https://doi.org/ 10.5281/zenodo.23197845

البحث العلمي الهادف: ركيزة التنمية المستدامة

التحليل الجيومتري لخزانات سداد متسلسلة منتخبة على نهر دجلة بين الموصل والفتحة

اكتفاء طه عبد القادر، صبار عبد الله صالح

قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، العراق

الملخص

استخدمت نظم التحليل المكاني لاشتقاق مواقع الخزانات من نموذج الارتفاعات الرقمية، عند 11 موقع تمتد من جنوب الموصل عند الجسر الرابع الى منطقة الفتحة في صلاح الدين وبمناسيب وارتفاعات مختلفة وبفاصلة قدرها نصف متر، واعتمدت المعايير الجيومترية لاستخلاص قيم العناصر الجيومترية السالبة والموجبة.

اظهر التحليل الحالي ان المنسوب التشغيلي الامن لكل سد (الجسر القديم، الجماسة ، حمام العليل، منيرة ، السفينة، الزاوية ، القيارة، الهيجل، شاطي الجدر، مكحول، الفتحة) هي ع التوالي (218 م، 211 م، 205 م، 195 م، 187 م، 180 م، 173 م، 150 م، 142 م، 130 م، 116 م) وان ارتفاع كل سد (6.5 م، 4.5 م، 6.5 م، 7.5 م، 4.5 م، 5.5 م، 6.5 م، 3.5 م، 9.5 م، 13.5م، 8.5 م) وطول جسم السد (456 م، 690 م، 521 م، 198 م، 227 م، 1432 م، 717 م، 194 م، 400 م، 1883 م، 512.45 م) واظهرت نتائج التجليل الجيومتري حجم الخزين في كل سد (9247247 $م^3$، 12007533 $م^3$، 16792881 $م^3$، 6062593 $م^3$، 3558899 $م^3$، 7733296 $م^3$، 15714785 $م^3$، 3880388 $م^3$، 34325289 $م^3$، 157111201 $م^3$، 35608567 $م^3$) وكان مجموع الخزين لكل السداد (302.042.679 $م^3$) وكانت مساحة كل موقع (3.63 $م^2$، 6.07 $م^2$، 10.628 $م^2$، 2.942 $م^2$، 1.551 $م^2$، 4.330 $م^2$، 5.930 $م^2$، 3.268 $م^2$، 11.107 $م^2$، 36.800 $م^2$، 12.817 $م^2$)

المقدمة

تظهر الدراسات أن مشاريع تنظيم نهر دجلة في تركيا ستُحدث تغيّرًا جوهريًا في نظام الجريان داخل العراق، مع زيادة سنوات الجفاف الهيدرولوجي، وانخفاض واضح في واردات سد الموصل، وامتداد الظروف المائية الحرجة على طول المجرى. هذه النتائج تتوافق مع عدد من الدراسات الهيدرولوجية والإقليمية التي تحذّر من تفاقم أزمة المياه في العراق مع استمرار التطوير الأحادي في أعالي الحوض [1].

تعد السدود الصغيرة والحواجز المائية ضرورية لإدارة المياه المحلية حيث توفر فرصاً لتخزين المياه خلال فترات الوفرة واطلاقها خلال فترات الجفاف كما تلعب هذه الهياكل دوراً في رفع مستويات الأنهار لأغراض الري [2].

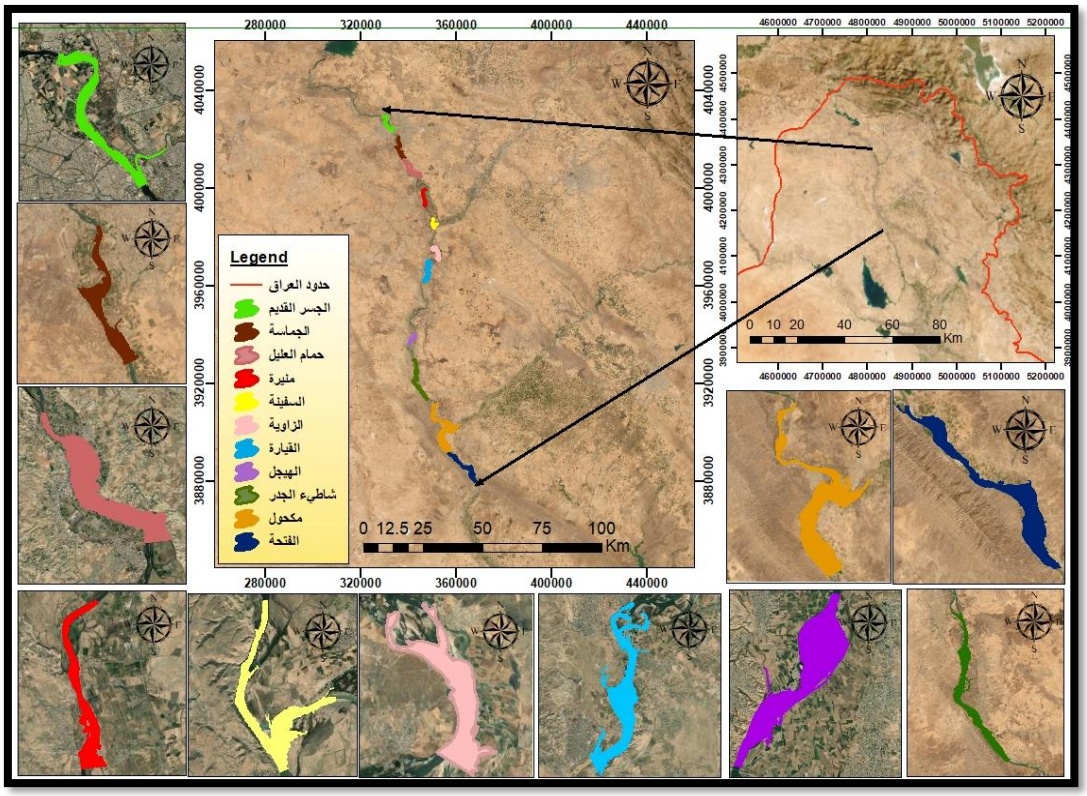
لذلك، من الضروري أن تتخذ الجهات المعنية قرارات استراتيجية تضمن الحفاظ على حقوق العراق المائية. ومن ضمن هذه الحلول ابرام اتفاقيات دولية، الاستثمار في البنية التحتية، تقليل الهدر المائي، التخطيط طويل الأمد. ومن ضمن الحلول التي تعزز استثمار البنى التحتية هي ما جاء في دراستنا والتي تنص على إقامة مجموعة من السداد متسلسلة على طول نهر دجلة للخزن ضمن قطاع النهر والسيطرة على المياه الداخلة والخارجة منها.

تكمن اهمية التحليل الجيومتري للخزان بالتنبؤ بالخصائص الجيومترية قبل انشاء السد لكي تستخدم المعلومات المشتقة من هذا التحليل لقاعدة بيانات يمكن ان يعتمد عليها المصمم في وضع التصاميم الخاصة بجسم السد، كما يستطيع صناع القرار والممولين والسكان المحلين والحكومات المحلية اتخاذ القرارات المناسبة [3].

موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ابتداء من موقع الجسر القديم في مدينة الموصل في محافظة نينوى تشريق الى منطقة الفتحة في محافظة صلاح الدين احداثيات الموقع هي (330351-368198) تشريق و(4029597-3879957) تشميل وعلى طول نهر دجلة، الشكل رقم (1) يوضح موقع منطقة الدراسة والمواقع المختارة.

بالنسبة لارتفاعات المناسيب للسداد المنتخبة ضمن منطقة الدراسة فقد بلغ اعلى ارتفاع حوالي 218 م عن مستوى سطح البحر عند المقطع الأول الواقع في مدينة الموصل (محطة الجسر القديم) واقل ارتفاع 116م فوق مستوى سطح البحر في منطقة الفتحة شمال صلاح الدين.



الشكل 1. خارطة توضح موقع منطقة الدراسة

مبررات الدراسة: Justification of Study

ان السدود الكبيرة تحتوي على بعض المشاكل والمخاطر مثل كميات التبخر العالية من سطوح المائية المتعرضة للغلاف الجوي بالإضافة الى المشاكل الجيوتكنيكية في المواقع بسبب انه حوض دجلة في هذه المنطقة يجري ضمن تكوينات جيولوجية تتكون من الجبس خصوصاً تكوين الفتحة.

علاوة على ذلك مشاكل اغمار القرى واغمار مساحات كبيرة وهذا بدوره يعرضنا الى مشاكل ترحيل القرى وتكبد خسائر كبيرة، كما ان انشاء السدود الكبيرة يكون بكلفة عالية جداً.

اهداف الدراسة: Aim of Study

1. اشتقاق العناصر الجيومترية وتحليلها حسب منهجيات التحليل الجيومتري بعد اقتطاع موق كل خزان من DEM.
2. تحليل الخصائص الجيومترية لمجرى نهر دجلة ضمن القطاع الممتد بين الموصل والفتحة.
3. تحديد المواقع الملائمة لإنشاء خزانات السداد متسلسلة.
4. تقييم العلاقة بين المنسوب والحجم للخزانات المقترحة.
5. إيجاد قيم معدل سمك الجزر ومعدل العمق في الخزانات من خلال العناصر الجيومترية المشتقة.

جيولوجية المنطقة Geology of Study Area

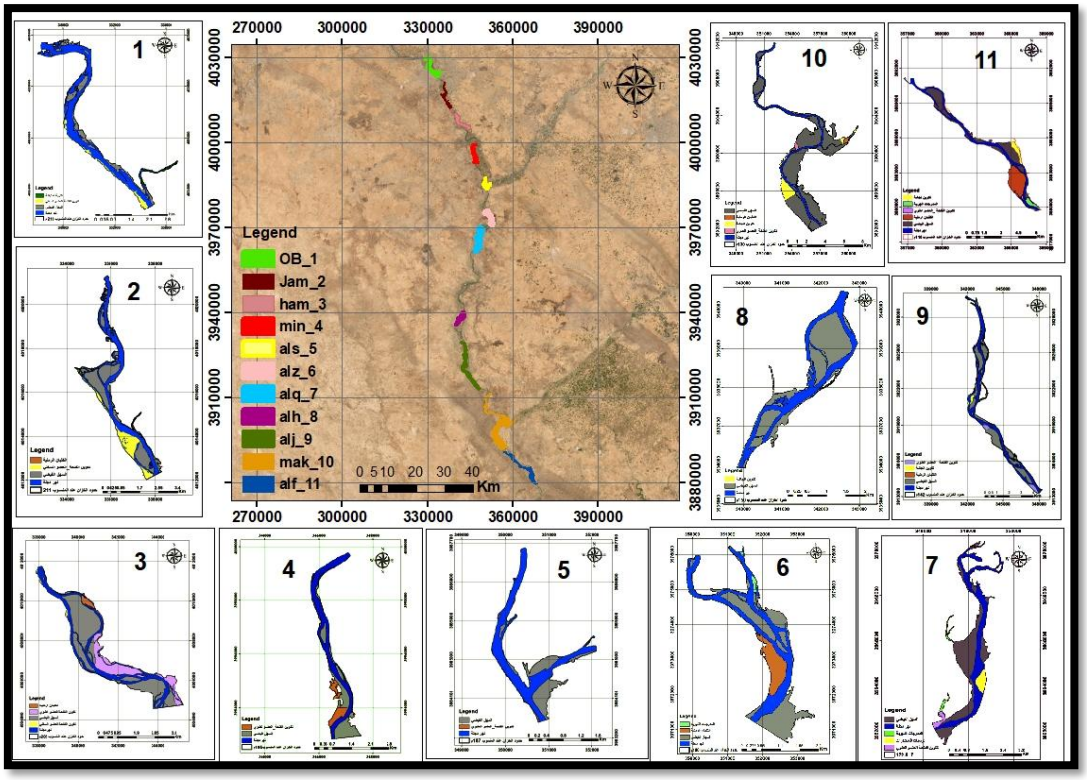
ان الخلفية الجيولوجية للمنطقة تشمل طباقية وجيومورفولوجية وتركيبية المنطقة وهذه تعتبر من اهم المحددات لاختيار موقع انشاء السداد المتتالية الصغيرة على النهر خاصة بعد عملية التخزين لانه سوف تنغمر بعض المنكشفات الجيولوجية المتواجدة ضمن منطقة التخزين والتي تكون مختلفة في خصائصها الهندسية والجيوكيميائية والصخارية كما من الممكن ان تنغمر بعض المناطق السكنية.

ان جزء من منطقة الدراسة يعد جزءاً من حزام حمرين–مكحول الذي يُنسب إلى نطاق الطيات الواطئة وفق تصنيف[4]، ويُعد هذا الحزام الحد الفاصل بين الرصيف المستقر والرصيف غير المستقر، إذ تأثرت طبقاته الرسوبية بعدة مراحل من الحركات الألبية الناتجة عن اصطدام الصفيحة العربية بالصفيحتين الإيرانية والتركية. وقد كانت هذه الحركات نشطة منذ عصر الباليوسين، ما أدى إلى تكوين تراكيب بنيوية ذات طيات محدبة طويلة وغطاء رسوبي سميك [5]

تتمثل العناصر التركيبية الرئيسة في منطقة الدراسة بوجود طيتي مكحول والخانوكة الواقعتين إلى الغرب من خزان الفتحة المقترح، وهما تتحكمان إلى حد كبير في شكل الخزان واتجاه امتداده. أما في الجهة الشرقية فتقع طية حمرين التي يستند عليها الكتف الشرقي لسد الفتحة المقترح.

تُظهر المنطقة كذلك العديد من الكسور والفوالق والفواصل التي تعكس النشاط البنيوي في المنطقة[6] ؛ [7] وتُعد هذه التراكيب مؤشراً على تعرض الطبقات الصخرية لتشوهات بنيوية ناتجة عن عمليات الطَيّ والتصدع، مما أدى إلى تغير في أوضاع الطبقات وكشف أنواع مختلفة من الصخور المتباينة في العمر والصفات الجيولوجية. وتشير هذه التغيرات إلى النشاط البنيوي المستمر الذي أفرز عدداً من الطيات المقعّرة والمحدبة .[8]

أما من الناحية المورفولوجية، فقد أسهمت تلك التراكيب في تكوين الشكل العام لوادي نهر دجلة ضمن المنطقة، إذ يظهر على شكل سهل منخفض تحيط به مرتفعات من الجهات كافة. كما أن وجود الطيات المتعددة ساهم في انحراف مجرى نهر دجلة شرقاً قرب قرية الزوية، حيث أدى ذلك إلى تكوين منعطف واضح يمر بقريتي الزوية والنمل نتيجة لتأثير الوضع البنيوي السائد في المنطقة [3] وكما موضح في الشكل رقم (2).



الشكل 2. يوضح الخريطة الجيولوجية

منهجية التحليل الجيومتري Geometric analysis Methodology

لقد تم استخدام البرامج الجيولوجية لاستخراج العلاقات الجيومترية الخاصة بخزانات السداد قيد الدراسة وهي حسابات الحجم الموجب والسالب، المساحات المستوية الموجبة والسالبة، والمساحات السطحية غير المستوية الموجبة والسالبة، ويمكن تلخيص خطوات منهجية التحليل الجيومتري بالنقاط التالية:

1- استخدام برنامج (Global Mapper pro 24) لاستقطاع نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) ضمن حدود الخزانات عند المنسوب الأقصى لكل موقع، والذي يمثل منسوب قمة السد وتصديره الى (Global Mapper Package File).

2- أنشاء الخطوط الكنتورية لارتفاعات سطح الارض لكل منسوب منتخب لتحديد قيم العناصر الجيومترية باستخدام (Generate Contour)، وبفاصلة كنتورية نصف متر من أوطأ منسوب الذي يمثل قعر مقطع النهر عند موقع السد، الى المنسوب الاعلى، الذي يمثل منسوب قمة السد.

3- خزن البيان الرقمي لكل منسوب في ملف (Global Mapper Package File) لرسم المقاطع العرضية لخزانات السداد المقترحة من خلال الامر (Path Profile/ Line of sight).

4- استخدم برنامج (Arc GIS) لاستدعاء الطبقات التي يتم تصديرها الى ملف (Image format) من برنامج (Global Mapper 13) لمعالجتها في هذا البرنامج، حيث يتم ترتيبها بشكل نهائي وتصديرها بمقياس رسم موحد لغرض التفسير البصري بين الامتدادات الافقية للخزانات عند كل منسوب.

5- يتم تصدير البيانات المستقطعة الى ملف (SURFER Grid File) والذي يتطلبه برنامج (SURFER.13) (Golden Software, Inc, 2013)، لغرض حسابات العناصر الجيومترية الحجمية والمساحية والطولية، واعتمدت امكانية الامر (Grid-Volume) في هذا البرنامج، لإنتاج التقرير المرفق بملف شبكة البيانات الذي استخدم لتعريف قيم ارتفاعات قعر الخزان،

6- من خلال التقرير الذي يعده البرنامج (SURFER .13) والذي يتم فيه استخراج العناصر الحجمية والمساحية للسطح المعني فقد تم حساب الحجم الموجب (Positive Volume)، الحجم السالب (Negative Volume)، المساحة المستوية الموجبة (Planar Area Positive)، المساحة المستوية السالبة (Negative Planar Area)، المساحة السطحية الموجبة (Positive Surface Area)، المساحة السطحية السالبة (Negative Surface Area)، ثم تم حساب معدل عمق الخزان ومعدل سمك الجزر.

7- جدولة معلومات العناصر الجيومترية التي تم الحصول عليها من تقرير برنامج (SURFER.13) في جداول من خلال برنامج (Excel)، وبعد ذلك تم رسم العلاقات بين هذه العناصر الجيومترية المختلفة ومستوى الماء الافتراضي.

التحليل الجيومتري لخزانات السداد

تم إيجاد قيم العناصر الجيومترية للخزانات باستخدام الامر Grid file في برنامج Surfer لبناء سدود صغيرة على مجاري الأنهار من أجل تخزين وإدارة المياه، تم تحديد كيفية بناء السدود الصغيرة باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي. بالنسبة لمنطقة الدراسة، تم الحصول على نموذج ارتفاع رقمي (DEM) دقة عالية تم تحديد مجرى النهر سيتم تحقيق ذلك من خلال تحديد خط وسط النهر وبناء مقاطع عرضية عمودية على اتجاه تدفق المياه.

تم تخمين أحد عشر سداً صغيراً محتملة تبدأ من وسط مدينة الموصل الى منطقة الفتحة شمال محافظة صلاح الدين وقد تم اختيار السداد بارتفاعات ومساحات واطوال مختلفة حسب موقعها وحسب المعايير التي اعتمدت لاختيارها، هذه السدود تهدف إلى إدارة وتخزين المياه داخل قطاع نهر دجلة وهو الغرض الأساسي من عمل هذه السداد وهو الحفاظ على منسوب نهر دجلة بمستوى معين يضمن الحصول على المنسوب التشغيلي للمنشأة المقامة عليه كما يعد هذا المشروع سبباً رئيسياً في النشاط الاقتصادي من ناحية ازدهار السياحة وزيادة النشاط الزراعي بزيادة حصة المياه للأراضي الزراعية المحيطة بالسد.

وقد وجد من خلال التحليل الجيومتري لمواقع الخزانات ان حجم الخزين في السد الاول هو (9,247247) م^3، حجم الخزين في السد الثاني هو (9,452,364) م^3، حجم الخزين في السد الثالث هو (16,792,882) م^3، حجم الخزين في السد الرابع (6,062,593) م^3، حجم الخزين في السد الخامس هو (3,558,899) م^3، حجم الخزين في السد السادس (7,733296) م^3، حجم الخزين في السد السابع هو (15,714,785) م^3، حجم الخزين في السد الثامن هو (3,880,388) م^3، حجم الخزين في السد التاسع (34,325,289) م^3، حجم الخزين للسد العاشر (157,111,201) م^3، حجم الخزين للسد الحادي عشر هي (35,608,567) م^3. وكما موضحة في الجداول من جدول رقم (1) الى الجدول (11). حيث وجد انه أكبر خزين عند خزان السد العاشر (سد مكحول (157,111,201) م^3) واقل خزين عند خزان سد الموقع الخامس (السفينة (3,558,899) م^3).

الجدول 1. يوضح العناصر الجيومترية لخزان السد في الموقع المنتخب الأول عند الجسر القديم في مدينة الموصل

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالب m3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m3
212.5	75766	0.523	0.841	9171481
213	160103	0.963	0.653	9087143
213.5	366402	0.907	0.614	8880845
214	594762	1.267	0.370	8652484
214.5	954497	1.361	0.276	8292750
215	1341256	1.736	0.639	7905991
215.5	1865899	1.819	0.572	7381347
216	2425372	2.157	0.282	6821874
216.5	3134400	2.236	0.381	6112846
217	3896837	2.567	0.023	5350410
217.5	4924113	2.496	0.493	4323133
218	5965087	2.822	0.102	3282160
218.5	7556816	2.436	0.919	1690430
219	9247247	2.771	0.711	0

الجدول (2) يوضح العناصر الجيومترية لخزان سد الموقع المنتخب الثاني عند منطقة الجماسة

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالب m3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m3
205.5	56192	0.504	0.313	11994787
206	131967	0.854	0.321	11919012
206.5	271587	1.015	0.294	11779392
207	429767	1.379	0.415	11621212
207.5	814305	1.027	1.167	11236674
208	1252405	1.352	0.809	10798574
208.5	2310308	1.099	2.149	9740671
209	3495384	1.419	2.045	8555595
209.5	5291128	1.464	1.728	6759851
210	7290900	1.816	1.503	4760079
210.5	9452364	2.002	1.386	2598615
211	12050979	2.337	1.137	0

الجدول 3. يوضح العناصر الجيومترية لخزان سد الموقع المنتخب الثالث عند منطقة حمام العليل

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالب m3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m3
198.5	57719	0.504	1.638	16735163
199	124522	0.955	1.370	16668360
199.5	330232	0.842	1.073	16462650
200	575010	1.234	0.785	16217872
200.5	1183894	1.007	1.470	15608988
201	1829799	1.355	1.208	14963083
201.5	2765589	1.540	1.831	14027293
202	3784298	1.867	1.426	13008584
202.5	5130268	1.905	1.294	11662614
203	6574550	2.263	0.935	10218332
203.5	8364432	2.325	1.367	8428450
204	10570990	2.555	1.042	6221892
204.5	13577933	2.265	2.212	3214949
205	16792882	2.507	1.818	0

الجدول 4. يوضح العناصر الجيومترية لخزان سد الموقع المنتخب الرابع عند منطقة منيرة

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالب m3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m3
190.5	130281	0.541	0.828	5932312
191	270824	1.012	1.825	5791769
191.5	595194	0.969	1.918	5467398
192	941099	1.394	1.643	5121494
192.5	1452358	1.462	2.115	4610234
193	2037523	1.828	1.810	4025070
193.5	2787428	1.907	1.515	3275165
194	3603422	2.165	1.132	2459171
194.5	4779578	2.104	0.761	1283015
195	6062593	2.357	0.447	0

الجدول 5. يوضح العناصر الجيومترية لخزان سد الموقع المنتخب الخامس عند منطقة السفينة

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالب m3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m3
182.5	63898	0.524	0.362	3495001
183	136667	0.945	0.144	3422232
183.5	297273	0.963	0.581	3261625
184	475769	1.340	0.234	3083129
184.5	782646	1.328	0.732	2776252
185	1112310	1.689	0.900	2446589
185.5	1578897	1.696	0.507	1980002
186	2102689	2.036	0.316	1456210
186.5	2787413	2.082	0.303	771486
187	3558899	2.440	0.333	0

الجدول 6. يوضح العناصر الجيومترية لخزان سد الموقع المنتخب السادس عند منطقة الزاوية

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالب m3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m3
174.5	29289	0.529	1.141	7704007
175	62646	0.971	0.150	7670650
175.5	208135	0.725	0.393	7525161
176	372567	1.118	0.138	7360729
176.5	648570	1.116	0.388	7084726
177	970624	1.470	0.005	6762672
177.5	1540561	1.372	0.417	6192735
178	2174587	1.678	0.146	5558709
178.5	3162406	1.603	1.911	4570890
179	4234842	1.939	1.640	3498454
179.5	5981200	1.846	1.091	1752096
180	7733296	2.151	0.784	0

الجدول 7. يوضح العناصر الجيومترية لخزان سد الموقع المنتخب السابع عند منطقة القيارة

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالب m3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m3
166.5	75684	0.513	0.686	15639101
167	159288	0.930	0.356	15555497
167.5	368451	0.912	0.565	15346334
168	600670	1.325	0.286	15114115
168.5	1173139	1.028	1.661	14541646
169	1849761	1.347	0.700	13865024
169.5	2859678	1.448	1.071	12855107
170	4008331	1.774	0.796	11706454
170.5	5403434	1.915	0.725	10311351
171	6969999	2.241	0.597	8744786
171.5	8742543	2.522	0.576	6972242
172	10604897	2.825	0.313	5109888
172.5	13083482	2.736	1.068	2631303
173	15714785	2.843	0.801	0

الجدول 8. يوضح العناصر الجيومترية لخزان سد الموقع المنتخب الثامن عند منطقة الهيجل

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالب m3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m3
146.5	167953	0.517	2.161	3712435
147	356762	0.970	1.748	3523626
147.5	637433	1.195	1.343	3242956
148	947691	1.560	1.016	2932698
148.5	1418337	1.561	0.895	2462051
149	1942102	1.895	0.561	1938286
149.5	2867290	1.595	3.194	1013098
150	3880388	1.959	2.887	0

الجدول 9. يوضح العناصر الجيومترية لخزان سد الموقع المنتخب التاسع عند منطقة الجدر

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالب m3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m3
132.5	49972	0.519	1.000	34275317
133	104915	1.010	1.000	34220374
133.5	320619	0.786	0.564	34004670
134	593601	1.210	0.256	33731688
134.5	959152	1.377	0.226	33366137
135	1368407	1.699	3.375	32956882
135.5	2141692	1.443	2.789	32183597
136	2946571	1.804	2.501	31378718
136.5	4086204	1.788	2.129	30239085
137	5381425	2.183	1.911	28943864
137.5	6918600	2.232	1.862	27406689
138	8574590	2.579	1.632	25750699
138.5	10580298	2.706	1.599	23744991
139	12749094	3.024	1.484	21576195
139.5	15440482	2.881	2.842	18884807
140	18398636	3.142	2.153	15926653
140.5	21777181	3.205	2.196	12548108
141	25448752	3.476	1.870	8876537
141.5	29747044	3.500	1.662	4578245
142	34325289	3.801	1.352	0

الجدول 10. يوضح العناصر الجيومترية لخزان سد الموقع المنتخب العاشر عند منطقة مكحول

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالبm^3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m^3
116.5	10879	0.547	1.000	157100322
117	14304	0.945	1.444	157096897
117.5	188525	0.582	1.400	156922676
118	368587	1.065	1.556	156742614
118.5	847175	0.901	1.856	156264026
119	1383441	1.331	1.507	155727760
119.5	2673227	1.198	2.013	154437974
120	3861134	1.591	1.674	153250067
120.5	5418088	1.741	1.395	151693113
121	7186782	2.091	1.062	149924419
121.5	9290536	2.193	0.931	147820665
122	11935343	2.475	0.906	145175858
122.5	14867685	2.555	0.791	142243516
123	18363038	2.718	0.652	138748163
123.5	22656379	2.664	1.842	134454822
124	27262155	2.881	1.557	129849046
124.5	33016844	2.871	1.361	124094357
125	39213395	3.116	1.109	117897806
125.5	46338346	3.249	0.999	110772855
126	53948333	3.497	0.747	103162868
126.5	63549292	3.342	0.945	93561909
127	73537012	3.616	0.798	83574189
127.5	85201274	3.781	3.591	71909927
128	77026368	3.804	3.390	80084833
128.5	109921064	4.200	3.185	47190137
129	123643466	4.461	3.024	33467735
129.5	140227616	4.292	2.274	16883585
130	157111201	4.632	2.143	0

الجدول 11. يوضح العناصر الجيومترية لخزان سد الموقع المنتخب الحادي عشر عند منطقة الفتحة

المنسوب(m) (ف.م.س.ب)	الحجم السالب m3	معدل العمق m	معدل سمك الجزر m	الحجم المتبقي m3
107.5	40673	0.516	2.000	35567894
108	87243	0.991	1.000	35521324
108.5	310059	0.722	0.621	35298508
109	561504	1.176	0.499	35047063
109.5	1105776	1.062	2.915	34502791
110	1666644	1.472	2.645	33941923
110.5	2432913	1.711	2.354	33175654
111	3231850	2.030	1.583	32376717
111.5	4591607	1.942	1.395	31016960
112	5942333	2.231	1.090	29666234
112.5	8250109	1.798	1.082	27358458
113	10838482	2.089	1.556	24770085
113.5	13839818	2.253	1.743	21768749
114	17144531	2.546	1.442	18464036
114.5	21205772	2.641	1.496	14402795
115	25477057	2.972	1.203	10131510
115.5	30432656	3.091	2.655	5175911
116	35608567	3.448	2.362	0

سد مكحول يتصدر في كلٍّ من الارتفاع والطول، وهو ما يتوافق مع كونه يمتلك أعلى حجم خزين (157,111,201 م³) أي ما يمثل وحده أكثر من 52% من إجمالي الحجم الكلي البالغ 302,042,679م^3، اما بالنسبة للثلاثة سدود (الجسر القديم، حمام العليل، القيارة) تشترك بنفس الارتفاع 6.5 م — مما يُشير إلى تصميم هندسي موحّد محتمل أو تشابه في طبيعة المواقع الجيومورفولوجية.

الفتحة (12,817 م²) تمتلك مساحة أكبر من شاطي الجدر (11,107 م²) لكن ارتفاعها أقل (8.5 م مقابل 9.5 م) مما يدل على أن موقع الفتحة يتميز بعرض أكبر وانبساط أوسع رغم انخفاض الحاجز.

السدود الصغيرة السفينة والهيجل ومنيرة معاً لا تتجاوز 4.5% من الخزن الكلي دورها تنظيمي محلي وليس استراتيجياً، العلاقة بين الطول والارتفاع: سد الزوية طويل جداً (1432 م) لكن ارتفاعه منخفض (5.5 م) وحجمه متواضع يدل على موقع سهلي منبسط يحتاج حاجزاً طويلاً لتعويض انخفاض الارتفاع وكما موضح في الجدول (12).

الجدول 12. يوضح ارتفاعات واطوال السداد في كل موقع

Location	Length	High of Wiers (m)	Area of weirs (m^2)	Negative Volume
Old birdge	456	6.5	3.63	9247247
Jamasa	690	4.5	6.07	12007533
Hamam Alalil	521	6.5	10.628	16792881
Minera	198	7.5	2.942	6062593
Alsafina	227	4.5	1.551	3558899
Alzawia	1432	5.5	4.330	7733296
Alqiara	**717**	**6.5**	**5.930**	**15714785**
Alhejel	**194**	**3.5**	**3.268**	**3880388**
Shati Aljder	**400**	**9.5**	**11.107**	**34325289**
Makhul	**1883**	**13.5**	**36.800**	**157111201**
Alfatha	**512.45**	**8.5**	**12.817**	**35608567**
Sum				**302.042.679**

التحليل والمناقشة

شكل الخزان عند اعلى منسوب في كل موقع

التغاير في شكل خزانات السدود الصغيرة مع تغير المنسوب يعني أن حجم ومساحة المياه خلف السد تتغير بتغير مستوى المياه. هذا التغير يرجع إلى طبيعة التضاريس خلف السد، عند ارتفاع منسوب المياه، تغمر المياه مناطق جديدة في الوادي أو الأرض المحيطة مما يؤدي إلى زيادة مساحة الخزان وتغير شكله. أما عند انخفاض المنسوب، تقل مساحة المياه ويعود الخزان لشكله الأصغر.[9]

بالتالي، شكل الخزان ليس ثابتاً بل يتغير ديناميكياً مع تغير كمية المياه الموجودة فيه، وهذا أمر طبيعي نتيجة لاستجابة الخزان للظروف الطوبوغرافية وحجم الخزين. هذا التغير له تأثير على تصميم السدود وإدارتها لضمان سلامة المنشأ وكفاءة التخزين. يرتبط ارتفاع منسوب الماء في الخزان بشكل مباشر بطول وعرض وشكل الخزان نفسه. عند زيادة المنسوب إلى أعلى مستوى له، يمتد الخزان لمسافات باتجاه اعلى المجرى بالإضافة الى المساحات الجانبية المتمثلة بالأراضي المحيطة بقطاع النهر لي امتداد موازي لمجرى النهر[10].

يرتبط حجم مساحة الخزان بارتفاع المنسوب، حيث تزداد المساحة بازدياد المنسوب. وتُظهر المقارنات بين مستويات منسوب الماء تغييرات واضحة في شكل الخزان، حيث تؤثر زيادة نصف متر على المناطق المحيطة، مما يعرض عدة قرى للغمر[11] .

إيرادات كل سد

بناءً على التتبع الجغرافي لمسار نهر دجلة ومواقع مصبات الروافد الرئيسية، يتم تقسيم المناطق المذكورة حسب مصدر مياهها كالتالي:

1- المناطق التي تعتمد حصرياً على مياه سد الموصل (قبل مصب الزاب الكبير)

هذه المناطق تقع جنوب مدينة الموصل ولكن قبل نقطة التقاء الزاب الكبير بنهر دجلة (عند قرية السفينة).

الجسر القديم (الموصل) المصدر الرئيسي هو سد الموصل.

جماسة: قرية جنوب الموصل، تعتمد على سد الموصل.

حمام العليل تبعد حوالي 27 كم جنوب الموصل، تعتمد على سد الموصل.

منيرة: تقع في ناحية حمام العليل، تعتمد على سد الموصل.

2-المناطق التي تعتمد على (سد الموصل + الزاب الكبير)

تبدأ هذه المنطقة من نقطة التقاء الزاب الكبير بنهر دجلة عند قرية السفينة.

السفينة: هي نقطة المصب (الملتقى)، حيث تختلط مياه دجلة (سد الموصل) بمياه الزاب الكبير.

الزاوية: تقع جنوب السفينة وقبل القيارة، تتلقى مياه المشتركة.

القيارة: تقع جنوب مصب الزاب الكبير، تعتمد على (سد الموصل + الزاب الكبير).

الهيجل: تقع ضمن قضاء الشرقاط (شمال صلاح الدين)، تتلقى مياه (سد الموصل + الزاب الكبير).

شاطي الجدر: تقع في الشرقاط، تتلقى مياه (سد الموصل + الزاب الكبير).

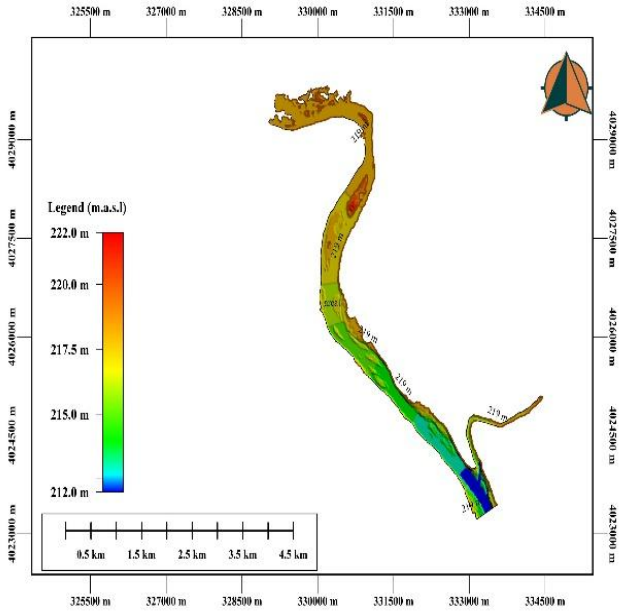
3- المناطق التي تعتمد على (سد الموصل + الزاب الكبير + الزاب الصغير)

تبدأ هذه المنطقة من نقطة التقاء الزاب الصغير بنهر دجلة، والتي تقع قبيل مضيق الفتحة.

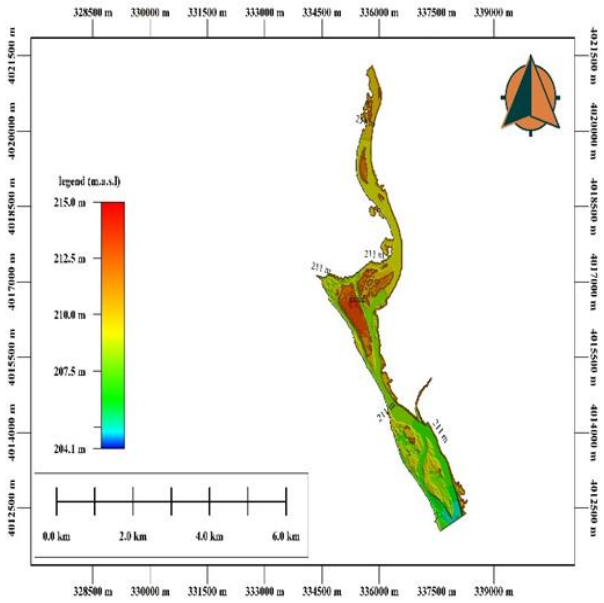
مكحول: تقع السلسلة الجبلية والمنطقة المحيطة بها في منطقة الفتحة، وهي تتلقى مياه الروافد الثلاثة (سد الموصل، الزاب الكبير، والزاب الصغير الذي يصب شمال بيجي وقرب الفتحة).

الفتحة: هي نقطة النهاية في البحث، وتعتبر المصب النهائي للزاب الصغير في دجلة، لذا فهي تتلقى الإيرادات من كافة المصادر المذكورة.

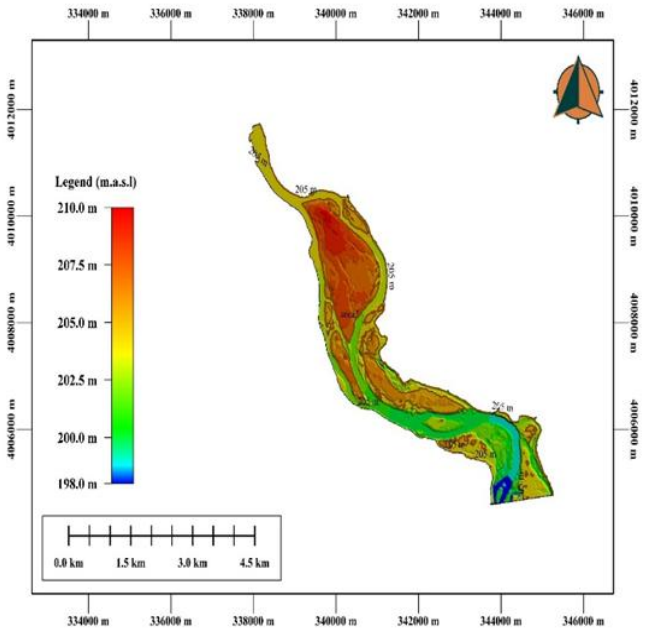
هذه التغييرات تظهر بوضوح من خلال الرسومات والخرائط التي تبيّن تباين امتداد وشكل الخزان عند مختلف مناسيب الماء وكما موضح في الاشكال من (3) الى (13).



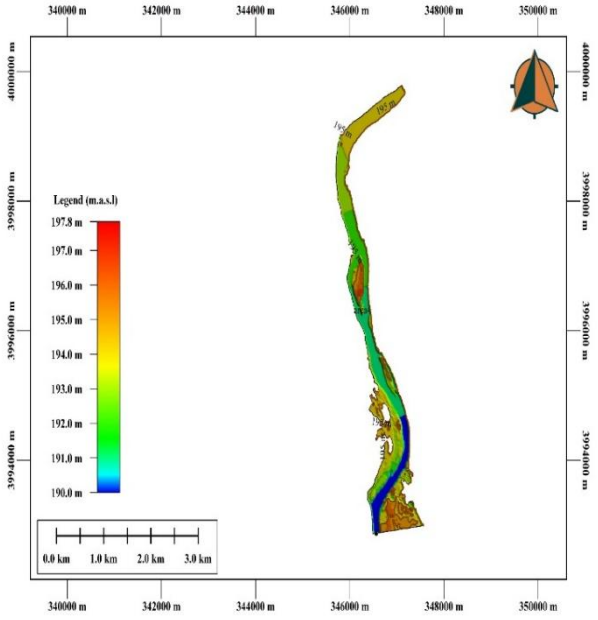
الشكل 3. شكل الخزان عند المنسوب 219م عند الموقع الأول



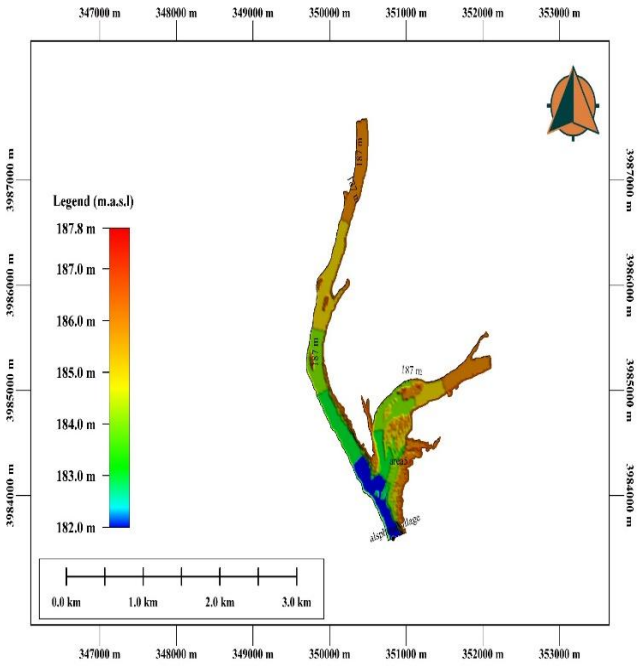
الشكل 4. شكل الخزان عند المنسوب 211,5م عند الموقع الثاني



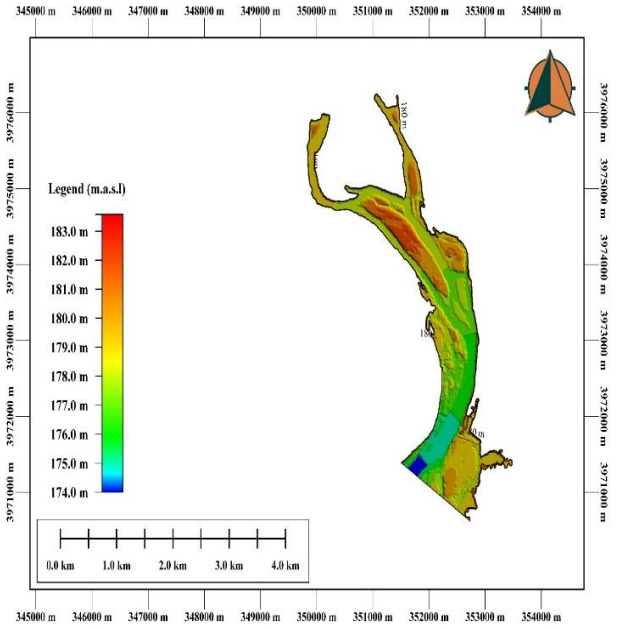
الشكل 5. شكل الخزان عند المنسوب 205م عند الموقع الثالث



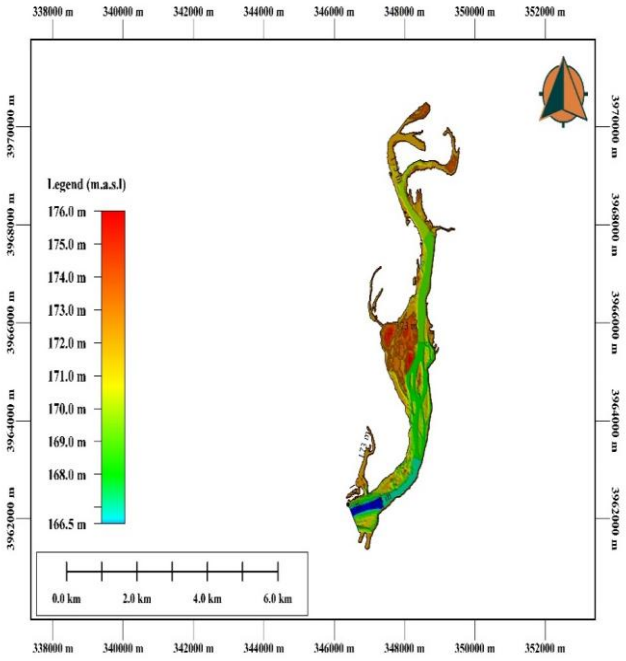
الشكل 6. شكل الخزان عند المنسوب 195م عند الموقع الرابع



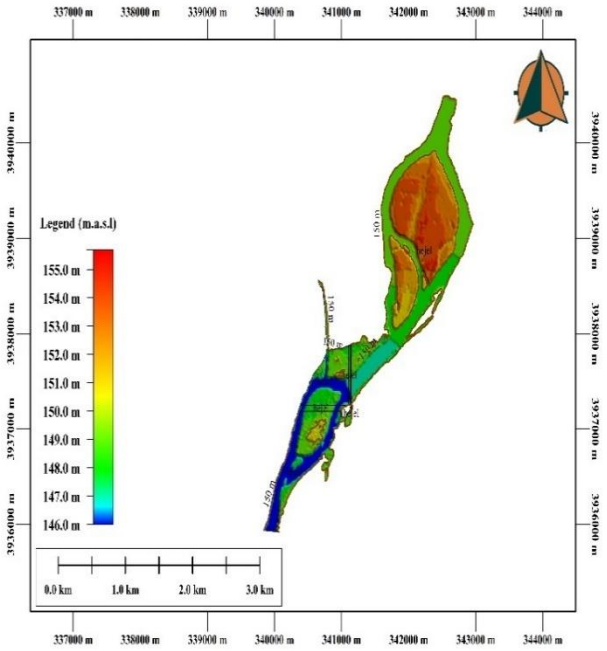
الشكل 7. شكل الخزان عند المنسوب 187م عند الموقع الخامس



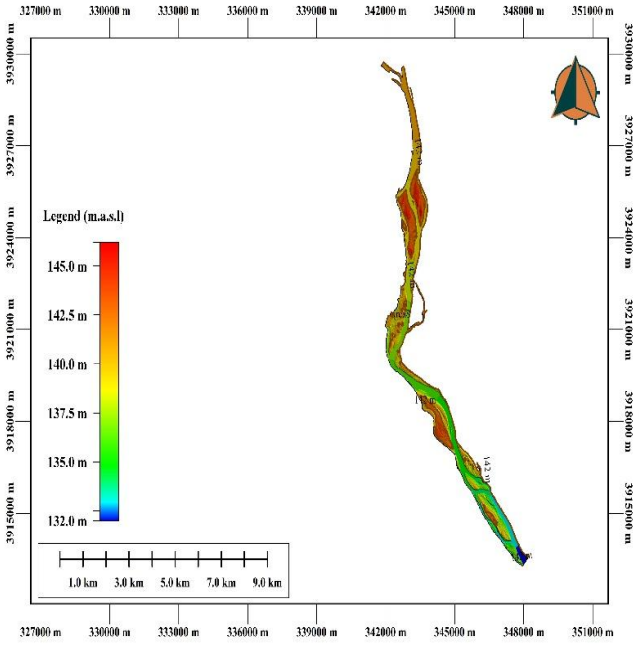
الشكل 8. شكل الخزان عند المنسوب 180م عند الموقع السادس



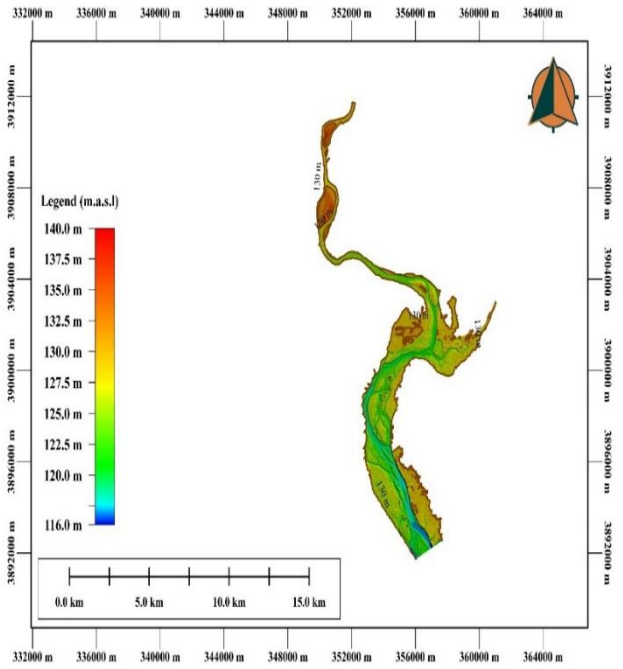
الشكل 9. شكل الخزان عند المنسوب 173م عند الموقع السابع



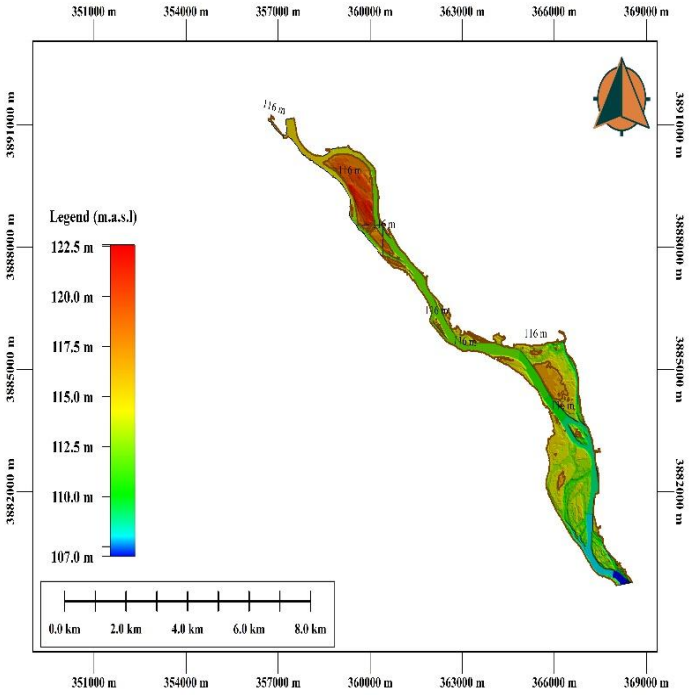
الشكل 10. شكل الخزان عند المنسوب 149م عند الموقع الثامن



الشكل 11. شكل الخزان عند المنسوب 142م عند الموقع التاسع



الشكل 12. شكل الخزان عند المنسوب 130م عند الموقع العاشر



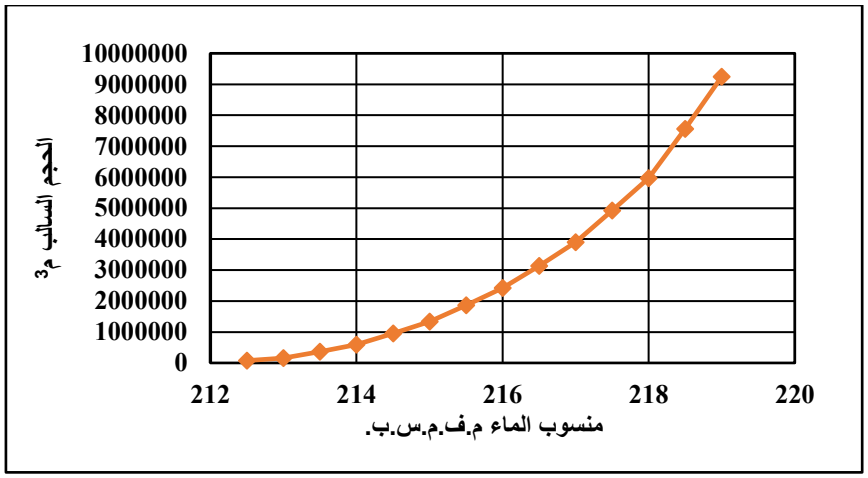
الشكل (14. شكل الخزان عند المنسوب 116م عند الموقع الحادي عشر

العلاقة بين المنسوب والحجم السالب (حجم الخزين)

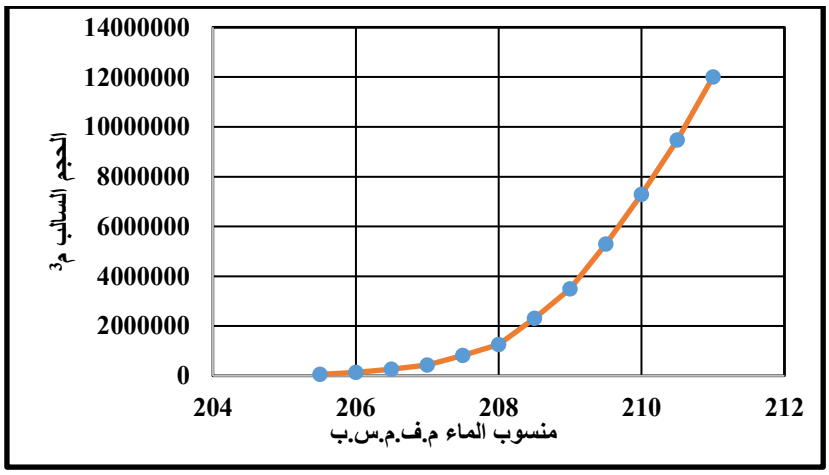
الحجم السالب في الخزانات يشير إلى حجم الخزين، وهو كمية المياه المخزنة التي تختلف عن حجم المياه الوارد أو الخارج. العلاقة بين المنسوب والحجم السالب تعبر عن التغير في حجم المياه المخزون داخل الخزان نتيجة للتوازن بين المياه الداخلة والخارجة [8].

التذبذب أو التغير في الحجم السالب مع المنسوب يمكن أن ينتج عن عوامل متعددة مثل تغيرات في التدفقات الدخيلة، تأثير الفيضانات، التسربات، أو تغير في الشكل الهندسي للقاع والتي تؤثر على قدرة التخزين والتفريغ. لذلك، العلاقة بين المنسوب والحجم السالب تعكس ديناميكية الخزان في عمليات التخزين والتفريغ، وتساعد في تقدير كفاءة وأداء الخزان في ظروف التشغيل المختلفة[9] .

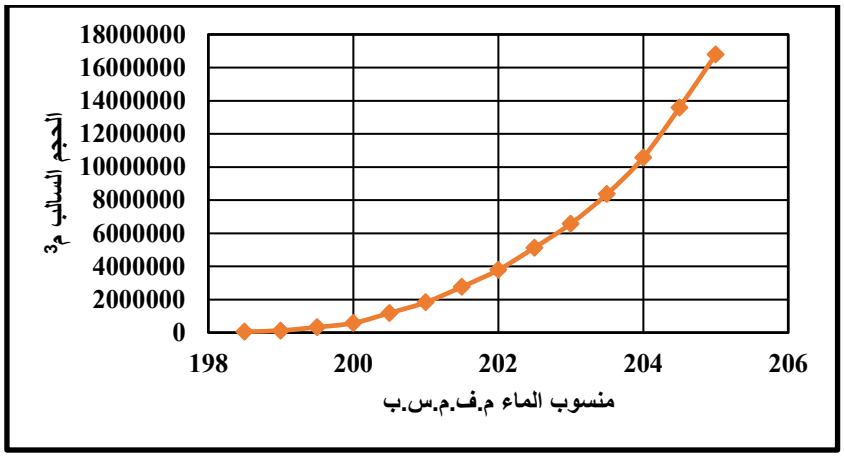
بالتالي، فهم العلاقة بين المنسوب والحجم السالب ضروري لإدارة موارد المياه وتحليل سلوك الخزانات في أنظمة الري أو الحماية من الفيضانات. وكما موضح في الاشكال ادناه من (14)، (15)، (16)، (17)، (18)، (19)، (20)، (21)، (22)، (23)، (24)، ان علاقة المنسوب مع الحجم السالب (حجم الخزين) هي علاقة طردية حيث كلما زاد المنسوب ازداد حجم الخزين مع دخول مساحات ضمن حدود الخزان قد تؤثر سلباً او إيجابا على حجم الخزين. حيث لوحظ في بعض المواقع ان منحني العلاقة يرتفع مع المنسوب بشكل قليل او زيادة بطيئة وهذا يعني انضمام مساحات واسعة ضمن جسم الخزان وهذا يعطي قدرة خزنية كبيرة، تغيّر بطيء في المنسوب، كمية تبخر أكبر، اما الارتفاع الذي يكون بصورة سريعة يدل على ان جسم الخزان ضيق وعميق، استجابة سريعة للمنسوب، تبخر اقل، لكنه يستلزم دقة عالية في التشغيل.



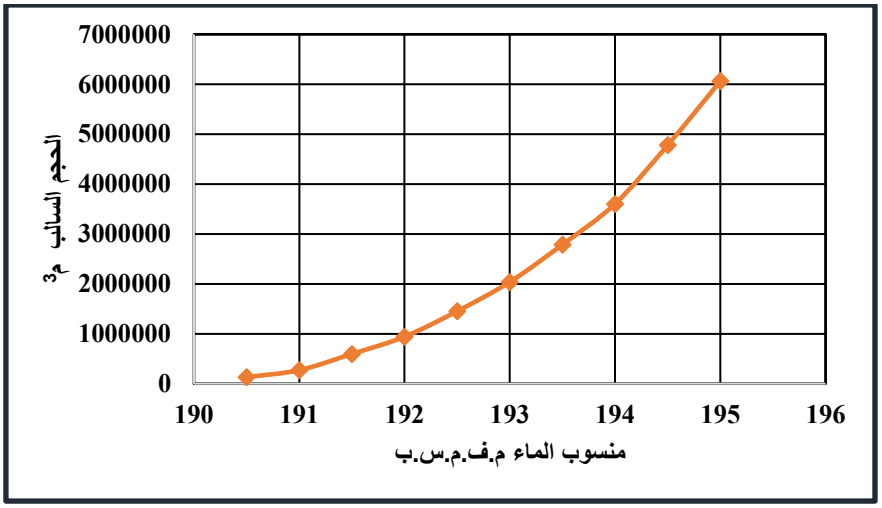
الشكل 13. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب (حجم الخزين) لخزان السد الأول (الجسر القديم).



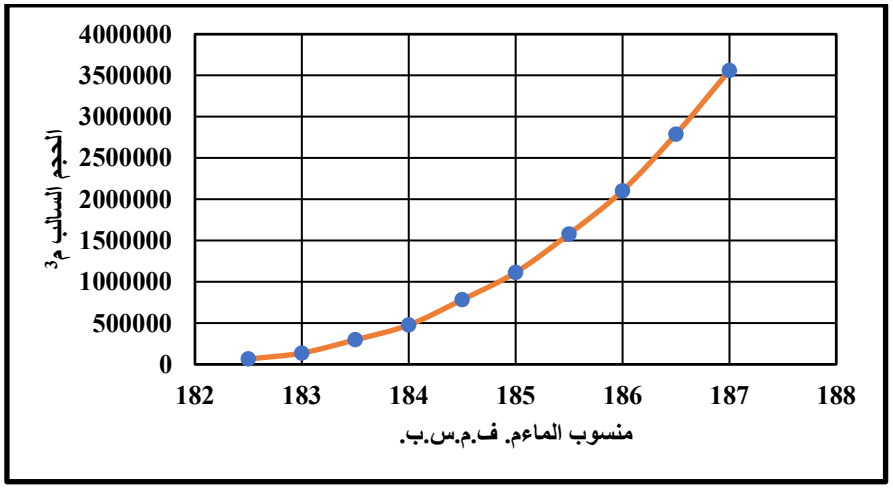
الشكل 15. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب (حجم الخزين) في السد الثاني (الجماسة)



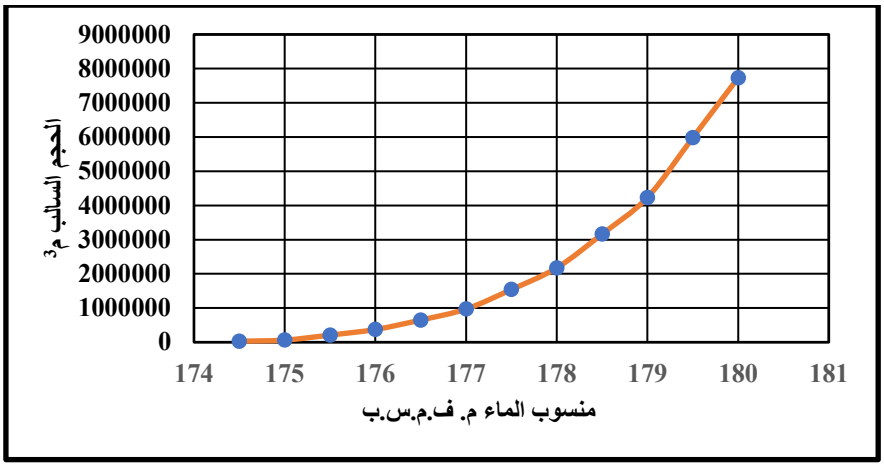
الشكل 16. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب (حجم الخزين) في السد الثالث (حمام العليل)



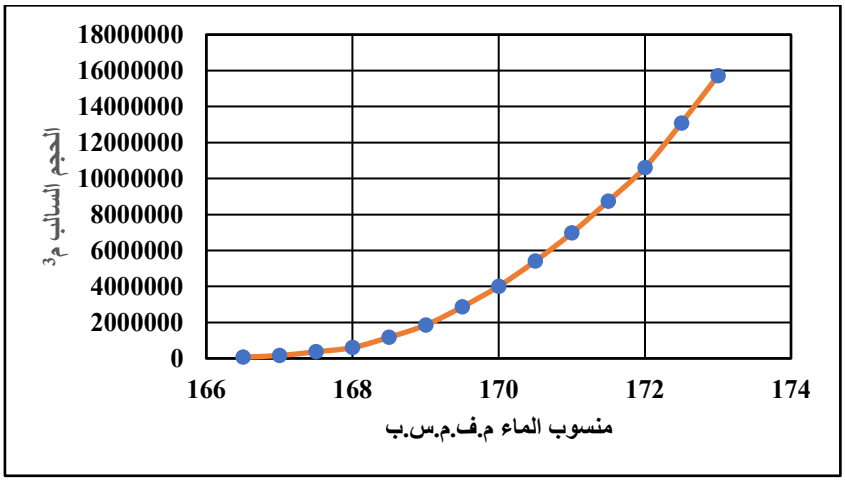
الشكل 17. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب (حجم الخزين) في السد الرابع (منيرة)



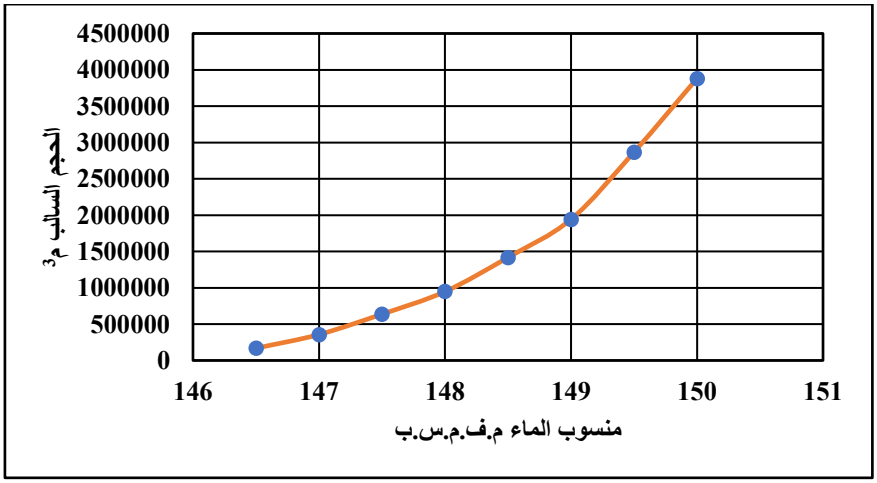
الشكل 18. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب (حجم الخزين) في السد الخامس (السفينة)



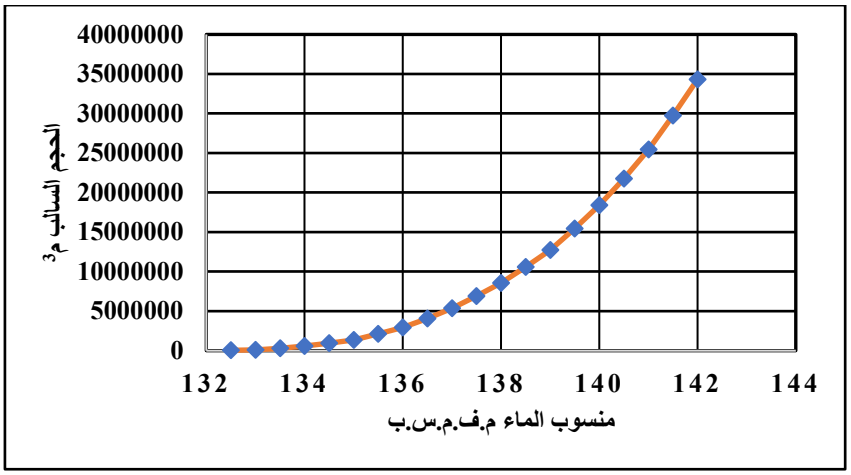
الشكل 19. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب في السد السادس (الزوية)



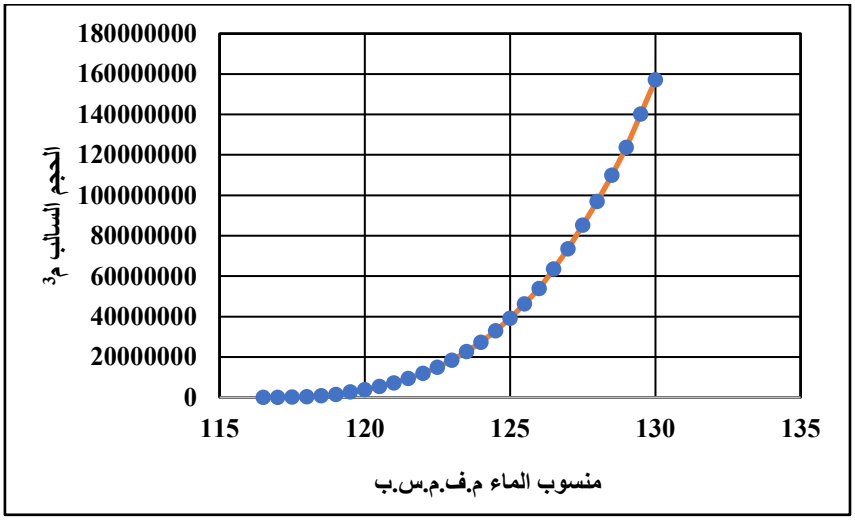
الشكل 20. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب (حجم الخزين) في السد السابع (القيارة)



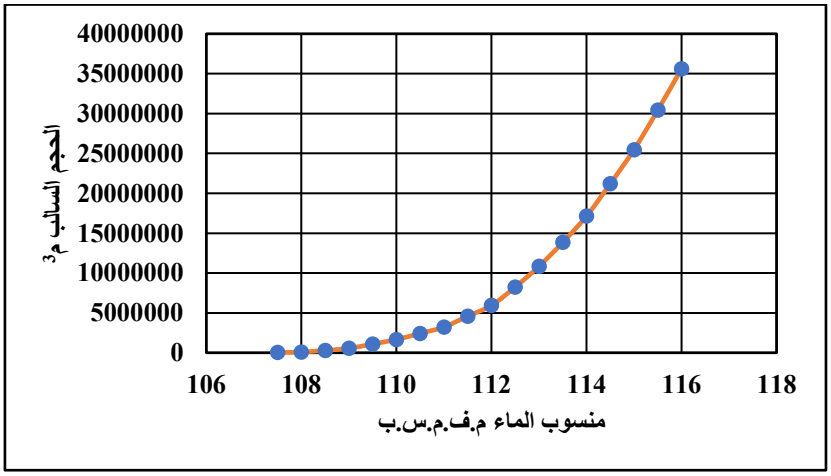
الشكل 21. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب في السد الثامن (الهيجل)



الشكل 22. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب في السد التاسع (شاطي الجدر)



الشكل 23. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب في السد العاشر(مكحول)



الشكل 24. العلاقة بين منسوب الماء مع الحجم السالب في السد الحادي عشر (الفتحة)

استنادًا إلى بيانات تحليل موارد المياه لحوض نهر دجلة ESCWA 2013 وفقًا لمعطيات (Water Resources of the Tigris River Catchment) حيث أشار التقرير إلى أن الزاب الكبير يزوّد حوالي 33 % من إجمالي جريان نهر دجلة قبل التقاء الزاب الصغير، الذي يساهم كذلك بإمداد المياه لكنه بنسبة أقل لكنها حيوية للمناطق الواقعة جنوب مصبه [12].

المصادر

1. Torabi Haghighi, A., Akbari, M., Noori, R., Danandeh Mehr, A., Gohari, A., Sönmez, M. E., et al. (2023). The impact of Turkey's water resources development on the flow regime of the Tigris River in Iraq. Journal of Hydrology: Regional Studies, Volume 48, 2023. DOI: 10.1016/j.ejrh.2023.101454.
2. 2010 annual report (English). Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) Washington, D.C.: World Bank Group.
3. http://documents.worldbank.org/curated/en/408911468331735129/2010-annual-report

4. **صالح، لطيف مزعل، 2014**. خزان سد مكحول –دراسة هيدرولوجية وجيومترية لاختيار المنسوب الامثل، قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة تكريت، اطروحة دكتوراه (غير منشورة) 192 ص.

5. Buday and S. Z. Jassim., The 1 : 1 000 000 Tectonic Map of Iraq, 1nd ed. (Iraqi Geol. Surv. Publ. Baghdad, Iraq, 1987).
6. Anon, 1994. Geological and geotechnical report for Makhul/2 pump storage project, Scientific Consulant Bureau, Collage of Science, Univer. Of Baghdad.
7. Buday, T., 1980. The Regional Geology of Iraq (Stratigraphy and Paleontology). Dar Al- Kutb Publishing House, Mosul, Iraq, 445P. clastic units, Fatha Formation, (Middle Miocene), south of Mosul, Iraq. Dirasat, pure Science, Jordan, 28, 80-105.

8. محمد، احمد ابراهيم، 2011. الخواص الجيوتكنيكية لصخور الحجر الجيري من تكوين الفتحة وصلاحيتها كأحجار بناء وتحكيم للسكك الحديدية في منطقة الفتحة"، كلية العلوم – جامعة تكريت 88 ص.

9. الجبوري، نهاد سعود، (2009): التقييم الجيوتكنيكي والمنجمي للصخور الجبسية في تكوين الفتحه وصلاحية استخدامها كعوازل حرارية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة تكريت، كلية العلوم، ص125.

10. Chow, Ven Te, David R. Maidment, and Larry W. Mays. Applied Hydrology. McGraw-Hill, 1988.
11. Bedient, Philip B., Wayne C. Huber, and Baxter E. Vieux. Hydrology and Floodplain Analysis. 5th ed., Pearson, 2013.
12. Novak, Pavel, et al. Hydraulic Structures. 4th ed., Taylor & Francis, 2007.
13. ESCWA. (2013). Water resources of the Tigris River catchment. United Nations Economic and Social Commission for Western Asia. Retrieved from https://www.scienpress.com/Upload/GEO/Vol%208_3_2.pdf