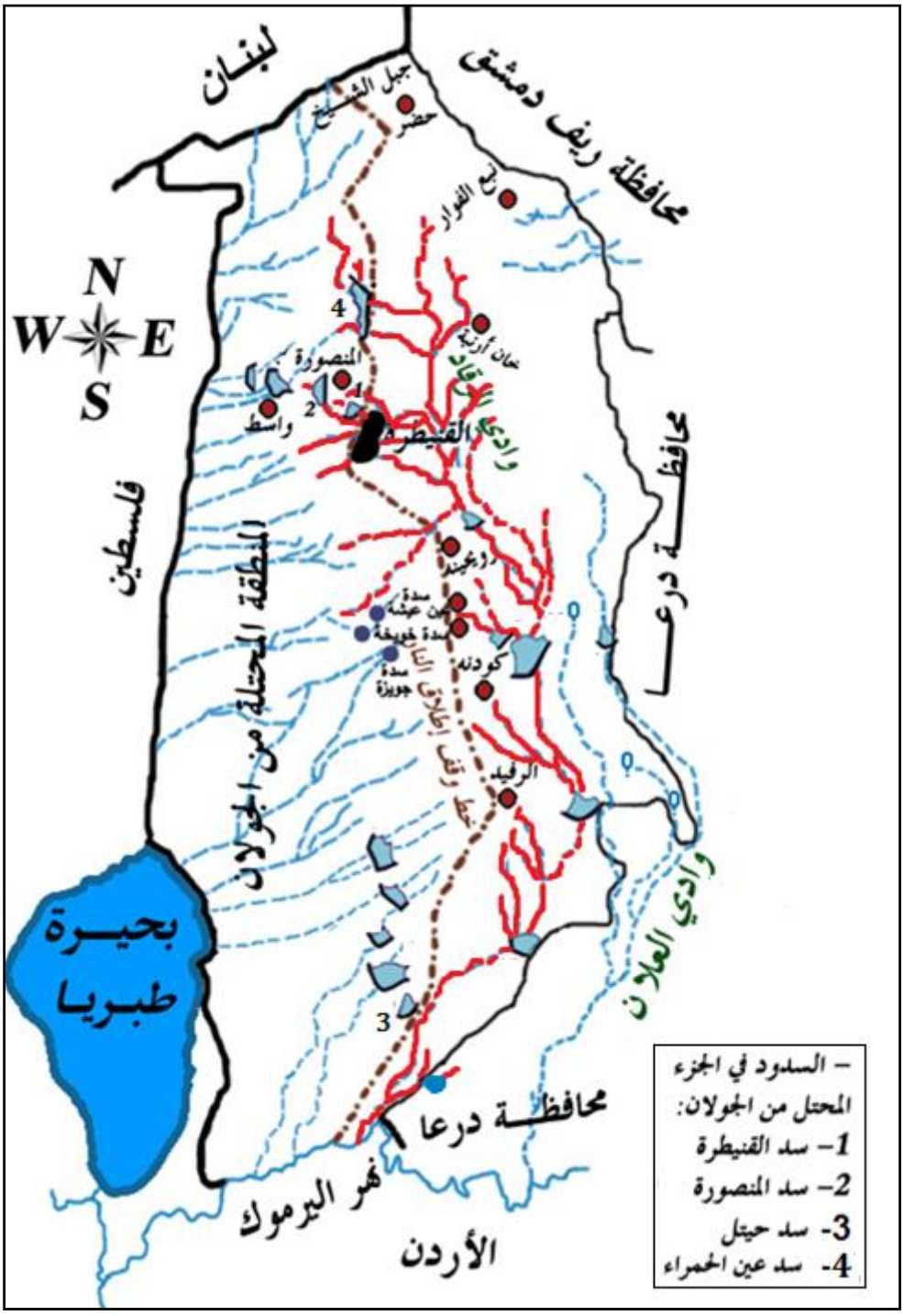
لقد حققت اسرائيل باحتلال الجولان حلماً من الأحلام الإسرائيلية في الأراضي السورية، وقد عبر عن ذلك رئيس وزراء الكيان الصهيوني /ديفيد بن غوريون/ في مذكرته للحكومة البريطانية عام 1920 بقوله: ((طالبنا دائماً أن تشمل أرض إسرائيل الضفة الجنوبية لنهر الليطاني وإقليم حوران من منبع اللجاة، وأنهر إسرائيل هي: الأردن والليطاني واليرموك وأن البلاد بحاجة إلى مياه تلك الأنهار))، كما أكد على أن ((اليهود يخوضون اليوم مع العرب معركة المياه، وعلى مصير هذه المعركة يتوقف مصير إسرائيل، وإذا لم ننجح في هذه المعركة فإننا لن نكون في فلسطين)).

2-3-1. إجراءات الكيان الاسرائيلي لسرقة ومصادرة مياه الجولان Isralian Measures to Steal Joullan Water

- ضم الجولان إلى الكيان الاسرائيلي في 14/12/1981.
- فرض السياسة المائية الإسرائيلية في الجولان، والبدء بتحويل نهر الأردن وروافده مما أدى إلى زيادة حجم الموارد المائية الإسرائيلية لأكثر من /600/ مليون متر مكعب سنوياً، ورفع حصة الفرد الاسرائيلي لتصبح عشرة أضعاف حصة المواطن العربي في الأراضي المحتلة.
- يسرق الكيان الإسرائيلي مياه الجولان المحتل، وتُقدر كمية المياه المسروقة سنوياً بنحو /850/ مليون متر مكعب وذلك من خلال:

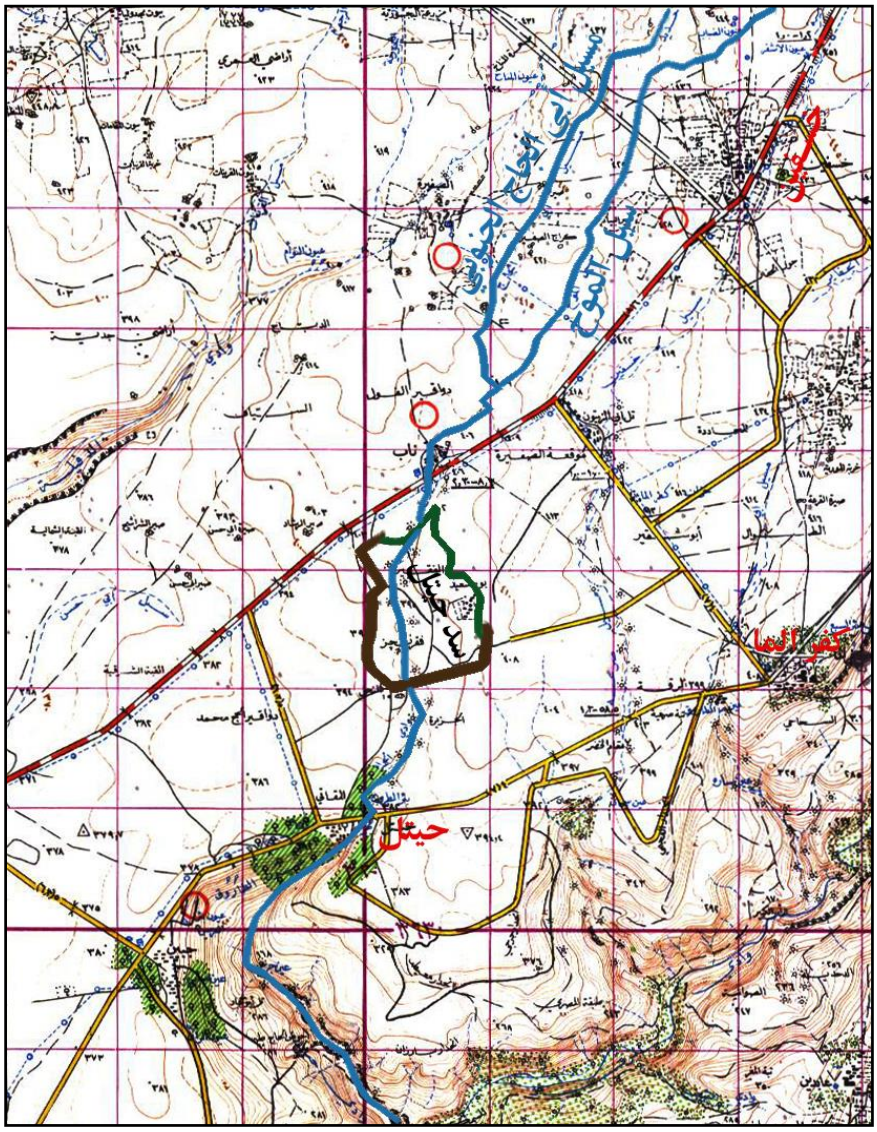
أولاً– استغلال وسرقة مياه الأنهار دائمة الجريان والأودية والمسيلات، وأهمها:

- سرقة واستغلال كامل مياه نهر بانياس منذ عدوان حزيران عام /1967/ والذي ينبع من بلدة بانياس السورية، ويُقدر وارده السنوي بنحو /157/ مليون متر مكعب حيث يتم تحويل مياهه إلى الأراضي العربية المحتلة في فلسطين.
- استغلال وسرقة كامل مياه نهر القاضي (الدان)، والذي ينبع من نقطة تلاقي الحدود السورية الفلسطينية في تلة القاضي ويُقدر وارده السنوي بنحو /258/ مليون متر مكعب.
- يسرق الكيان الإسرائيلي سنوياً أكثر من /50/ مليون متر مكعب من نهر اليرموك ويضخها إلى بحيرة طبريا، وقد أجازت اتفاقية وادي عربة الموقعة مع الأردن سنة 1994 لإسرائيل ضخ /25/ مليون متر مكعب من مياه اليرموك سنوياً إلى بحيرة طبريا.
- أقام الكيان الإسرائيلي على روافد نهر اليرموك المباشرة وغير المباشرة مجموعة من المجمعات المائية والسدود، منها عدد من السدود التي أنشأها على روافد مجرى وادي الرقاد، الشكل (2-6)، وهي:



الشكل (2-6). السدود المقامة على مجرى وادي الرقاد في المنطقة المحتلة من الحوض

- **سد حيتل:** بُني هذا السد شمال قرية حيتل بنحو /1/ كم على مسيل عين الحمراء والذي يرفد وادي الرقاد في منطقة وادي طعيم مباشرة جنوب كفر الما، وذلك في منطقة ترتفع نحو /400/ م فوق سطح البحر، ويقع غرب خط وقف إطلاق النار بأقل من /1/ كم، ويقدر حجمه التخزيني بنحو /7.5/ مليون متر مكعب وقد كانت مياهه ترفد وادي الرقاد، ومنه إلى نهر اليرموك، الشكل (2-7).



الشكل (2-7). سد حيتل

- **سد القنيطرة:** أقرته سلطة المياه الصهيونية، ونفذته شركة (مي غولان)، وبدأ الكيان الإسرائيلي بتنفيذه في بداية شهر تموز عام 2006 في الجزء المحتل المتبقي من مدينة القنيطرة في موقع عين الزبدة، وغرب خط وقف إطلاق النار بنحو /10/ م، وعلى وادي عين الزبدة ووادي الجاج أحد الروافد الأساسية الشمالية الغربية لوادي الرقاد، ويعد من أغزرها، من مواصفات السد:
  - السد تحويلي، لتحويل المياه من الروافد السابقة باتجاه الغرب إلى سد المنصورة، ومن ثم إلى سد واسط، وهو سد ركامي يأخذ الشكل المستطيل مساحته نحو 1 كيلو متر مربع وارتفاعه 8 م. حجمه التخزيني مفتوح من خلال ضخ المياه الزائدة عن التخزين إلى داخل الأرض المحتلة في الجولان وفلسطين، بالإضافة لوجود قناة تحويلية في هذا السد يتم من خلالها تحويل المياه عند وصول التخزين إلى منسوب معين.

- يشمل الحوض الصباب لهذه الروافد المنطقة الشمالية الغربية لمدينة القنيطرة وعين الحمراء وتل الشيخة، وهي من أغزر المناطق هطولاً في الجولان.

يهدف الكيان الصهيوني من إقامة السد إلى:

- سرقة وتحويل مياه الأمطار والسيول المغذية لوادي الرقاد والواردة من الجزء المحتل في الجولان، وخاصة منطقة الحوض الصباب الأساسية لهذا الوادي الواقعة شمال وغرب مدينة القنيطرة ذات الأمطار الغزيرة، والتي يزيد معدل الهطول فيها على 1000 مم سنوياً.
- حرمان المزارعين السوريين في الجزء المحرر من الجولان من أهم مصادر المياه لري مزروعاتهم ومواشيهم.
- الحد بشكل كبير من الواردات المائية لتغذية السدود السورية المقامة على وادي الرقاد في الجزء المحرر من الجولان والبالغة ستة سدود، بحجم تخزين يساوي /58/ مليون متر مكعب وتروي 5045 هكتار من الأراضي الزراعية.
- حرمان الجانب الأردني من مياه الرقاد التي كانت تزيد عن تخازين السدود السورية المقامة على وادي الرقاد، وترفد نهر اليرموك.

مع الإشارة هنا إلى أن موقع السد القريب جداً من منازل مدينة القنيطرة يشكل خطراً يهدد هذه المنازل من خطر الفيضانات أو الانهيارات في هذا السد.

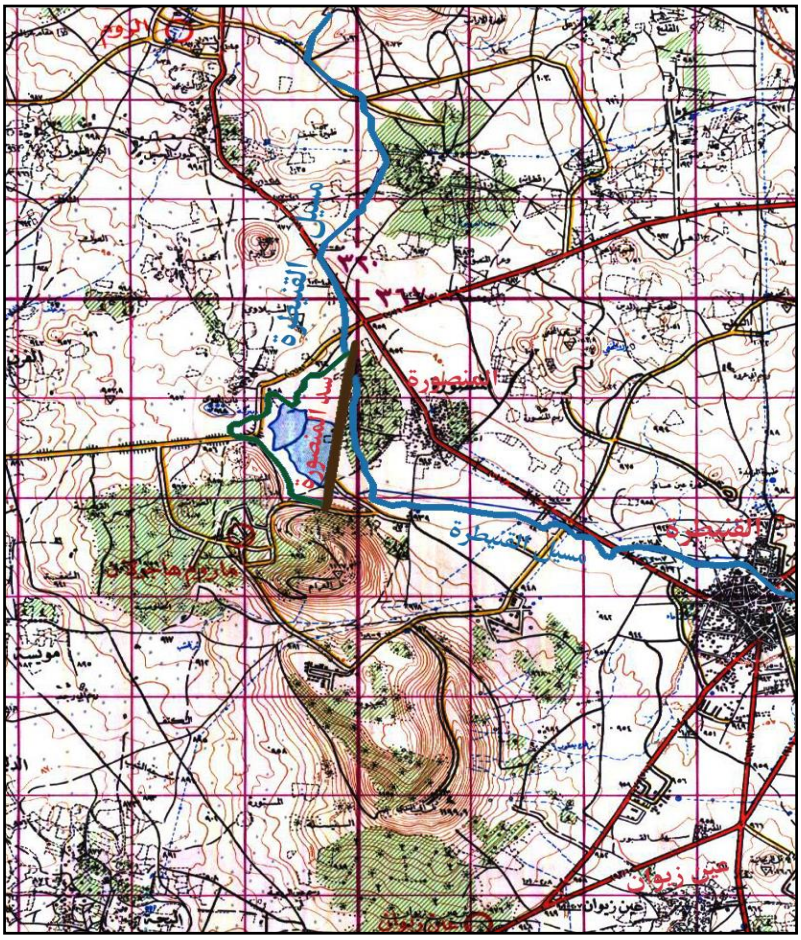
- **سد عين الحمراء:** يمتد من مرج الطبل (غرب قرية أوفانيا) شمالاً إلى قرية الحميدية جنوباً موازياً مباشرةً لخط وقف إطلاق النار وبطول يساوي 3 كم على الروافد الشمالية لوادي الرقاد، وأهمها مسيل عين الحمراء ومسيل الحمدان ووادي مرج الشبرق ومياه بئر عين سيف ومياه عين الحمراء.

يحجز السد المياه الرافدة لوادي الرقاد من منطقة الحوض الصباب لقرى بقعاتا وعين حور وعين الحمراء وتل أبي يقطين وتل الشيخة ومنطقة غرب جباتا.

بدأ الكيان الصهيوني بتنفيذ هذا السد بداية عام 2008 على أجزاء من خط آلون على عجل، وهو سد ركامي، وفي /28/ شباط عام 2009 انفتحت ثغرة بجسم هذاالسد في المنطقة الواقعة مباشرة شمال غرب قرية الحميدية على مسيل وادي حمدان، مما أدى إلى تدفق المياه التي جرفت الألغام من المنطقة العازلة إلى الجزء المحرر من الجولان، وتخريب الطرقات العامة، وتضرر جزء من معمل القساطل البيتونية في قرية الحميدية.

- **سد المنصورة:** يقع إلى الغرب من مدينة القنيطرة بنحو 1 كم في موقع سهل المنصورة على مسيل عيون حور، وبعض المسيلات الرافدة لوادي الرقاد وذلك في منطقة ترتفع نحو 950 م فوق سطح البحر،

الشكل (2-8)، و يقطع جزء من بحيرته من الشمال الطريق الذي كان سابقاً يصل القنيطرة مع واسط، ويمكن للسد أن يخزن نحو /5/ مليون متر مكعب.



الشكل (2-8). سد المنصورة

ترتبط هذه السدود فيما بينها بأقنية نقل، وكذلك مع محطات ضخ توجد شمال بحيرة طبريا إلى الناقل الوطني القطري (كما يسمونه) الذي ينقل المياه إلى شمال فلسطين المحتلة، وإلى منطقة النقب في الجنوب منها.

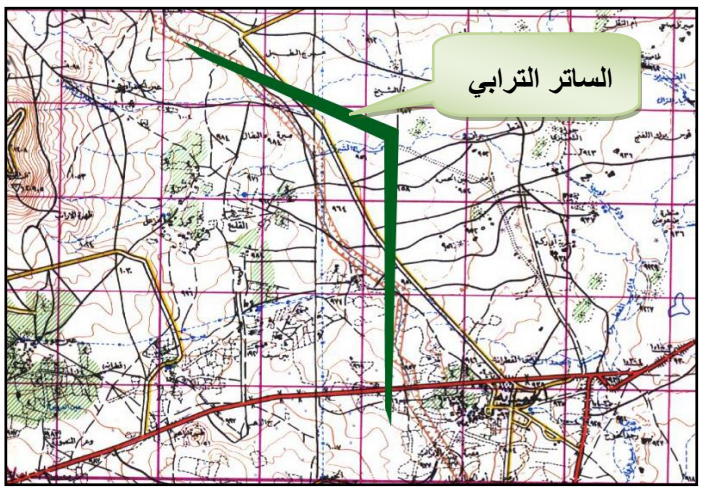
ثانياً– سرقة واستنزاف المياه الجوفية:

- **الينابيع:** استغلال كل الينابيع وأهمها ينابيع المياه المعدنية الحارة في الحمة جنوب الجولان، وهي تُستغل كمركز علاجي وسياحي، وقد تم حفر الآبار قرب الينابيع لامتصاص المياه منها، وبالتالي حرمان السكان من مصادر هذه المياه، إضافة لذلك ذكرت الصحيفة الإسرائيلية /يدعوت احرونوت/ في تموز 2007 أن إسرائيل تسرق منذ سنين مياه ينابيع هضبة الجولان المحتلة قبل تدفقها إلى سورية، وتقوم بضخ مياهها من مرتفعات الجولان إلى الجليل، مما يحرم سورية من مصدر رئيسي للمياه، وحسب

الصحيفة المذكورة أعلاه أيضاً فإن الكيان الإسرائيلي يستنزف أكثر من 10 ملايين متر مكعب سنوياً من الينابيع.

- **الآبار:** تقوم شركة المياه الإسرائيلية بين حين وآخر وبشكل سري بعمليات مسح لمناطق في الجولان المحتل، وذلك بقصد حفر آبار جديدة لجر المياه إلى مناطق داخل فلسطين المحتلة من أجل تزويد التجمعات الاستيطانية، هناك بالمياه، وخاصة التجمعات الاستعمارية في المنطقة الشمالية، وفق مخططاتها لاستثمار مياه الجولان المحتل، واستنزاف المياه من الأراضي المحررة منه. ومن بعض إجراءاته:
  - قام الكيان الإسرائيلي بحفر العديد من الآبار الارتوازية في جميع أنحاء الجولان المحتل وخاصة بالقرب من خط وقف إطلاق النار، وخطط لحفر 18 بئراً ارتوازياً عام 2008 بكلفة تتعدى ثلاثة ملايين دولار لتحصل على ملايين الأمتار المكعبة من المياه الجوفية، وتحويلها للمستعمرين في الجولان وإلى داخل فلسطين المحتلة، والهدف من هذه الآبار استنزاف المياه الجوفية للجولان.
  - تم في الفترة الواقعة من شباط حتى حزيران 2009 رصد حفارة في موقع بئر سيف شمال القنيطرة (شمال غرب قرية الحميدية) تقوم بحفره، ويقدر عمق البئر بنحو 1500 م حسب المدة الزمنية للحفر.
  - يقوم الكيان الإسرائيلي بين فترة وأخرى بمصادرة الآبار العائدة للمواطنين السوريين في الأراضي المحتلة، حيث قام بمصادرة بئر مياه شرق بلدة مجدل شمس المحتلة بنهاية عام 2003، ووضع الألغام العشوائية على امتداد حرم البئر كي لا يتمكن السكان من الوصول إليه.

ثالثاً– وضع الكيان الإسرائيلي ساترً ترابياً مدعماً بالحجر البازلتي المرصوف على طول خط وقف إطلاق النار، الشكل (2-9)، وأهمها في المنطقة الواقعة شمال مدينة القنيطرة بهدف حجز روافد الرقاد الآتية من غرب جباتا وبقعاتا وعين الحمراء. حيث تشكل حاجز مائي يبدأ من مرج الطبل شمالاً إلى الحميدية جنوباً بطول يزيد على 3 كم، وقد انهار قسم من هذا الساتر بتاريخ 28/2/2009، مما أدى إلى جرف الألغام باتجاه الجزء المحرر من الجولان، وتخريب الطرقات، و التسبب بخسائر مادية أخرى، الشكل (2-10).



الشكل (2-9). الساتر الترابي

الشكل (2-10). صور تبين انهيار الساتر الترابي

رابعاً– لنجاح المشاريع السابقة، أقامت الشركة الإسرائيلية شبكة أنابيب متشعبة لنقل المياه تعتمد في الأساس على خط النفط العربي المسمى (تاب لاين)، الذي أقيم في الأربعينات من القرن الماضي لنقل النفط من السعودية إلى ميناء صيدا، ويقطع الجولان من جنوبه إلى شماله، ولكن ضخ النفط فيه توقف بعد احتلال الجولان عام 1976، وتستغله إسرائيل منذ ذلك الوقت لنقل المياه.

2-3-2. الانتهاكات البيئية الإسرائيلية في الجولان Isralian Environmental Violations

قام الكيان بإحداث تغيرات واضحة في المعالم الجغرافية والبيئية، بحيث تحولت بعض الهضاب والسهول الخضراء في الأراضي المحتلة إلى أراضٍ قاحلة، ومن بعض إجراءاته الواقعة ضمن منطقة الدراسة:

- يرافق عمليات استنزاف واستنفاذ ونهب المصادر المائية في الجولان، عمليات تلويث واسعة للموارد المائية والمياه الجوفية نتيجة شبكات الصرف الصحي الداخلية في المستعمرات التي تنساب منها المياه العادمة، وحفر النفايات، وعشرات المصانع الملوثة ومنها مصانع الجلود والأنسجة والبطاريات والصناعات البلاستيكية والعسكرية والأسمدة والمبيدات مثل مبيد (ميتيل البروميد) القاتلة.
- التلويث المستمر لمياه الجولان مما أدى إلى تدهور نوعية المياه، بحيث وصل تركيز الأملاح في بعض الآبار إلى 1500 جزء في المليون.

الفصل الثالث

الموارد المائية في الحوض والطلب على المياه

الفصل الثالث

The Third Chapter

الموارد المائية في الحوض والطلب على المياه

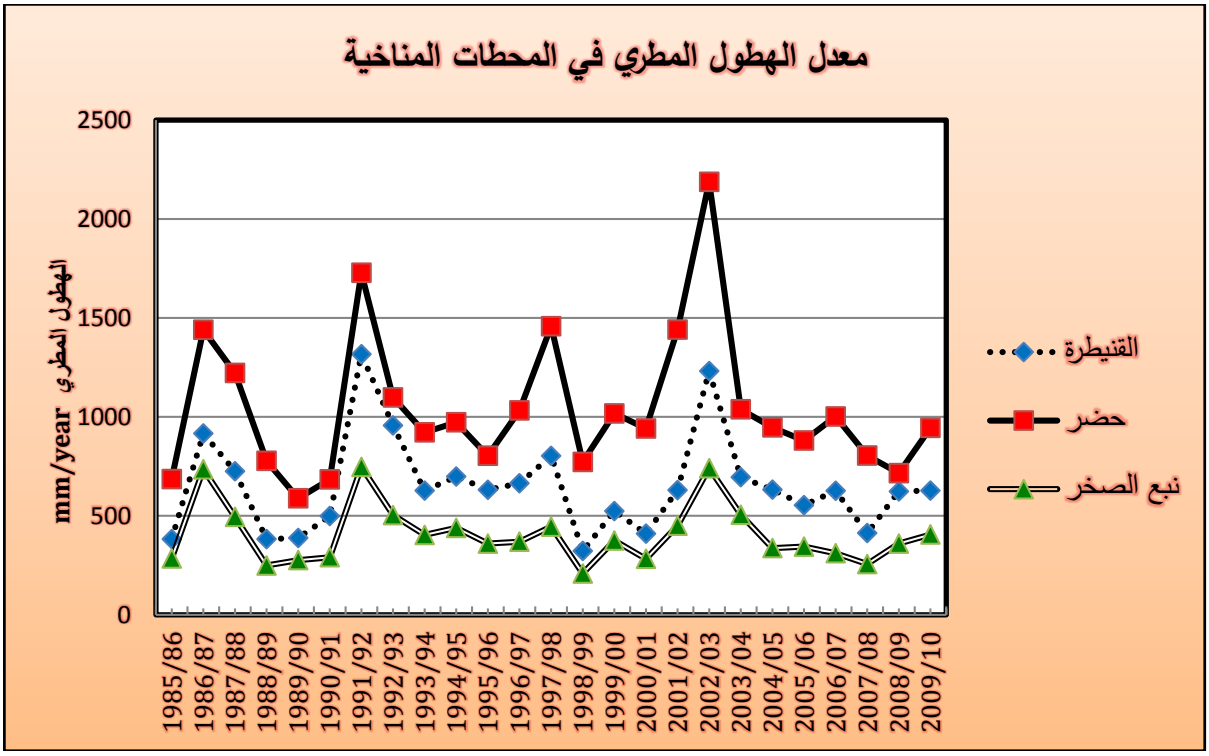
Water Resources and Water Demand

1-3. مقدمة Introduction

تُعد الهطولات المطرية المورد الرئيسي لتغذية مخزون المياه الجوفي والسطحي في حوض الرقاد، وبالتالي تشكل الأمطار مصدر المياه الأساسي لهذه المنطقة. حيث يتلقى حوض الرقاد كميات هامة من المطر (تساقط أمطار وثلوج) التي قد تتجاوز 1000mm في السنة. ونظراً للطبيعة الجيولوجية للمنطقة يتسرب جزء من المطر إلى باطن الأرض ويعيد تغذية طبقات المياه الجوفية، كما أن كثافة الوديان والمسيلات ساعد على الاستفادة من مياه الأمطار في الحصول على جريان سطحي هام ويقدر معامل الجريان الوسطي للحوض بـ 0.28* حسب دراسات مديرية الموارد المائية في القنيطرة.

1-1-3. الأمطار Rainfall

تمت دراسة معدلات الهطول المطري في المحطات المناخية الموجودة في حوض الرقاد وبالقرب منه من عام (1985-1986) حتى عام (2009-2010)، الشكل (3-1).



الشكل (3-1). معدل الهطول المطري في حوض الرقاد

* في بعض المراجع لا يتجاوز معامل الجريان السطحي 15% لمنطقة حوض اليرموك.

نلاحظ من الشكل (3-1) أن محطة حضر تسجل أعلى معدلات الهطول، حيث أنها تقع في الجزء الشمالي من الحوض بالقرب من جبل الحرمون، وتتناقص هذه المعدلات كلما اتجهنا نحو الداخل والمرصودة في محطة القنيطرة، ويستمر هذا التناقص باتجاه الشرق وهو ماتوضحه سجلات محطة نبع الصخر، كما يبين الشكل أيضاً أن أكبر هطول سنوي كان عام (2002/2003)، حيث بلغ في محطة حضر 2188.2 mm وفي محطة القنيطرة 1231.6 mm وفي محطة نبع الصخر 740.8 mm.

وبالإضافة لعام (2002-2003) كان هناك هطولات مرتفعة تكررت خلال سنوات أخرى مختلفة كما هو موضح في الجدول (3-1).

الجدول (3-1). أعلى الهطولات المطرية المسجلة mm/year

السنة	محطات الرصد		
	القنيطرة	حضر	نبع الصخر
1986/87	916.0	1440.0	735.0
1991/92	1316.2	1728.0	747.4
1997/98	803.3	1458.5	445.5
2002/03	1231.6	2188.2	740.8

2-3. الموارد المائية المتوفرة في منطقة الدراسة Available Water Resources in Study Region

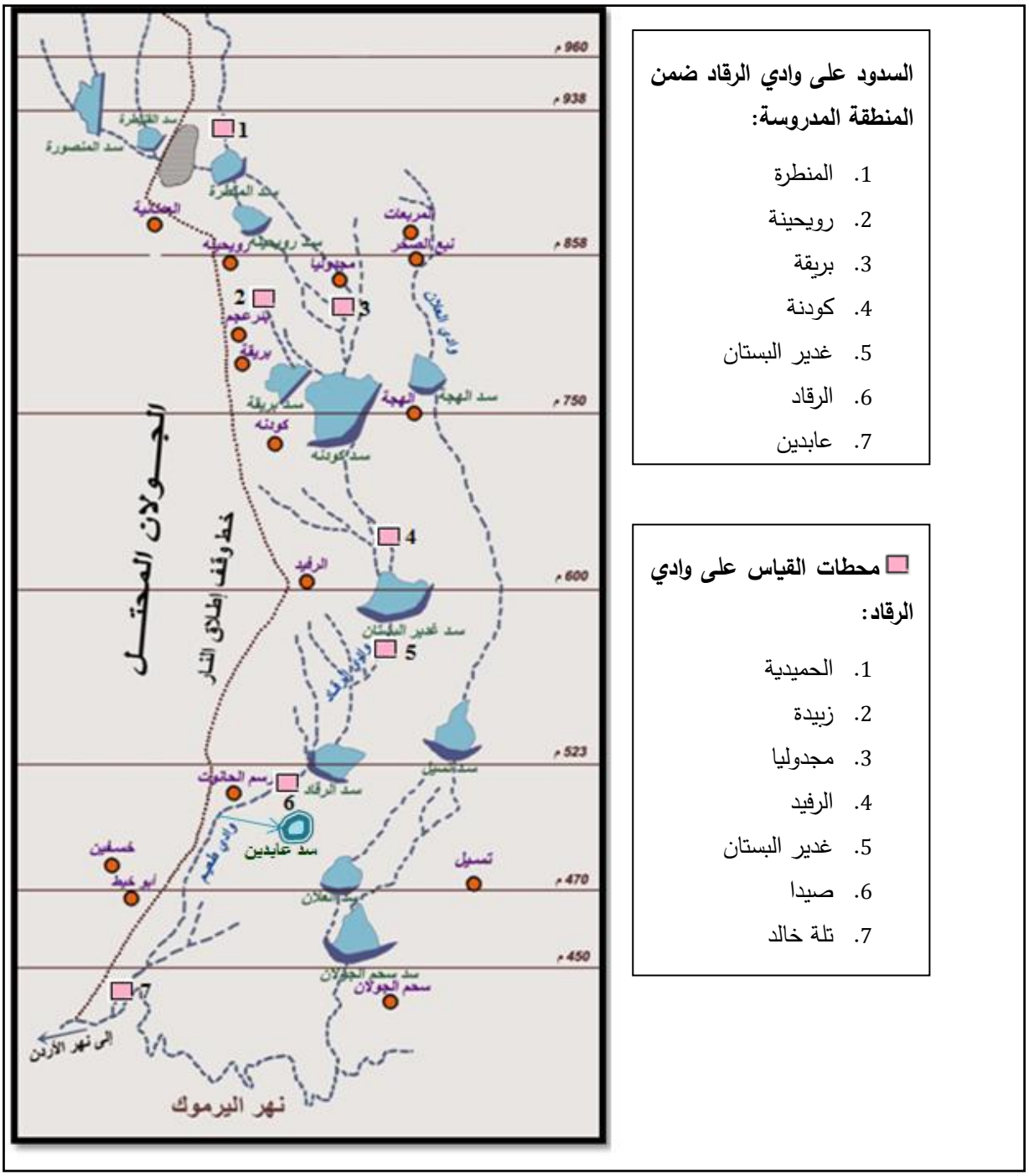
1-2-3. الموارد المائية التقليدية Conventional Water Resources

1-1-2-3. المياه السطحية Surface Water

نظراً لكثافة المسيلات المائية في المنطقة التي تدل على حجم جريان سطحي كبير، وهي ظروف ملائمة للتخزين السطحي، فقد تم انشاء عدد من السدود على مجرى الرقاد وروافده، حيث يُعد وادي الرقاد مصدر الحياة الأساسي لهذه المنطقة.

إن قيمة الوارد المائي لمجرى الرقاد متذبذبة ومتفاوتة بشكل كبير تبعاً للهطولات المطرية، وتتراوح هذه القيمة بين 3 مليون متر مكعب في سنوات الجفاف، و53 مليون متر مكعب في سنوات الهطولات الجيدة، وقد تصل إلى أكثر من 100 مليون متر مكعب في السنوات الخيرة، فقد قدر حجم الجريان في موسم 2002/03 بحدود 130 مليون متر مكعب، أما في موسم 1978/79 فلم يتجاوز المليون متر مكعب.

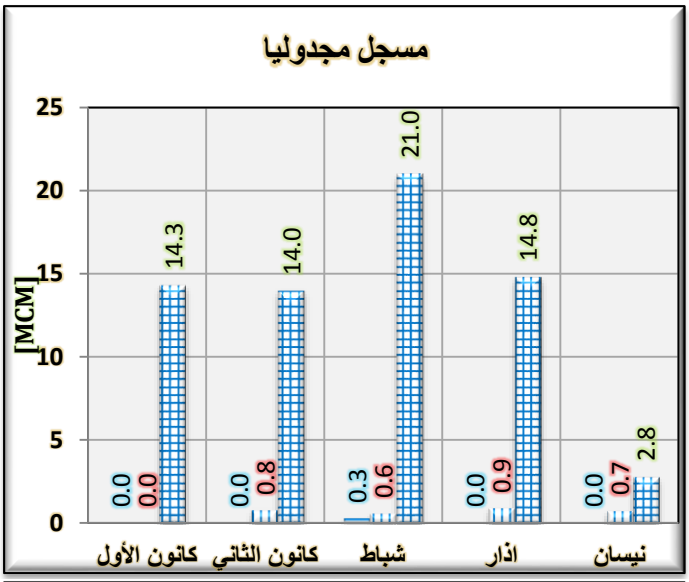
يتم تقدير حجم الجريان السطحي عن طريق محطات القياس، أو حسب الواردات المائية إلى السدود، ويبين الشكل (3-2) مواقع السدود ومحطات القياس الموجودة على وادي الرقاد.

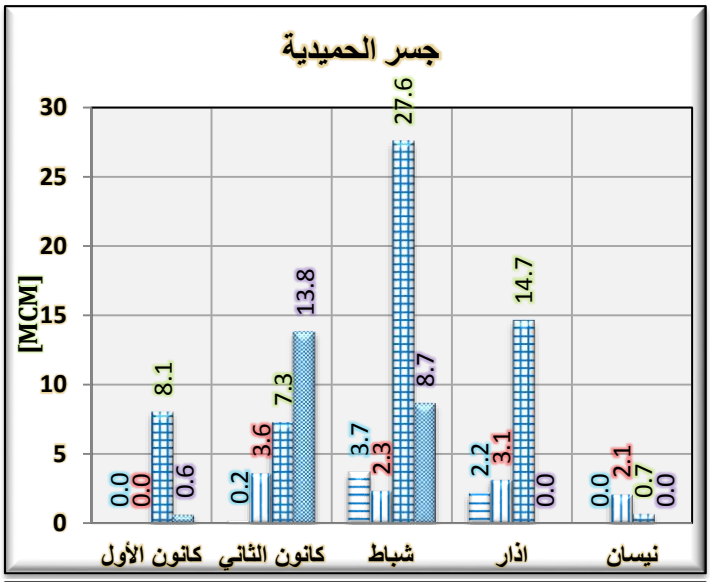


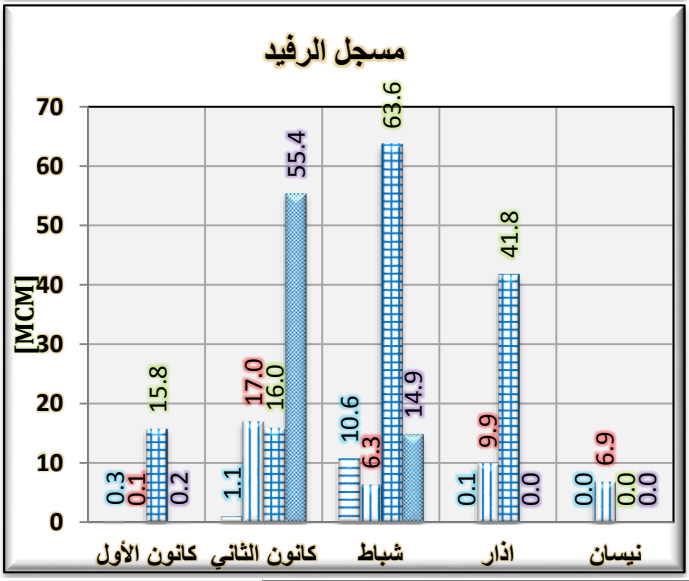
الشكل (3-2). السدود ومحطات القياس على وادي الرقاد

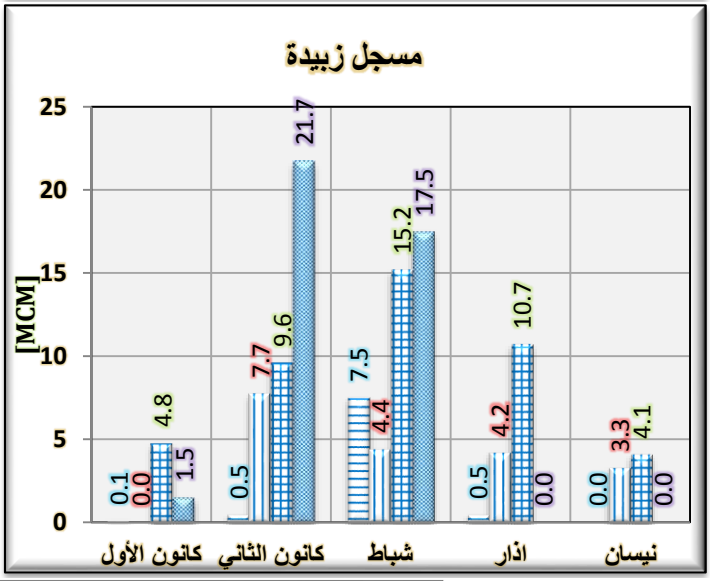
أولاً– محطات القياس Gauge Stations

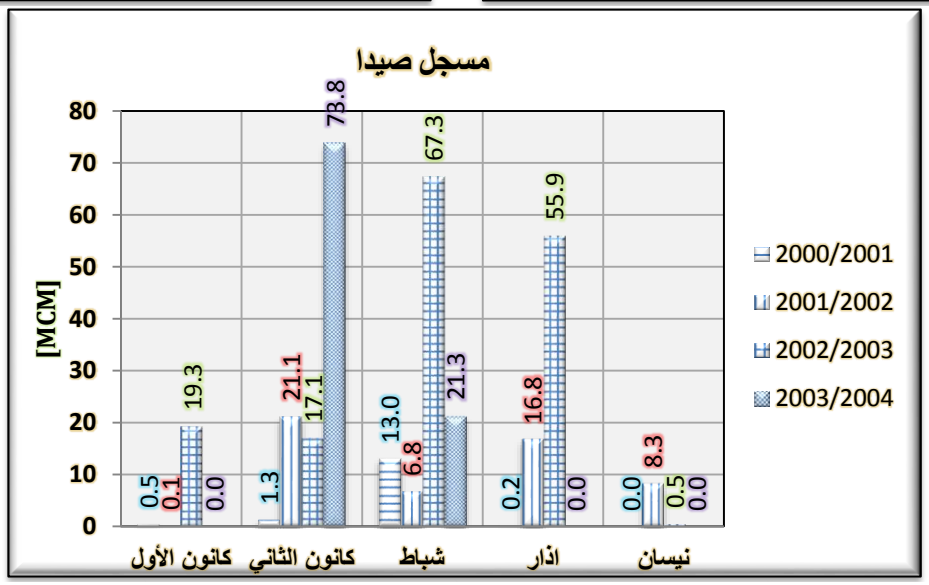
تم قياس تصريف مجرى الرقاد وحجم الواردات المائية السطحية عند مجموعة من محطات القياس التي وضعت على طول المجرى اعتباراً من عام 2000 وحتى عام 2004، ويبين الشكل (3-3) حجم الواردات المقاسة عند بعض هذه المحطات بحسب ترتيبها على مجرى وادي الرقاد.









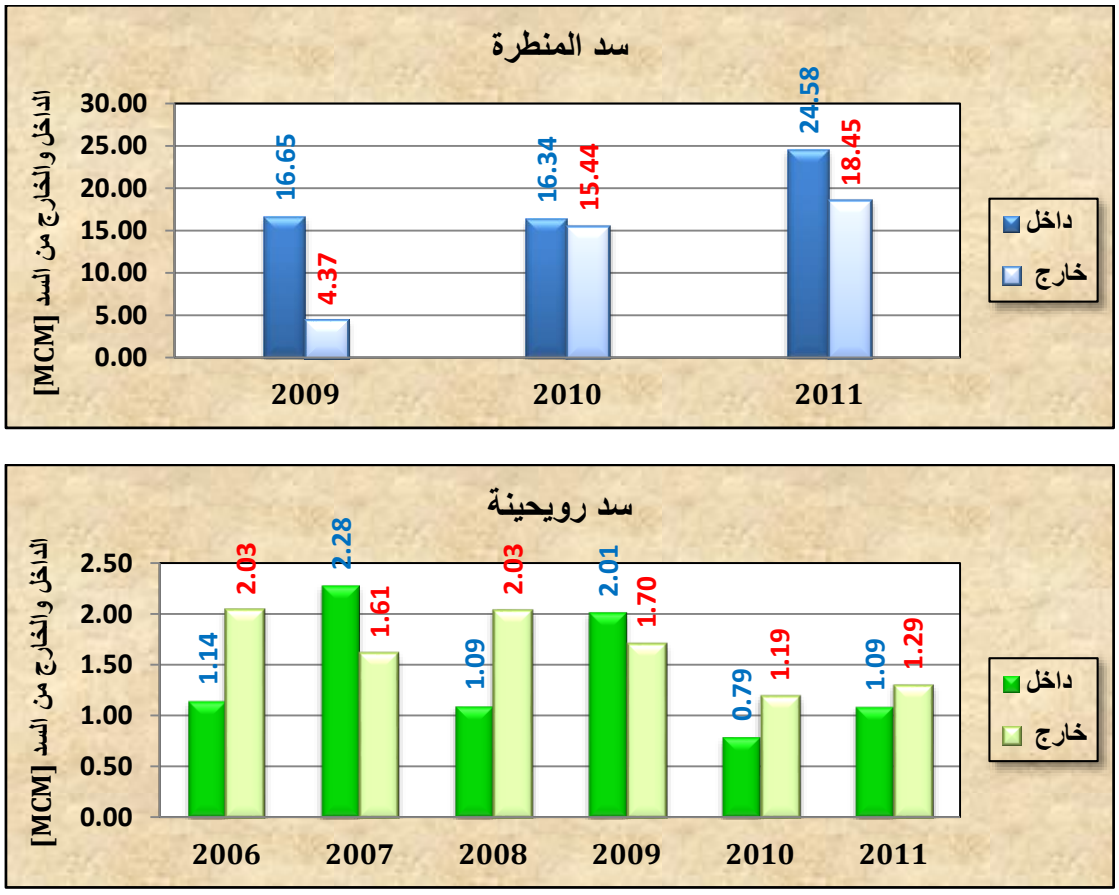


الشكل (3-3). حجم جريان وادي الرقاد عند محطات القياس

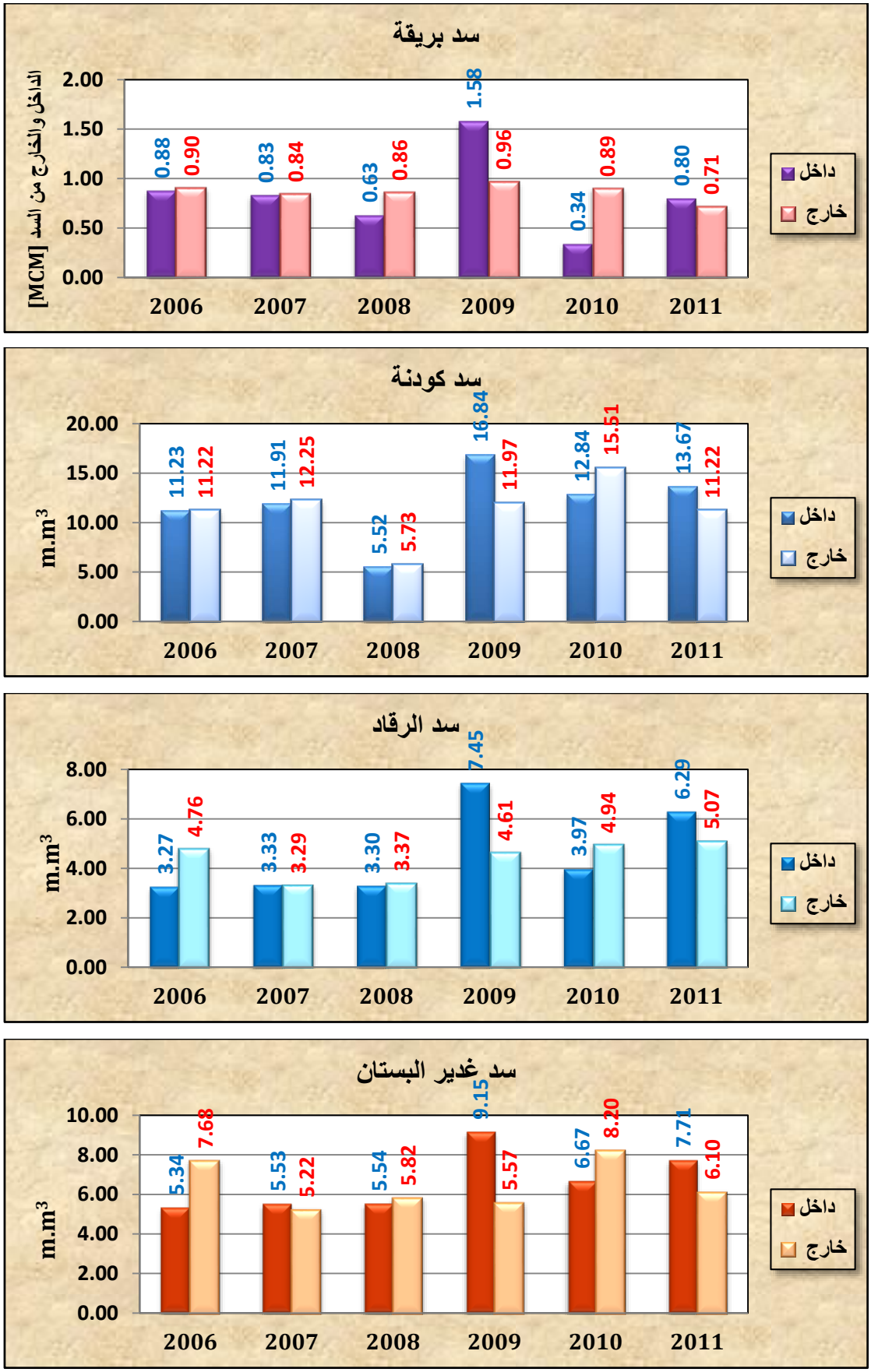
بينت القياسات المسجلة في محطات القياس أن متوسط الواردات السنوية في مجرى وادي الرقاد خلال الفترة (2000-2004) يُقدر بنحو (65 MCM/year) أي حوالي (2.1 m^3/sec)، وأكبر حجم جريان سنوي هو (137.27 MCM) في عام (2002/2003) وقد نتج عن الموجة الفيضانية في هذا العام أضرار جسيمة أدت إلى كسر مفيض سد كودنة، وخروجه عن العمل، وانهيار السفح الأمامي لسد غدير البستان، مما أدى إلى اعادة تأهيله فيما بعد.

ثانياً– منشآت السدود Dams Structures

تم الحصول على كافة القياسات المتعلقة بسدود وادي الرقاد والمنحنيات المميزة لهذه السدود بالإضافة لكميات المياه الواردة والخارجة منها السنوية لفترة (2006-2011). حيث تتوافر قياسات تخازين السدود اليومية لسلسلة من السنوات (2005-2010)، ويوضح الشكل (3-4) كميات المياه الداخلة والخارجة من السدود.



الشكل (3-4). كميات المياه الداخلة والخارجة لسدود وادي الرقاد



الشكل (3-4). كميات المياه الداخلة والخارجة لسدود وادي الرقاد

نظراً لانقطاع قياس تصريف نهر الرقاد عند المحطات المذكورة بعد عام 2004، أو الاكتفاء بأخذ القياسات عند نقطة معينة من النهر فقط خلال سنة ما، أدى إلى ضعف الاعتماد على البيانات المتوفرة خلال فترة (2000-2004) خصوصاً أنها تعد فترة قصيرة. لذلك سيتم الاعتماد في البحث من جهة على بيانات السدود المتوافرة لعدة سنوات خصوصاً أنها تشمل بيانات السنة المرجعية المعتمدة، ومن جهة أخرى على الهطولات المطرية المتوافرة في المحطات المناخية.

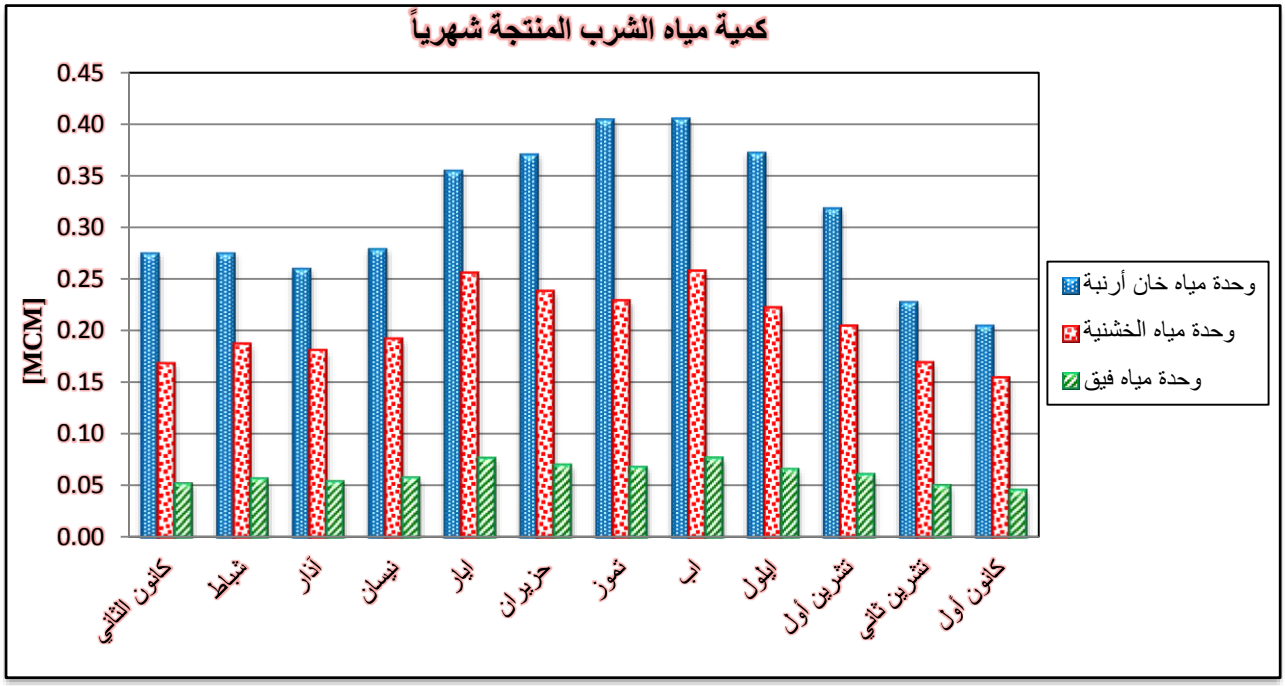
3-2-1-2. المياه الجوفية Groundwater

مورد شديد الأهمية في المنطقة، وهي عبارة عن كمية مياه الأمطار والثلوج المتسربة إلى التكوينات الجيولوجية في باطن الأرض. يتم سحب المياه الجوفية عن طريق الآبار، بالإضافة للتفريغ الطبيعي عن طريق الينابيع.

أولاً- الآبار: يضم الحوض عدداً لا بأس به من الآبار (حكومية وخاصة زراعية)، لتأمين مياه الشرب والري (الحكومي والخاص).

- تتوزع آبار الشرب كالآتي:
  - وحدة مياه خان أرنبة تضم 41 بئراً.
  - وحدة مياه الخشنية تضم 20 بئراً.
  - وحدة مياه فيق تضم 6 آبار.
- أما الآبار المخصصة للزراعة فيصل عددها إلى 1115 بئر تقريباً موزعة على كامل الحوض.

يبين الشكل (3-5). كميات المياه المنتجة شهرياً من الآبار لعام 2010.

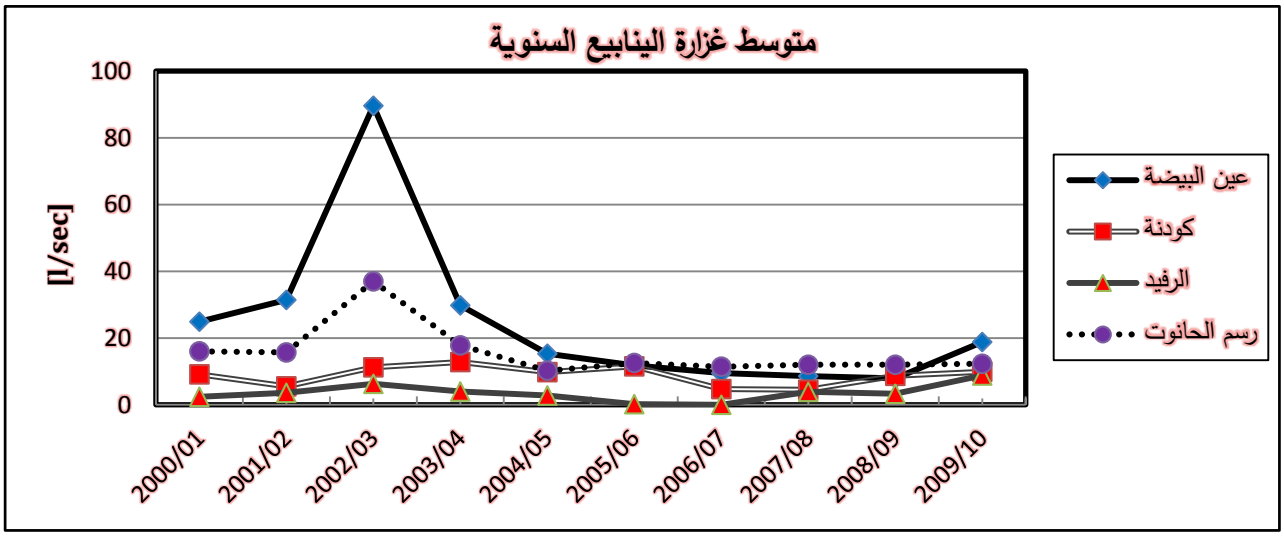


الشكل (3-5). كمية المياه المنتجة شهرياً من الآبار في حوض وادي الرقاد

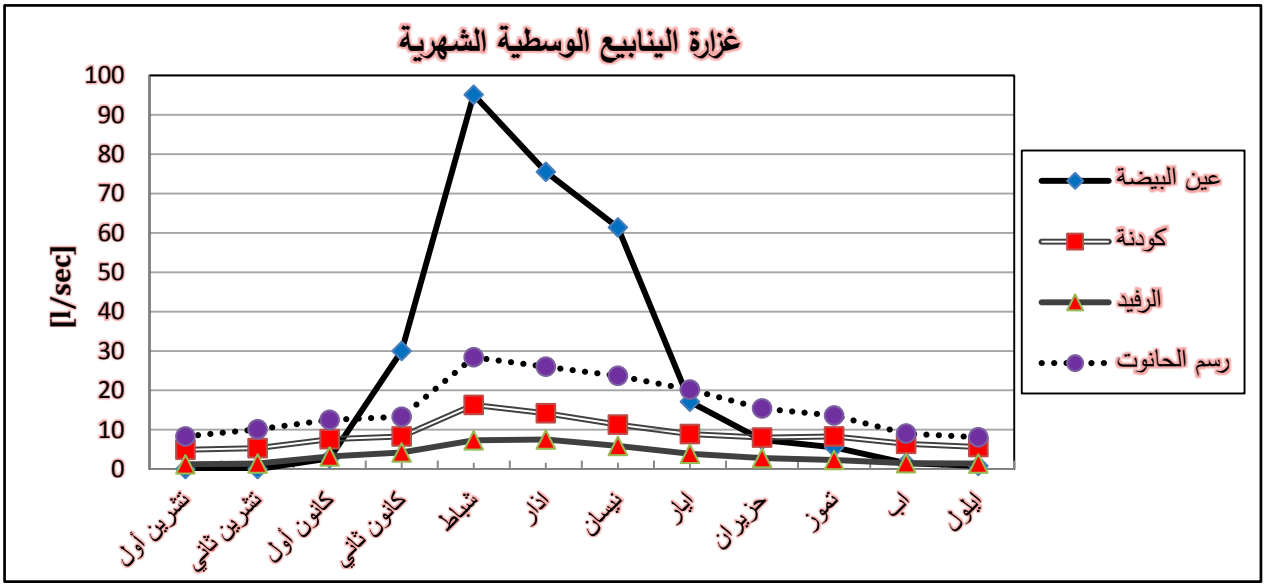
يبين الشكل (3-5) أن أكبر الكميات المنتجة تكون في الأشهر الحارة (حزيران وتموز وآب)، حيث يكون الاستهلاك في ذروته سواء من ناحية الشرب أو الزراعة، كما أن المياه المنتجة للشرب تزداد حسب عدد السكان في كل ناحية.

ثانياً– الينابيع: يوجد في الحوض مجموعة من الينابيع الدائمة، التي تتميز غالبيتها بقلة الغزارة على مدار العام، بعضها متابع من قبل مديرية الموارد المائية في محافظة القنيطرة، ويبين الشكل (3-6) معلومات حول متوسط الغزارات السنوية لبعض الينابيع من عام (2000/01) حتى عام (2009/10).

يُلاحظ من الشكل (3-6)، أن أكبر غزارة للينابيع كانت مترافقة مع الموجة الفيضانية عام 2002/2003. ويبين الشكل (3-7) أن غزارة الينابيع تكون أعظمية في شهر كانون الثاني وشباط وآذار، نيسان.



الشكل (3-6). غزارة ينابيع حوض الرقاد السنوية الوسطية من عام (2000/01) حتى عام (2009/10)



الشكل (3-7). الغزارة الوسطية الشهرية لينابيع حوض الرقاد من عام (2000/01) حتى عام (2009/10)

2-2-3. الموارد المائية غير التقليدية Non- Conventional Water Resources

تتمثل في منطقة الدراسة بمياه الصرف الصحي والزراعي، ونتيجةً لغياب المنشآت الخاصة بمعالجة مياه الصرف الصحي، أو الزراعي، وصل بعض هذه المياه إلى مياه الري بنسب معينة.

إن المياه المخصصة للري تحوي على نسبة (74%-78%) مياه آمنة، والنسبة الباقية موارد غير تقليدية وهي تُقسم لقسمين:

- مياه الصرف الصحي وتشكل نحو (12%) من المياه المخصصة للري.
- مياه الصرف الصحي الزراعي، وتشكل مابين (10%-14%) من المياه المخصصة للري.

3-3. الطلب على المياه Water Demand

يتمثل الطلب على المياه في حوض الرقاد بشكل رئيسي بتغطية احتياجات الشرب والري.

1-3-3. الطلب على المياه لأغراض الشرب والاستخدام المنزلي Water Demand for Drinking and Domestic Use

1-1-3-3. عدد السكان Population

تضم منطقة الدراسة ثلاث نواحي باستثناء بعض البلدات والقرى، وهذه النواحي هي:

- ناحية خان أرنبة.
- ناحية الخشنية.
- ناحية فيق.

ووفقاً للبيانات الإحصائية المتوافرة منذ عام 2004 حتى عام 2010 تبيّن وجود تطور في عدد سكان المنطقة، بمعدل نمو مرتفع، وذلك بسبب افتتاح ضواحي سكنية جديدة في القنيطرة المحررة، وإقبال السكان عليها، فقد ازداد عدد السكان خلال هذه الفترة بحدود 26 ألف نسمة، وبمعدل نمو وسطي 3.2%، ويبلغ عدد سكان منطقة الدراسة في السنة المرجعية المعتمدة 2010، /150133/ نسمة تقريباً موزعة كما يأتي:

- ناحية خان أرنبة تضم 70101 نسمة.
- ناحية الخشنية تضم 56032 نسمة.
- ناحية فيق تضم 24000 نسمة.

2-1-3-3. الاستخدامات المنزلية Domestic Use

يبلغ معدل احتياج الفرد من المياه في المنطقة وسطياً 72 l/day، ونتيجة تزايد احتياجات الفرد المرتبطة بشكل مباشر باستهلاك المياه، فقد توقعت دراسات مؤسسة مياه الشرب في القنيطرة أن يصل معدل استهلاك الفرد إلى 125 l/day في السنوات المقبلة، ومع زيادة عدد السكان المستمر سيؤدي كل ذلك إلى زيادة حجم المياه المستهلكة.

يعتمد سكان هذه المنطقة على المياه الجوفية كمصدر رئيسي لتأمين مياه الشرب والاستخدام المنزلي، ومع زيادة حجم المياه المستهلكة (للأسباب المذكورة)، فمن الممكن أن يؤدي هذا إلى استنزاف المياه الجوفية

مع الزمن. وقد يحصل نتيجة ذلك تنافس في توزيع المياه بين قطاع الزراعة وقطاع مياه الشرب، مما يؤدي إلى عجز في تغطية احتياجات السكان، إضافة لما تحدثه الزراعة ومياه الصرف من آثار سلبية على نوعية مياه الشرب.

3-1-3-3. كفاءة شبكات مياه الشرب Efficiency of Drinking Water Networks

وصلت نسبة الهدر في شبكات الامداد بمياه الشرب إلى 30%، ويعود سبب هذه الفواقد المائية إما لأعطال أنابيب الشبكات أو بسبب الاعتداءات المتكررة من قبل المواطنين، وبمراقبة هذه الشبكات والقيام بأعمال الصيانة الدورية واتخاذ إجراءات متشددة بحق المعتدين على الشبكة يمكن أن يؤدي كل ذلك لخفض نسبة الهدر.

2-3-3. واقع الري في منطقة الدراسة والطلب على المياه لهذا القطاع

1-2-3-3. المساحات المروية Irrigated Areas

بلغت المساحة المروية الاجمالية في الحوض لعام 2010-2009 مامقداره 8663 هكتار مابين مشاريع ري حكومية وخاصة، وقد توزعت كما يأتي:

- 3093 هكتار تُروى من المياه الجوفية وتشكل من إجمالي المساحة المروية 35.70% موزعة كما يلي:
  - 3007 هكتار مروية من الآبار (مرخصة وغير مرخصة)، وتشكل 34.71% من إجمالي المساحة المروية، و97.22% من المساحة المروية من المياه الجوفية.
  - 86 هكتار مشاريع ري حكومية، مروية من الينابيع (عين البيضة ورسم الحانوت) تشكل1% من إجمالي المساحة المروية، و2.86% من المساحة المروية من المياه الجوفية.
- 5570 هكتار مروية من المياه السطحية (مجرى وادي الرقاد)، وتشكل 64.30% من إجمالي المساحة المروية في الحوض، منها:
  - 1605 هكتار مشاريع ري حكومية في محافظة القنيطرة مروية من كافة سدود الرقاد، وتشكل 18.53% من إجمالي المساحة المروية، و28.82% من المساحة المروية من مجرى وادي الرقاد.
  - 3965 هكتار مشاريع ري حكومية في محافظة درعا مروية من سد كودنة وغدير البستان والرقاد وعابدين، وتشكل 45.77% من المساحة الاجمالية المروية و 71.18% من المساحة المروية من مجرى وادي الرقاد.

2-2-3-3. شبكات الري المستخدمة Using Irrigation Networks

أولاً– شبكات الري الحكومية على السدود:

- **شبكة ري المنطرة:** شبكة ري أنبوبية بمساحة 300 هكتار ضمن محافظة القنيطرة، وتُروى من سد المنطرة.
- **شبكة ري رويحينة:** هي شبكة ري تستثمر ضمن محافظة القنيطرة منذ عام 1984 بمساحة قدرها 66 هكتار تُروى من سد رويحينة، بالإضافة إلى مسمكة تابعه للمؤسسة العامة للثروة السمكيه، وقد تم التعاقد

على تطوير هذه الشبكة إلى شبكة أنبوبية لري مساحة 100 هكتار بدلاً من 66 هكتار، وبطول يساوي 6650 م، مع الإشارة إلى أن طول الشبكة المكشوفة يساوي 6524 م، ومخدمة بشبكة طرق طولها 6524 م، منها 6000 م طرق معبدة، ويتم ري المحاصيل الشتوية بطريقة الري السطحي أما المحاصيل الصيفية فيُروى معظمها 85% بالري بالتنقيط عن طريق تجهيز حفر من قبل الفلاحين، وتركيب مضخات لرفع الضاغط.

- **شبكة ري بريقة:** شبكة ري أنبوبية مستثمرة في محافظة القنيطرة منذ عام 1991، وتغذى بطريقة الضخ من سد بريقة، وتبلغ مساحتها 109 هكتار، ويبلغ طولها 5867 م، مخدمه بشبكة طرق طولها 5867 م منها 4115 م طرق معبدة، ويتم ري المحاصيل الشتوية بطريقة الري السطحي، أما المحاصيل الصيفية، فيُروى معظمها 90% بطريقة الري بالتنقيط والضاغط المطلوب مؤمن على فوهة مآخذ الري مباشرة.
- **شبكة ري كودنة:** تُروى من سد كودنة، وهي شبكة ري مستثمرة، جزءٌ منها عام 1997 والجزء الباقي عام 2000، مساحتها 820 هكتار ضمن أراضي محافظة القنيطرة و2060 هكتار ضمن أراضي محافظة درعا، ويبلغ طول القسم الأنبوبي من الشبكة والواقع ضمن محافظة القنيطرة 43385 م، والقسم المكشوف بطول 11532 م والشبكة مخدمة بشبكة طرق طولها 54917 م منها 11400 م طرق معبدة، وتقدر المساحة المروية من القسم الأنبوبي بنحو 16.7 هكتار، ويتم ري المحاصيل الشتوية بطريقة الري السطحي، أما المحاصيل الصيفية فيُروى معظمها 90% بطريقة الري بالتنقيط عن طريق تجهيز حفر من قبل الفلاحين، وتركيب مضخات لرفع الضاغط، مع الإشارة إلى أنه يمكن ري نصف المساحة بطرائق الري الحديث من مآخذ الشبكة مباشرة، حيث يتوافر الضاغط المطلوب للري بالتنقيط.
- **شبكة ري الرقاد:** تُروى من سد الرقاد، وهي شبكة ري مكشوفة مساحتها 700 هكتار ضمن أراضي محافظة درعا مستثمرة منذ عام 1994 و50 هكتار ضمن أراضي محافظة القنيطرة مستثمرة منذ عام 1999–2000، ويبلغ طول الشبكة للجزء الواقع ضمن محافظة القنيطرة 2964 م، منها 570 م عبارة عن سيفون معدني مطمور (جزء ناقل)، وهي مخدمة بشبكة طرق طولها 2964 م غير معبدة، ويتم ري المحاصيل الشتوية بطريقة الري السطحي، أما المحاصيل الصيفية فيُروى 70% منها بطريقة الري بالتنقيط عن طريق تجهيز حفر من قبل الفلاحين، وتركيب مضخات لرفع الضاغط.
- **شبكة ري صيدا:** تُروى من سد الرقاد بمساحة 50 هكتار، كامل أقنيتها مطمورة بطول3.8كم بحالة فنية جيدة، ويتم ري كامل المساحة عليها بطرائق الري الحديث.
- **شبكة ري غدير البستان:** تُروى من سد غدير البستان بمساحة 680 هكتار في محافظة درعا و 150 هكتار ضمن محافظة القنيطرة، وكامل قنوات الشبكة مطمورة بطول 7.96 كم في القنيطرة، حيث يتم ري المحاصيل الشتوية بطريقة الري السطحي، أما المحاصيل الصيفية فيُروى معظمها بطريقة الري بالتنقيط عن طريق تجهيز حفر ترابية من قبل الفلاحين، وتركيب مضخات لرفع الضاغط مع الاشارة إلى أنه

يمكن ري معظم المساحة المذكورة أعلاه تقريباً بطرائق الري الحديث من مأخذ الشبكة مباشرة، حيث يتوافر الضاغط المطلوب للري بالتنقيط.

- ☒ **شبكة ري قرقس:** مساحتها 60 هكتار ضمن محافظة القنيطرة تروى من سد غدير البستان، وكامل قنوات الشبكة مطمورة بطول 6.46 كم، حيث يتم ري المحاصيل الشتوية بطريقة الري السطحي، أما المحاصيل الصيفية فيمكن أن تُروى بطريقة الري بالتنقيط، حيث يمكن تأمين الضاغط مباشرة من مأخذ الشبكة، مع الإشارة إلى أن بُدء باستثمارها خلال عام 2007، ولم تُزرع الأرض بزراعات صيفية خلال عامي 2007 و2008 لعدم توافر مخزون مائي بالسد بسبب أعمال الصيانة.

ثانياً– شبكات الري الحكومية على الينابيع:

- **شبكة ري عين البيضة:** شبكة مكشوفة مساحتها 46.115 هكتار تُروى بالضخ، ويبلغ طول أقنيتها 5527 م مخدمه بشبكة طرق طولها 5527 م منها 5000 م طرق معبدة، حيث تُروى المحاصيل الشتوية بطريقة الري السطحي، أما المحاصيل الصيفية فيُروى 50% منها تقريباً بطريقة الري بالتنقيط.
- **شبكة ري رسم الحانوت:** شبكة مكشوفة مساحتها 40 هكتار تُروى بالراحة من ينابيع رسم الحانوت، ويبلغ طولها 2002.5 م منها 136.5 م عبارة عن سيفون معدني، وهي مخدمه بشبكة طرق معبدة طولها 2002.5، حيث يتم ري المحاصيل الشتوية بطريقة الري السطحي، أما المحاصيل الصيفية فيروى 50% منها تقريباً بطريقة الري بالتنقيط.

ثالثاً– شبكات الري على الآبار الخاصة:

مساحتها 3007 هكتار تقريباً، ومعظم المساحات المروية عليها تُروى بطرائق الري الحديث. ويبلغ إجمالي عدد الآبار المستثمرة حتى عام 2010، 1115 بئر، منها:

- 765 بئر مرخص (استثمار نظامي)، والمساحة المروية بحدود 2230.8 هكتار.
- 350 بئر مرخص (تسوية وضع، أي يجري الحصول على رخص استثمار حسب الأصول)، والمساحة المروية بحدود 776 هكتار.
- توجد آبار محفورة قديماً، ولم يسوى وضعها، ويبلغ عددها 140 بئر تقريباً.

يبين الجدول (3-2). ملخصاً بشبكات الري في منطقة الدراسة.

الجدول (3-2). شبكات الري الموجودة في حوض وادي الرقاد

المصدر المائي	شبكة الري	المحافظة	نوع الشبكة		المساحة المروية فعلياً /هكتار/	تاريخ الإنجاز
			أنبوبية	مكشوفة		
سد المنطرة	شبكة ري المنطرة	القنيطرة	–		300	2010
سد رويحينة	شبكة ري رويحينة	القنيطرة		–	66	1984
سد بريقة	شبكة ري بريقة	القنيطرة	–		109	1991
سد كودنة	شبكة ري كودنة	القنيطرة		–	820	2000
		درعا	–		2060	2000
سد غدير البستان	شبكة ري غدير البستان	القنيطرة	–		150	2001
		درعا	–		680	1995
	شبكة ري قرقس	القنيطرة	–		60	2007
سد الرقاد	شبكة ري الرقاد	القنيطرة		–	50	1999
		درعا		–	700	1991
	شبكة ري صيدا	القنيطرة	–		50	2010
نبع عين البيضة	شبكة ري عين البيضة	القنيطرة		–	46	1971
نبع رسم الحانوت	شبكة ري رسم الحانوت	القنيطرة		–	40	2003
الآبار	شبكة الابار الخاصة		–	–	3007	

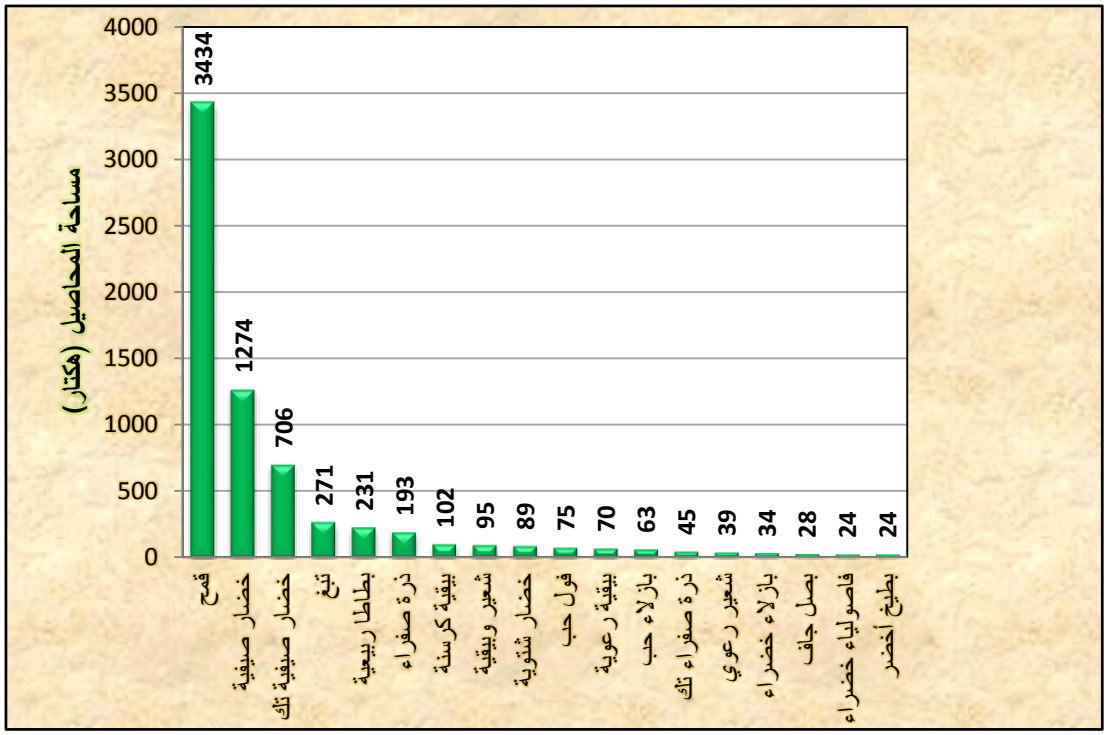
3-3-2-3. الطلب على المياه لأغراض الري Demand Water for Irrigation

تُعد الدورة الزراعية والتراكيب المحصولية عاملاً محدداً للاحتياجات المائية وبالتالي حجوم المياه اللازمة من المصادر المائية المختلفة الجوفية والسطحية.

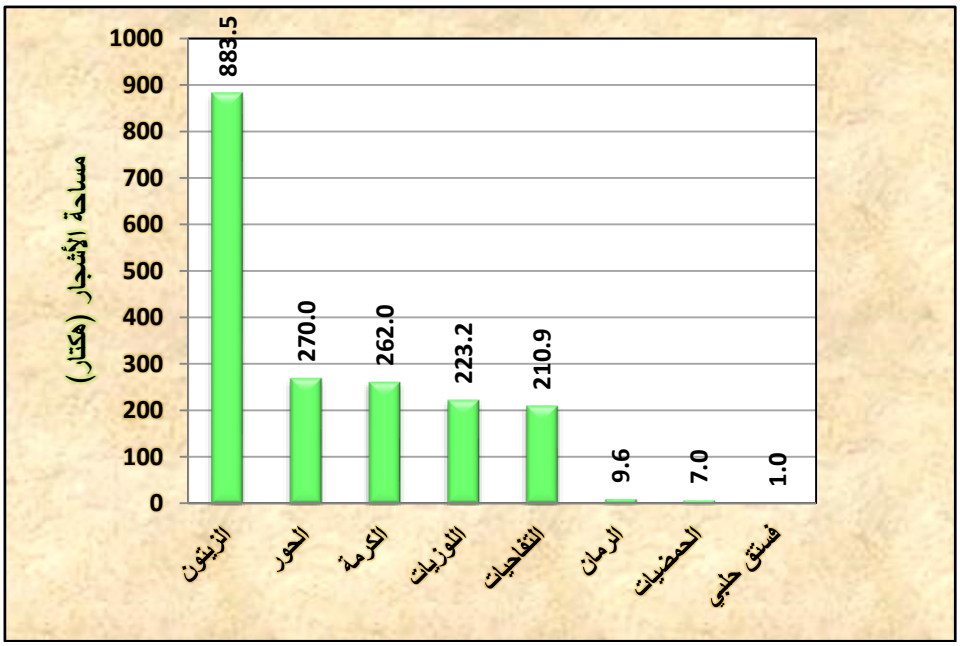
تمت دراسة توزيع المساحة المروية الاجمالية لعام 2009-2010 والبالغة 8663 هكتار وفق الدورة الزراعية والتراكيب المحصولية (لمحافظتي القنيطرة ودرعا) فتبيّن:

- المساحة السليخ التي تخضع للدورات الزراعية (محاصيل) 6796 هكتار، تشكل 78.72% من المساحة الاجمالية المروية.
- المساحة المزروعة بالأشجار (الزراعات الدائمة) 1867 هكتار، وتشكل 21.55% من المساحة المروية الاجمالية.
- يحتل محصول القمح النسبة الرئيسية من إجمالي المساحة المروية في الحوض بقيمة 39.64%، و50.53% من المساحة السليخ وبحدود 3434 هكتار، أما بقية المساحة السليخ فقد استُثمرت لزراعة الخضار الصيفية والشتوية والبطاطا.

يبين الشكل (3-8) أنواع المحاصيل المزروعة ومساحتها، ويبين الشكل (3-9) أنواع الأشجار المزروعة ومساحتها.



الشكل (3-8). أنواع المحاصيل المزروعة في حوض وادي الرقاد



الشكل (3-9). أنواع الأشجار المزروعة في منطقة حوض الرقاد

تختلف نسب التراكيب المحصولية للدورات الزراعية وأنواعها بحسب المصادر المائية الجوفية والسطحية وبحسب المنطقة وبالتالي احتياجاتها المائية من هذه المصادر.

3-3-2-3-1. الطلب على المياه السطحية Demand Surface Water

شكلت التراكيب المحصولية المزروعة على زمام المياه السطحية (السدود) 5570 هكتار، منها 1605 هكتار في محافظة القنيطرة، و3965 هكتار في درعا، يبين الجدول (3-3)، والجدول (3-4) الاحتياجات والمقننات المائية لكلٍ من المحاصيل والأشجار في محافظتي القنيطرة ودرعا بالترتيب.

بلغت المساحة السليخ 87.16% من المساحة المزروعة على زمام المياه السطحية بمساحة تساوي 4855 هكتار، أما الأشجار فقد بلغت 12.84%، بمساحة تبلغ 715 هكتار.

يبين الجدول (3-5) الاحتياجات والمقننات المائية لكلٍ من المحاصيل والأشجار، حيث قُدر حجم المياه اللازمة للمساحات المروية على زمام مصادر المياه السطحية بمقدار 43.5 MCM/year، وذلك مقابل كفاءة ري تساوي 60%، وهي تشكل 61.44% من إجمالي الطلب الكلي اللازم لتأمين الموارد المائية للمساحات المروية في المنطقة، وقد وصلت ذروة الاحتياج المائي في كلٍ من شهري آيار وحزيران إلى 8.60 MCM/month.

3-3-2-3-2. الطلب على المياه الجوفية Demand Ground Water

الآبار: شكلت التراكيب المحصولية المزروعة على زمام المياه الجوفية (آبار) 3007 هكتار، وبلغت المساحة السليخ 61.7% من المساحة المزروعة على زمام المياه الجوفية بمساحةٍ قدرها 1855 هكتار، أما الأشجار فقد بلغت 38.3%، بمساحة بلغت 1152 هكتار.

يبين الجدول (3-6) الاحتياجات والمقننات المائية لكلٍ من المحاصيل والأشجار، حيث قُدر حجم المياه اللازمة للمساحات المروية على زمام مياه الآبار بحجم يساوي 26.8 MCM/year، وذلك مقابل كفاءة ري تساوي 70%، وهي تشكل 37% من إجمالي الطلب الكلي اللازم لتأمين الموارد المائية للمساحات المروية في المنطقة، وقد وصلت ذروة الاحتياج المائي في شهر حزيران إلى 5.58 MCM/month.

الينابيع: شكلت التراكيب المحصولية المزروعة على زمام المياه الجوفية (الينابيع) 86 هكتار مساحة سليخ، يبين الجدول (3-7) الاحتياجات والمقننات المائية للمحاصيل، حيث قُدر حجم المياه اللازمة للمساحات المروية على زمام مياه الينابيع بمقدار يساوي 0.46 MCM/year، وذلك مقابل كفاءة ري 60%، وهي تشكل 0.65% من إجمالي الطلب الكلي اللازم لتأمين الموارد المائية للمساحات المروية في المنطقة، ووصلت ذروة الاحتياج المائي في شهري آيار وحزيران إلى 0.12 MCM/month.

3-3-2-3-3. الطلب الاجمالي على المياه لأغراض الري Total Water Demand for Irrigation

يبن الجدول (3-8) الاحتياجات والمقننات المائية لكامل المساحة المروية 8663 هكتار في الحوض حسب المصادر المائية (سطحية وجوفية)، وقد وصل الاحتياج المائي الاجمالي إلى 70.8 MCM/year، وبلغ ذروته في شهر حزيران 14.17 MCM/month، أما المقنن المائي الكلي فقد تراوحت قيمه ضمن المجال 6.19÷0.001 l/sec/hectare.

الجدول (3-3). الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية للأراضي المروية في القنيطرة من السدود على مجرى وادي الرقاد

المساحة الكلية 1605 هكتار المستبعد 308 هكتار السليخ 1297 هكتار كفاءة الري 60% موسم 2009-2010

المساحة الصافية (هكتار)	البيان	الشهر												المجموع
		كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	
1297 محاصيل	الاحتياج الشهري [m^3/hec]	**0**	**0**	**9**	**1112**	**1455**	**1530**	**1003**	**661**	**548**	**351**	**17**	**1**	**6688**
	الاحتياج الكلي [MCM]	0	0	0.01	1.56	2.05	2.15	1.41	0.93	0.77	0.49	0.02	0.002	9.40
	التصريف [m^3/sec]	0	0	0.005	0.60	0.76	0.83	0.53	0.35	0.30	0.18	0.01	0.001	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	0	0	0.003	0.43	0.54	0.59	0.37	0.25	0.21	0.13	0.007	0.000	
308 أشجار	الاحتياج الشهري [m^3/hec]	**0**	**0**	**0**	**992**	**1941**	**3192**	**3337**	**2994**	**2410**	**1554**	**48**	**0**	**16468**
	الاحتياج الكلي [MCM]	0	0	0	0.20	0.39	0.64	0.66	0.60	0.48	0.31	0.010	0	3.28
	التصريف [m^3/sec]	0	0	0	0.08	0.14	0.25	0.25	0.22	0.18	0.12	0.004	0	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	0	0	0	0.38	0.72	1.23	1.25	1.12	0.93	0.58	0.02	0	

الجدول (3-4). الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية للأراضي المروية في درعا من السدود على مجرى وادي الرقاد

المساحة الكلية 3965 هكتار المستبعد 516 هكتار السليخ 3449 هكتار كفاءة الري 60% موسم 2009-2010

المساحة الصافية (هكتار)	البيان	الشهر												المجموع
		كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	
3449 محاصيل	الاحتياج الشهري [m^3/hec]	2	116	673	1111	1481	1211	556	578	291	142	306	0.6	6468
	الاحتياج الكلي MCM	0.006	0.40	2.32	3.83	5.11	4.18	1.92	1.99	1.00	0.49	1.06	0.002	22.31
	التصريف [m^3/sec]	0.002	0.17	0.867	1.48	1.91	1.61	0.72	0.74	0.39	0.18	0.41	0.001	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	0.001	0.05	0.251	0.43	0.55	0.47	0.21	0.22	0.11	0.05	0.118	0.000	
516 أشجار	الاحتياج الشهري [m^3/hec]	0	0	286	1210	2055	2913	3062	2904	2274	1387	456	0	16547
	الاحتياج الكلي MCM	0	0	0.15	0.62	1.06	1.50	1.58	1.50	1.17	0.72	0.24	0	8.54
	التصريف [m^3/sec]	0	0	0.06	0.24	0.40	0.58	0.59	0.56	0.45	0.27	0.091	0	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	0	0	0.11	0.47	0.77	1.12	1.14	1.08	0.88	0.52	0.18	0	

الجدول (3-5). الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية للأراضي المروية في حوض وادي الرقاد من المياه السطحية (سدود)

المساحة الكلية 5570 هكتار المستبعد 715 هكتار السليخ 4855 هكتار كفاءة الري 60% موسم 2009-2010

المساحة الصافية (هكتار)	البيان	الشهر												المجموع
		كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	
4855 محاصيل	الاحتياج الكلي [MCM]	0.006	0.40	2.33	5.40	7.15	6.33	3.33	2.92	1.77	0.99	1.08	0.004	31.71
	التصريف [m^3/sec]	0.002	0.17	0.87	2.08	2.67	2.44	1.24	1.09	0.68	0.37	0.42	0.001	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	0.001	0.05	0.25	0.86	1.10	1.06	0.58	0.46	0.32	0.18	0.12	0.001	
715 أشجار	الاحتياج الكلي [MCM]	0	0	0.15	0.82	1.45	2.14	2.24	2.09	1.65	1.03	0.24	0	11.82
	التصريف [m^3/sec]	0	0	0.06	0.32	0.54	0.82	0.84	0.78	0.64	0.38	0.09	0	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	0	0	0.11	0.85	1.49	2.36	2.39	2.20	1.81	1.10	0.19	0	
5570 سطحي كلي	**الاحتياج الكلي [MCM]**	**0.006**	**0.40**	**2.48**	**6.22**	**8.60**	**8.47**	**5.57**	**5.02**	**3.43**	**2.01**	**1.32**	**0.004**	**43.5**
	التصريف [m^3/sec]	**0.002**	**0.17**	**0.93**	**2.40**	**3.21**	**3.27**	**2.08**	**1.87**	**1.32**	**0.75**	**0.51**	**0.001**	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	**0.001**	**0.05**	**0.36**	**1.71**	**2.59**	**3.41**	**2.97**	**2.66**	**2.13**	**1.28**	**0.32**	**0.001**	

الجدول (3-6). الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية للأراضي المروية في حوض وادي من المياه الجوفية (الآبار)

المساحة الكلية 3007 هكتار المستبعد 1152 هكتار السليخ 1855 هكتار كفاءة الري 70% موسم 2009-2010

المساحة الصافية (هكتار)	البيان	الشهر												المجموع
		كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	
1855 محاصيل	الاحتياج الشهري [m^3/hec]	0	0	9	1005	1313	1307	762	464	486	321	10	1	5677
	الاحتياج الكلي [MCM]	0	0	0.02	1.86	2.43	2.42	1.41	0.86	0.90	0.60	0.02	0.001	10.53
	التصريف [m^3/sec]	0	0	0.01	0.72	0.91	0.94	0.53	0.32	0.35	0.22	0.01	0.001	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	0	0	0.003	0.39	0.49	0.50	0.28	0.17	0.19	0.12	0.004	0.00	
1152 أشجار	الاحتياج الشهري [m^3/hec]	0	0	0	828	1654	2742	2884	2538	2052	1430	18	0	14146
	الاحتياج الكلي [MCM]	0	0	0	0.95	1.91	3.16	3.32	2.92	2.36	1.65	0.02	0	16.30
	التصريف [m^3/sec]	0	0	0	0.37	0.71	1.22	1.24	1.09	0.91	0.61	0.01	0	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	0	0	0	0.53	1.02	1.74	1.77	1.56	1.30	0.88	0.011	0	
3007 آبار كلي	الاحتياج الكلي [MCM]	0	0	0.02	2.82	4.34	5.58	4.74	3.78	3.26	2.24	0.04	0	26.83
	التصريف [m^3/sec]	0	0	0.01	1.09	1.62	2.15	1.77	1.41	1.26	0.84	0.02	0	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	0	0	0.003	0.91	1.51	2.25	2.06	1.73	1.49	1.00	0.02	0	

الجدول (3-7). الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية للأراضي المروية في حوض وادي الرقاد من المياه الجوفية (ينابيع)

المساحة الكلية 86 هكتار المستبعد 0 هكتار السليخ 86 هكتار كفاءة الري 60% موسم 2009-2010

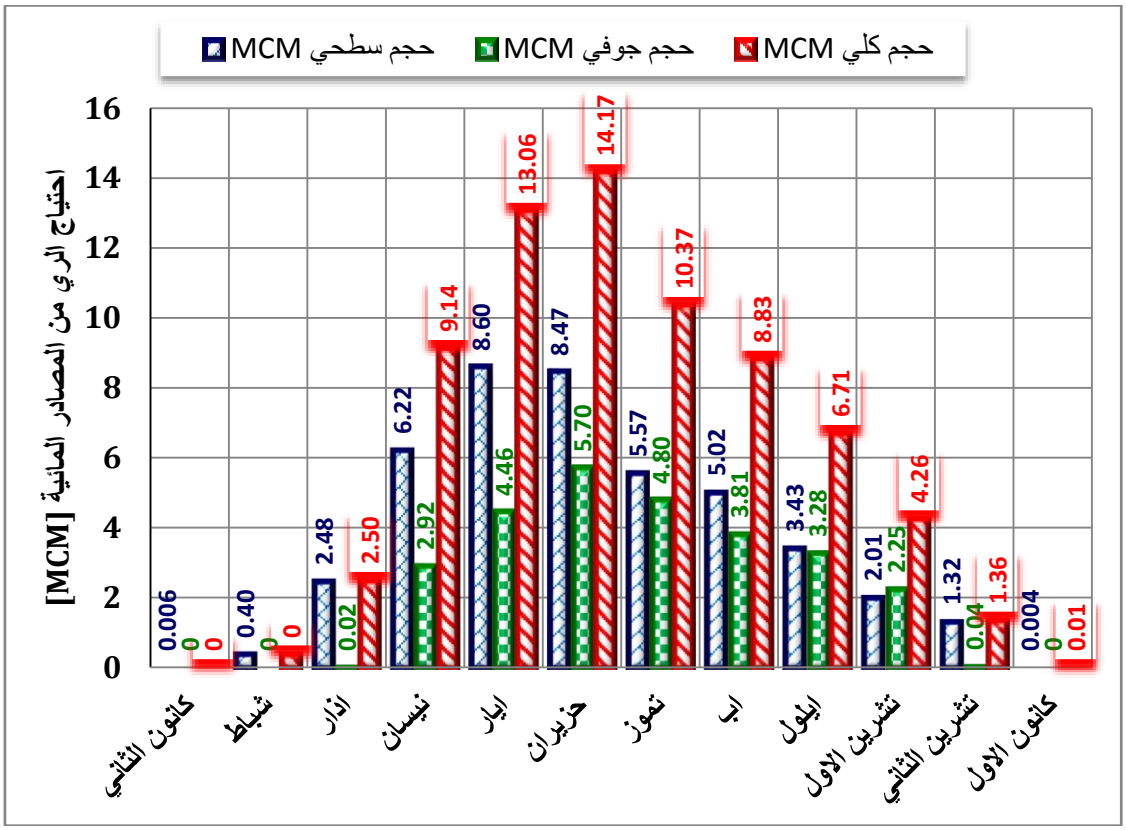
المساحة الصافية (هكتار)	البيان	الشهر												المجموع
		كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	
86 محاصيل	الاحتياج الشهري [m^3/hec]	0	0	29	1186	1429	1374	709	348	185	122	8	0	5391
	الاحتياج الكلي [MCM]	0	0	0.002	0.10	0.12	0.12	0.06	0.03	0.02	0.01	0.001	0	0.46
	التصريف [m^3/sec]	0	0	0.001	0.04	0.05	0.05	0.02	0.01	0.01	0.004	0.0003	0	
	المقنن الكلي [L/sec/hec]	0	0	0.01	0.46	0.53	0.53	0.26	0.13	0.07	0.05	0.003	0	

الجدول (3-8). الاحتياجات والمقننات المائية للتراكيب المحصولية للأراضي المروية في حوض وادي الرقاد حسب المصادر المائية

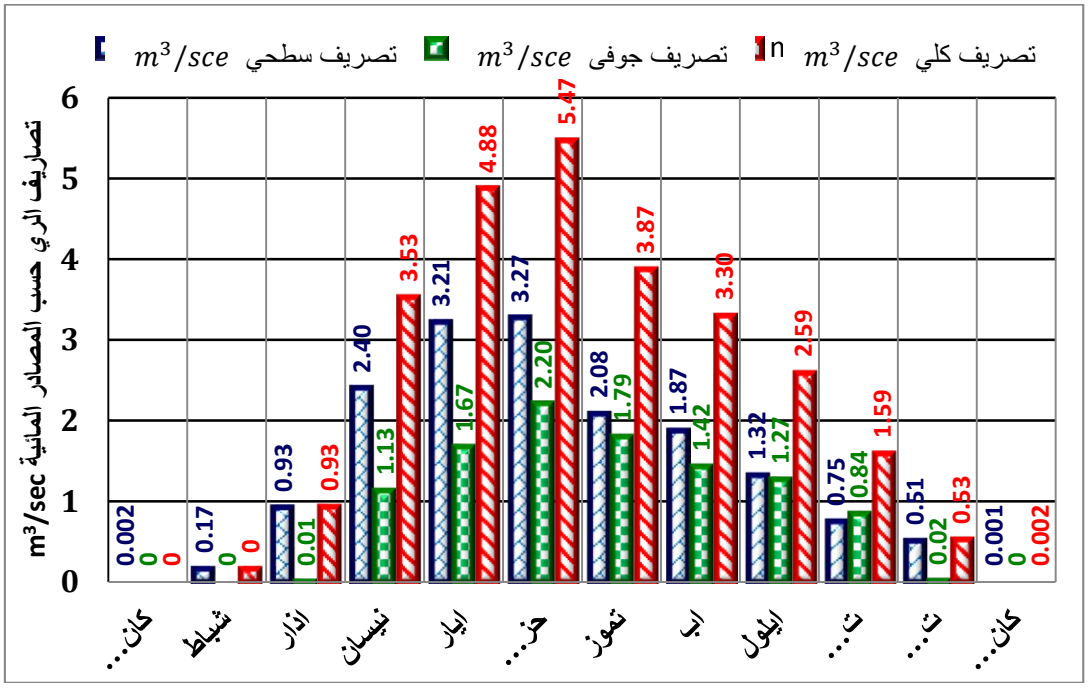
المساحة الكلية 8663 هكتار المستبعد 1867 هكتار السليخ 6796 هكتار موسم 2009-2010

المصدر المائي		المساحة الصافية (هكتار)	البيان	الشهر												المجموع
				كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	
الاجمالي	سطحي	5570	الاحتياج الكلي [MCM]	0.006	0.40	2.48	6.22	8.60	8.47	5.57	5.02	3.43	2.01	1.32	0.004	43.53
			التصريف [m^3/sec]	0.002	0.17	0.93	2.40	3.21	3.27	2.08	1.87	1.32	0.75	0.51	0.001	
			المقنن الكلي [L/sec/hec]	0.001	0.05	0.36	1.71	2.59	3.41	2.97	2.66	2.13	1.28	0.32	0.001	
	جوفي (آبار+ينابيع)	3093	الاحتياج الكلي [MCM]	0	0	0.02	2.92	4.46	5.70	4.80	3.81	3.28	2.25	0.04	0	27.29
			التصريف [m^3/sec]	0	0	0.01	1.13	1.67	2.20	1.79	1.42	1.27	0.84	0.02	0	
			المقنن الكلي [L/sec/hec]	0	0	0.01	1.37	2.04	2.78	2.32	1.86	1.56	1.04	0.02	0	
	كلي	8663	الاحتياج الكلي [MCM]	0	0	2.50	9.14	13.06	14.17	10.37	8.83	6.71	4.26	1.36	0.01	70.82
			التصريف [m^3/sec]	0	0	0.93	3.53	4.88	5.47	3.87	3.30	2.59	1.59	0.53	0.002	
			المقنن الكلي [L/sec/hec]	0	0	0	3.08	4.63	6.19	5.29	4.53	3.69	2.33	0.34	0.001	

يبين الشكل (3-10) الحجوم المائية اللازمة للمساحات الزراعية المروية في الحوض خلال سنة الدراسة (2009-2010)، ويبين الشكل (3-11) التصاريف المائية اللازمة للمساحات الزراعية المروية في الحوض خلال سنة الدراسة.



الشكل (3-10). حجم الطلب على المياه لأغراض الري



الشكل (3-11). تصاريف المياه اللازمة للري

الفصل السابع

واقع الصرف الصحي في حوض الرقاد

الفصل الرابع
The Forth Chapter
واقع الصرف الصحي في حوض الرقاد
The Reality Sewage in Al-Raggad Basin

1-4. مقدمة Introduction

يتجلى هذا الواقع في المنطقة بصرف مياه الصرف الصحي إما إلى المسيلات المائية المغذية للسدود، أو للطبيعة أو للتجاويف الكارستية، دون وجود أي محطات معالجة، وبالتالي تعاني المنطقة من تلوث كبير تعود آثاره السالبة على السكان بالدرجة الأولى.

نتيجة النمو الاقتصادي والعمراني الذي تشهده المنطقة من خلال تنفيذ مشاريع إعادة اعمار القرى المحررة، والسكن الوظيفي العمالي أدى ذلك إلى زيادة الطلب على المياه، وبالتالي إلى زيادة المياه العادمة الناتجة عن النشاط الاجتماعي والاقتصادي، ومن هنا باتت الحاجة ملحة لتأمين معالجة سليمة وآمنة لمياه الصرف الصحي حمايةً لموارد المياه السطحية والجوفية والحفاظ على المستوى الصحي والبيئي المميز في هذه المحافظة.

2-4. منظومات الصرف الصحي المنفذة في حوض وادي الرقاد Executing Sewage Systems

1-2-4. منظومات الصرف الصحي في البلدات والقرى المنفذة ذات الحل المركزي وتشمل مصبات[1] ومحاور[2] تنتهي بمحطة معالجة واحدة

1-1-2-4. محور وادي الرقاد Axis of AL-Raggad Basin

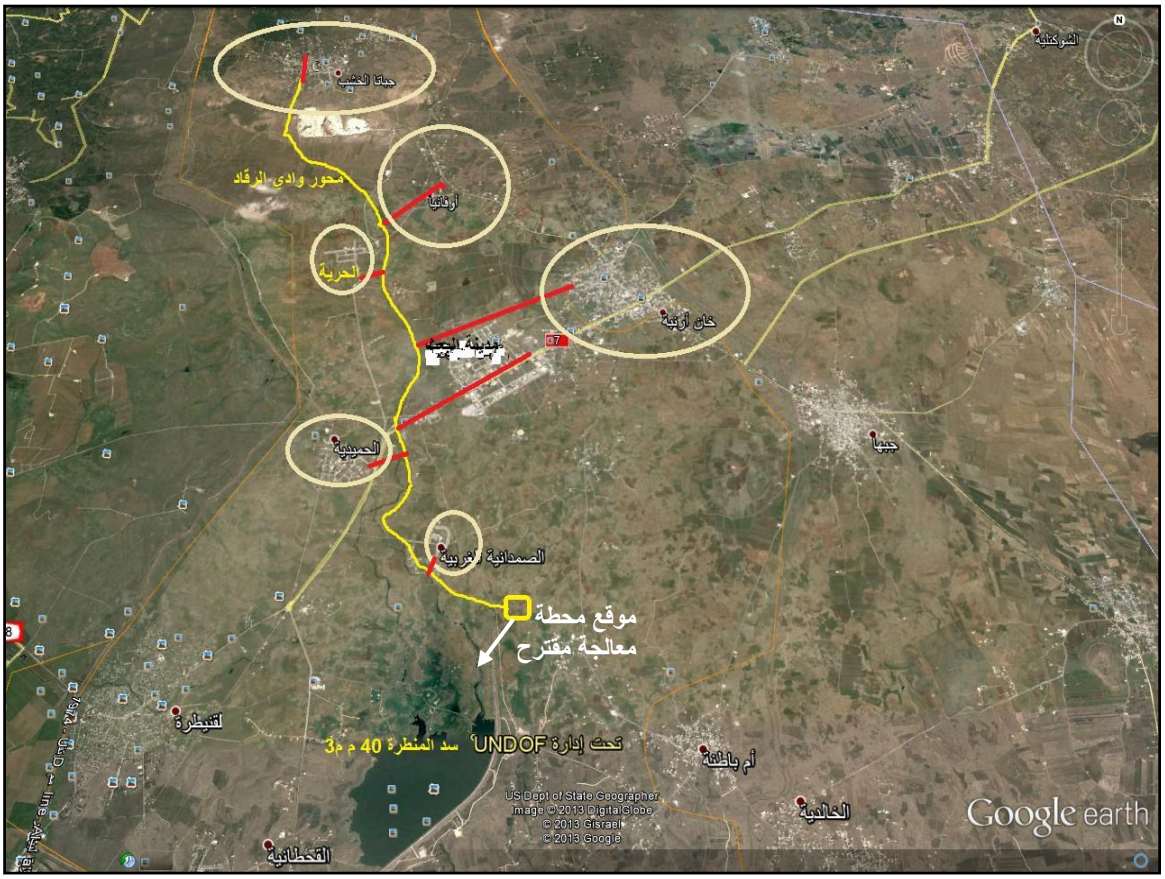
- يخدم التجمعات البشرية في جباتا الخشب وأوفانيا والحميدية وخان أرنبة ومدينة البعث والصمدانية الغربية وعين البيضة والحرية. وينتهي بمحطة معالجة الرقاد، الشكل (4-1).
- عدد السكان الحالي 20000 نسمة.
- طول المحور 10200/m./

محطة معالجة وادي الرقاد Treatment Plant of AL-Raggad Basin

- حُدد موقع المحطة في نهاية محور وادي الرقاد على كتف وادي السوس المنتهي إلى وادي الرقاد قبل سد كودنة.

[1] المصب هو العنصر الناقل من التجمع السكني إلى المحور الرئيسي.
[2] المحور هو الخط الرئيسي الذي تجتمع فيه المصبات بحيث يتم من خلاله نقل مياه الصرف الصحي باتجاه محطة المعالجة.

- تخدم المحطة القرى سابقة الذكر، ومن الممكن أن يتم ربط قرية الصمدانية الشرقية إلى هذه المحطة أيضاً.
- الغزارة التصميمية 2000 m^3/day.
- عند تحديد موقع سد المنطرة، تبين أن موقع المحطة المحدد يقع ضمن بحيرة السد، لذلك نُقل تغيير موقع المحطة إلى خارج بحيرة السد، لأنه من الممكن أين يتم استخدام السد لأغراض الشرب، وتم تنفيذ إطالة لمحور وادي الرقاد بطول 800 m، وإيصاله إلى الموقع المحدد لمحطة المعالجة، وبذلك تم إبعاد صبيب مياه الصرف الصحي لهذا المحور عن بحيرة سد المنطرة، حيث تُصرف المياه المعالجة إلى وادي السوس الذي ينتهي إلى وادي الرقاد المغذي لسد كودنة.
- تم الانتهاء من دراسة المحطة، وحُدد موقع المحطة ولم يتم التنفيذ بعد، وبالتالي ما تزال مياه هذا المحور تصب في مجرى الرقاد دون معالجة.



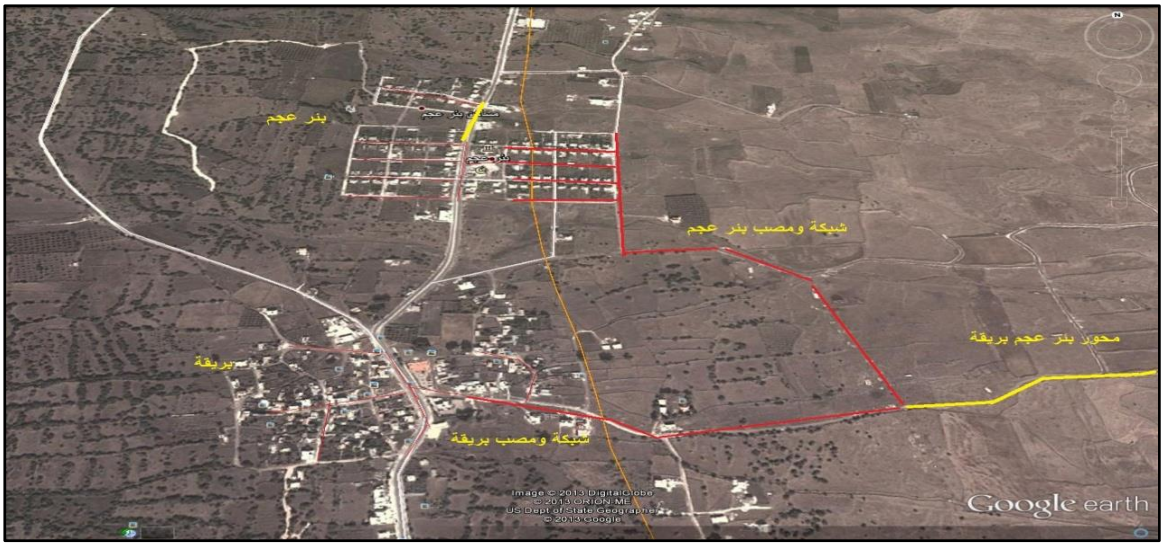
الشكل (4-1). محور وادي الرقاد

4-1-2-2. محور بئر عجم – بريقة

- يخدم قريتي بئر عجم وبريقه، وينتهي إلى موقع محطة معالجة بريقة، الشكل (4-2)، أما المصبات التي تربط هذه القرى بالمحور الرئيسي فهي منفذة بنسبة 95% ضمن مشروع إعمار القرى المحررة.
- عدد السكان الحالي 6300 نسمة.
- طول المحور 1500 m.

محطة معالجة محور (بريقة – بئر عجم)

- محطة مدمجة (تهوية مديدة) تخدم قرى بريقة وبئر عجم.
- الغزارة التصميمية 300 m^3/day.
- بلغت نسبة التنفيذ فيها نحو 60% لكن العمل فيها متوقف حالياً. وبالتالي ما تزال مياه الصرف الصحي تنتهي مباشرة إلى مسيل سد بريقة، وبالتالي إلى وادي الرقاد.
- بتنفيذ هذه المحطة يتم منع التلوث عن سدي بريقة وكودنة، حيث تُصرف المياه المعالجة إلى مسيل مائي ينتهي إلى سد بريقة المخصص للري.



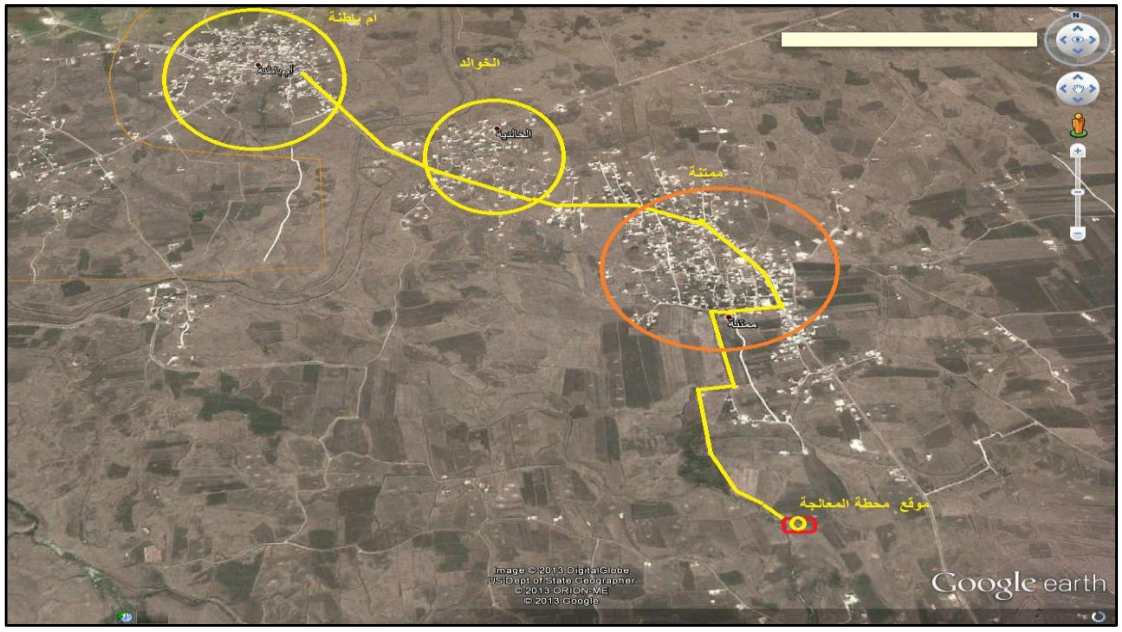
الشكل (4-2). محور بئر عجم بريقة

4-1-2-3. محور أم باطنه– ممتنة

- يخدم قرى أم باطنة والخوالد وممتنة، وينتهي إلى محطة معالجة ممتنة، الشكل (4-3).
- عدد السكان الحالي 6700 نسمة.
- طول المحور 2652 m.

محطة معالجة ممتنة

- محطة (مدمجة – تهوية مديدة)، تقع في نهاية المحور على وادي الرقاد الشرقي، وتخدم قرى ممتنة والخوالدة وأم باطنة.
- الغزارة التصميمية 500 m^3/day.
- موقع المحطة محدد ومرفوع طبوغرافياً، وقد تم الانتهاء من دراسة المحطة، ولم يتم التنفيذ بعد، وبالتالي مياه هذا المحور ما تزال تصب في مجرى الرقاد دون معالجة.
- تصرف المياه المعالجة إلى وادي الرقاد، وبتنفيذها يتم منع التلوث في وادي الرقاد وسد كودنة.



الشكل (3-4). محور أم باطنة–ممتنة

4-1-2-4. محور نبع الصخر – مجدوليا

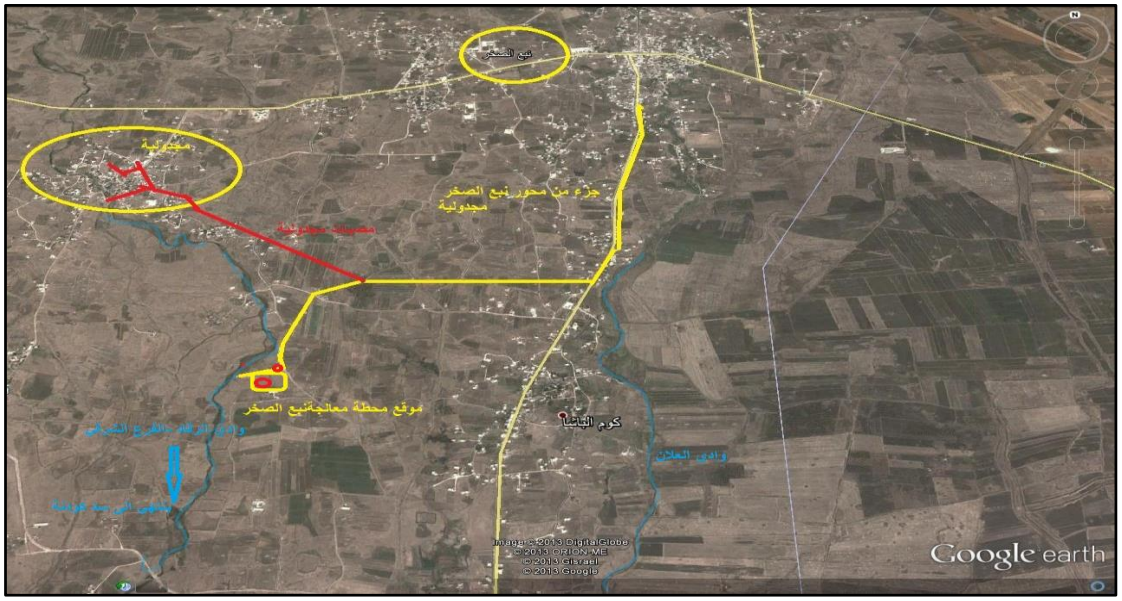
- يخدم قرى مجدوليا ونبع الصخر والتجمعات السكانية القريبة التابعة لنبع الصخر (رسم القنا والمربعات)، والشبكات فيها منفذة بشكل كامل، الشكل (4-4).

أما التجمعات الأخرى، المنيطحات وكمونية ورسم المنبطح، ورسم الطاحونة وكوم الباشا وعين الباشا فلا يوجد فيها شبكات فرعية، لذلك نسبة التخديم في هذا المحور لا تزيد على 45%، ومن الممكن أن يتم ربط هذه التجمعات بمحور (نبع الصخر – مجدوليا) باستثناء كوم الباشا وعين الباشا بعد التأكد من امكانية ذلك من الناحية الطبوغرافية.

- عدد السكان الحالي 14000 نسمة.
- طول المحور 4672 m.
- ينتهي إلى موقع محطة المعالجة المقترح.

محطة معالجة نبع الصخر – مجدوليا

- تُخدم المحطة قريتي نبع الصخر ومجدولية والتجمعات التابعة لها.
- الغزارة التصميمية 1400 m3/day.
- تُصرف المياه المعالجة إلى وادي الرقاد.
- موقع المحطة محدد، لكنه لم يُنفذ بعد، لذلك تُصرف مياه الصرف الصحي للقرى والتجمعات التابعة لهذا المحور إلى وادي الرقاد المنتهي إلى سد كودنة.



الشكل (4-4). محور نبع الصخر–مجدوليا

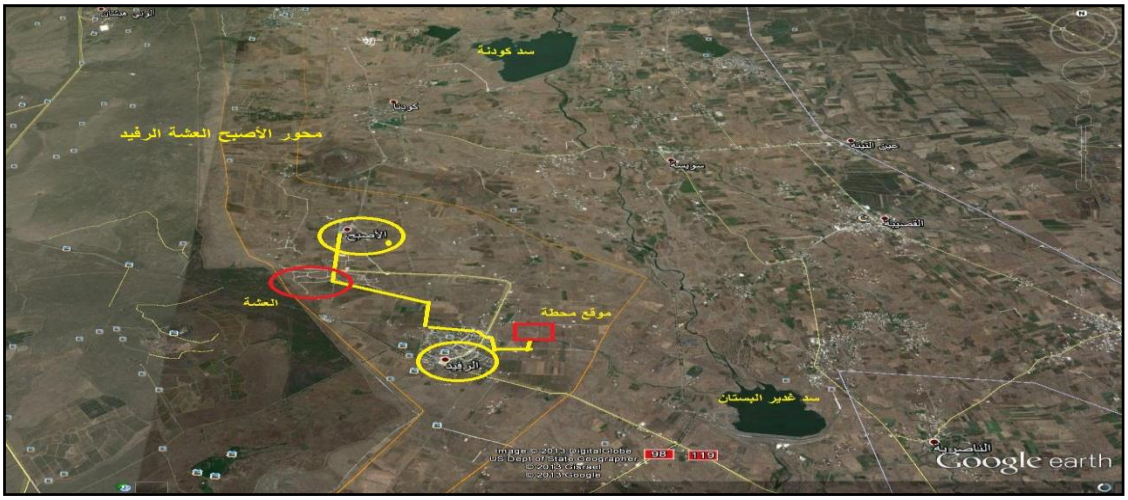
4-1-2-5. محور الأصبح– العشة– الرفيد

- يخدم قرى الأصبح والعشة والرفيد، الشكل (4-5)، وسيخدم أيضاً ضاحية العشة النموذجية المزمع تنفيذها ضمن مشروع إعمار القرى المحررة، وينتهي إلى الموقع المحدد لمحطة المعالجة المحددة، كما أن الشبكات الفرعية في هذه القرى منفذة بنسبة 75% ضمن مشروع إعمار القرى المحررة.
- عدد السكان الحالي 5000 نسمة.
- طول المحور 1235 m.

محطة معالجة محور (الأصبح – العشة – الرفيد)

- تخدم المحطة القرى المذكورة.
- تُصرف المياه المعالجة إلى وادي الرقاد.

- موقع المحطة محدد، وغير منفذ بعد، يصب الصرف الصحي لهذه القرى على مسيل مائي ينتهي إلى سد غدير البستان.



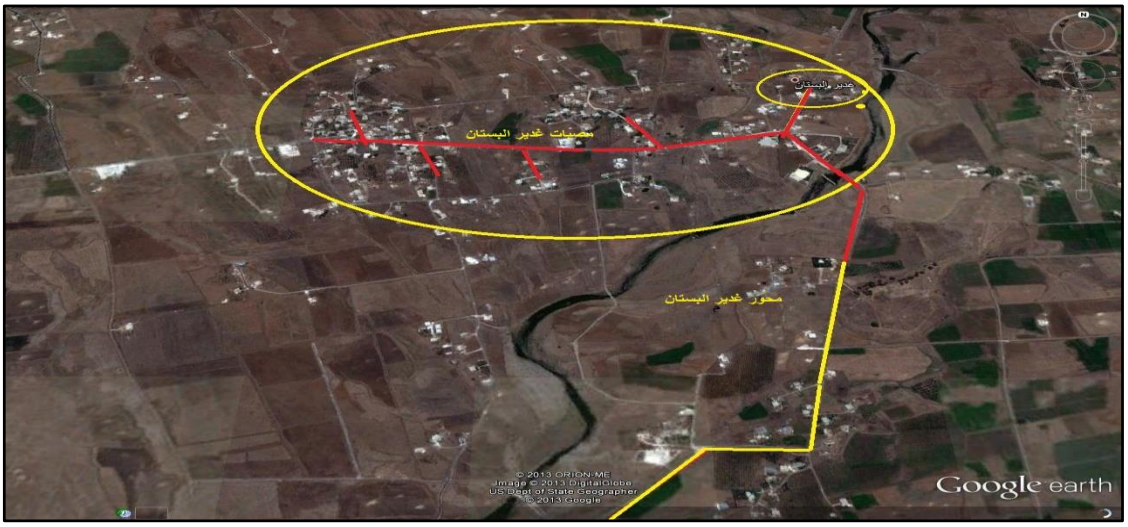
الشكل (4-5). محور الأصبح – العشة – الرفيد

4-1-2-6. محور غدير البستان

- يخدم غدير البستان ومزارعها وينتهي إلى موقع محطة المعالجة المحددة، الشكل (4-6).
- عدد السكان الحالي 2300 نسمة.
- طول المحور الاجمالي 2033 m.

محطة معالجة غدير البستان

حُدد موقع المحطة، لكنها لم تُنفذ، تصرف مياه الصرف الصحي إلى وادي الرقاد قبل سد الرقاد.

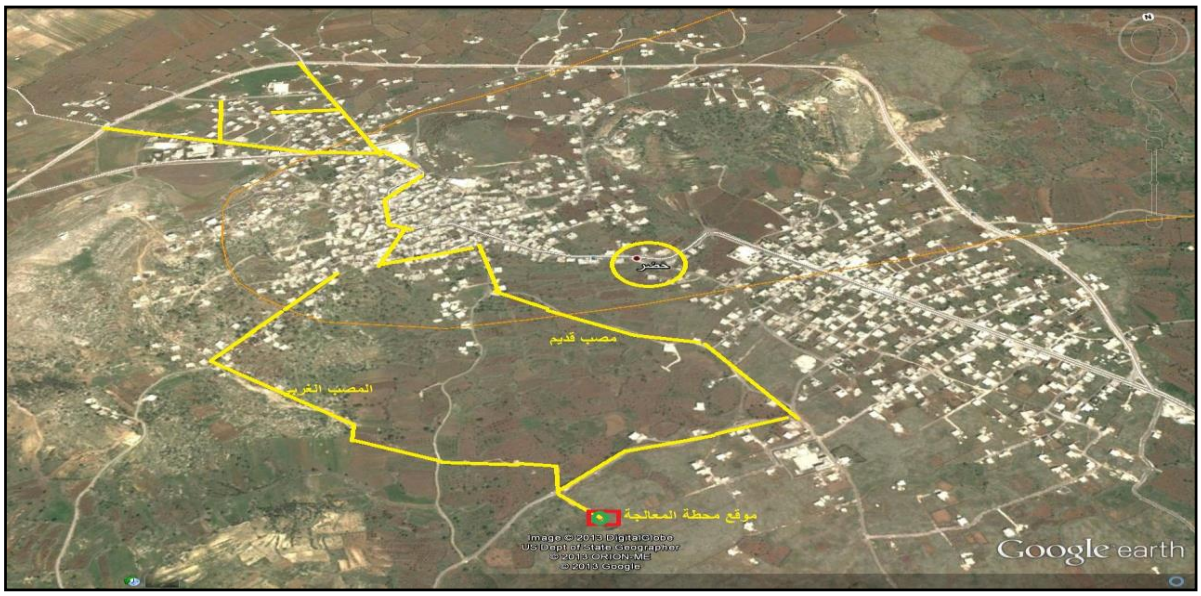


الشكل (4-6). محور غدير البستان

2-2-4. منظومات الصرف الصحي في البلدات والقرى المنفذة ذات الحل اللامركزي، وتشمل المصبات الرئيسية

1-2-2-4. مصبات حضر Hadar Outlet

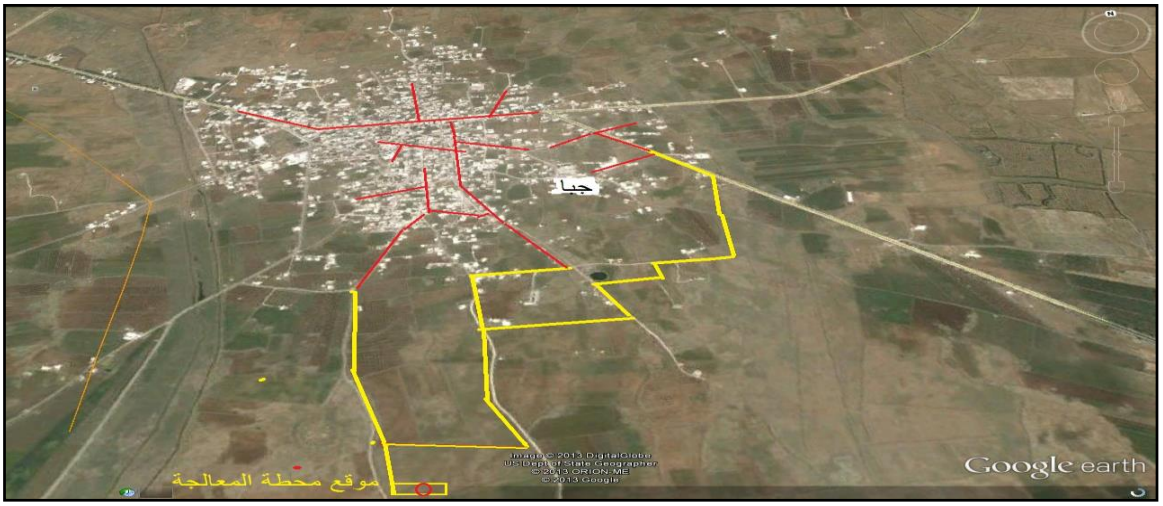
- عدد السكان الحالي 8000 نسمة.
- الطول 3293 m.
- تصب مياه الصرف الصحي حالياً في تجويف كارستي، ومن المفترض أن يتم تنفيذ محطة معالجة لهذا المصب، وقد تم تحديد موقعها، الشكل (4-7).



الشكل(4-7). مصب حضر

2-2-2-4. مصبات جبا

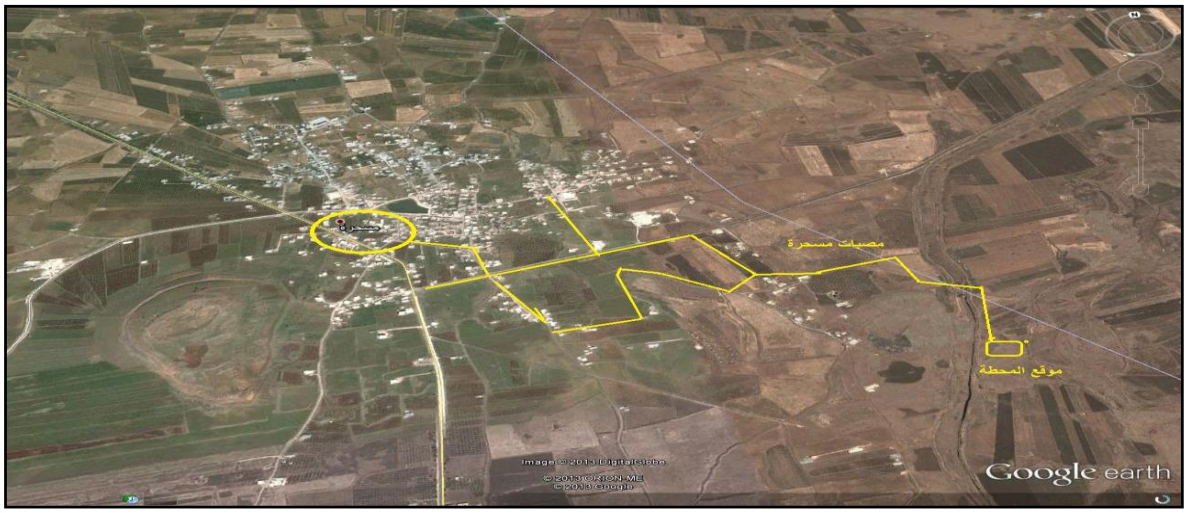
- عدد السكان الحالي 8000 نسمة.
- الطول 2272 m.
- تصب مياه الصرف الصحي حالياً في مسيل مائي يصل إلى ينابيع قرية نبع الصخر، وسيتم تنفيذ محطة لهذا المصب، وقد تم تحديد موقعها و نُفذت مصباتها الرئيسية منفذة، الشكل (4-8).



الشكل (4-8). مصبات جبا

4-2-2-3. مصبات مسحرة والتجمعات التابعة لها

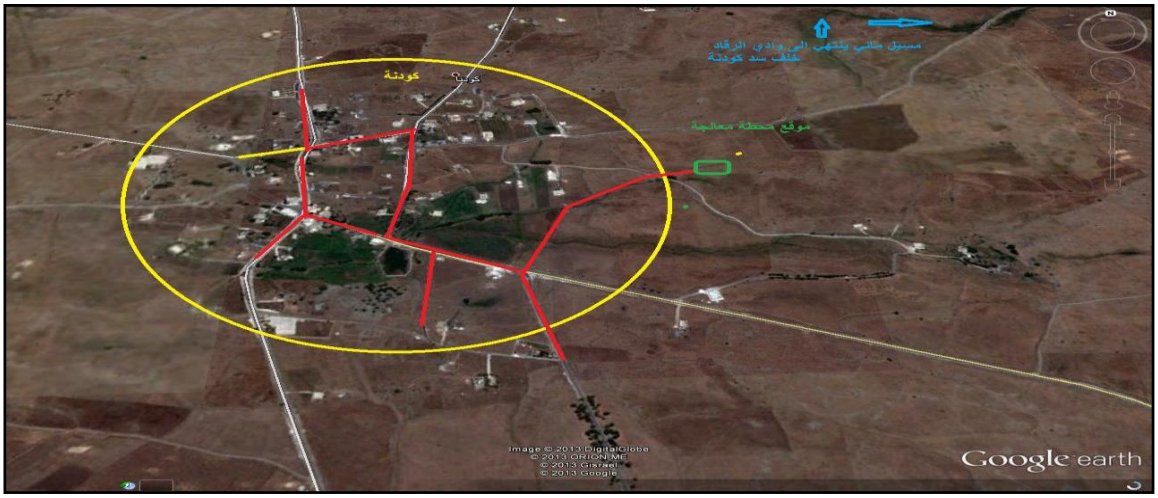
- عدد السكان الحالي 5000 نسمة.
- تصب مياه الصرف الصحي تصب حالياً في العراء، وسيتم تنفيذ محطة معالجة لهذا المصب وصرف المياه المعالجة إلى الأراضي الزراعية، الشكل (4-9).



الشكل (4-9). مصبات مسحرة

4-2-2-4. مصبات كودنة

- عدد السكان الحالي 3000 نسمة.
- الطول الاجمالي 4590 m.
- تنتهي إلى محطة معالجة كودنة قيد التنفيذ، وقد وصلت نسبة التنفيذ فيها إلى 30%، لصرف المياه المعالجة إلى مسيل مائي ينتهي إلى وادي الرقاد خلف سد كودنة، الشكل (4-10).



الشكل (4-10). مصبات كودنة

4-2-2-5. مصبات المعلقة

- عدد السكان الحالي 2000 نسمة.
- الطول الاجمالي 5515 m.
- تصب مياه الصرف الصحي حالياً في مسيل مائي يصل إلى وادي الرقاد قبل سد الرقاد (المقرز)، وسيتم تنفيذ محطة لهذا المصب، وقد تم تحديد موقعها، الشكل (4-11).

الشكل (4-11). مصبات المعلقة

4-2-2-6. مصبات رويحينة

- عدد السكان الحالي 1600 نسمة.
- ينتهي إلى محطة معالجة رويحينة، ولكن نسبة التنفيذ فيها 45%، ولكن العمل فيها متوقف، لذلك تصب مياه الصرف الصحي حالياً في مسيل مائي ينتهي في وادي الرقاد قبل سد كودنة.

يبين الجدول (4-1). ملخصاً لمصبات ومحاور الصرف الصحي على وادي الرقاد.

الجدول (4-1). محاور ومصبات الصرف الصحي المنتهية إلى وادي الرقاد

المحاور والمصبات	الطول (m)	عدد السكان (نسمة)	نقطة نهاية المصب
محور وادي الرقاد	10200	20000	قبل سد كودنة
محور بريقة–بئر عجم	1500	6300	قبل سد بريقة
محور أم باطنة–ممتنة	2652	6700	قبل سد كودنة
محور نبع الصخر–مجدوليا	4672	14000	قبل سد كودنة
محور الأصبح–العشة–الرفيد	1235	5000	إلى سد غدير البستان
محور غدير البستان	2033	2300	قبل سد الرقاد
مصبات كودنة	4590	3000	قبل سد كدنة
مصبات المعلقة	5515	2000	قبل سد الرقاد
مصبات رويحينة		1600	قبل سد كودنة

3-2-4. بعض الأمور الهامة المقترحة من قبل مؤسسة الصرف الصحي في القنيطرة

- تجهيز شركة الصرف الصحي في المحافظة بالتجهيزات اللازمة لقياس التصاريف الفعلية لمياه الصرف الخارجة من المصبات والمحاور، وذلك خلال الطقس الجاف والطقس الماطر، وعلى مدار السنة، وإجراء الاعتيان (أخذ عينات) وفق الأسس المعتمدة للوقوف على حقيقة ودقة مؤشرات التلوث.
- نظراً لارتفاع معدل الهطول المطري في حوض الرقاد، يجب دراسة إمكانية فصل نظام الصرف المطري عن نظام الصرف الصحي في الشبكات غير المنفذة.
- دراسة الإجراءات الهندسية الضرورية للتخفيف من التلوث الناتج عن هدارات الفائض المبنية على الشبكات المشتركة (التلوث الناتج عن المطرة الأولى).

الفصل الخامس

بناء نموذج منطقة الدراسة

الفصل الخامس
The Fifth Chapter
بناء نموذج منطقة الدراسة
Model Build for Study Region

1-5. مقدمة Introduction

يبحث الفصل الخامس في أسلوب العمل المتبع في إنشاء النموذج الحاسوبي للمنطقة المدروسة بالاعتماد على خرائط رقمية تم الحصول عليها من عدة مصادر، وجرت معالجتها باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية GIS ثم تصدير هذه المخططات الناتجة إلى برنامج تقييم وتخطيط المياه WEAP21 الذي تم من خلاله:

- إدخال جميع البيانات المتعلقة بمنطقة الدراسة، وبناء نموذج لها.
- تحليل البيانات ومعالجتها (معايرة النموذج).
- إجراء موازنة مائية لسنة الدراسة المرجعية المعتمدة.
- تشغيل النموذج وفقاً لعدة سيناريوهات، واقتراح البدائل والحلول.

2-5. بناء النموذج Model Build

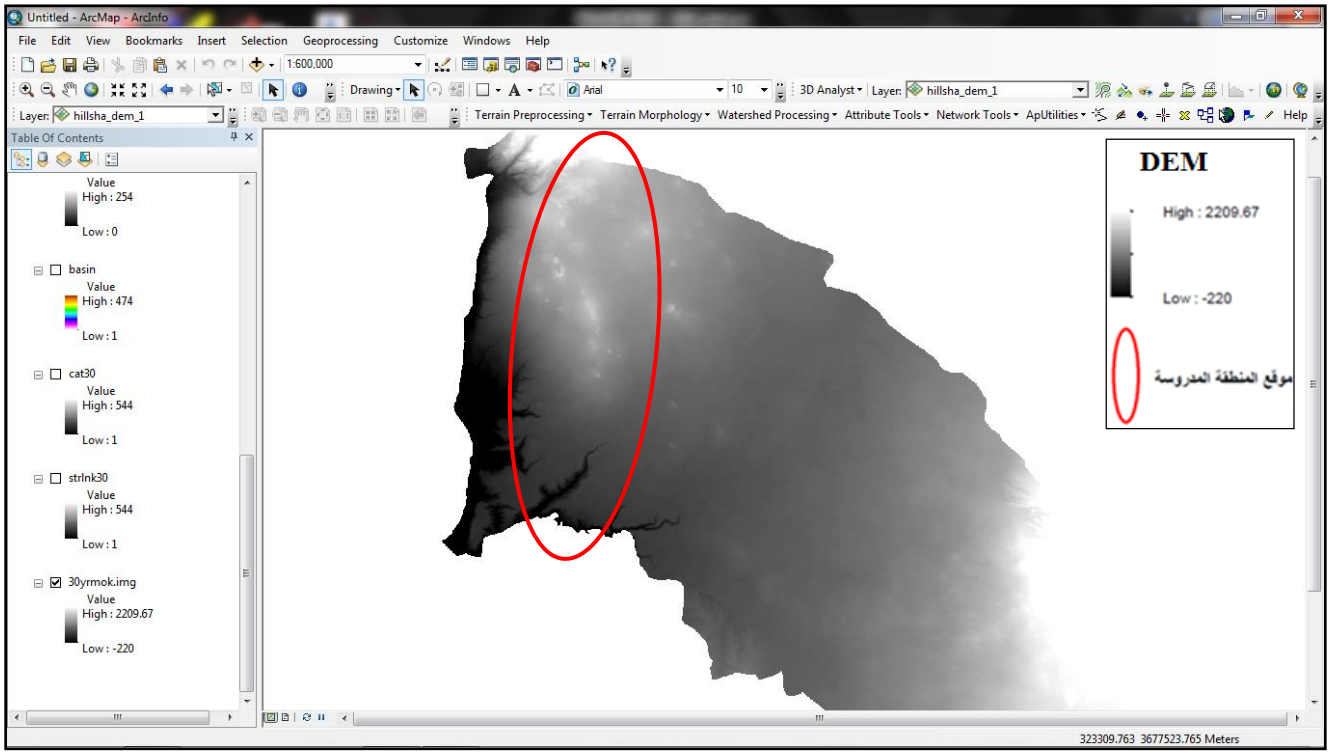
1-2-5. العمل ضمن بيئة GIS Using Software GIS

تم الاستفادة من نظام GIS في هذا البحث باستخدام أداة التحليل الهيدرولوجي "Arc Hydro" لرسم المجاري المائية والحوض الصباب للمنطقة المدروسة، ومن ثم ربطه بالبيانات المناخية، وإدراج التقسيمات الإدارية، ومواقع السدود مع بحيراتها، واستعمالات الأراضي، وفيما يلي الخطوات التفصيلية للعمل ضمن نظام GIS:

1-1-2-5. النموذج الرقمي للمنطقة المدروسة Digital Elevation Model of Studying Area

تم الحصول على النموذج الرقمي للمناسيب (Digital Elevation Model) DEM للمنطقة المدروسة بدقة (30m*30m) للبكسل الواحد، الشكل (5-1) من مؤسسة هيئة التخطيط الإقليمي في دمشق، ويساعد DEM على تمثيل سطح الأرض الطبيعية في منطقة ما بصيغة ملف Raster، الذي يتكون من مجموعة خلايا pixels تغطي كامل المنطقة المدروسة، وكل خلية (بكسل*) تحمل رقماً معيناً يعبر عن المنسوب الوسطي للمساحة التي تغطيها، ولها أبعاد معينة، ثابتة لجميع الخلايا ضمن نفس النموذج.

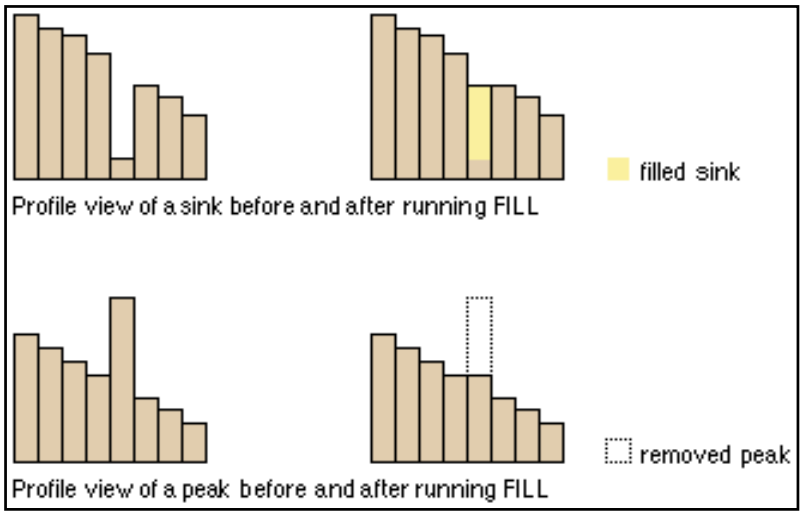
* البكسل: تسمى الخلية ضمن صور الأقمار الصناعية في برنامج GIS بالبكسل. وله قياسات (أبعاد) مختلفة بحسب دقة الصورة المأخوذة وكلما كانت أبعاد البكسل أقل كلما كانت الصورة أدق.



الشكل (5-1). النموذج الرقمي لمناسيب حوض اليرموك

5-2-1-2. ملء المصبات Fill Sinks

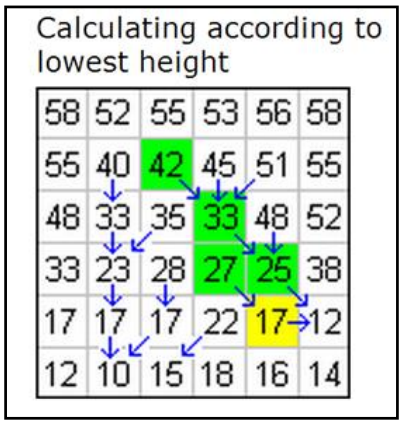
تم في هذه الخطوة تحديد المنخفضات غير المتصلة بمخرج الحوض (المعزولة)، التي لا تقوم بتصريف المياه إلى الخلايا المجاورة ومن ثم تعبئتها عن طريق اعطائها منسوب جديد لتفادي حصول توقف في الجريان، بالإضافة لإزالة النتوءات التي تعيق الجريان، كما هو موضح في الشكل (5-2) وتنتج طبقة راستر جديدة مشذبة تمثل نموذج ارتفاع رقمي معدل DEM يسهل التعامل معها لإجراء تحليلات هيدرولوجية عليها حتى التوصل للحوض الصباب للمنطقة المدروسة.



الشكل (5-2). طريقة ملء المصبات

5-1-2-3. إنشاء طبقة اتجاه الجريان Flow Direction

هي عبارة عن طبقة راستر، تنتج عن طريق تحديد اتجاه الجريانات بين الخلايا، بالاعتماد على الخلايا الثمانية المحيطة بكل خلية، بحيث يكون الجريان من هذه الخلية إلى الخلية ذات المنسوب الأدنى بين الثمانية المحيطة، الشكل (5-3).

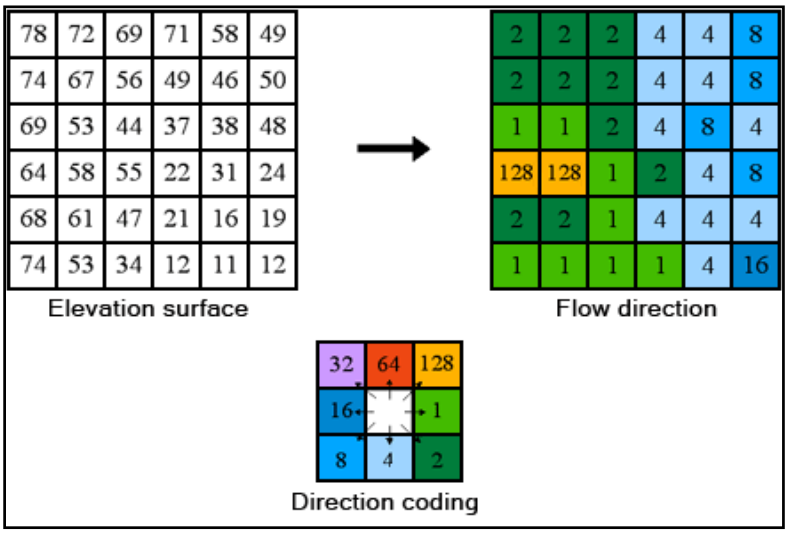


الشكل (5-3). تحديد اتجاه الجريان

ومن ثم يتم تمثيل الاتجاهات الأربعة الرئيسية والثانوية بالأرقام (1,2,4,8,16,32,64,128) الموضحة في الجدول (5-1)، لينتج راستر جديد تحمل كلٌ من خلاياه إحدى هذه القيم التي تمثل اتجاه الجريان في كل خلية باتجاه الخلايا المحيطة، الشكل (5-4).

الجدول (5-1). اتجاهات الجريان في برنامج GIS

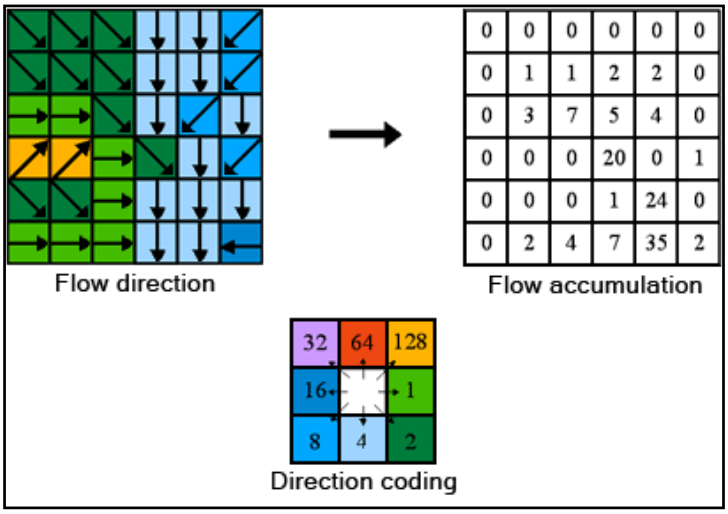
اتجاه الجريان	الشرق	الجنوب الشرقي	الجنوب	الجنوب الغربي	الغرب	الشمال الغربي	الشمال	الشمال الشرقي
الرمز	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE
القيمة	1	2	4	8	16	32	64	128



الشكل (5-4). اتجاهات الجريان

5-1-2-4. إنشاء طبقة الجريان التراكمي Flow Accumulation

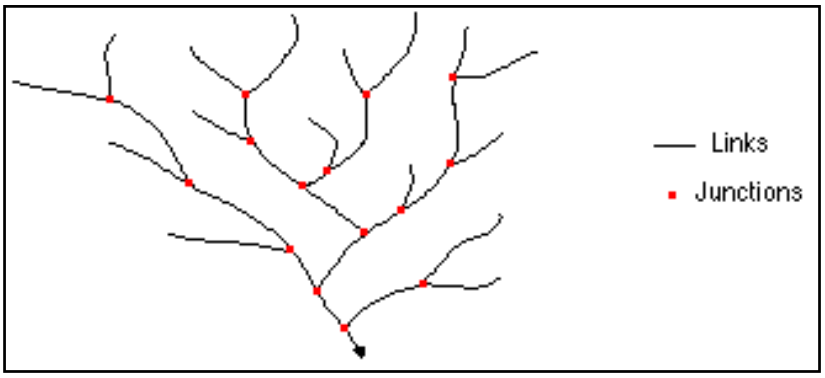
يتم الحصول على طبقة راستر جديدة، بمراكمة الجريان بدءً من الخلايا الطرفية وبحسب اتجاه الجريان المحسوب سابقاً، حيث تمثل القيمة المعطاة لكل خلية منها عدد الخلايا الكلي التي تتجه جرياناتها باتجاه هذه الخلية، الشكل (5-5).



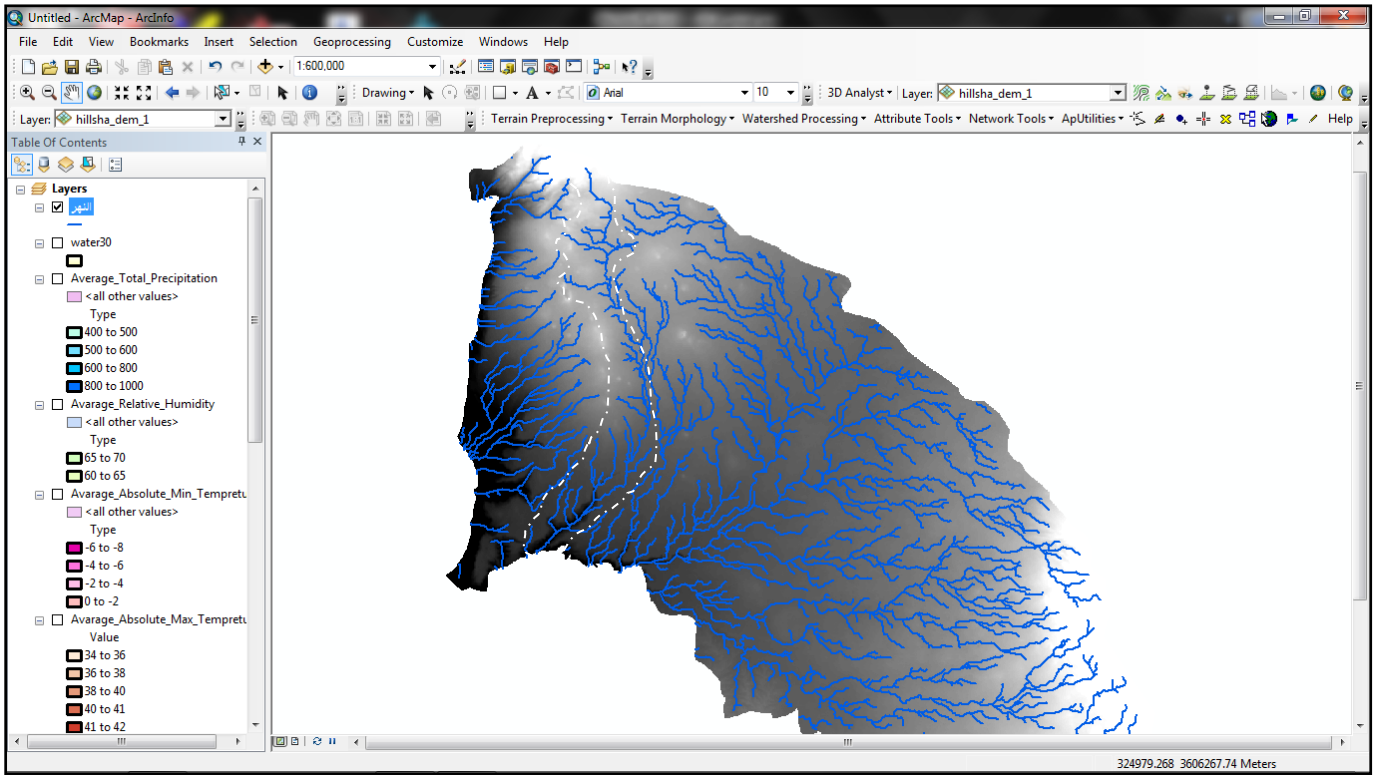
الشكل (5-5). الجريان التراكمي

5-1-2-5. تحديد شبكة المسيلات المائية Stream Network

يتم في هذه الخطوة وضع قيمة للحد الأدنى من الخلايا اللازم لتشكيل مجرى مائي، وتؤخذ قيمة هذا الحد في البداية 1% من عدد الخلايا الكلي الناتج في المرحلة السابقة، ويمكن تعديل قيمة هذا الحد حتى يتحقق تطابق بداية المجرى بين الواقع والنموذج، ووفقاً لهذا الشرط كل الخلايا الي تحمل قيمة أكبر من الحد المذكور أعلاه من طبقة الجريان التراكمي يتم عزلها، وتُعد جزءاً من المجرى. ويكون الناتج عن هذه الخطوة ملف Raster، تُعطى جميع الخلايا فيه التي تنتمي إلى مسيل مائي (تتجاوز القيمة التي تحملها الحد المذكور أعلاه) قيمة موحدة تدل على أنها مجرى مائي ويضاف لذلك تمييز الخلايا التي تمثل التقاء أكثر من مسيل مائي وتُدعى بالعقد، الشكل (5-6)، و يبين الشكل (5-7) شبكة المسيلات الناتجة في منطقة الدراسة وما حولها.



الشكل (5-6). تحديد المسيلات المائية وربطها بالعقد

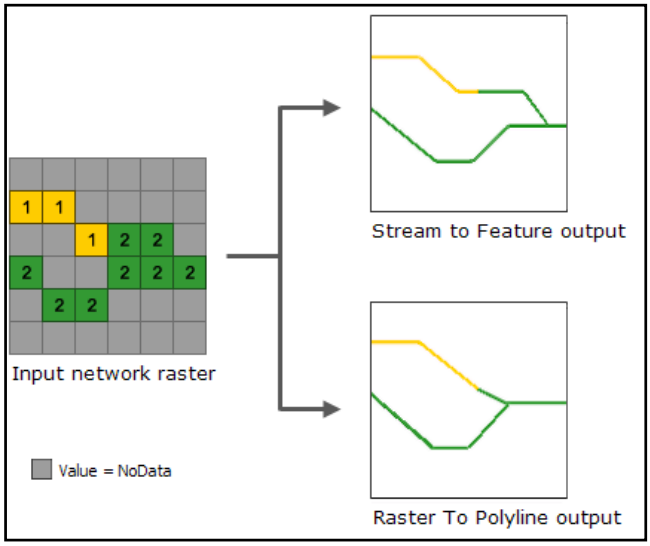


الشكل (5-7). شبكة المسيلات المائية لمنطقة الرقاد وما حولها

يمكن بملاحظة الشكل (5-7)، وعند تحديد مخرج حوض الرقاد معرفة الحدود التقريبية للحوض برسم خط وهمي يفصل بين المسيلات المرتبطة بمخرج حوض الرقاد، وبين المسيلات المجاورة التي تتجه إلى نهايات أخرى.

5-1-2-6. تحويل طبقة المسيلات من راستر إلى طبقة شعاعية Stream to Feature

عملية بسيطة يتم فيها تحويل ملف Raster الناتج في الخطوة السابقة إلى ملف Vector مؤلف من خطوط تصل مراكز الخلايا التي تمثل المسيلات المائية بالترتيب كما هو موضح بالشكل (5-8).

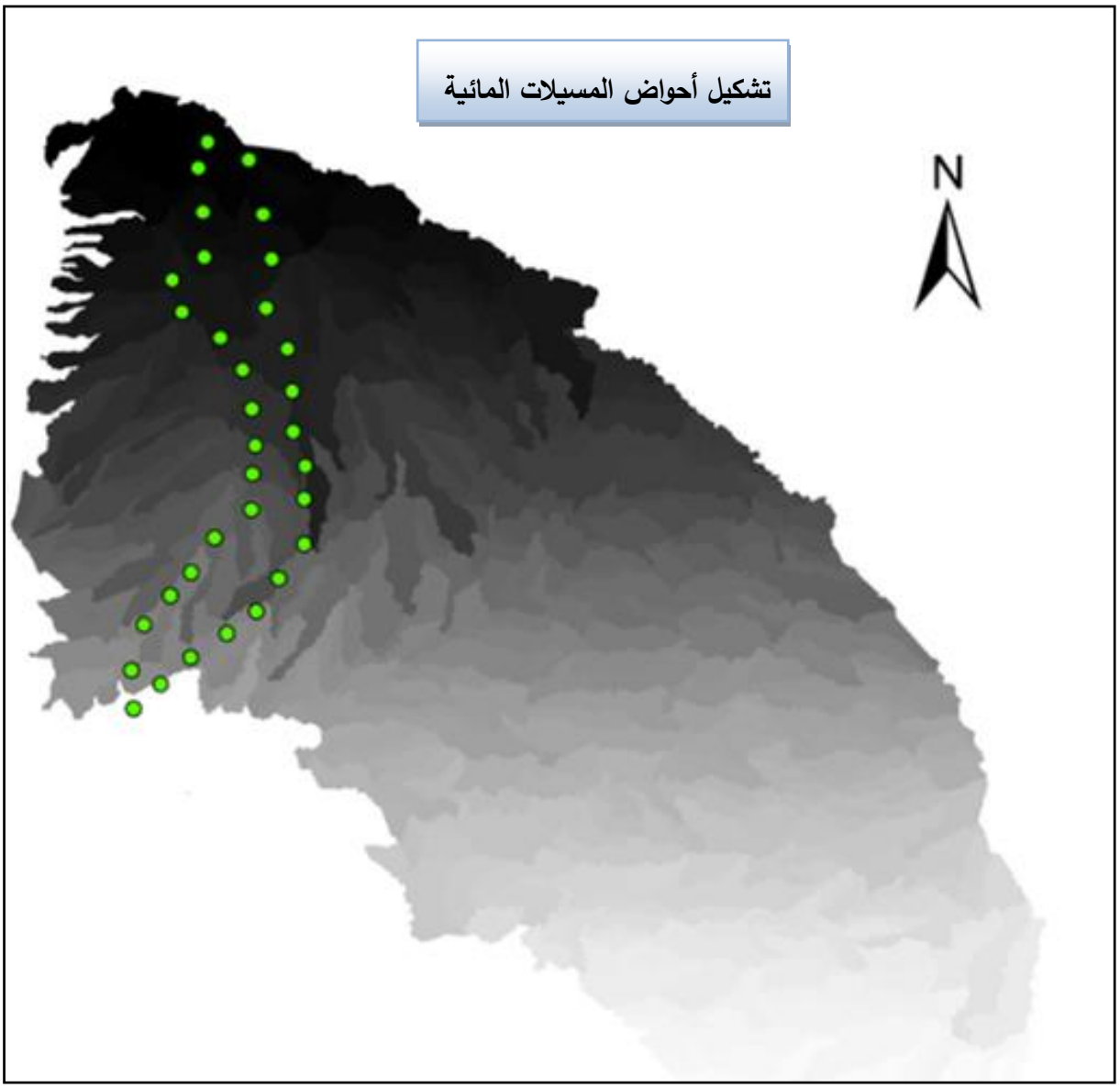


الشكل (5-8). تحويل طبقة المسيلات من راستر إلى شعاعية

5-2-1-7. تحديد الأحواض الصبابة الجزئية Basin-Catchments

يتم في هذه المرحلة تقسيم المساحة المدروسة إلى مساحات جزئية مؤلفة من مجموعة خلايا، تصرف كل مساحة المياه نحو مجرى مائي واحد، وتمثل كل منها حوضاً جزئياً.

يبين الشكل (5-9) أن المنطقة المدروسة تتكون من مجموعة أحواض فرعية استُنتجت حسب نهاية كل مسيل مائي واتجاه الجريان نحوه، ومن الجدير بالذكر أن هذه المرحلة تعطي الأحواض الجزئية لكامل المنطقة، التي يغطيها نموذج المناسيب الرقمي، وليس فقط للحوض المدروس (الرقاد).

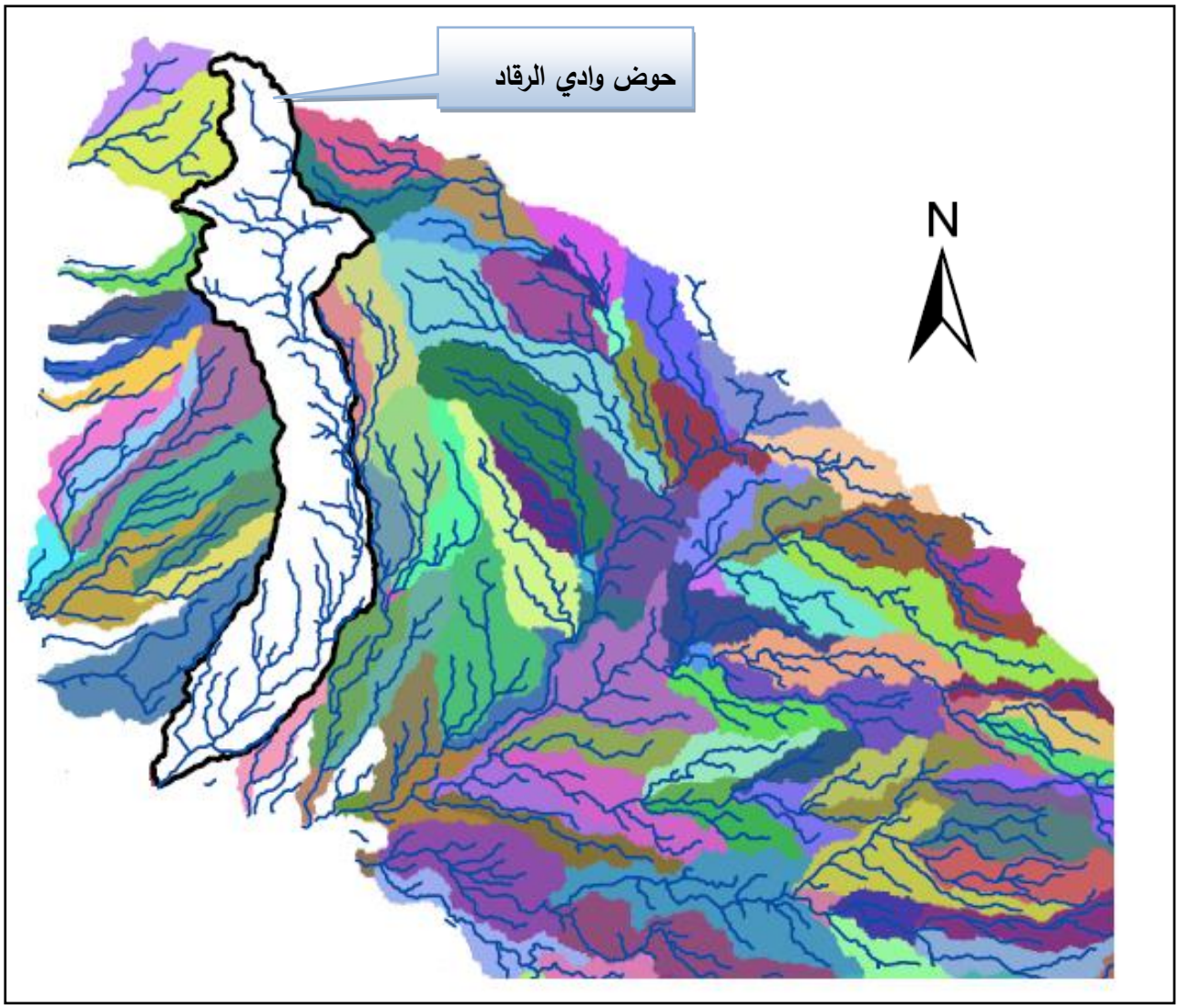


الشكل (5-9). الأحواض الجزئية المتشكلة في حوض اليرموك

8-1-2-5. رسم الحوض الصباب الرئيسي Watershade

يبين الشكل (5-10) الحوض الصباب الرئيس لمجرى الرقاد بالاعتماد على تحديد نهاية مجرى الرقاد (مخرج الحوض)، ومن ثم تجميع الأحواض الفرعية الناتجة سابقاً، التي تنتهي جميعها باتجاه هذا المخرج، وإحاطتها بخط مغلق يمثل حدود الحوض الرئيسي (polygon)، وبهذه الطريقة تم الفصل بين الحوض الصباب لمجرى الرقاد والأحواض المجاورة كما هو موضح بالشكل (5-11).

الشكل (5-10). الأحواض الرئيسية المتشكلة في حوض اليرموك



الشكل (5-11). حدود حوض وادي الرقاد

وبالحصول على الحوض الصباب لمجرى الرقاد تم حصر منطقة الدراسة، ومن ثم ربطها بالبيانات المتوافرة كالمناخ ومواقع السدود والحدود الإدارية، وقد تم ادراج الطبقات المستخدمة في دراسة البحث وهي:

- طبقة الحوض الصباب: لتحديد حدود المنطقة المدروسة.
- طبقة المسيلات المائية: لتحديد وادي الرقاد وروافده.
- طبقة المناخ: تم من خلالها تحديد التباينات المناخية على كامل الحوض من حيث الرطوبة والأمطار والحرارة.
- طبقة السدود: لمعرفة مواقع السدود تماماً وعلاقتها مع بعض، أي المسيلات التي تربط بينها بسبب تشعب المسيلات في المنطقة.
- طبقة البحيرات: أماكن تواجد البحيرات التي تحجزها السدود.
- طبقة التقسيمات الإدارية: المرتبطة مع عدد السكان، لتحديد عدد السكان في الحوض.

5-2-2. استخدام برنامج WEAP21 Using Software WEAP21

تم في هذا البحث استخدام برنامج WEAP21 في بناء نموذج رياضي لإدارة الموارد المائية في منطقة الدراسة والطلب عليها بالإضافة للمنشآت الموجودة على المجرى، ضمن الخطوات الآتية:

5-2-2-1. وضع الإطار الزمني للنموذج Years and Time Steps

يشمل تحديد السنة المرجعية وسنة الهدف، حيث تمكّن السنة المرجعية من التعرف على الوضع المائي، وأساليب توزيع المياه في المنطقة المدروسة، وتُعد نقطة الاساس لانطلاق النموذج باتجاه سنة الهدف، وتُسمى أيضاً بسنة الأساس، ويتم اختيارها بحيث تكون هي السنة التي تتوافر فيها بيانات متكاملة عن النظام المائي في المنطقة، وبعد معايرتها يتم انشاء السيناريو المرجعي بالاعتماد عليها.

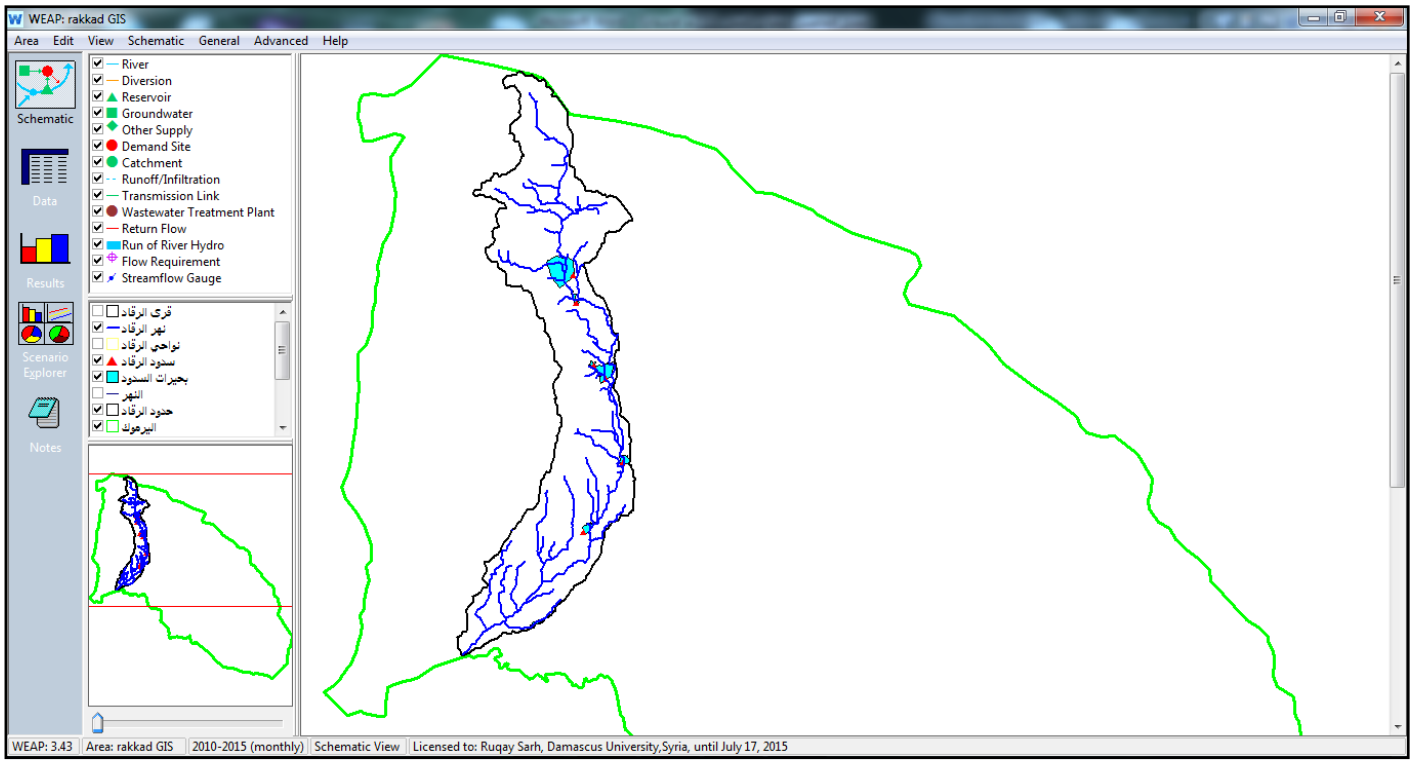
أما في حال توافر سلسلة من السنوات (مثلاً 20 سنة) تتكامل فيها جميع البيانات، عندها تُفرض أول سنة من هذه السلسلة كسنة مرجعية وتُعاير سلسلة السنوات المتوفرة بالاعتماد على البيانات المقاسة فيها بحيث يتم انشاء السيناريو المرجعي بالاعتماد على هذه السلسلة المعايرة.

تم في سياق البحث اعتماد السنة الهيدرولوجية (2009-2010) سنة الأساس لدراسة النموذج، وذلك بسبب توافر معظم البيانات المتعلقة بمنطقة الدراسة، وبالأخص الوارد المائي والطلب عليه ضمنها، أما فترة الدراسة فامتدت حتى عام 2035، وبالتالي دُرست التغيرات التي ستطرأ على النموذج وفق مجموعة من السيناريوهات خلال فترة 25 سنة.

5-2-2-2. الحدود المكانية ومكونات النظام لمنطقة الدراسة Spatial Boundaries and System Components of Study Region

تم استيراد شرائح GIS بتنسيق (shape file)*، وهي تمثل حوض وادي الرقاد، والمسيلات المائية، والسدود وبحيراتها، الشكل (5-12)، ثم باستخدام الواجهة الرسومية Schematic في WEAP21، تم رقمنة مسيل الرقاد وروافده وتوقيع السدود على المسيل، وتوقيع نقاط الينابيع والآبار، وإدراج نقاط الطلب الزراعي والسكني ومحطة القياس الحدودية (التي تقيس التصاريف باتجاه الأردن) وخطوط نقل المياه من المصدر إلى نقاط الطلب والراجع منها، ويبين الشكل (5-13) نموذجاً لحوض الرقاد مع جميع مكوناته ضمن برنامج WEAP21.

* هو صيغة شعاع بشكل رقمي بهدف تخزين الموقع الجغرافي وربطها بقاعدة البيانات.



الشكل (5-12). استيراد الشرائح من نظام GIS إلى برنامج WEAP21

5-2-2-3. إدخال البيانات Data

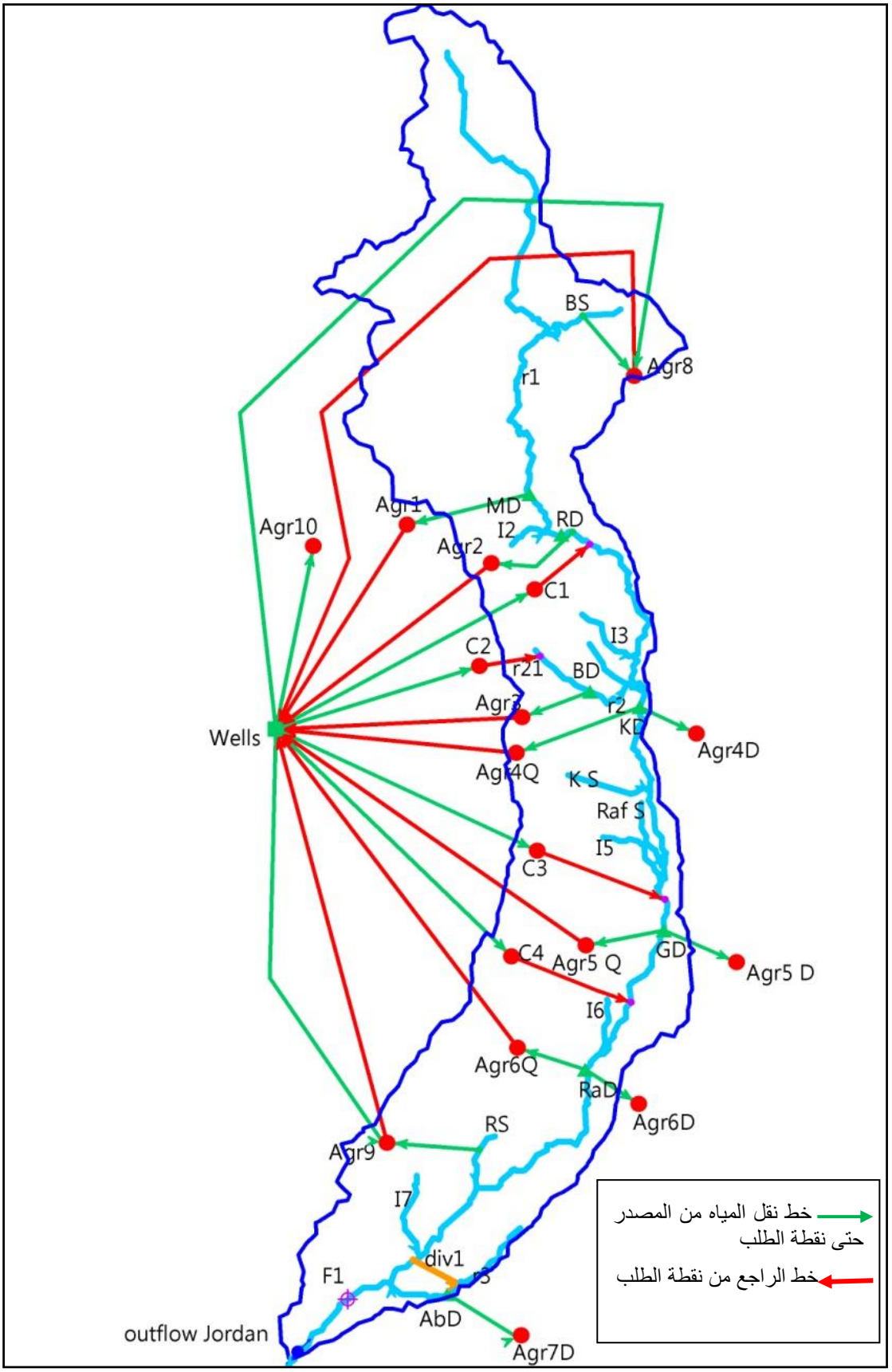
تم إدخال جميع بيانات السنة المرجعية المعتمدة، وذلك حسب ما يأتي:

5-2-2-3-1. بيانات نقاط الطلب Demand Site

❐ **نقاط الطلب الزراعي Agriculture Demand**

- مساحة المناطق الزراعية بالهكتار والاحتياج المائي الكلي لكل هكتار سنوياً*، الجدول (5-2). يُلاحظ في الشكل (5-13) أن جميع النقاط الموجودة على زمام المياه السطحية واقعة في محافظة القنيطرة Q باستثناء بعض النقاط التي تم الاشارة لها بالرمز D والتي تقع في محافظة درعا.
- التغيرات الشهرية لكل نقطة طلب زراعية، وهي عبارة عن نسبة الاحتياج الشهري من الاحتياج السنوي الكلي.
- الاستهلاك Consumption لكل نقطة زراعية يساوي 80% من حجم المياه المطلوب تقديمه لهذه النقطة، حيث تخرج كمية المياه المستهلكة من الموازنة المائية للمنطقة والنسبة المتبقية هي صرف زراعي راجع للمياه الجوفية.

* يعود سبب اختلاف احتياج الهتكار للأراضي المروية من السدود، الجدول (5-2)، والخاضعة لنفس الدورة الزراعية إلى اختلاف مساحة الأشجار والمحاصيل واحتياج كل منهما ودمجها كنقطة واحدة.



الشكل (5-13). نموذج منطقة الدراسة ضمن نظام WEAP21

❐ نقاط الطلب السكاني City Demand

- توزيع التجمعات السكنية حسب نهاية مصبات الصرف الصحي إلى المجرى، وقد تم ادخال الطلب على المياه (شرب واستخدام منزلي)، كتعداد سكان وكمية المياه المستهلكة سنوياً لكل فرد والتي تساوي (26.8 m^3/year)، الجدول (5-3)، بحيث كل نقطة تشمل القرى الموضحة في الفصل الرابع.
- اعتماد نسبة الاستهلاك 15% من مجمل الاحتياج السكني لكل فرد، حيث تخرج هذه النسبة من الموازنة المائية للمنطقة والراجع عبارة عن صرف صحي تصب في مجرى الرقاد تمثله النسبة المتبقية 85%.

الجدول (5-2). الطلب على مياه وادي الرقاد لأغراض الزراعة

المصدر	اسم النقطة في نموذج WEAP21	المساحة [ha]	احتياج الهكتار [m^3/year]	اجمالي الاحتياج [MCM/year]
سد المنطرة	Agr1	300	8633	2.58
سد رويحينة	Agr2	66	6667	0.44
سد بريقة	Agr3	109	6697	1.80
سد كودنة	Agr4D	2060	7398	15.24
	Agr4Q	820	7707	6.31
سد غدير البستان	Agr5D	680	8485	5.77
	Agr5Q	210	9143	1.92
سد الرقاد	Agr6D	700	7400	5.18
	Agr6Q	100	6700	0.67
سد عابدين	Agr7	525	8876	4.67
نبع عين البيضة	Agr8	46	5435	0.25
نبع رسم الحانوت	Agr9	40	5500	0.22
الآبار	Agr10	3007	8922	26.83

الجدول (5-3). الطلب على المياه لأغراض الشرب ونقاط الصرف الصحي في المجرى

المصدر	اسم النقطة في نموذج WEAP21	عدد السكان (نسمة)	نهاية مصب الصرف الصحي	اجمالي الاحتياج [MCM/year]
المياه الجوفية (آبار)	C1	45300	قبل سد كودنة	1.21
	C2	6300	قبل سد بريقة	0.17
	C3	5000	قبل سد غدير البستان	0.13
	C4	4300	قبل سد الرقاد	0.12

5-2-2-3-2. بيانات المصادر المائية ونقاط التزويد Supply Points and Water Resources

❐ **المصادر المائية Water Resources**

مجرى الرقاد: تم التعامل مع الوادي كأجزاء وإدخال تصاريف كل جزءٍ على حده، لأن مسيل الرقاد يتلقى في كل جزءٍ منه كميات أمطار مختلفة، وتلحق به وروافد جديدة، قُدرت هذه التصاريف كخطوة أولية بناءً على حجم الهطول المطري، وكميات المياه الواردة إلى السدود، لذا سيتم معايرتها فيما بعد للتوصل لقيم تصاريف أكثر دقة.

❐ **نقاط التزويد Supply Points**

❖ **الآبار Wells**

مُثلت جميع آبار الشرب والزراعة في نقطة واحدة (Wells) كمصدر للمياه الجوفية، مع اعتبار أن هذا المصدر ذو حجم تخزين كبير نظراً لطبيعة المنطقة المدروسة غير المحدودة جوفياً والتي تُعد جزءً من حوض اليرموك الجوفي الممتد على مساحة 6700 Km^2 تقريباً، وأن كمية التغذية الطبيعية للمخزون الجوفي خلال السنة المرجعية (2.18 MCM/month)، بحيث يكون حجم الوارد لطبقة المياه الجوفية مساوياً لحجم الخارج منها.

❖ **الينابيع Springs**

مُثلت الينابيع كروافد للوادي، ويبين الجدول (5-4) التصاريف الشهرية لكل نبع في السنة المرجعية والتي أُدخلت للبرنامج.

الجدول (5-4). تصريف الينابيع بـ [m^3/sec]

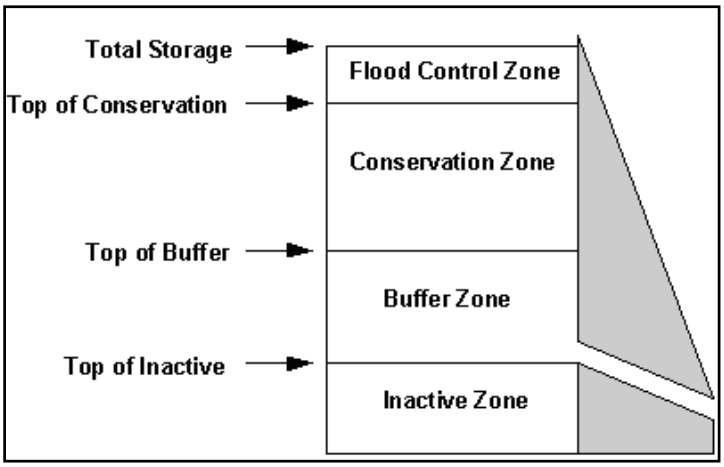
اسم النبع	عين البيضة	كودنة	الرفيد الغربي	رسم الحانوت
الرمز في WEAP21	B S	K S	Raf S	Ra S
تشرين أول	0.000	0.006	0.003	0.010
تشرين ثاني	0.000	0.006	0.003	0.011
كانون أول	0.000	0.008	0.005	0.011
كانون الثاني	0.080	0.012	0.020	0.015
شباط	0.055	0.015	0.022	0.018
آذار	0.045	0.013	0.020	0.016
نيسان	0.025	0.013	0.010	0.013
أيار	0.010	0.011	0.008	0.012
حزيران	0.000	0.010	0.003	0.009
تموز	0.000	0.010	0.002	0.009
آب	0.000	0.008	0.002	0.009
أيلول	0.000	0.008	0.003	0.009

❖ **السدود Reservoir**

A. **وصف سلوك السد ضمن برنامج WEAP21 Reservoir Behavior**

- يتم في برنامج WEAP21 تحرير مياه السد من المخزون الطبيعي دون قيود، لتحقيق الطلب على المياه لكافة نقاط الطلب المتعلقة به، والنقاط الواقعة بعده، وإن كانت على سد آخر، أما الحجم الاستراتيجي، فيتم تحريره كنسبة مئوية شهرية يتم فرضها وفقاً لرؤية تشغيل السد، حيث يُقسم مخزون السد إلى أربعة أقسام، الشكل (5-14):

- حجم الفيضان Flood Control Zone: يعبر عن حجم الموجة الفيضانية أثناء عبورها فوق المفيض.
- حجم التخزين الطبيعي Conservation Zone: يُستخدم هذا الحجم في أي وقت دون شرط، ويصل لعتبة المفيض.
- المخزون الاستراتيجي Buffer Zone: لا يمكن استخدام هذا المخزون إلا في أشهر الجفاف، وحسب الحاجة الماسة له كنسبة مئوية شهرية من هذا المخزون، وبتخطيط من إدارة تشغيل السد.
- الحجم الميت Inactive Zone: هو الحجم المحسوب على أساس كمية الطمي والرواسب التي ستتشكل أثناء العمر الافتراضي للسد.



الشكل (5-14). تقسيم مخزون السد ضمن برنامج WEAP21

- تتم معايرة السدود في برنامج WEAP21 باستخدام عدة مبادئ، منها:

a. أهمية السد Priority

تعني أهمية تخزين السد وتراوح ضمن المجال (1÷99)، ويدل الرقم 99 على أهمية تخزين منخفضة، أما الرقم 1 فيدل على أهمية تخزين عالية. وهذا يعني:

- اذا كانت أهمية تخزين السد الرقم 99 يتم في هذه الحالة تلبية جميع نقاط الطلب التابعة للسد، والنقاط الواقعة بعده أولاً، ومن ثم يُبدأ بتخزين السد، وإذا كان هناك عجز في تلبية الطلب فهذا يعني أن السد لن يصل لمرحلة التخزين.

- عند وجود أكثر من سد على نفس المجرى يتم أولاً املاء السد ذي الأهمية الأعلى، فمثلاً اذا كان لدينا السد A أعلى المجرى ذي أهمية 99، والسد B الذي يليه ذي أهمية 98، هذا يعني أن السد A سيؤمن تخزين السد B لحد المفيض ومن ثم يبدأ السد A بالتخزين لأنه ذو أهمية تخزين منخفضة بالنسبة لـ B.
- يمكن أن تأخذ الأهمية قيماً شهرية مختلفة لنفس السد، فإذا كانت الغاية هي إملاء السد في شهر كانون الثاني وشباط ليلبي أغراض معينة في بقية الأشهر، فتُعطى لهذين الشهرين أهمية 1، ولباقي الأشهر أهمية أقل، ولتكن 2 ومادون، وهذا يعود أيضاً لأهمية تحقيق الطلب على المياه بين الأشهر.
- يمكن تغيير الأهمية أيضاً من سيناريو إلى سيناريو آخر حسب الهدف من السيناريو.

b. غزارة المياه الأعظمية المتاح تصريفها من السد Maximum Hydraulic Outflow

يقصد بها كمية المياه التي يسمح بخروجها من السد إلى أسفل المجرى.

- إذا أُخذت هذه الغزارة قيمة صفر لسد ما:

⇦ فلن يسمح للمياه بالخروج من السد إلى أسفل المجرى خلف السد وذلك مهما كانت أهمية السد، وفي هذه الحالة يبدأ السد بالتخزين، ويمكن أن يصل لحد الفيضان مع السنوات.

⇦ يتم تأمين طلب النقاط المتعلقة بالسد فقط (مثلاً نقاط طلب زراعي)، دون أن يكون السد مسؤولاً عن باقي نقاط الطلب الواقعة بعده في أسفل المجرى حتى وإن كان فيها عجز.

- اذا لم تأخذ الغزارة أي قيمة (قيمة البرنامج الافتراضية):

⇦ تتعلق كمية المياه الخارجة من السد بأهميته وأهمية نقاط الطلب والسدود الواقعة بعده كما في المبدأ الأول، أي تساوي كمية المياه التي يجب تأمينها للنقاط والسدود التالية.

c. آلية تصريف المخزون الإستراتيجي Top of Buffer

يتم تصريف المخزون الاستراتيجي من خلال التحكم بمعامل الحجز (Buffer Coefficient)، الذي يعبر عن كمية المياه المتاح تصريفها من المخزون الاستراتيجي في كل شهر، ويؤخذ كنسبة مئوية شهرية من المخزون الاستراتيجي المتوافر في نهاية الشهر السابق.

بالإضافة إلى ما سبق فإن معايرة السدود تتعلق بمتطلبات المحطة الكهرومائية في حال وجودها على المجرى، وبالتدفق البيئي، وهو التدفق الأصغري المطلوب تأمينه للمجرى.

B. ادخال بيانات السدود Reservoir Data

- أُدخلت تخازين السدود الأساسية كما في الجدول (5-5)، وبالنسبة للتخزين الاستراتيجي فلا يوجد له قيم معتمدة عند تصميم سدود وادي الرقاد، أما التخزين البدائي (Initial Storage)، فهو يعبر عن حجم التخزين الحالي للسد في بداية السنة المدروسة.
- ادخال المنحني المميز لكل سد، وهو يعبر عن العلاقة مابين منسوب المياه في بحيرة السد وحجم التخزين الموافق.
- ادخال قيم التبخر الشهري من بحيرات السدود لكل سد على حده.

- ادخال حجم تخزين السد الشهري المقاس (Observed Volume) خلال السنة المرجعية، وهو لا يدخل ضمن حسابات البرنامج، وإنما يستخدم فيما بعد للمعايرة، كأداة مقارنة للتحقق من دقة النتائج المحسوبة.

الجدول (5-5). حجوم تخازين السد الأساسية

اسم السد	المنطرة	رويحينة	بريقة	كودنة	غدير البستان	الرقاد	عابدين
الرمز في WEAP21	MD	RD	BD	KD	GD	RaD	AbD
التخزين الأعظمي [MCM] Total Storage	40.20	1.03	1.10	31.00	10.80	9.20	5.56
التخزين النظامي [MCM] Top of Conservation	40.20	1.03	1.10	31.00	10.80	9.20	5.56
التخزين الميت [MCM] Top of inactive	0.20	0.085	0.20	0.1175	0.80	0.60	0.38
التخزين البدائي [MCM] Initial Storage	12.98	0.96	0.90	6.25	0.56	3.48	0.00

5-2-2-3-3. بيانات محطة القياس Stream Flow Gauge

يوجد في نهاية الحوض محطة قياس واحدة، سُميت هذه المحطة (Out flow to Jordan) ضمن نموذج WEAP21، وهي تقيس تصاريف المياه باتجاه الأردن لذا فهي تمثل نقطة حدودية، وقد أُدخلت بياناتها المقاسة كتصاريف شهرية كما هو موضح في الجدول (5-6)، وهذه البيانات لا تدخل في حسابات البرنامج، وإنما تستخدم للمعايرة كأداة مقارنة بين الناتج المائي من حوض الرقاد والذاهب باتجاه الأردن، وبهذه الطريقة يمكن المحافظة قدر الامكان على التصاريف المطلوبة باتجاه الأردن.

الجدول (5-6). التصاريف المقاسة باتجاه الأردن خلال السنة المرجعية

Month	Oct 09	Nov 09	Dec 09	Jan 10	Feb 10	Mar 10	Apr 10	May 10	Jun 10	Jul 10	Aug 10	sep 10
Outflow [m^3/Sec]	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.10	0.085	0.05	0.035	0.01	0.005

5-2-2-4. معايرة النموذج Model Calibration

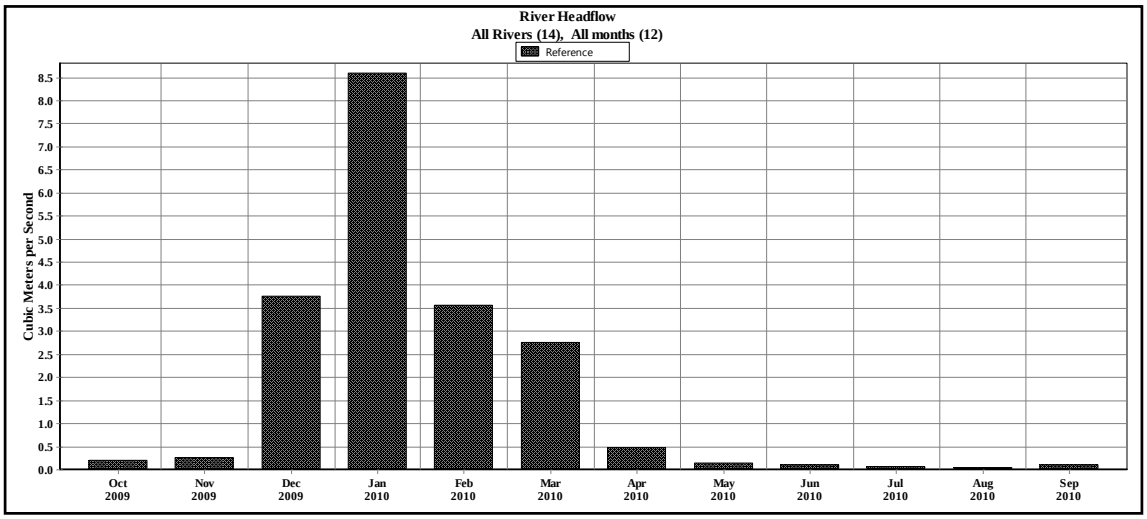
إن الهدف من معايرة النموذج هو التوصل إلى سلوك منطقي للسد ضمن برنامج WEAP21 المتمثل بعملية التخزين والاستثمار، وذلك بالاعتماد على المبادئ المذكورة سابقاً.

- تمت المعايرة في هذا البحث عن طريق التحكم بأولويات السدود كقيم شهرية فيما بينها بشكل أساسي، ومعايرة تصاريف الجريان بعد أخذ راجع الصرف الصحي بعين الاعتبار، بحيث تحقق:

✓ تأمين عمل السدود كوحدة متكاملة لتحقيق كامل الطلب على المياه للنقاط الزراعية المعتمدة على السدود.

- ✓ قيم الجريان المقاسة باتجاه الأردن، ولذلك تم وضع نقطة متطلبات جريان (Flow Requirement) أسفل الوادي كشرط حدّي، رُمز لها بـ F_1 ضمن النموذج.
- ✓ حجوم التخزين المقاسة في السدود، بحيث ينسجم التخزين المحسوب (Storage Volume) لكل سد مع التخزين المقاس له ضمن سنة الأساس.

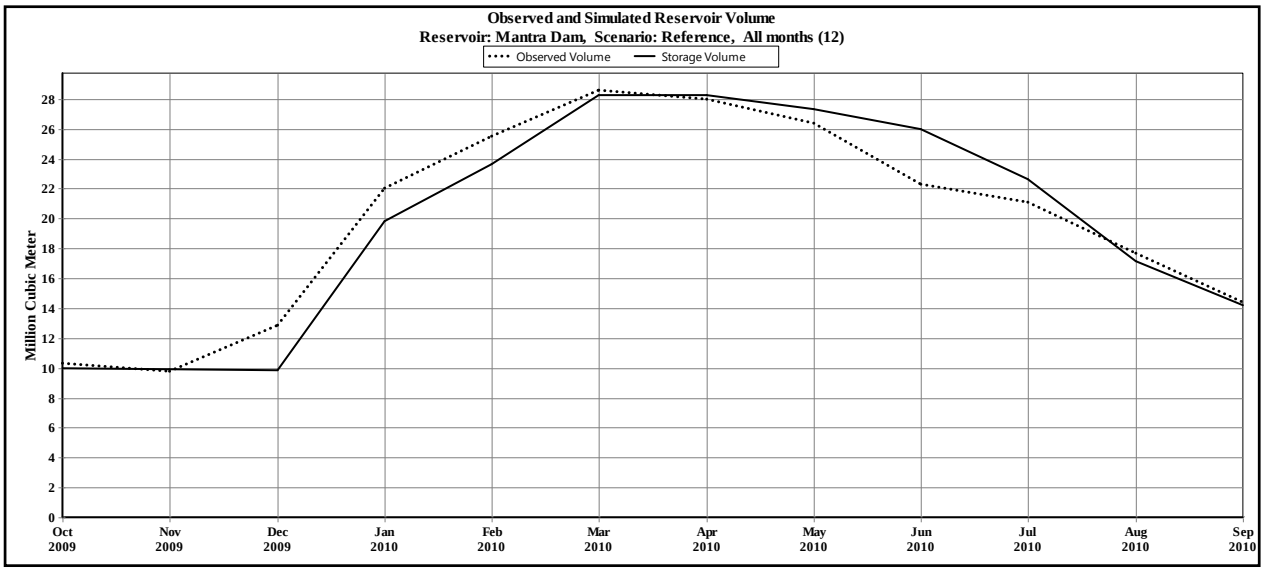
- وبذلك أُعطيت بعض السدود أهمية أكثر من غيرها في التخزين لتحقيق الطلب على المياه وفق البيانات المتوافرة، فقد كانت أولوية سد بريقة "2" ثابتة في جميع الأشهر، أما سد رويحينة فراوحت أهميته بين "1" في أغلب الأشهر، و"2" و"3" في باقي الأشهر، وبالنسبة لسد المنطرة كانت أهميته الشهرية الغالبة "3" أما لسد كودنة فقد كانت "4" وراوحت بين "4"و"5" لكل من سدي غدير البستان والرقاد، وقد حصل سد عابدين على أهمية أقل وصلت إلى "10".
- تم التوصل لتصاريف الجريانات، التي تمثل الموارد المائية لوادي الرقاد عند كافة روافده، حيث قُدرت هذه التصاريف المدروسة كقيم شهرية، كما هو موضح في الشكل (5-15)، ويُلاحظ هنا أن أكثر الواردات للحوض تكون خلال أشهر كانون الأول، وكانون الثاني، وشباط نتيجة الجريانات المتشكلة في المسيلات المائية والناتجة عن الهطول المطري.



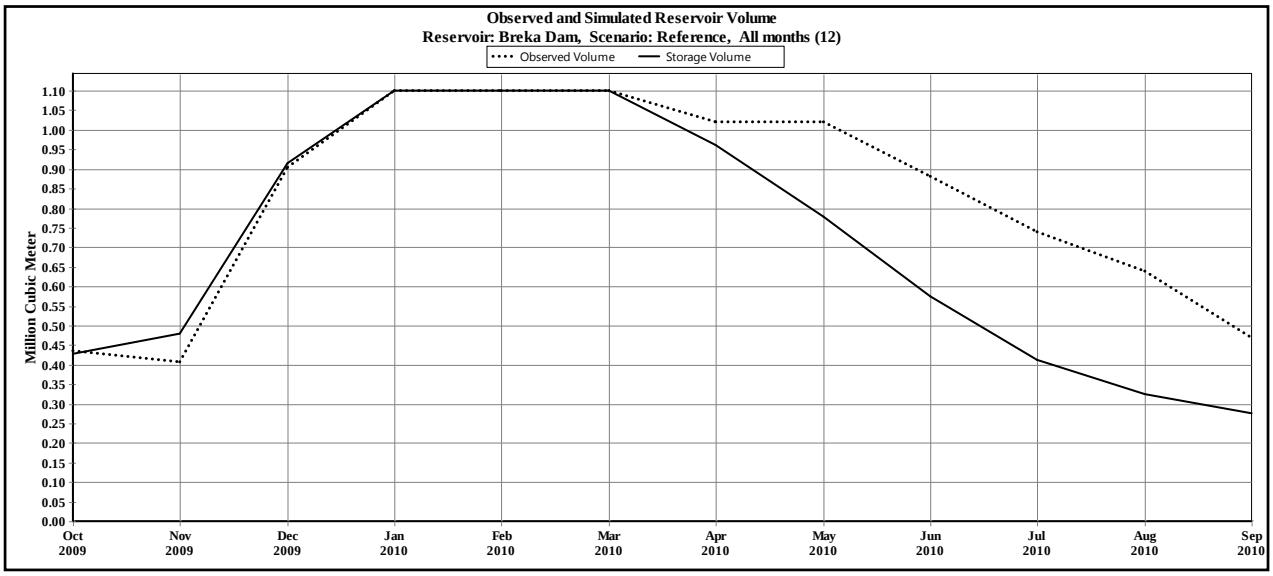
الشكل (5-15). تصاريف وادي الرقاد وروافده خلال سنة الأساس

لقد أظهرت النتائج توافقاً بين القيم المقاسة، والقيم التي أعطاها النموذج لكل سد خلال سنة الأساس بتقارب (50%-65%) لبعض الأشهر و (80%-100%) لغالبية الأشهر، وتعد النسب مقبولة في اطار تحقيق سلوك منطقي للسد*، وهو الأهم كما ذُكر سابقاً، وكمثال لذلك يبين الشكل (5-16) التخزين المحسوب باستخدام WEAP21 ومقارنته بالتخزين المقاس لسد المنطرة، يبين الشكل (5-17) الأمر ذاته لسد بريقة.

* مع ضرورة متابعة الأبحاث في مجال ادارة السدود باستخدام برنامج WEAP21 والتحقق من فعاليته.



الشكل (5-16). المقارنة بين التخزين المحسوب والمقاس لسد المنطرة خلال سنة الأساس

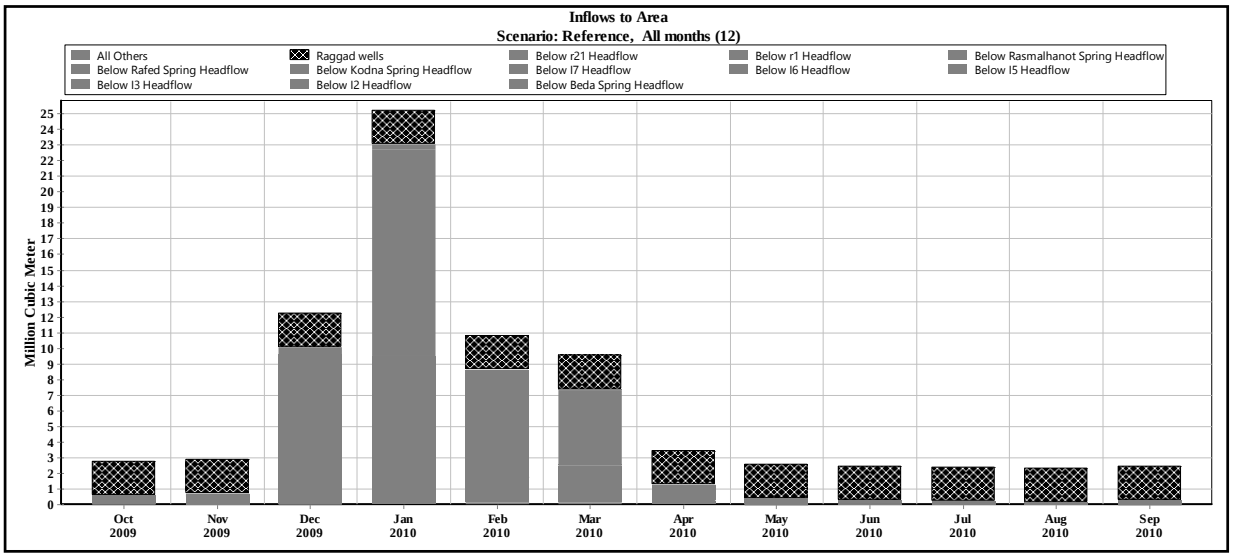


الشكل (5-17). المقارنة بين التخزين المحسوب والمقاس لسد بريقة خلال سنة الأساس

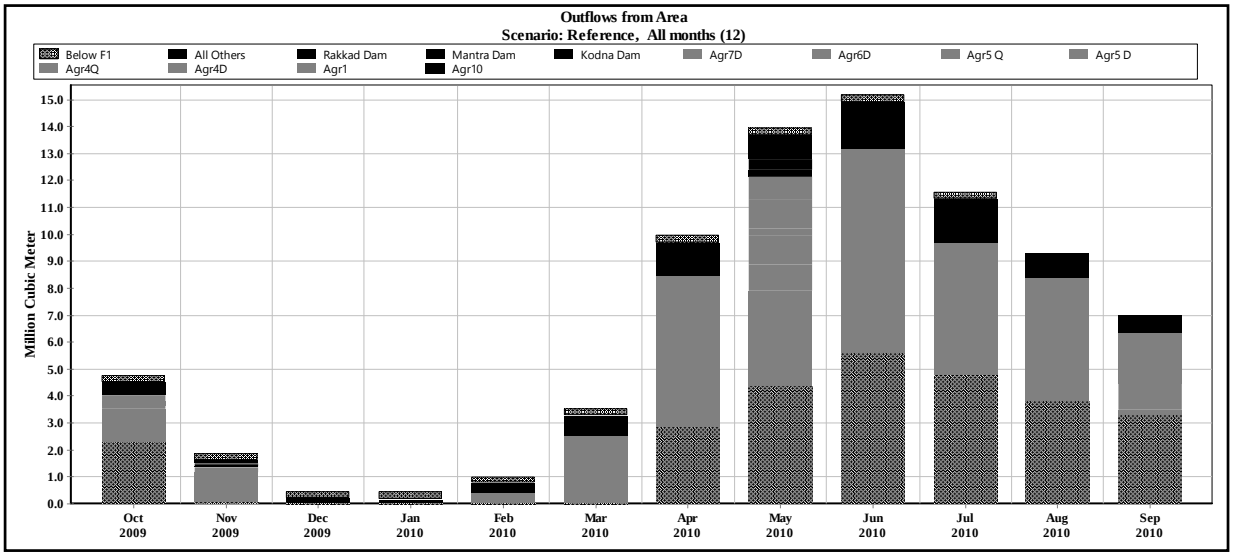
5-2-2-5. الموازنة المائية للمنطقة المدروسة Water Balance of Study Region

قُدرت الموازنة المائية للمنطقة المدروسة خلال السنة المرجعية كقيم وسطية شهرية من خلال مقارنة كمية المياه الداخلة للمنطقة (Inflows to Area) مع المياه الخارجة (Outflows from Area)، حيث بلغت الكمية الكلية الواردة لمنطقة الدراسة 78.8 MCM، منها 52.6 MCM تمثل الجريانات السطحية للمسيل و 26.2 MCM تمثل التغذية الطبيعية للمياه الجوفية، وتتوزع كمية الوارد الكلي بين الأشهر كما في الشكل (5-18)، وكانت كمية المياه الخارجة من لمنطقة (78.8 MCM)، الشكل (5-19)، وهي تمثل كمية استهلاك النقاط الزراعية والسكنية والتبخر من بحيرات السدود، والجريان الوارد من نهاية مجرى الرقاد إلى نهر اليرموك باتجاه الأردن عند النقطة (Outflow to Jordan).

يبين الشكل (5-19) أن كمية المياه المستهلكة تزداد بشكل كبير خلال أشهر الصيف، حيث يبلغ الاحتياج الزراعي ذروته، وكذلك التبخر.



الشكل (5-18). كمية الداخل الشهري للمنطقة المدروسة خلال السنة المرجعية



الشكل (5-19). كمية الخارج الشهري من المنطقة المدروسة خلال السنة المرجعية

الفصل السادس

بناء السيناريوهات وتحليل النتائج

الفصل السادس
The Sixth Chapter
بناء السيناريوهات وتحليل النتائج
Scenarios Build and Result Analysis

1-6. بناء السيناريو المرجعي Reference Scenario

هو السيناريو الأول للفترة المدروسة، ويشكل قاعدة الأساس التي لابدّ منها لإنشاء السيناريوهات الممكنة للمنطقة المدروسة، ويُحافظ فيه على الافتراضات والتنبؤات الطبيعية للبيانات المستقبلية مثل التغيرات الديموغرافية (زيادة عدد السكان بمعدل نمو معيّن)، أو التقلبات المناخية الطبيعية (دورات الجفاف والرطوبة)، وبالتالي فإن إنشاء السيناريو المرجعي يعتمد بشكل رئيسي على تحليل السلاسل الزمنية السابقة للبيانات المتوافرة، التي يمكن من خلالها التنبؤ بالواقع المستقبلي للفترة المدروسة.

1-1-6. تحليل نمو السكان Population Growth

نتيجة تحليل السلسلة الزمنية المتعلقة بإحصائيات عدد سكان الحوض من عام 2004 حتى عام 2010، تبين أن معدل نمو السكان الوسطي يساوي 3.2%، وقد أُعتمدت العلاقة المبية أدناه للتنبؤ بعدد السكان المستقبلي:

$$P_{fu} = P_{cu} \,.\, (1 + r\%)^n$$

$-P_{fu}$ عدد السكان في السنة المستقبلية.

$-P_{cu}$ عدد السكان في السنة الحالية.

$-r$ معدل نمو السكان.

$-n$ عدد السنوات للفترة المدروسة.

وقد أُعتمد المعدل 3.2% خلال الفترة المدروسة، مع التنويه إلى امكانية زيادة هذا المعدل نتيجة تشييد ضواحي سكنية جديدة في منطقة الحوض.

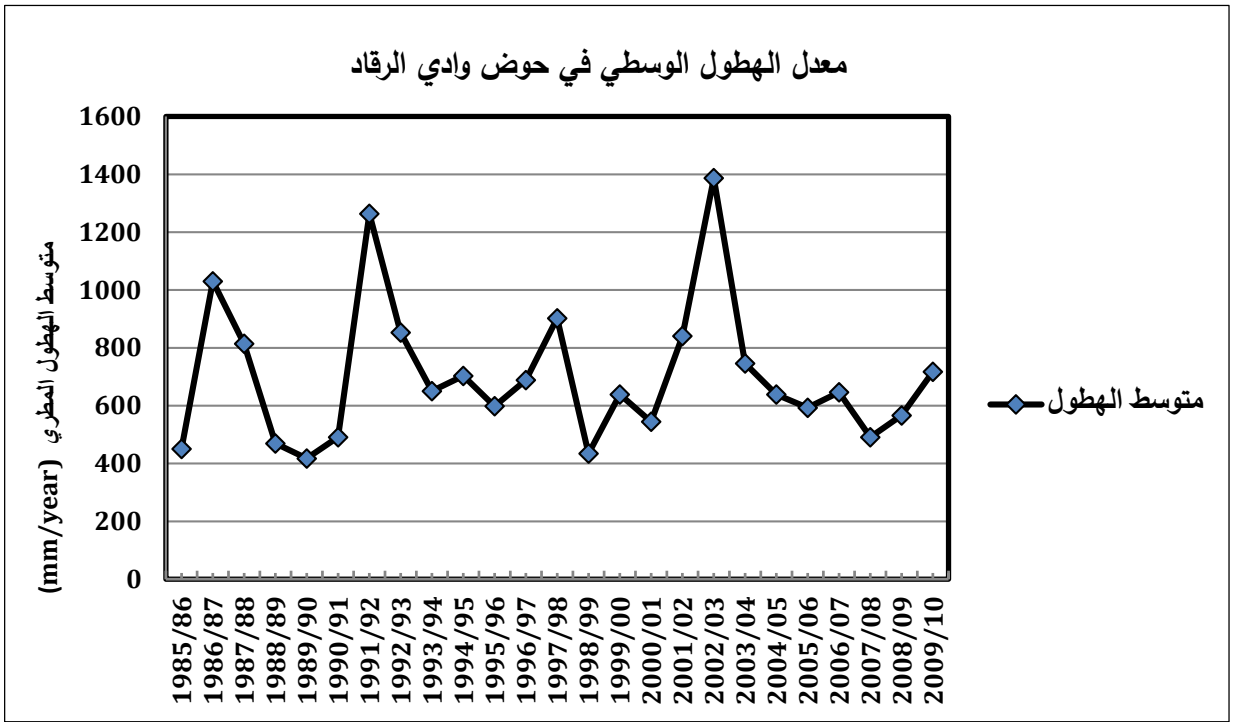
2-1-6. التقلبات المناخية Climatic Variability

تمثل التقلبات المناخية تتالي دورات الرطوبة والجفاف، حيث يُعبر عن حالة الرطوبة للسنة المائية بقيم منسوبة للسنة الطبيعية (Normal)، وفق الجدول (6-1)، وقد تم التوصل لقيم هذه النسب بمقارنة الهطولات الأعظمية والأصغرية والمتوسطة المقاسة في المنطقة المدروسة.

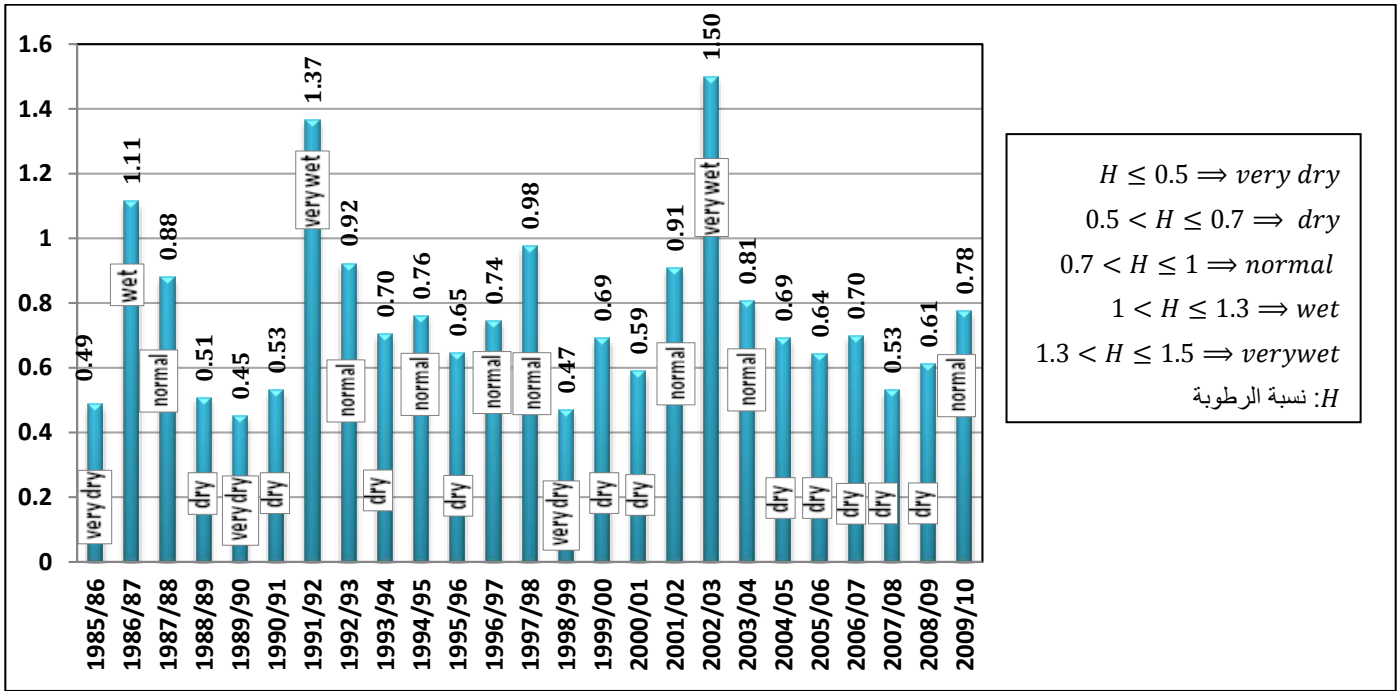
الجدول (6-1). رطوبة السنة المائية نسبةً للسنة الطبيعية

نموذج السنة المائية	نسبة الرطوبة $H\%$
جافة جداً، Very Dry	50
جافة، Dry	70
طبيعية، Normal	100
رطبة، Wet	130
رطبة جداً، Very Wet	150

وبتحليل السلسلة الزمنية لمتوسط الهطولات المطرية بين محطات حضر والقنيطرة ونبع الصخر خلال الفترة الممتدة من عام (85-1986) حتى عام (09-2010)، الشكل (6-1)، تبين أن سنة (2002/03) هي السنة الأكثر رطوبة، لأنها سجلت أعلى متوسط هطول، مطري وبالتالي أُعطيت قيمة 1.5 للتعبير عن رطوبتها، ونُسبت بقية السنوات لها، كما هو مبين في الشكل (6-2).



الشكل (6-1). متوسط الهطول بين المحطات المناخية في حوض وادي الرقاد

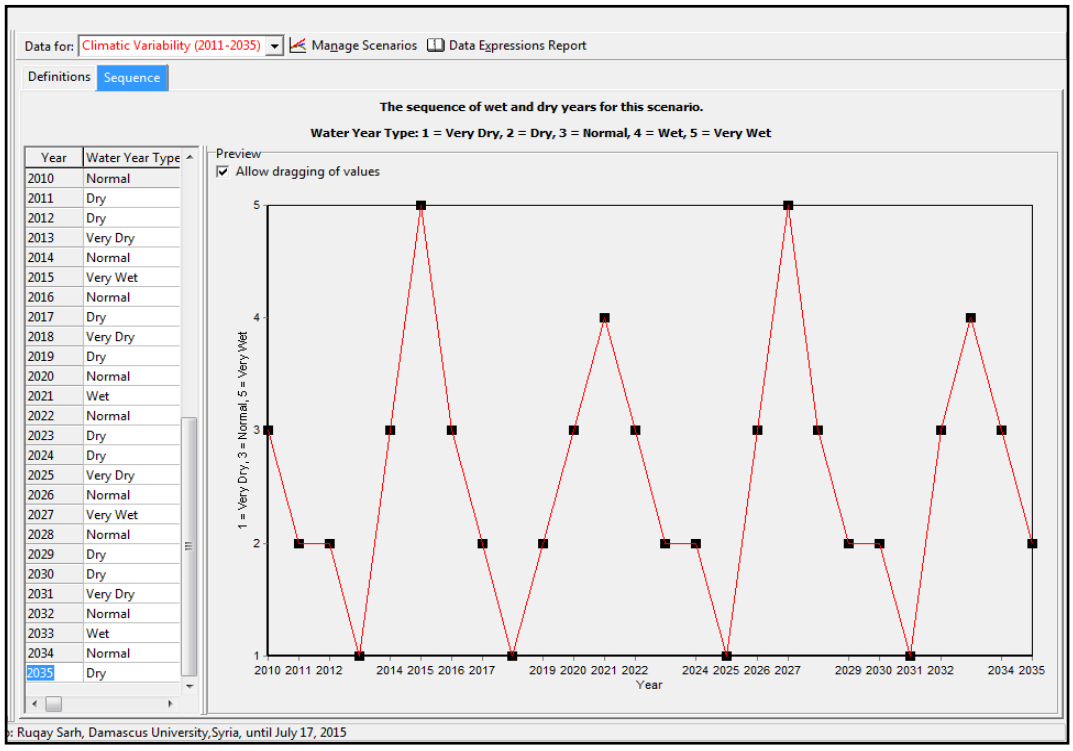


الشكل (6-2). نموذج السنة المائية لسلسة السنوات المدروسة من العام (85-1986) وحتى عام (09-2010)

يُلاحظ من الشكل (6-2)، أن الدورة المائية المتكررة هي ست سنوات، وذلك كما يأتي:

ثلاث سنوات جافة ← سنة طبيعية ← سنة رطبة ← سنة طبيعية

وبناءً عليه رُبطت سنوات الفترة المدروسة بدورة الرطوبة المستنتجة كما في الشكل (6-3).

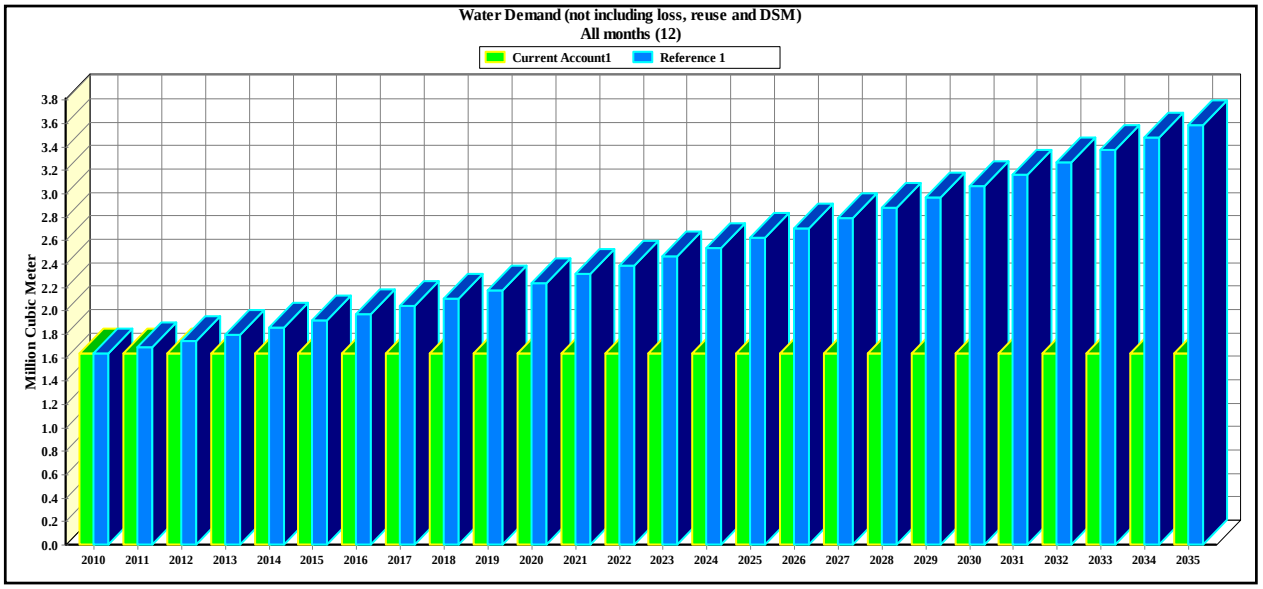


الشكل (6-3). نموذج السنة المائية للفترة المدروسة ضمن برنامج WEAP21

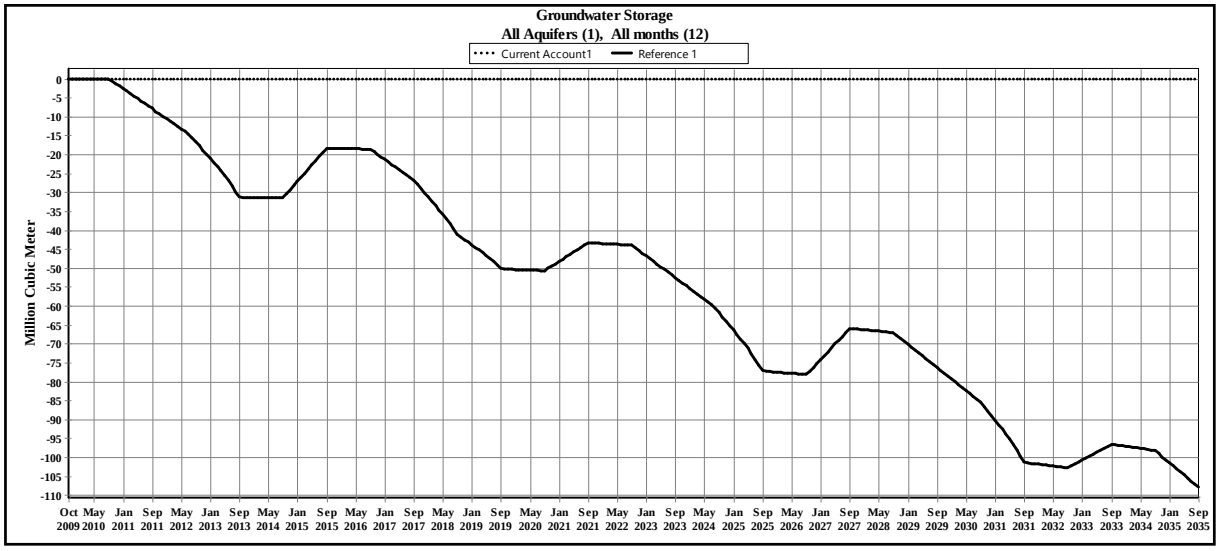
6-1-3. نتائج السيناريو المرجعي Results of Reference Scenario

بيّن السيناريو المرجعي عدة نقاط أساسية، وهي:

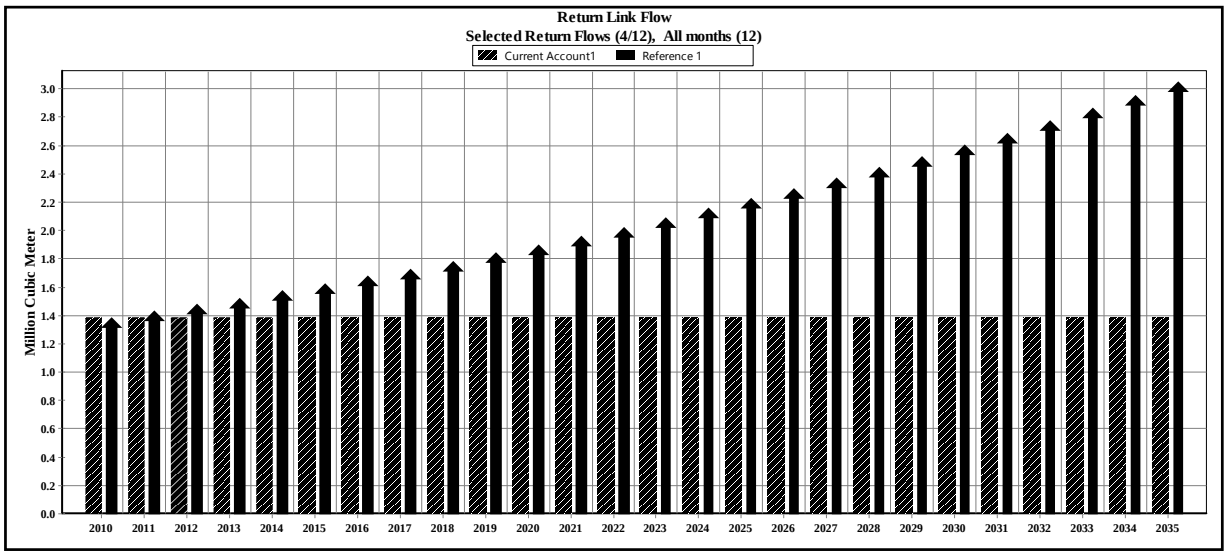
- زيادة الطلب على المياه في التجمعات السكانية (C_1, C_2, C_3, C_4)، فقد ازداد من (1.63 MCM) في سنة الأساس إلى (3.59 MCM) في سنة 2035، وهذا تبعاً لزيادة عدد السكان مع ثبات احتياج الفرد (26 m^3/year)، ويبين الشكل (6-4) المقارنة بين السيناريو المرجعي والسنة المرجعية (Current Account 1) من حيث الطلب على المياه.
- تناقص مخزون المياه الجوفية بسبب زيادة عدد السكان، والاعتماد على المياه الجوفية بشكل كامل في تلبية احتياجات الشرب والاستخدام المنزلي، ومن جهة أخرى بسبب تتالي السنوات الجافة التي تنعكس بشكل سالب على تغذية المياه الجوفية، وبالتالي بلغ مقدار نقص مخزون المياه الجوفية في نهاية الفترة المدروسة 108 MCM، ويبين الشكل (6-5) تناقص مخزون المياه الجوفية خلال الفترة المدروسة نسبةً للسنة المرجعية.
- سبّب نمو عدد السكان زيادة حجم الصرف الصحي باتجاه وادي الرقاد، حيث حقق زيادة في نهاية الفترة المدروسة بمقدار 1.66 MCM، الشكل (6-6)، وقد أدّى هذا إلى زيادة في تخزين السدود.
- ارتفاع مخزون السدود خلال السنوات الرطبة وانخفاضه بشكل واضح خلال السنوات الجافة، الشكل (6-7).
- رافق انخفاض الوارد السطحي للسدود في السنوات الجافة عجز في تلبية طلب النقاط الزراعية المعتمدة على السدود، الشكل (6-8)، فقد بلغت ذروة العجز 21.12 MCM عام 2013، وبدأت هذه القيمة بالتراجع بشكل ضئيل في السنوات الجافة التالية نظراً لزيادة مخزون السدود تبعاً لنمو السكان الناتج عنه زيادة راجع الصرف الصحي.



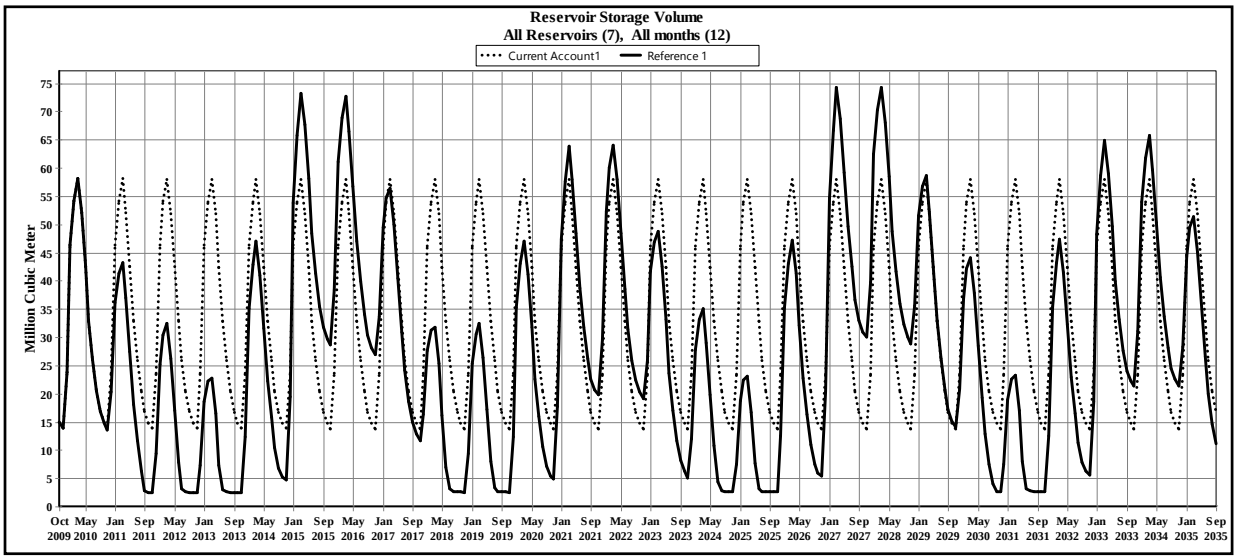
الشكل (6-4). ازدياد الطلب على المياه في التجمعات السكانية خلال الفترة المدرسة وفق السيناريو المرجعي بالنسبة للسنة المرجعية



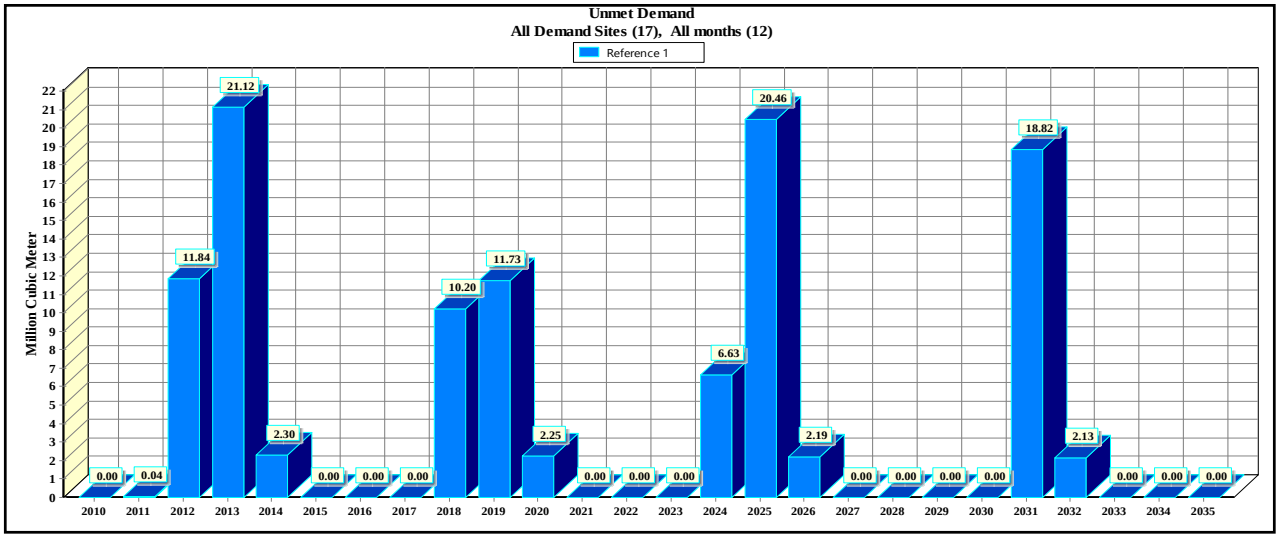
الشكل (6-5). مقارنة مخزون المياه الجوفية خلال الفترة المدروسة وفق السيناريو المرجعي مع السنة المرجعية



الشكل (6-6). مقارنة حجم الصرف الصحي خلال الفترة المدروسة وفق السيناريو المرجعي مع السنة المرجعية



الشكل (6-7). مقارنة مخزون السدود خلال الفترة المدروسة وفق السيناريو المرجعي مع السنة المرجعية



الشكل (6-8). مقدار العجز الحاصل في نقاط الطلب الزراعية خلال الفترة المدروسة وفق السيناريو المرجعي

6-2. بناء السيناريوهات Scenarios Build

تُوضع السيناريوهات بناءً على ثلاثة أسس، وهي الكمية أوالنوعية أوالكلفة أو جميعها معاً، وفي ظل تحليل النتائج من حيث التغيرات الحاصلة على كميات المياه المقدمة والمطلوبة، وضمن العوامل الموجودة والرؤية المستقبلية، ومع اعتبار أن السيناريو المرجعي المفروض هو نقطة الانطلاق صيغت السيناريوهات وفق ما سيرد في الفقرات الواردة أدناه.

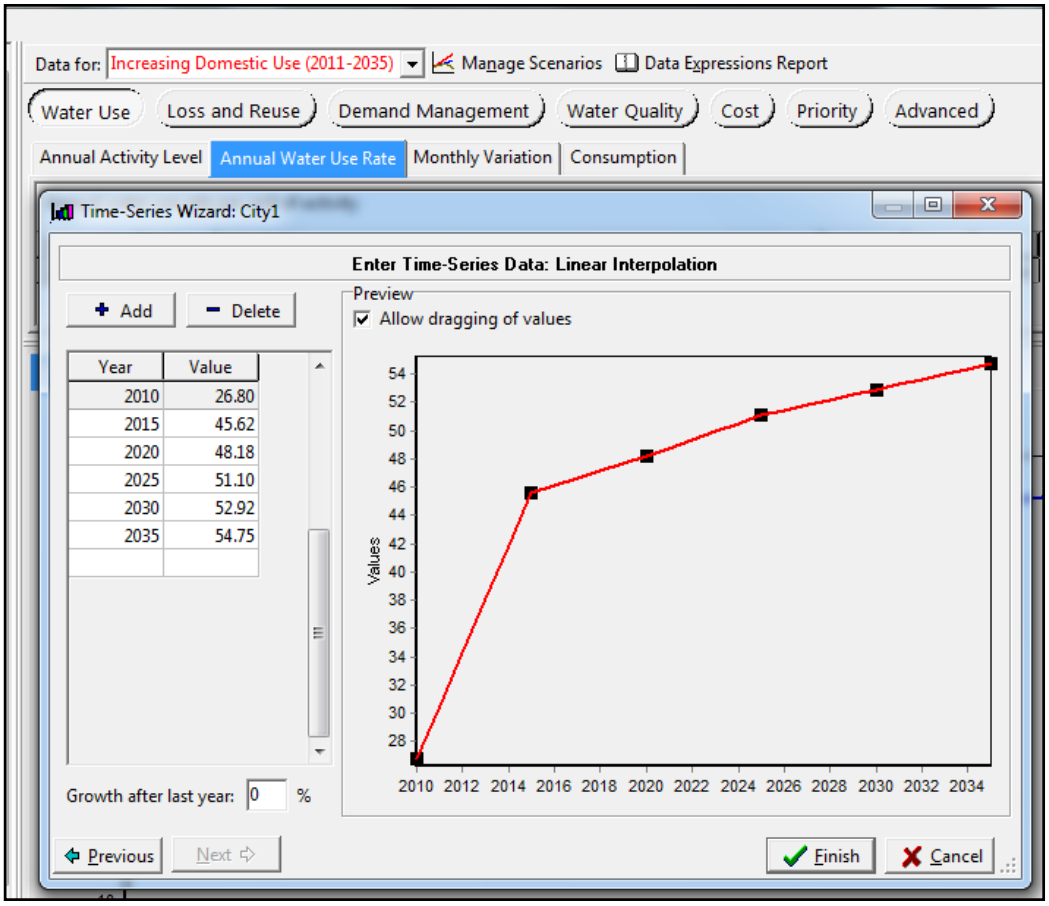
6-2-1. سيناريو ازدياد معدل احتياج الفرد Increasing Domestic Use

6-2-1-1. فرضيات سيناريو ازدياد معدل احتياج الفرد:

بينت دراسات مؤسسة مياه الشرب في القنيطرة أن معدل استهلاك الفرد للمياه عام 2014 وصل إلى 125 l/day بعد أن كان 72 l/day عام 2010، وتبعاً للتطورات الاجتماعية والاقتصادية، فإن معدل استهلاك الفرد بارتفاع، وبناءً عليه فُرض أن معدل استهلاك الفرد سيكون عام 2035 150 l/day وأن معدل الاستهلاك سيزداد تدريجياً خلال فترة الدراسة وفق الشكل (6-9)، والجدول (6-2).

الجدول (6-2). استهلاك الفرد التدريجي خلال الفترة المدروسة

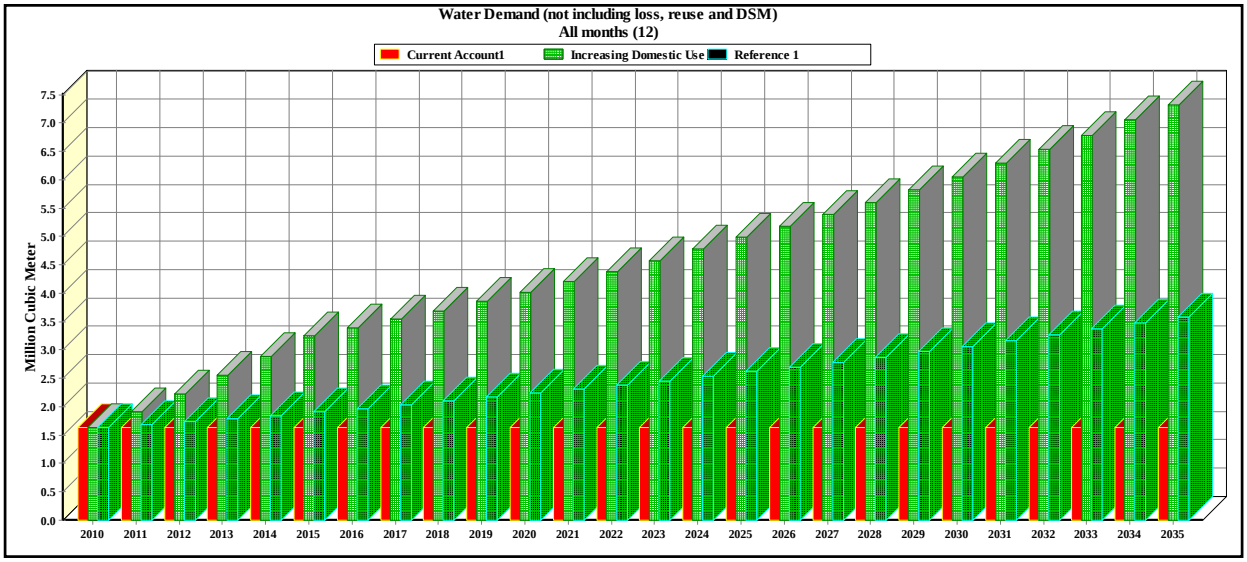
السنة	استهلاك الفرد l/day	استهلاك الفرد m^3/year
2010	72	26.28
2015	125	45.62
2020	132	48.18
2025	140	51.10
2030	145	52.92
2035	150	54.75



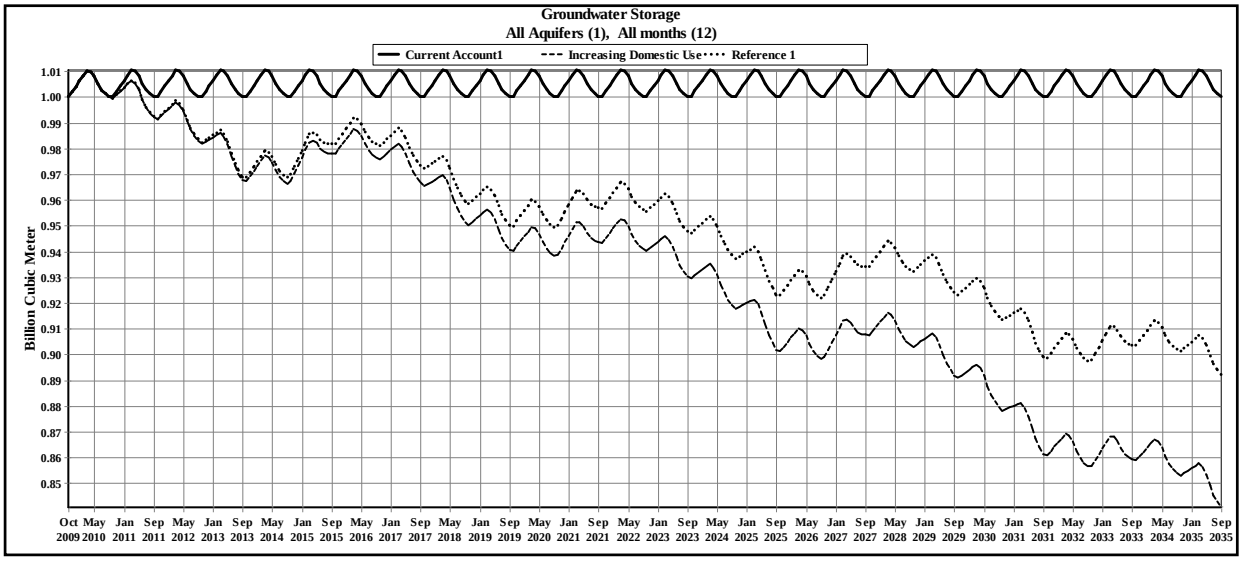
الشكل (6-9). تدرج استهلاك الفرد في برنامج WEAP21

6-2-1-2. نتائج سيناريو ازدياد معدل استهلاك الفرد

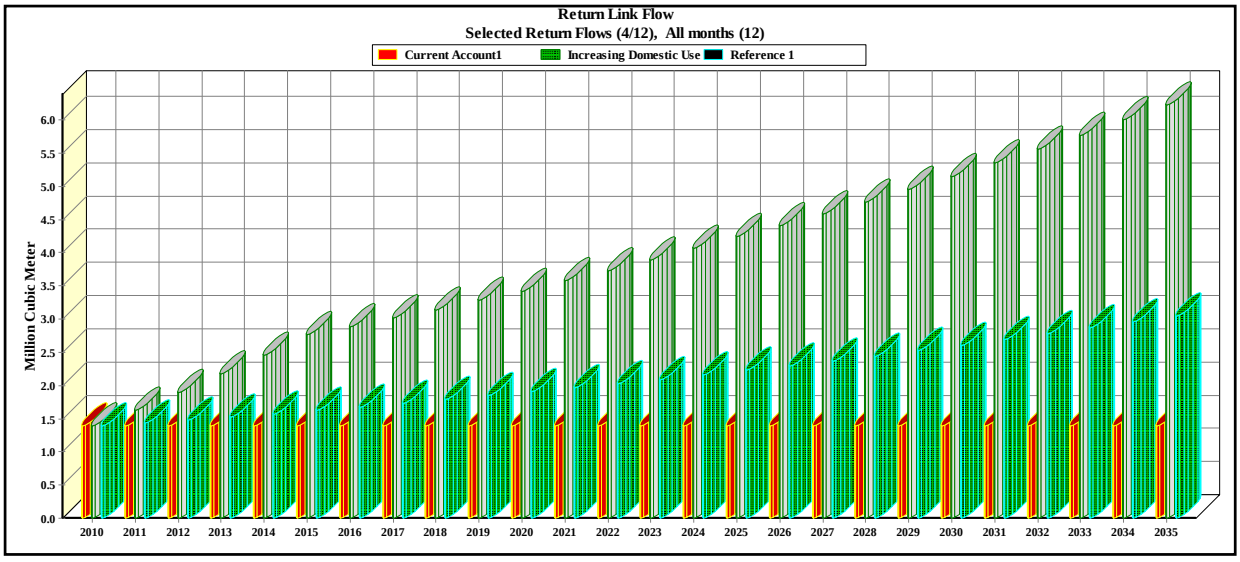
- زيادة الطلب على المياه في التجمعات السكانية (C_1, C_2, C_3, C_4)، فقد حقق زيادة عن السيناريو المرجعي بمقدار (3.74 MCM) في سنة 2035 وهذا تبعاً لزيادة عدد السكان مع زيادة احتياج الفرد، ويبين الشكل (6-10) المقارنة بين السنة المرجعية والسيناريو المرجعي والحالي، من حيث الطلب على المياه.
- يُلاحظ من الشكل (6-11) وجود هبوط في مخزون المياه الجوفية (استنزاف) بسبب زيادة السحب من الآبار، حيث انخفض حجم التخزين الأساسي لآبار المياه الجوفية بمقدار 159.65 MCM خلال الفترة المدروسة.
- زيادة كمية الراجع إلى النهر من التجمعات السكانية فقد بلغ في نهاية فترة الدراسة 6.23 MCM بعد أن كان 3.05 MCM في السيناريو المرجعي، الشكل (6-12)، وقد أدى هذا إلى تحقيق زيادة في تخزين السدود، ويبين الشكل (6-13) الزيادة الحاصلة في تخزين السدود نسبةً للسيناريو المرجعي.



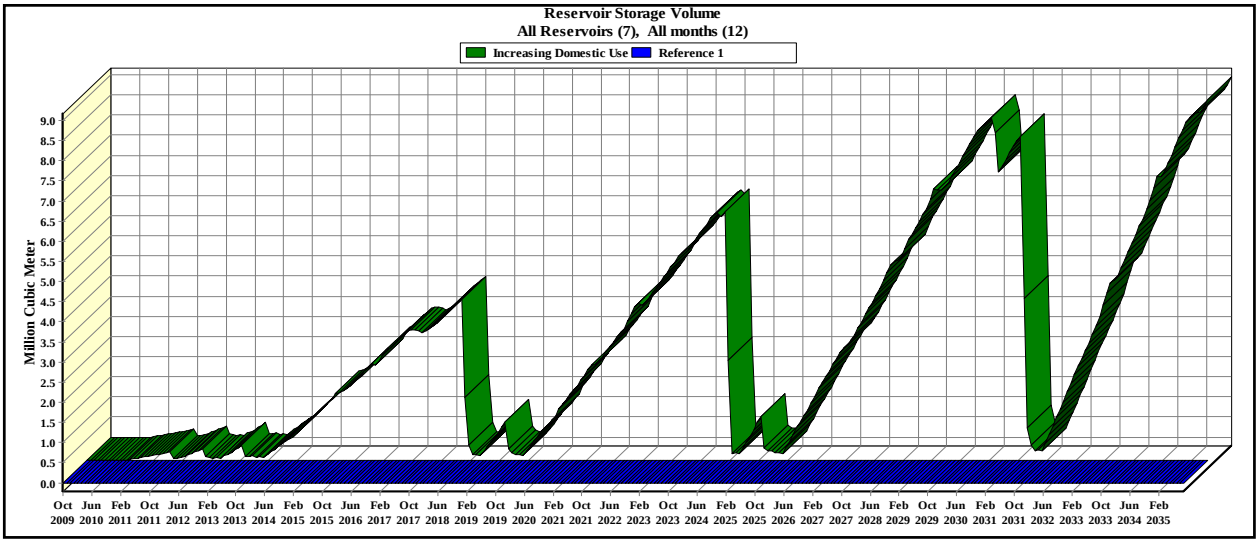
الشكل (6-10). مقارنة الطلب على المياه في التجمعات السكانية بين السنة المرجعية والسيناريو المرجعي والوضع الراهن



الشكل (6-11). مقارنة مخزون المياه الجوفية بين السنة المرجعية والسيناريو المرجعي والوضع الراهن



الشكل (6-12). مقارنة كمية الراجع من التجمعات السكانية بين السنة المرجعية والسيناريو المرجعي والوضع الراهن



الشكل (6-13). الزيادة في حجم تخزين السدود ضمن سيناريو زيادة معدل احتياج الفرد نسبةً للسيناريو المرجعي

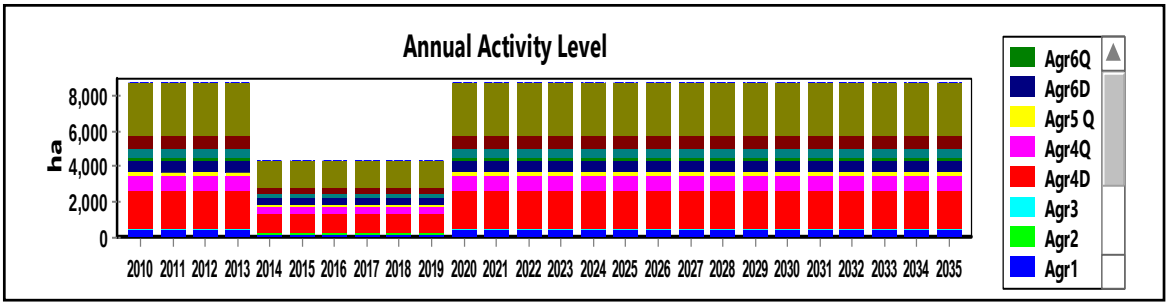
6-2-2. سيناريو تأثير الأزمات (الهجرة القسرية) Forced Migration

6-2-2-1. فرضيات سيناريو تأثير الأزمات (الهجرة القسرية)

بسبب بدء تأثير الأزمة السورية في منطقة الدراسة مع نهاية عام 2013، انخفض عدد السكان في المنطقة المدروسة إلى النصف تقريباً بسبب الهجرة القسرية منها، كما انخفضت مساحة الأراضي المزروعة إلى 50%، الشكل (6-14)، وبفرض انتهاء الأزمة في المنطقة بحلول عام 2020 تبدأ عودة السكان بشكل طبيعي مع الحفاظ على زيادة معدل استهلاك الفرد للمياه خلال كامل فترة الدراسة، يوضح الجدول (6-3) كيفية تأثر عدد السكان ضمن هذا السيناريو:

الجدول (6-3). عدد السكان وفق سيناريو الهجرة القسرية

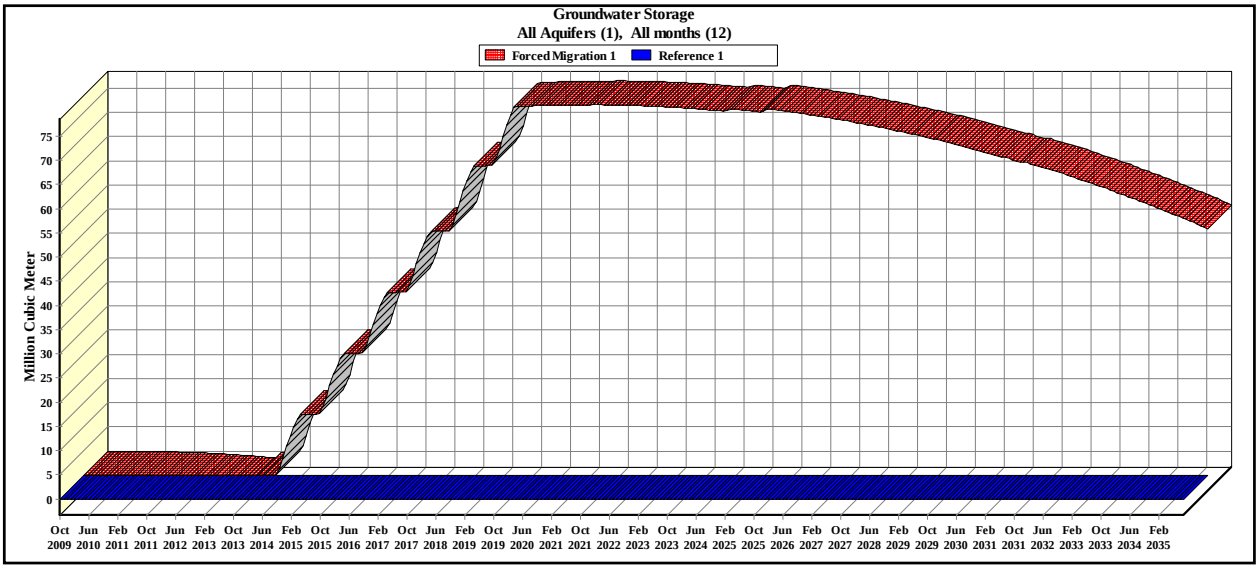
السنة	عدد السكان			
	$City_1$	$City_2$	$City_3$	$City_4$
2010	45300	6300	5000	4300
2013	49789	6942	5495	4726
2014	24900	3462	2747	2363
2020	29880	4154	3296	2835
2035	99561	13846	10989	9450



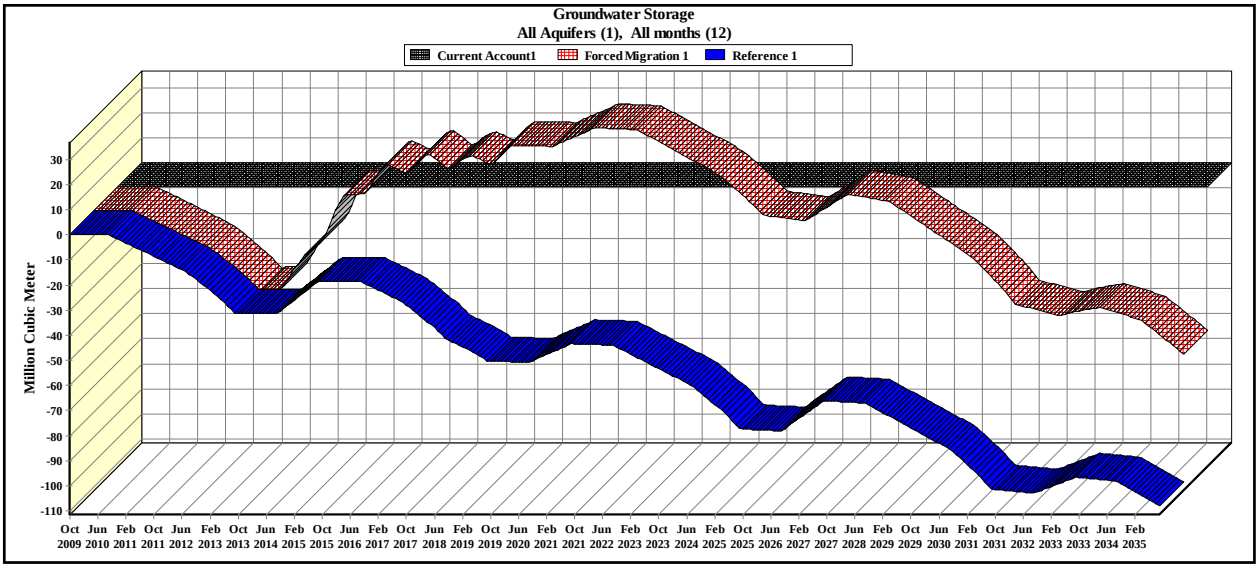
الشكل (6-14). مساحة الأراضي الزراعية وفق سيناريو الهجرة القسرية

6-2-2-2. نتائج سيناريو تأثير الأزمات (الهجرة القسرية)

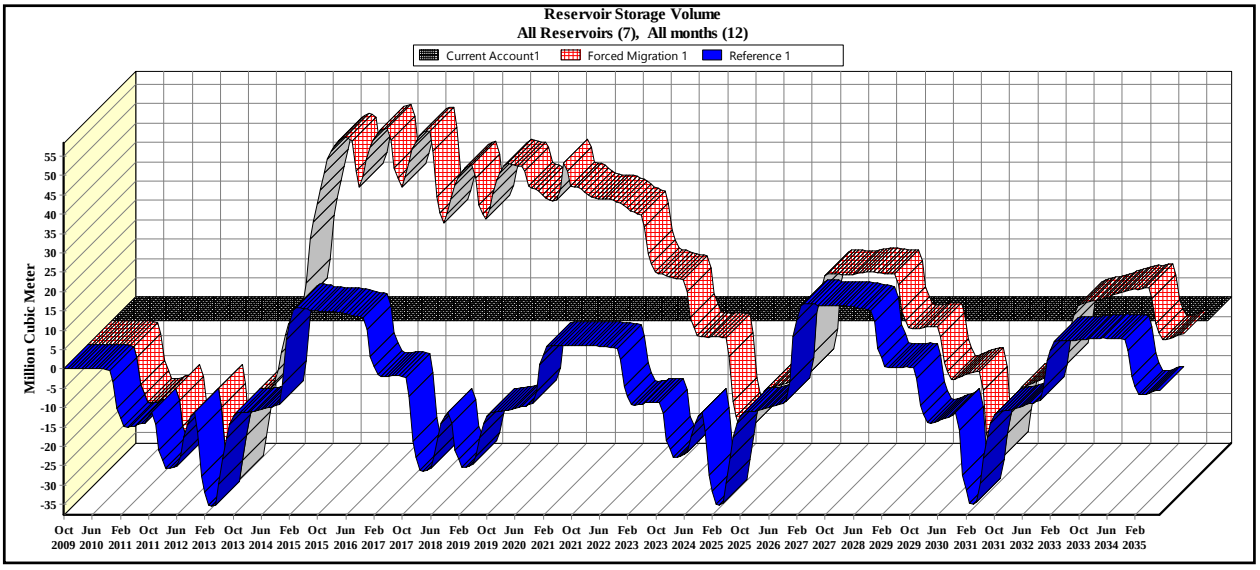
- ازداد مخزون المياه الجوفية خلال سنوات الهجرة، فقد وصل مقدار الزيادة إلى 76.54 MCM نسبةً للسيناريو المرجعي، ثم بدأ بالتناقص بعد نهاية الأزمة، وإعادة السحب منها بشكل أكبر بسبب عودة السكان وتنمية المنطقة، إلا أنها استمرت في تحقيق ارتفاع عن السيناريو المرجعي في نهاية الفترة المدروسة، الشكل (6-15)، لكن بالمقارنة مع السنة المرجعية فقد انخفض محزون المياه الجوفية في نهاية الفترة المدروسة بمقدار 57.14 MCM وذلك بسبب التأثر بسنوات الجفاف، الشكل (6-16).
- ازداد تخزين السدود خلال سنوات الأزمة بشكل كبير حيث وصل بعضها إلى حد الفيضان، وذلك بسبب انخفاض المساحات المروية منها، ثم عاد ليقل بعد انتهاء الأزمة ولكن مع المحافظة على ارتفاع في التخزين عن السيناريو المرجعي، كذلك حققت السدود أعلى زيادة عن التخزين في السنة المرجعية خلال شهر تشرين الثاني 2016 بمقدار 56.05 MCM، الشكل (6-17).
- ارتفاع تصاريف الجريان باتجاه الأردن خلال سنوات الأزمة، فقد ازداد التصريف عام 2016 بمقدار 0.42 m^3/Sec عن السنة المرجعية، الشكل (6-18).



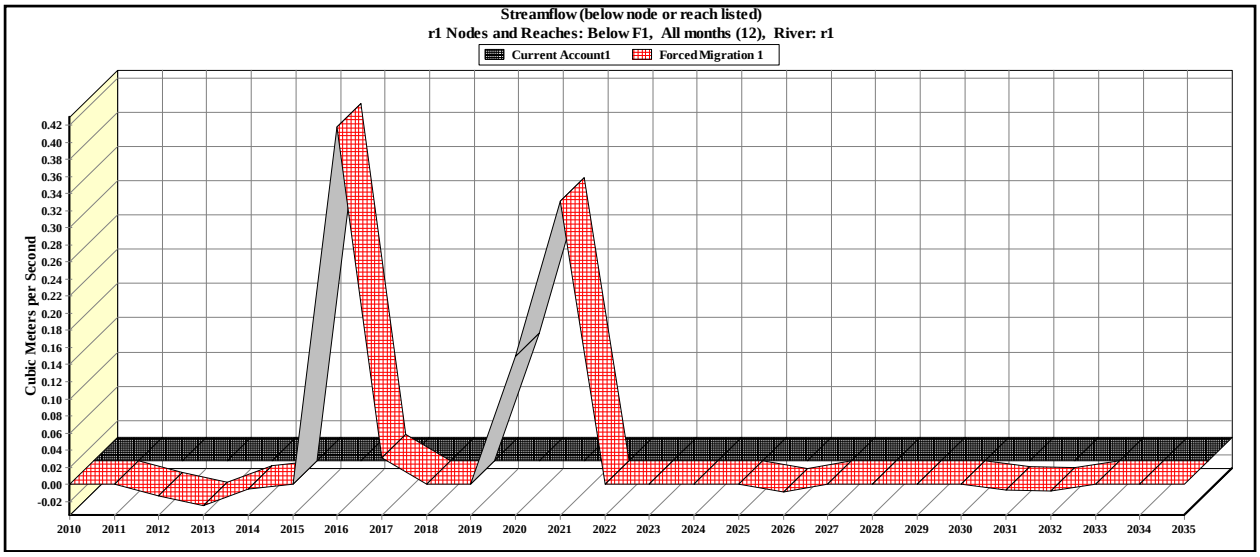
الشكل (6-15). الزيادة في مخزون المياه الجوفية وفق سيناريو الهجرة القسرية نسبةً للسيناريو المرجعي



الشكل (6-16). مخزون المياه الجوفية في سيناريو الهجرة القسرية والسيناريو المرجعي نسبةً للسنة المرجعية



الشكل (6-17). تخزين السدود في سيناريو الهجرة القسرية والسيناريو المرجعي نسبةً للسنة المرجعية



الشكل (6-18). تصاريف الجريان باتجاه الأردن في سيناريو الهجرة القسرية نسبةً للسنة المرجعية

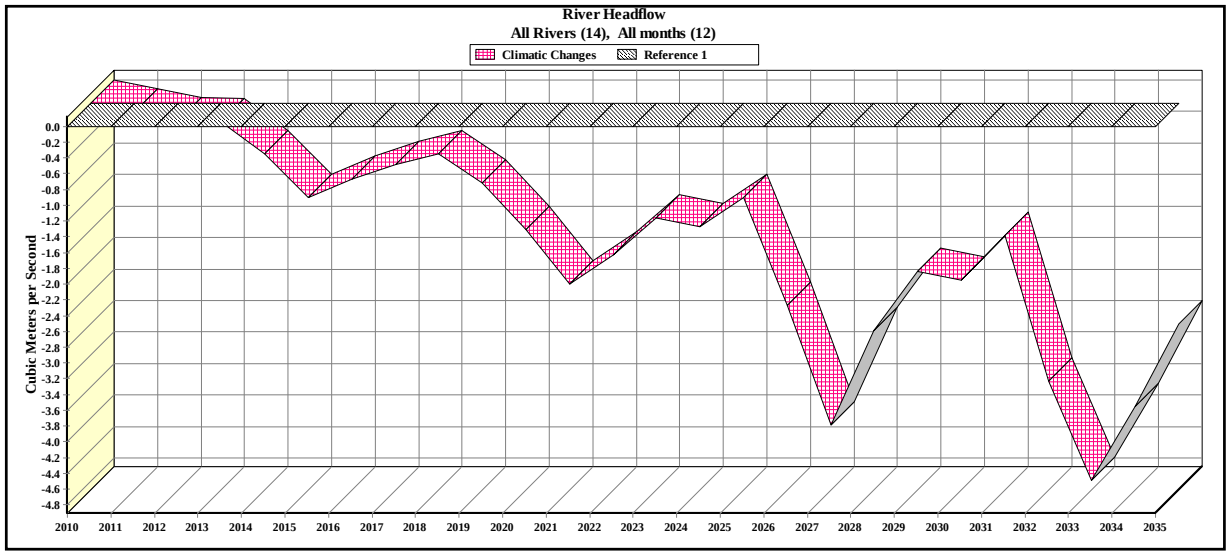
6-2-3. سيناريو التغيرات المناخية Climatic Changes

أشار التقرير الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، والذي يرجح ازدياد درجات الحرارة في المنطقة العربية إلى امكانية انخفاض الموارد المائية بنسبة (10-30%) بحلول عام 2020 في المناطق الجافة من المنطقة العربية، وتزايد حدة الجفاف، وحوادث تساقط الأمطار ذات الشدات العالية التي تتسبب في حدوث الفيضانات، كما يتوقع زيادة مقننات الري، وانخفاض الانتاج الزراعي إلى النصف.

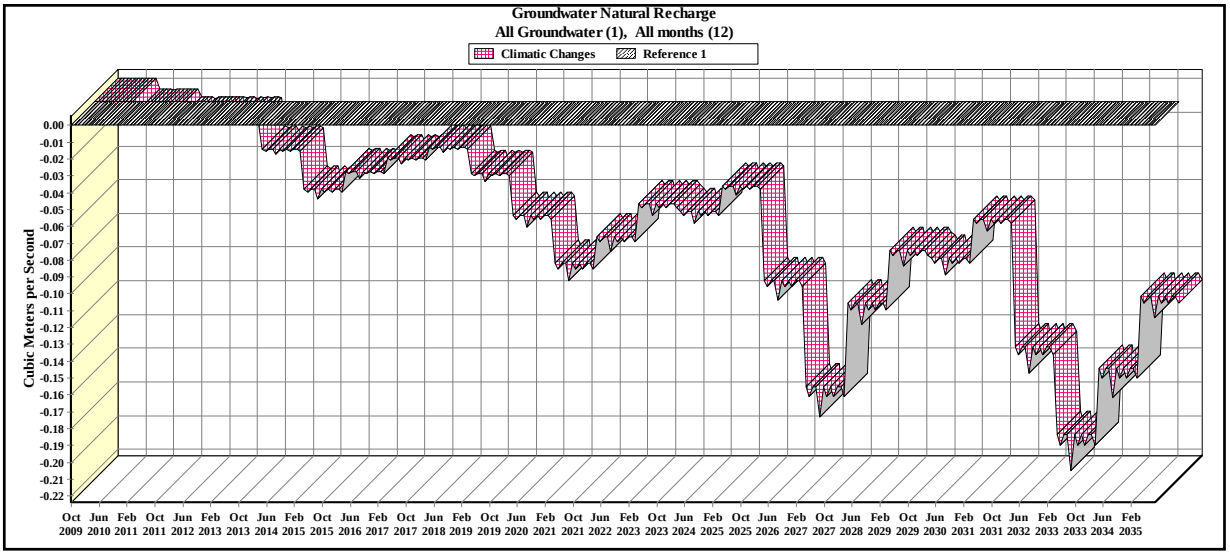
6-2-3-1. فرضيات سيناريو التغيرات المناخية

على ضوء التقرير السابق فُرض الآتي:

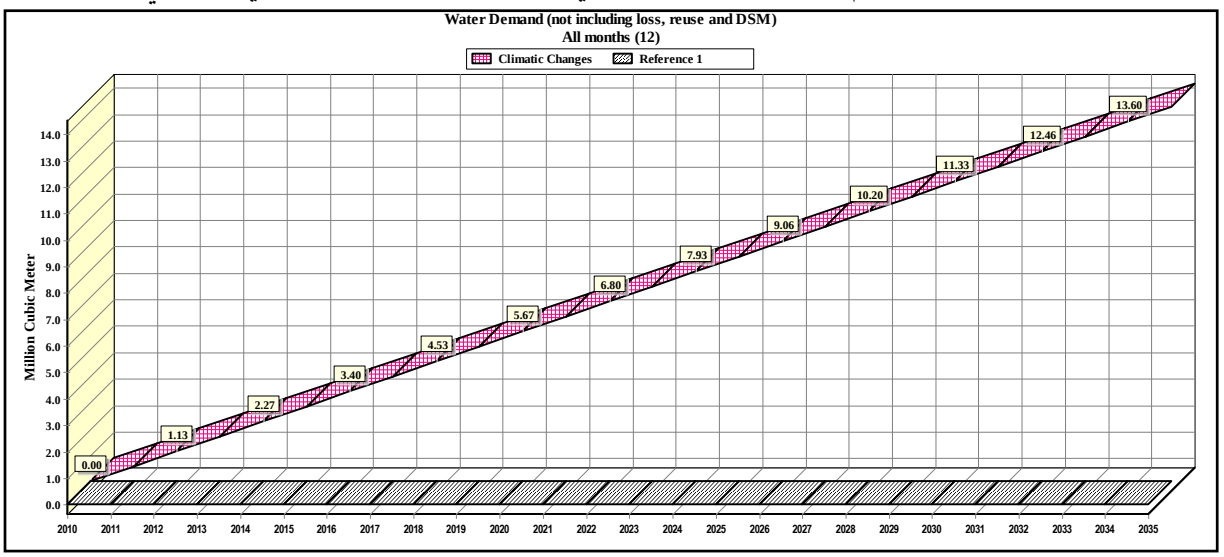
- تناقص الأمطار بشكل تدريجي بمقدار 20% على كامل فترة الدراسة، وهذا سينعكس على الواردات السطحية (تصاريف الوادي وروافده)، الشكل (6-19)، وعلى التغذية الطبيعية لطبقة المياه الجوفية بالتناقص أيضاً، الشكل (6-20).
- يقابل هذه التغيرات زيادة احتياج الأراضي الزراعية للمياه، وبالتالي زيادة الطلب على المياه لأغراض الري، وقد قُدرت هذه الزيادة بنسبة 20% على كامل فترة الدراسة، ويبين الشكل (6-21) زيادة احتياج الأراضي الزراعية من المياه نسبةً للسيناريو المرجعي.



الشكل (6-19). تصاريف الرقاد وروافده وفق سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي



الشكل (6-20). حجم التغذية الجوفية وفق سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي

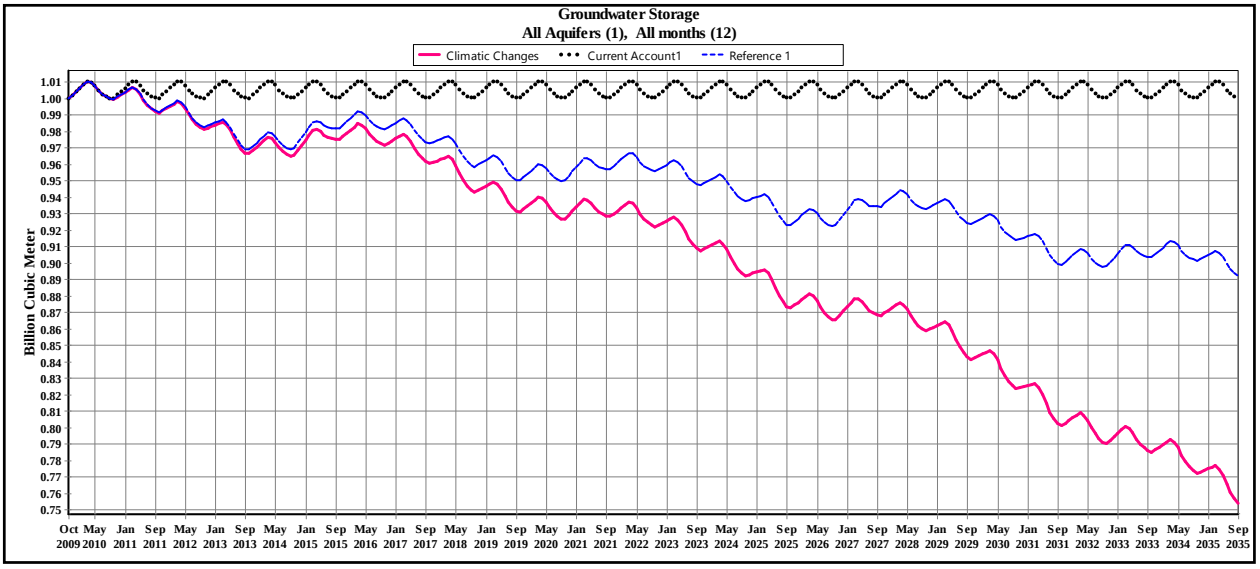


الشكل (6-21). الزيادة في احتياج الأراضي الزراعية في سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي

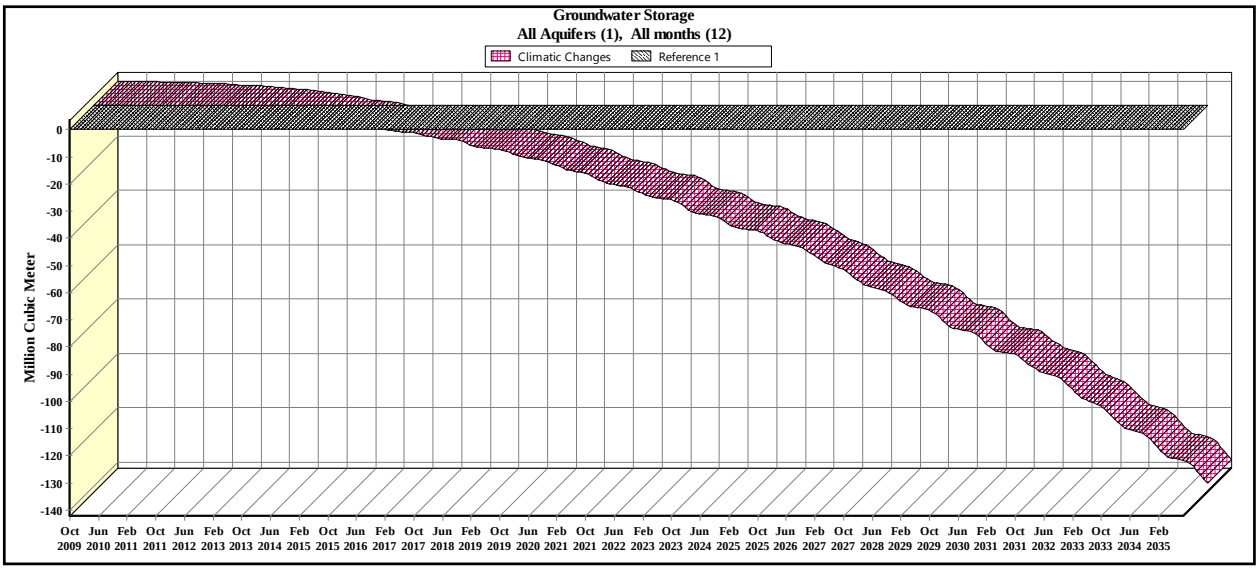
6-2-3-2. نتائج سيناريو التغيرات المناخية

- هبوط مخزون طبقة المياه الجوفية خلال فترة الدراسة بسبب تناقص معدل التغذية باستمرار، الشكل (6-22)، حيث بلغت كمية النقص في نهاية الفترة المدروسة نسبةً للسيناريو المرجعي 138.77 MCM، الشكل (6-23).
- تناقص مخزون السدود تبعاً لتناقص الواردات المائية، وزيادة الطلب الزراعي عليها، حيث يبين الشكل (6-24) أن أقل كمية تخزين كانت في عام 2031، أما الشكل (6-25) فيبين تغير حجم تخزين السدود نسبةً للسيناريو المرجعي، وقد بلغت أكبر كمية نقص في التخزين عن السيناريو المرجعي 32.90 MCM في شهر أيار 2029.

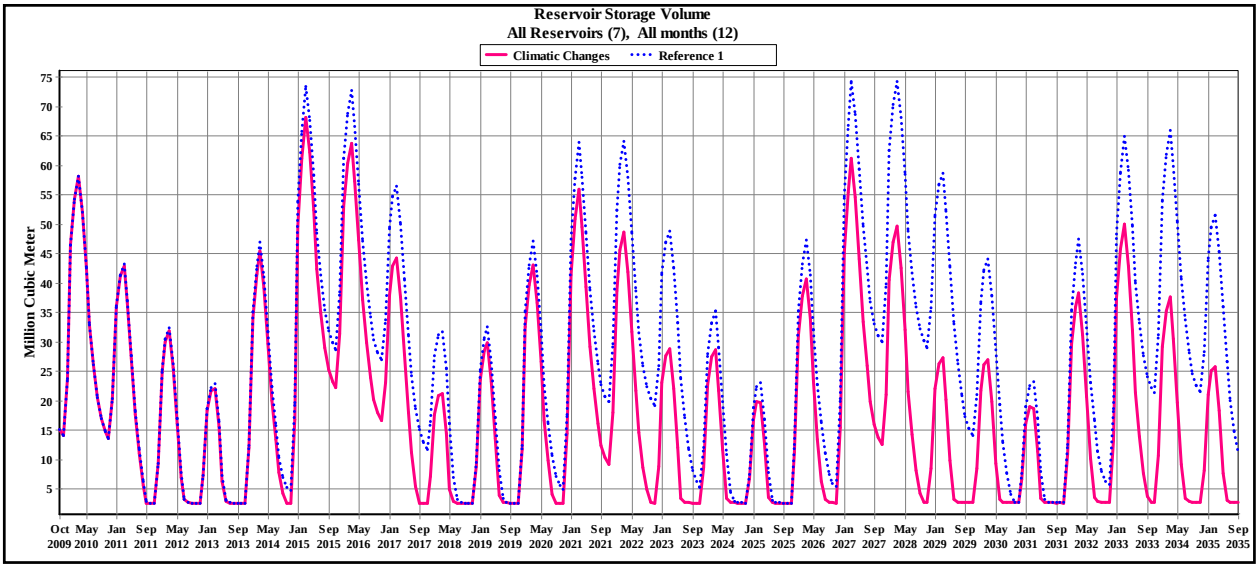
- ظهور عجز في تحقيق طلب الأراضي الزراعية، حيث وصلت أعلى قيمة للعجز 31.08 MCM عام 2031 مقابل أقل تخزين في السدود في ذلك العام، حيث صادف هذا العام السنة المائية الأكثر جفافاً (Very Dry)، مع وجود انخفاض كبير في الوارد للسدود، الشكل (6-26).
- انخفاض تصاريف الجريان باتجاه الأردن، الشكل (6-27).



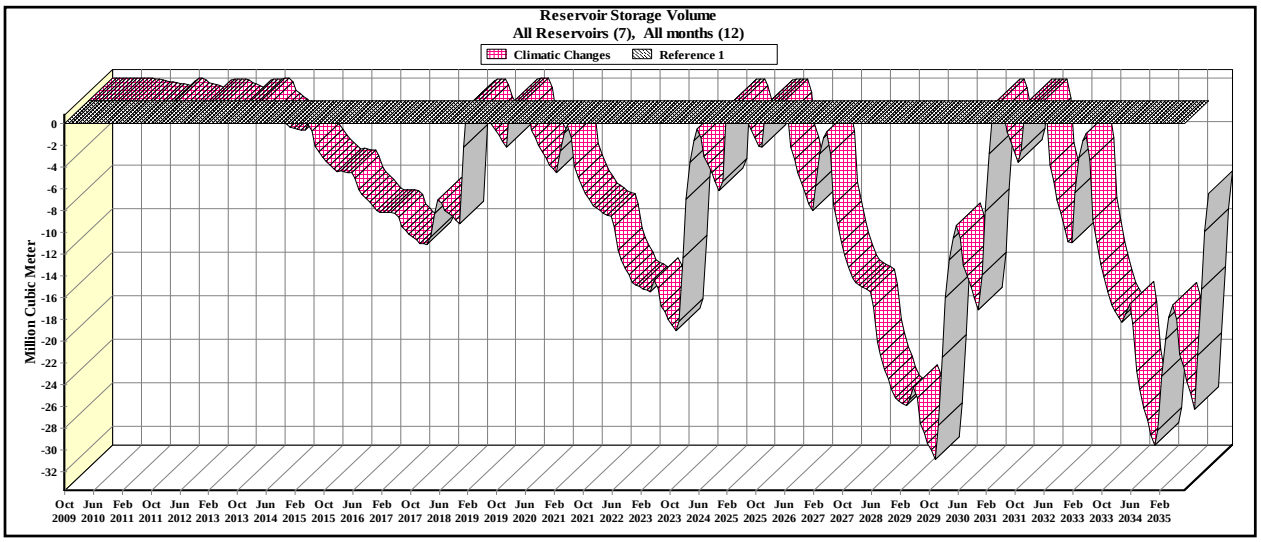
الشكل (6-22). مقارنة مخزون المياه الجوفية بين السنة المرجعية و السيناريو المرجعي و سيناريو التغيرات المناخية



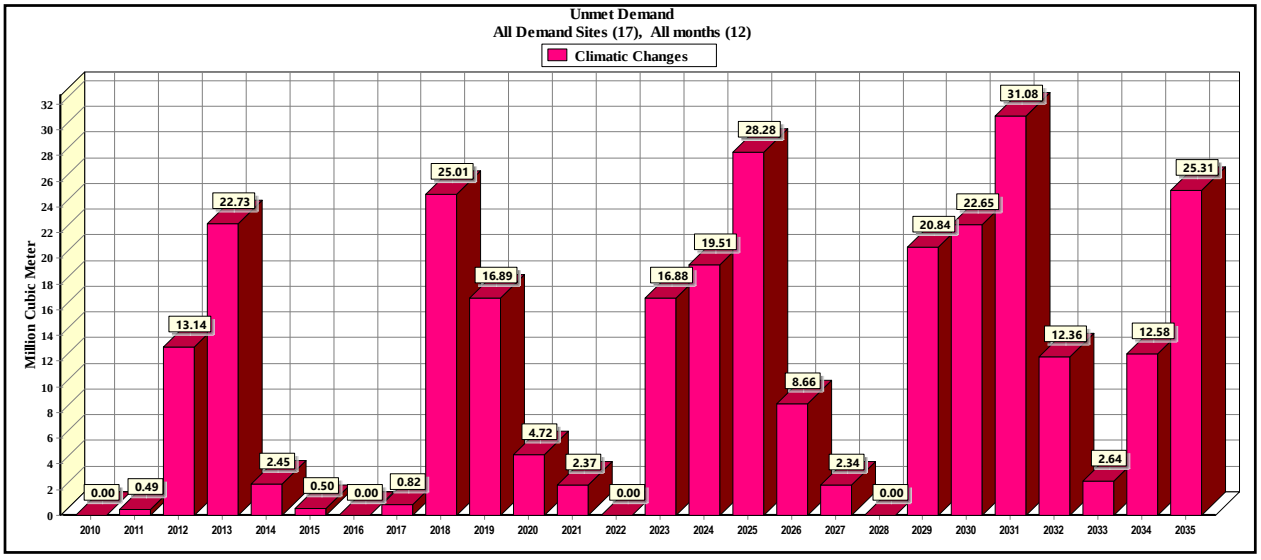
الشكل (6-23). حجم المياه الجوفية في سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي



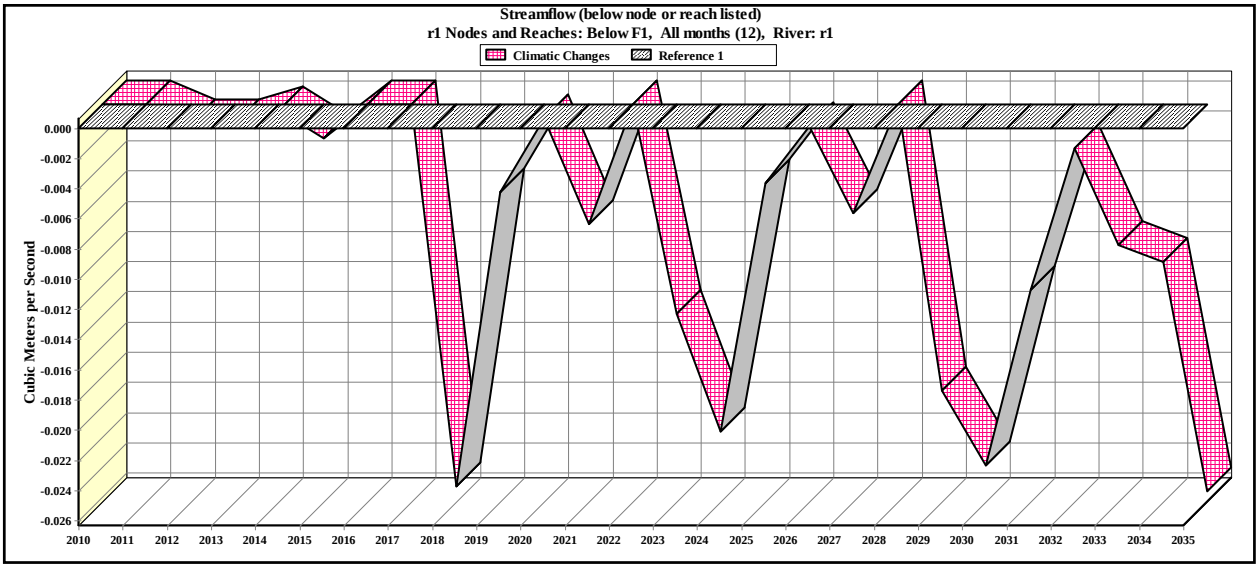
الشكل (6-24). مقارنة مخزون السدود بين السيناريو المرجعي و سيناريو التغيرات المناخية



الشكل (6-25). حجم تخزين السدود في سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي



الشكل (6-26). حجم العجز في تلبية طلب النقاط الزراعية في سيناريو التغيرات المناخية



الشكل (6-27). التصاريف باتجاه الأردن في سيناريو التغيرات المناخية نسبةً للسيناريو المرجعي

6-3. النتائج والمقترحات Results and Suggestion

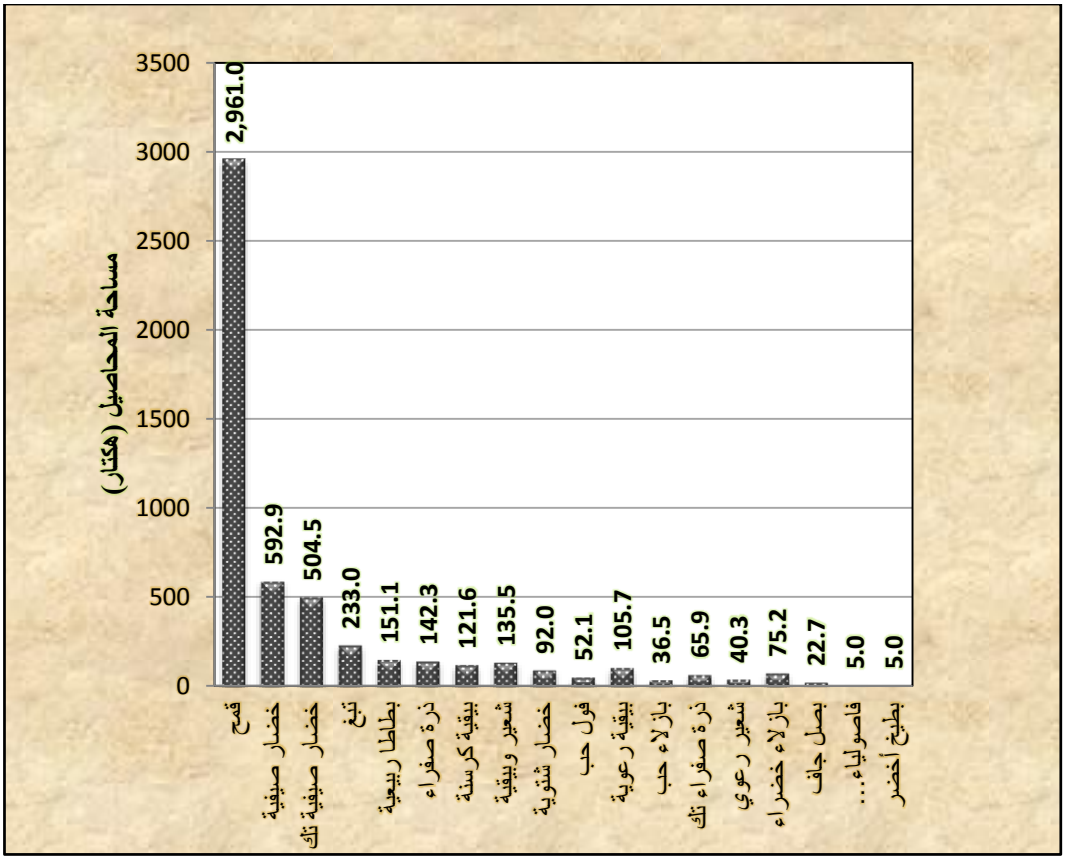
- تمثل الزيادة في تخزين السدود، ونقص مخزون المياه الجوفية النتائج الأساسية للسيناريو المرجعي وسيناريو ازدياد معدل استهلاك الفرد، وسيناريو الهجرة القسرية، ويمكن ازاء ذلك اتخاذ الإجراءات الآتية:
  - ❐ إدارة متكاملة للسدود بشكل يُحافظ فيه على كامل الوارد ضمن شبكة السدود، وذلك عن طريق تغيير أولوياتها، بحيث يتم ملء السدود الفارغة أو تغطية نقاط الطلب التابعة لها.
  - ❐ إذا تحقق تخزين جميع السدود يمكن تنمية الموارد المائية عن طريق:
    - ✓ بناء سدود جديدة اذا توافرت الظروف المناسبة لذلك.
    - ✓ ويمكن أيضاً اجراء ما يُسمى بالشحن الصناعي للمياه الجوفية، ولكن يجب في هذه الحالة أخذ عامل التلوث بعين الاعتبار، فإذا كانت نوعية المياه مطابقة للمواصفات، يتم ضخ المياه الفائضة عن حاجة السدود إلى آبار تُحفر بالقرب من السدود، وذلك للمحافظة على مخزون المياه الجوفية من الاستنزاف، وتتطلب عملية الشحن الصناعي اجراء سبور مكثفة في منطقة حفر الآبار لضمان عدم وجود اتصال جوفي بينها، وبين الجزء المحتل من الحوض، أو بين الدول المجاورة.
  - ❐ الاعتماد على المياه المخزنة في سد المنطرة لتأمين الشرب كونها تخلو من تلوث الصرف الصحي، لتقليل السحب من طبقة المياه الجوفية.
- بالنسبة لسيناريو التغيرات المناخية، تمثلت نتائجه بشكل أساسي بنقص مخزون السدود، وظهور عجز كبير في تلبية طلب النقاط الزراعية التابعة للسدود، بالإضافة إلى نقص مخزون المياه الجوفية المترافق مع زيادة عدد السكان ضمن السيناريو المرجعي، ويمكن اتخاذ ازاء ذلك ما يأتي:
  - ❐ الاعتماد على المحاصيل الشتوية، ووضع خطة لبدء التقليل من المحاصيل الصيفية.
  - ❐ فرض مخزون استراتيجي لكل سد بحيث يضمن عدم تفريغ السد بشكل كامل.

- فرض قيود على حفر الآبار للتقليل من الاستخدام العشوائي للمياه الجوفية، والمحافظة على المخزون الجوفي لأطول مدة ممكنة.

6-3-1. سيناريو التحكم بالدورة الزراعية، وتغيير أولويات تخزين السدود

Agriculture Cycle and Demand Priorities

الغاية من هذا السيناريو حل مشكلة العجز الزراعي الموجودة في السيناريو المرجعي، لذا تم الاستغناء عن زراعة بعض المحاصيل الصيفية المستهلكة للمياه خلال أشهر الصيف الحارة، وبذلك تم تخفيض مساحة المحاصيل المزروعة على زمام المياه السطحية (السدود)، وزيادة نسب زراعة بعض المحاصيل الأخرى، وأدى هذا إلى خفض اجمالي الاحتياج من السدود، وإلى خفض إجمالي مساحة المحاصيل في الحوض بنسبة 21.4% من مساحة المحاصيل المزروعة في السنة المرجعية، الشكل (6-28)، ويبين الجدول (6-4) مساحات نقاط الطلب الزراعية، وحجم الاحتياج الكلي وفق السيناريو الحالي المفروض، بالإضافة إلى خفض قيمة أهمية تخزين السدود عما كانت عليه في السنة المرجعية.

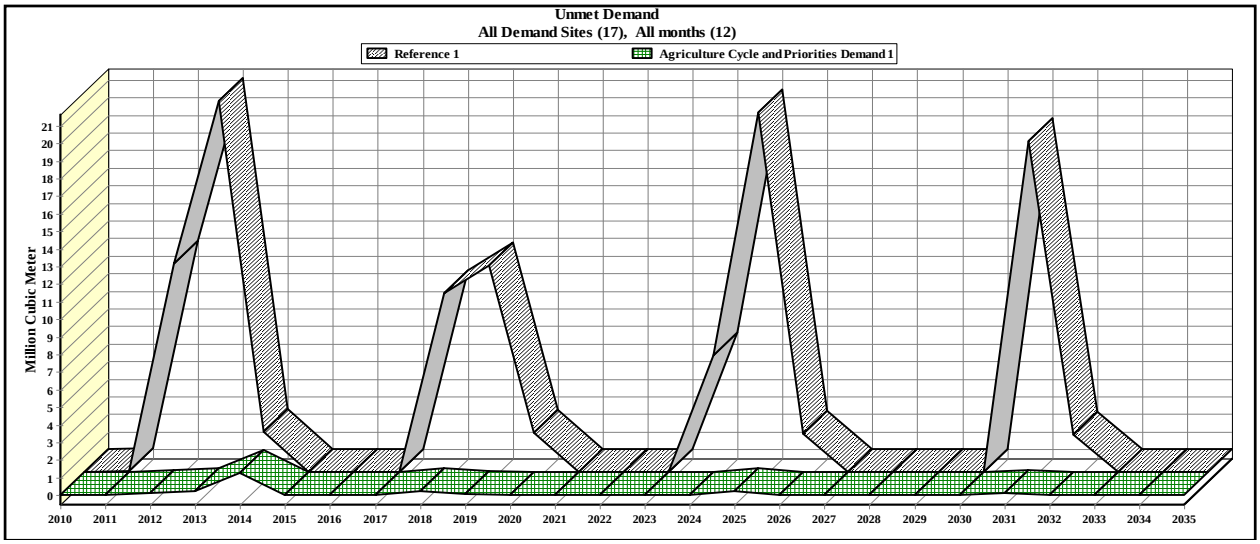


الشكل (6-28). مساحة الأراضي الزراعية حسب المحاصيل في الحوض ضمن سيناريو التحكم بالدورات الزراعية، وتغيير أولويات تخزين السد

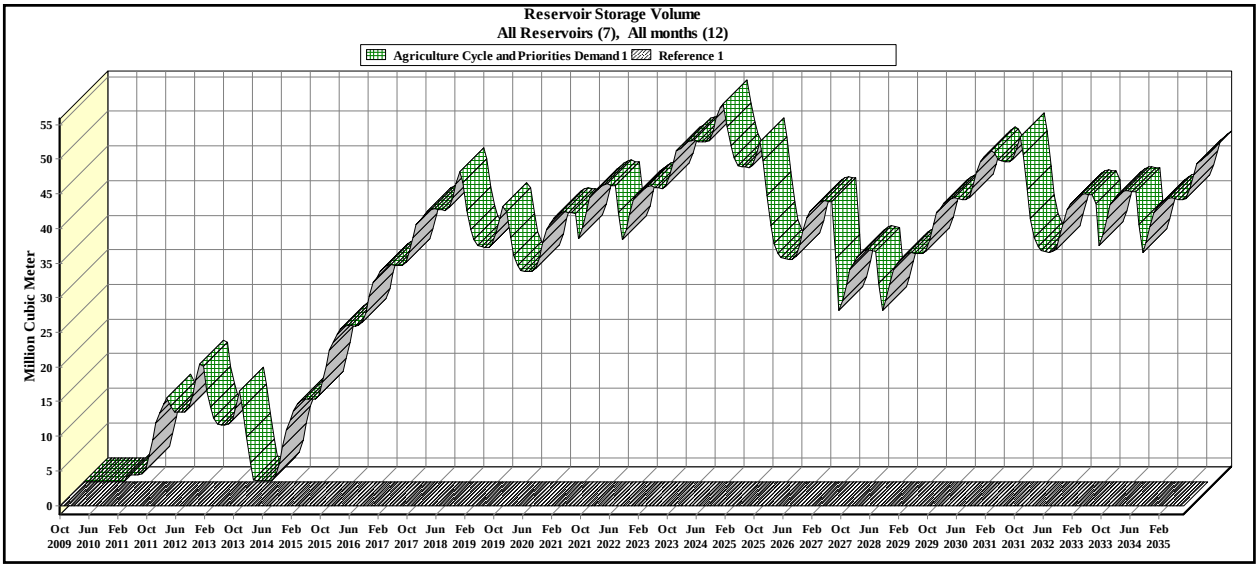
الجدول (6-4). مساحة نقاط الطلب الزراعية واحتياجها ضمن سيناريو التحكم بالدورة الزراعية وتغيير اولويات التخزين

المصدر	اسم النقطة في نموذج WEAP21	المساحة [ha]	اجمالي الاحتياج المائي [MCM/year]
سد المنطرة	Agr1	227	1.59
سد رويحينة	Agr2	66	0.44
سد بريقة	Agr3	109	1.80
سد كودنة	Agr4D	1658	11.52
	Agr4Q	578	3.2
سد غدير البستان	Agr5D	436	4.02
	Agr5Q	159	1.3
سد الرقاد	Agr6D	565	3.95
	Agr6Q	100	0.67
سد عابدين	Agr7	375	3.5

بينت نتائج هذا السيناريو تراجع العجز الزراعي بشكل كبير بالمقارنة مع العجز الموجود في السيناريو المرجعي، الشكل (6-29)، كما بينت أيضاً ارتفاع تخزين السدود عما كان عليه في السيناريو المرجعي، الشكل (6-30)، ومن الممكن هنا الاستفادة من المياه المخزنة في السدود والفائضة عن حاجة الطلب الزراعي في هذا السيناريو بتغيير الدورة الزراعية كل سنة، بما يتوافق مع الوارد المائي المتوقع، أو تحويل المياه باتجاه سدود درعا.



الشكل (6-29). مقارنة العجز بين سيناريو التحكم بالدورات الزراعية وتغيير أولويات تخزين السد والسيناريو المرجعي



الشكل (6-30). حجم تخزين السدود في سيناريو التحكم بالدورات الزراعية وتغيير أولويات تخزين السد نسبةً للسيناريو المرجعي

التوصيات
Recommendations

- تطوير منظومة المراقبة لواردات المصادر المائية لتحسين تقييم هذه الموارد (محطات قياس الجريان، مراقبة المياه الجوفية)، إذ أن الاعتماد على واردات السدود لتقييم حجم الجريان السطحي غير كافٍ.
- التنسيق بين الجهتين المسؤولتين عن التنمية في المنطقة (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، ووزارة الموارد المائية) لتحقيق أفضل سيناريوهات لاستثمار الزراعة، بما يتناسب مع الموارد المتاحة، وتحقيق تكيف مع التغيرات المناخية، وذلك إما عن طريق استبدال أنواع المحاصيل الزراعية أو تخفيض إنتاجية المحاصيل الصيفية والعمل على استيرادها ان أمكن الأمر.
- وضع خطة واضحة للإدارة المتكاملة لجميع السدود بحسب أولويات الطلب على المياه.
- تأهيل كوادر مختصة ضمن الحوض في مجال:
  - ❖ جمع البيانات والقياسات الحقلية.
  - ❖ تدقيق ومعالجة البيانات.
  - ❖ ادخال البيانات إلى النموذج.
  - ❖ تحديث البيانات والاستفادة من النتائج لتقديمها لمتخذي القرار.
  - ❖ تطوير النموذج بحيث يتم حساب الجريانات السطحية للأحواض الفرعية من الهطولات المطرية وطبيعة التربة والغطاء النباتي.
- ادارة الأراضي الزراعية واستخداماتها باستخدام نموذج MABIA والمتضمن في برنامج WEAP21 في حساب احتياجات المحاصيل المائية (جدولة الري) كبديل عن الطرائق اليدوية.
- تطوير البحث لاحقاً لدراسة تأثير التلوث في المصادر المائية ونقاط الطلب، والسعي لبناء محطات المعالجة المقرر انشاؤها لاستثمار المياه المعالجة بما يساهم في تنمية المنطقة.

المراجع

Reference

المراجع:

المرجع باللغة العربية

1. إسماعيل صفية، تقييم نوعية المياه في محافظة القنيطرة، 2010، مديرية الموارد المائية في القنيطرة.
2. تطوير أطر لتطبيق الاستراتيجيات الوطنية للإدارة المتكاملة للموارد المائية في بلدان الإسكوا، (2005)، نيويورك، الأمم المتحدة.
3. داود معن، إدارة النظم وتأثيرها على تخطيط الاقتصاد الوطني (النظم المائية والتخطيط الإقليمي)، 2014، دمشق.
4. شاكر أمجد، فركوح بسام، أبو شعر وائل، الإدارة المتكاملة للموارد المائية، 2006، جامعة دمشق.
5. عرسان عرسان، الموارد المائية في الجولان، 2008، مديرية الموارد المائية في القنيطرة.
6. فراس طلعت عبد الهادي، باتريك مورياتي، شارلز، باتشيلور، بيتر لابان، حازم صفوت فهمي (2007) دليل منهجية إمباورز لحوكمة المياه: إرشادات وأساليب وأدوات.

المراجع الأجنبية

7. Global Water Partnership Technical Advisory Committee, (2000), Integrated water resources management, TEC, Background Paper No,4, Stockholm: Global Water Partnership (GWP).

8. Local Government and Integrated Water Resources Management (IWRM) Part III- Engaging in IWRM –Practical Steps and Tools for Local Government, 2008.

المواقع الالكترونية على شبكة الانترنيت

9. www.weap21.org

10. http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/TZ/Acsad_dss/dss_fb_en.html

11. www.cor.europa.eu

12. www.eeaa.gov.eg/climatchange

13. www.watersexpert.se/Idare.htm

14.www.jamahir.alwehda.gov.sy/_archives.asp

15.www.unep.org/sudan/UNEP Darfur

مصادر البيانات:

- هيئة التخطيط الإقليمي، دمشق.
- مؤسسة المساحة العسكرية، دمشق.
- دار التقنية الحديثة، دمشق.
- مديرية الموارد المائية في درعا.
- مديرية الموارد المائية في القنيطرة.
- مؤسسة مياه الشرب والصرف الصحي في القنيطرة.
- الهيئة العامة للبحوث الزراعية، دمشق.

Abstract

Al- Raggad valley basin is one of the most important water basins located in the south – west region of the Syrian Arab Republic. Despite having heavy precipitation and huge water stream flows network. The management of the water resources available in the basin hasn't yet lived up to the required level especially of numerous dams constructed on the valley .In addition to that ,the basin has been contaminated by wastewater, and the Zionist occupation controls a part of its headwaters.

The results of the research can be summarized by proposing a scheme which lasts to 2035 and involves some procedures to improve the water resources management in the Raggad valley basin of AL-Qunyterah by using the Water Evaluation and Planning model version 21 (WEAP 21) software. This required developing a mathematical model for the studied area to show the locations of water resources, water structure and water demand area of it and then assessing the current situation of the basin water depending on calculating a water balance. After that we applied a number of scenarios on the model, taking into consideration the expected demographic and climate changes.

The general results of those scenarios demonstrate that there is a decrease in the groundwater reserves, an increase or a fall in dams water levels, and inability to meet the needs of agricultural sector in some years .In light of above results , alternative scenarios were proposed to solve the relevant problems through changing the distribution priorities among resources ,areas ,artificial ground water recharging or transferring water toward Daraa's dams .The research also recommends that following research should focus on solving the contamination problem in the basin and developing a model of with the cooperation of ministry of water resources and the ministry of agriculture and land reform.

Keywords: Al-Raggad valley, Integrated water resources management, WEAP21, Management of dams

Damascus University

Faculty of Civil Engineering

Department of Water Engineering

Integrated Management of Water Resources in AL- Raggad Basin

Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of
Master in Water Engineering

By

Eng. Ruqya Sarhan

Supervisor

Dr.Eng. Youssef Marai

CO-Supervisor

Dr.Eng. Bassam Farkouh

Damascus- Syria

2015