ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: http://www.jtuh.tu.edu.iq

Automatic Extraction of Bakhmeh Dam's Geometrical Elements: Digital Elevation as a Model (DEM)

Najim Abdula K. Al-Kraaey
Tikrit University College of Education for Human Sciences

Fuad.A.M. Al- Omary
Tikrit University College of Education for Human Sciences

Sabbar Abdulla.S.Al-Kaisy
Tikrit University College of Science

* *Corresponding author: E-mail* :
najimalabdula@tu.edu.iq
٠٧٧٠٨٤١١٤٤

***Keywords*:**
applied geomorphology
Bakhmeh Dam
Digital **Elevation Geometrical Elements**
natural geography
A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 4 Jan. 2021
Accepted 17 Feb 2022
Available online 30 Sept 2022
E-mail
journal.of.tikrit.university.of.humanities@tu.edu.i

A B S T R A C T

The geometrical elements of Bakhma's Dam are extracted by relying on the digital elevational model (DEM) alongside using other applicable programs, including (GLOBAL MAPPER-SURFER-GIS) that entail spatial informational data about lands' features. The study follows an analytical and descriptive approach. The geometrical elements data are extracted from the depth of (380) m of the dam up to (600) m height of the sea level. The relationship of the negative volumetric and negative area elements indicates the existence of a large difference in the values of (NV), (NPA) and (NSA). This positive factor in choosing the topographic depression shows a large decrease in the surface area. The flat (evaporation area) and the wet area (the penetration area) is offset by a large increase in the storage volume, as it will give an indication that the depression is deep and has little space.

© 2022 JTUH, College of Education for Human Sciences, Tikrit University

DOI:http://dx.doi.org/10.25130/jtuh.29.9.2.2022.8

Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University

استخلاص العناصر الجيومترية لخزان سد بخمة بالطرق الآلية بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)

نجم عبدالله كامل الكراعي / جامعة تكريت/ كلية التربية للعلوم الانسانية
فؤاد عبدالوهاب محمد العمري / جامعة تكريت/ كلية التربية للعلوم الانسانية
صبار عبدالله صالح القيسي / جامعة تكريت/ كلية العلوم

الخلاصة:

استخلصت العناصر الجيومترية لخزان سد بخمه من خلال الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) ذي

القدرة التميزية(١٠)م، وباستخدام عدة برامج تطبيقية منها(GLOBAL MAPPER–SURFER–GIS)التي تعالج التحليل المكاني وتستخلص البيانات والمعلومات المكانية للمعالم الأرضية، وقد استخلصت تلك البيانات من منسوب(٣٨٠)م عند موقع السد وحتى ارتفاع منسوب(٦٠٠)م فوق مستوى سطح البحر بفاصلة(١)م، وتم حساب بيانات العناصر الجيومترية المساحة السطحية ومناسيب المياه في الخزان والحجم الموجب (Positive Volume) والحجم السالب(Negative Volume)والمساحة السطحية الموجبة (Positive Surface Area)والمساحية السطحية السالبة(Negative Surface Area)والمساحة المستوية الموجبة (Positive Planar Area) والمساحة المستوية السالبة(Negative Planar Area)ومعدل العمق (Average Depth)ومعدل سماكات الجزر (Average Island Thickness)،وقد بينت علاقة المنسوب مع العناصر الحجمية السالبة والمساحية السالبة بوجود فرق كبير في قيم(NV)و(NPA)و(NSA)عند منسوب الخزان (٦٠٠)م، وهذا يعد عاملا ايجابيا في اختيار المنخفض الطوبوغرافي، إذ يظهر انخفاضا كبيرا في المساحة السطحية المستوية(مساحة التبخر)والمساحة المبتلة(مساحة التغلغل)يقابله زيادة كبيرة لحجم الخزين، اذ يدل ان المنخفض عميق وقليل المساحة وهذا سيقلل من الخسائر بالأراضي التي ستغمرها مياه الخزان وتقليل النفقات المادية التعويضية لها وفي الجدوى الاقتصادية النهائية للمشروع، وبلغ حجم الخزين الذي توصلت اليه الدراسة الحالية عند المنسوب(٥٩٩)م (١٩)مليارم٣ وهو اكبر من الحجم الذي حددته دراسات الشركات الاولية للخزان والتي بدأت ببنائه البالغ(١٧)مليارم٣،والذي سيستوعب الجريان السطحي في فترة الفيضان ويقلل من فيضان نهر دجلة بسبب انشاء سد بخمة على نهر الزاب الاعلى ويحقق خزين استراتيجي مهم.

الجيومورفولوجيا التطبيقية، سد بخمة، العناصر الهندسية للارتفاعات الرقمية، الجغرافيا الطبيعية

المقدمة:

تناول مصطلح الجيومتري منذ القدم الى ما قبل العصور اليونانية بمعنى (قياس) الأرض ، حيث تداخل في استخدامه فالبعض يطلقه على الهندسة او الطوبولوجي ،والبعض الاخر يطلقه على الرياضيات بصورة عامة، والذي يظم مجموعة من القوانين والمفاهيم الرياضية والهندسية ،حيث يمكن تعريف الجيومتري بانه عملية تحويل الاشكال غير المنتظمة الى اشكال هندسية منتظمة من خلال استخدام قوانين رياضية وهندسية .(١) اذ من خلالها يمكن حساب وقياس حجم ومساحة الشكل او المعلم المعني (طبوغرافية سطح الارض) كواقعها على الارض ،حيث مكنت التقنيات الحديثة المتطورة من بيانات الاستشعار عن بعد والبرامج

التطبيقية الحاسوبية من استخدام مفهوم الجيومتري وتطبيقاته وقوانينه في دراسة الاشكال والمعالم الارضية والتي منها الخزانات المائية .

يتوضح ويبرز اهمية دور الجيومورفولوجي كأحد تخصصات الدراسات الكمية للعلوم المكانية وجعله ينافسها في تحقيق التخطيط الامثل وديمومة التنمية ،وخاصة دراستنا الحالية التي تعد احد دراسات انظمة الاحواض والاودية المائية النهرية ،حيث تبرز اهميتها في اختيار وتحديد مشاريع الخزن (الخزان) وموقع اقامة السد من خلال شكل التضاريس والمظهر الارضي الذي يسيطر ويفرض نفسه في هذه العملية ،التي تنتج من خلال تحديد ابعاد ومساحة وحجم الخزان ورسم جيومترية ومظهر الخزان بكافة مخرجاتها ،الذي سيمثل صلب ومجال عمل الجيومورفولوجية التطبيقية الحديثة حيث اعطت تكامل عملية انشاء المشاريع الخزنية مع باقي الاختصاصات العلمية الاخرى ،التي تتحكم ببناء وتحديد موقع السد وخزانه كاختصاص الهندسة والجيولوجي والهيدرولوجي وغيرها من الاختصاصات الاخرى المساهمة في بناء هذا المشروع ،واضيف مصدر مهم ودقيق من خلال الاعتماد على تقنيات بيانات الاقمار الصناعية (نموذج الارتفاع الرقمي الراداري)وبدقة تميزية عالية ،الذي افتقدت غالبية المشاريع الخزنية في العراق له بسبب عدم توفرها في فترة انشاءها ،وستدعم وتزيد في تطور المجالات الاقتصادية والاجتماعية والسياسية للبلد وتقلل من النفقات والجهد والتكلفة لأنشاء المشروع المائي .(٢)

مشكلة الدراسة :

تشير الدراسات والتقارير الدولية والمحلية بأن العراق سيواجه جفافا وانخفاضا في تصارف المياه بسبب التغيرات المناخية وتذبذبها ،اضافة الى ضغوطات دول المنطقة المشتركة مع روافد نهري دجلة والفرات ،وبما أن أعالي رافد نهر الزاب الاعلى يصعب استثمارها لكونه مواقع جبلية وتضاريسية معقدة ، لذلك تبرز مقولتان اساسيتان في مشكلة البحث :-

أ- اقيمت منذ القدم حضارات متعاقبة على ارض الرافدين اعتمدت اساسا على تنظيم وادارة مركزية للأنهر العراقية ،لهذا سميت هذه الحضارات بالحضارات الاروائية .من هنا تبرز عدة تساؤلات حول هذه المقولة :-

- ما هي أسس هذا التنظيم ،وكيف يتم ادارتها ؟
- ما هي الاعمال التي من شأنها يتم السيطرة نسبيا على الفيضانات العارمة لنهري دجلة والفرات؟
- ما هي الملامح للجيومورفولوجية التطبيقية للنهرين في الحالات الاعتيادية والمتطرفة ؟

ب- تشير الدراسات السابقة والتقارير الدولية والمشاريع الاروائية التي اقيمت في دول الجوار والتي ينبع منها نهري دجلة والفرات بان العراق كدولة مصب ستعاني من ازمة مياه ،وقد تصل الى كارثة في متطلباتها المائية ،ولأجل تنمية قدرتها الزراعية وتحقيق امنها المائي تبرز تساؤلات هي :-

- ما اهمية نهر الزاب الاعلى كرافد لنهر دجلة ؟
- كيف يمكن الاستفادة منه لا سيما في اوقات الفيضان ؟
- ما هي الطرق الجيولوجية والجيومورفولوجية والهيدرولوجية والبيئية للدراسة في انشاء سد بخمة ؟
- ماهي حجم المساهمة التي سيضيفها السد لجميع اوجهها الى امكانيات العراق من الموارد المائية؟

فرضية الدراسة

- ان اعادة العمل بإنشاء سد بخمة واكمال بنائه يعد امرا مهما واستراتيجيا للعراق(المنقذ) الذي سينقذه من ازمة وقلة الواردات المائية لنهري دجلة والفرات .بما سيتم خزنه من المياه بكميات قد تتجاوز (١٧) مليار م٣ في فترة الفيضان اذا تم انجازه ضمن التصميم الاقتصادي والمثالي .
- سيحقق السد فوائد ومردودات استراتيجية كبيرة والتي يعاني العراق منها مثل (الكهرباء – الفيضانات – مشاريع الري – الخ).
- من خلال استخدام البرامج الحديثة بجميع ادواتها وعملياتها المعتمدة على بيانات الاستشعار عن بعد ،سوف تحقق استفادة علمية كبيرة للحصول على البيانات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية والكمية التي تساعد المختصين في بناء وتصميم السدود بشكل دقيق وكذلك تقليل الجهد والوقت .

منهج الدراسة :

تنتظم الدراسة بأفكارها وطريقة معالجتها للمتغيرات الخاصة بالموضوع عن طريق استخدام :-

- المنهج البارومتري : والذي يختص باستخدام لغة الرقم من خلال تطبيق سلسلة من الحسابات والمعادلات والتحليلات الإحصائية المختلفة للوصول الى الدقة في لغة التعبير للمتغيرات المكانية .
- منهج المظهر الأرضي : والذي سيقود الى تحقيق تقييم جيومورفولوجي وهيدرولوجي وجيومتري شامل لحوض خزان السد .

تصميم وتنفيذ مشروع سد بخمة :

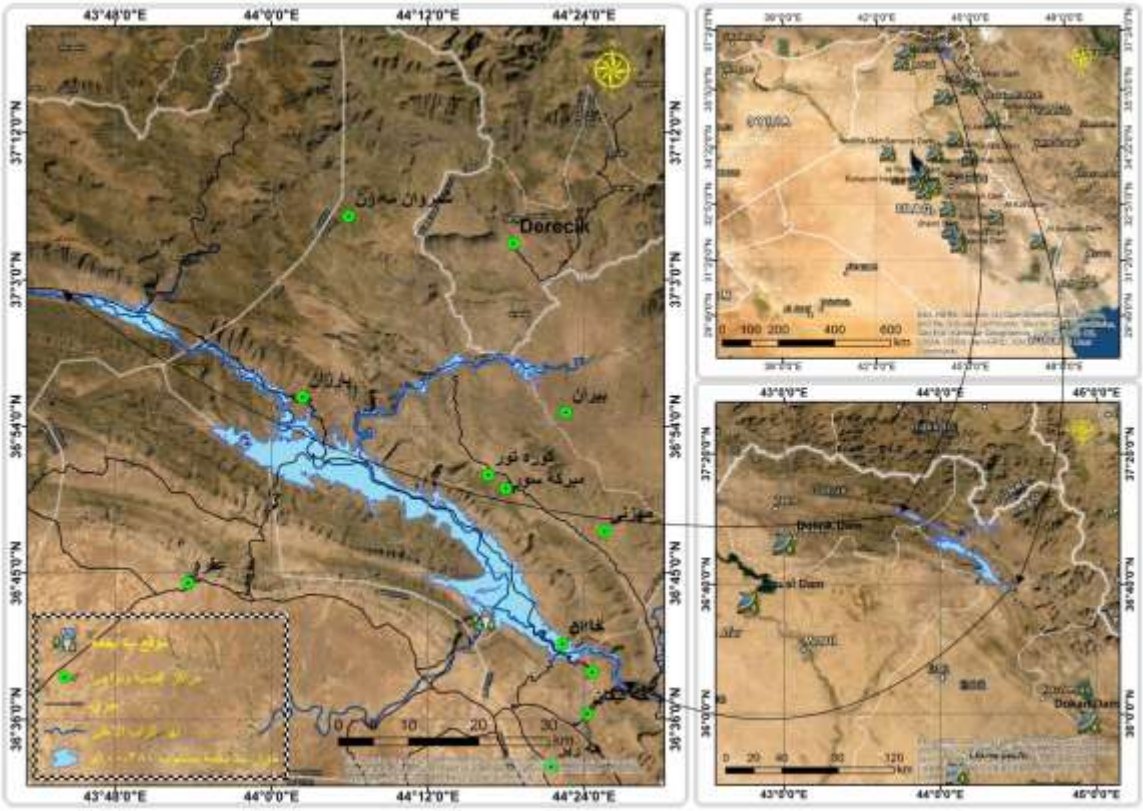
وضع التصميم الاول لمشروع سد بخمة من قبل شركة(هرزا الهندسية الامريكية) في سنة ١٩٥٣، قامت الشركة اليابانية(ئي بي دي سي) في سنة ١٩٧٩ بأجراء بعض التغيرات في تصميم المشروع .بدأ تنفيذ المشروع في عام ١٩٨٦ من قبل شركتي(أنكا التركية وهيدروكراوينيا اليوغسلافية)، توقف تنفيذ المشروع غي عام ١٩٩١ نتيجة حرب الخليج الثانية وتم تنفيذ حوالي ٣٤% من المشروع ، حيث انجز الجزء الاول الذي تكون من ٤ أنفاق بالإضافة الى ٣ انفاق للطاقة الكهرومائية ،وتشير بعض مصادر الدراسات بأن سعة خزان سد بخمة تقدر بحوالي ١٧ مليار متر مكعب وصل عمقه الى حوالي ١٧٩م ،وان معدل التصريف بحوالي

٨٧٥٠ متر مكعب في الثانية ،تعمل عليه محطة الطاقة الكهرومائية لتوليد بحوالي (١٥٠٠ ميغا واط) ، أضافة الى استعمال المياه لإرواء أكثر من ٥٦٠ هكتارا من الاراضي الزراعية.(٣)

موقع منطقة الدراسة:

تحددت منطقة الدراسة (الخزان) بين خطي طول (٢٠″ ٤١ ′ ٤٣° – ٣٠″ ٢٧ ′ ٤٤°) شرقاً ،ودائرتي عرض(٨٠″ ٣٢ ′ ٣٦ – ٥٠″ ٢٢ ′ ٣٧°) شمالاً كما في الشكل(١) ,وتبلغ مساحته (٢٣٦٨٥٣) م٢ ,ويمتد مع مجرى نهر الزاب الاعلى باتجاه يوازي اتجاه محاور الطيات في المنطقة (شمال غرب – جنوب شرق) لمسافة (٨٣.٥)كم طولا تتداخل مساحته بين الحدود الادارية الملاصقة لثلاث محافظات دهوك واربيل ونينوى ،يحده من الغرب قضاء عقرة ومن الشرق قضاء ميركه سور وفي جهة الجنوب والجنوب الغربي ناحية خليفان وقضاء شقلاوة ، اما موقع سد بخمه فيقع قرب قضاء عقرة في منطقة بهدينان قرب قرية (بخمه) عند الغاطس الجنوبي لطية (بيرات) المحدبة على نهر الزاب الكبير الذ يمثل الرافد الاكبر ايرادا لنهر دجلة حيث يقدر ايراده المائي السنوي (١٣.٣)مليار/م٣ يسهم العراق منها بنسبة ٥٨% وتركيا ٤٢% ،ويبلغ طوله (٣٩٠)كم عدا روافده ،وطوله قبل السد (٢٤٤)كم منها (١٢٣)كم في تركيا و(١٢١)كم داخل العراق ،في حين بلغ طوله بعد موقع السد حتى التقائه بنهر دجلة (١٤٦)كم ،اما مساحة حوضه المائي(منطقة التغذية) قبل السد فبلغت (١٦٨٦٠)كم٢ ،وتقدر معدل الترسبات العالقة في نهر الزاب الاعلى بحوالي ١٩ مليون طن من الترسبات في السنة ، إضافة الى اضعاف هذه الكمية من الترسبات الصلبة(الحصى والرمل) .(٤) وتمتد لمسافة (٤٧٥) كم باتجاه الاراضي التركية شمالا ليضم محافظتي (فان – هكاري), و(١٦٩) كم من غرب دهوك بالإضافة لأربيل وشمال السليمانية حتى الحدود العراقية الايرانية حيث مثلت حدود طبيعية لخط تقسيم المياه لحوض بخمة من الجهة الشرقية .

شكل (١) تبين موقع منطقة الدراسة (خزان وسد بخمه)



من عمل الباحث بالاعتماد على المرئية الفضائية ذات الدقة(٣٠)سم و(٦٠)سم لعام(٢٠١٨)،شركة(ESRI)الامريكية،موقع (USGS) المتوفرة ضمن برنامج (GIS 10.6.1)

مبررات الدراسة

إنَّ من اهم مبررات الدراسة هو تطوير وحسن ادارة الموارد المائية في العراق لترشيد استهلاكها وتقليل هدر الكميات الهائلة من المياه الواردة الى تلك المنطقة خاصة والعراق عامة خلال موسم تساقط الامطار وخاصة في فصلي الشتاء والربيع ،والتي تذهب دون الاستفادة منها(الري والسياحة والخزن المائي وانتاج الطاقة الكهرومائية)ناهيك عن معالجة الجفاف في موسم الصيف ،وان اعادة العمل بانشاء سد بخمة واكمال بناءه يعد امر مهم واستراتيجي للعراق ,فيجب إقناع صناع القرار بأن انشاء السد هو امر ضروري وفيه منافع كبيرة واهمها تحرير العراق من سيطرة دول المنابع لنهر دجلة والتي اخرها حاليا سد(اليسو)في تركيا

اهداف الدراسة :

تهدف الدراسة الى تحليل ومسح خزان السد (بخمه) جيومورفولوجيا وجيومترياً لتحديد علاقته بهيدرولوجية و هيدروليكية الوادي ,ممثلة بحجم الخزان المساحة السطحية (مساحة التبخر)، مساحة قاع الخزان (المساحة المبتلة)، ومساحات الجزر والخلجان المناظرة لكل منسوب من مناسيب خزان السد ،اذ ستمثل قاعدة بيانات يمكن ان يعتمد عليها المصمم في وضع التصاميم الخاصة بجسم السد وموقعه الامثل ،وتحديد اعلى منسوب يمكن للسد الوصول اليه ،والمفاضلة بين المنخفضات الطوبوغرافية للوصول الى المنسوب الانسب

والاقتصادي للسد ،الذي سيقود الى تحقيق الاستثمار والادارة الجيدة للإمكانات المائية المهدورة لغرض معالجة ازمة ادارة المياه.

الدراسات السابقة :

لقد اخذ موضوع توفير المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة , ,يحظى باهتمام الباحثين باختصاص الموارد المائية من الجغرافيين والجيولوجيين ,بالإضافة الى الاختصاصات الاخرى ذات الصلة بهذه المواضيع ,وخاصة في السنوات الاخيرة بسبب شحتها وصعوبة توفيرها ولأجل درء مخاطر الفيضانات ,ولأهميتها في تطور الحياة البشرية واستمراريتها وتحقيق الامن المائي والغذائي ,ومن خلال ذلك فتعد المنطقة فقيرة بالدراسات في هذه المواضيع وخاصة الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية التي تعتبر من العلوم المتطورة في هذه المجالات باستثناء دراسات الشركات الاجنبية المنفذة لأنشاء مشروع سد بخمة ،والذي لم يكتمل منه لحد الان سوى ٣٥% بحسب النتائج الحكومية ،بسبب توقف العمل به .وندرج منها بعض هذه الدراسات :-

- اجريت اول دراسة لمشروع سد بخمة سنة ١٩٣٧،بواسطة شعبة مشاريع الري الكبرى المرتبطة بمؤسسة (كود ويلسون) الاستشارية ،والتي قام بها رئيس الشعبة المهندس(ريتشارد) اذ بين امكانيات نهر الزاب الكبير وقدم تقرير عن نتائج تحرياته والتي منها موقع مضيق (بخمة) .
- قامت دراسة في سنة ١٩٣٨ من قبل الجيولوجي التابع للحكومة انذاك مستر(كوبنز) بغية اجراء فحص جيولوجي استطلاعي للموقع ، وقام بزيارتين وتوصل الى ان اصلح موقع لانشاء السد على نهر الزاب الكبير هو عند مدخل مضيق "(بخمة) .
- قامت في سنة ١٩٤٢ دراسة لشعبة مشاريع الري الكبرى من قبل(مستر وورد) تضمنت تقريرا تناول فيه تفاصيل استخدام مشروع خزان بخمة على فرض انشاء سد بمنسوب (٤٧٠)م فوق مستوى سطح البحر ،وبسعة (١.٢٥)مليار م٣ .
- قامت في المدة الممتدة من سنة (١٩٤٥-١٩٤٨) دراسة جيولوجية للخبير الجيولوجي (د.هيجين) وقدم تقريره سنة ١٩٤٩ ،واجرى تحرياته لموقعين شمال وجنوب موقع مضيق (بخمة) وانتخب الموقع الاول باعتباره الاصلح لإقامة السد .
- في سنة ١٩٤٥ وضع (جي دي اتكسون) رئيس المهندسين في مديرية الري العامة تقريرا علق واثنى على تقرير (ريتشارد) والذي بحث فيه اهم المشاكل المتصلة بالمشروع ،في ضوء الفيضانات الكبرى ومن امثلتها فيضان ١٩٤١ .
- قامت هيئة مشاريع الري الكبرى برئاسة (هيك)بين سنتي(١٩٤٦-١٩٤٩)بدراسة مفصلة عن مشروع سد بخمة بالإضافة لعدة مشاريع اخرى ،حيث اكدت ان المشروع من احسن المشاريع التي تبشر بالنجاح ،واجرت عدة مسوحات مفصلة عن الموقع والخصائص الهيدروليكية لنهر الزاب الكبير ،واعدت تصاميم اولية لخزان

بمنسوب (٤٦٨)م وسعة قدرها(٠.٩٥)مليار م٣ ،وعند منسوب (٤٨٨)م بسعة (١.٩٤)مليار م٣ وعند منسوب (٥٠٨)م بسعة (٣.٥٢)مليار م٣.وقد قدرت الطاقة الكهرومائية آنذاك ب(١٤١)ميكاواط ،وذكرت الهيئة تفاصيل طبقات الارض في موقع السد والذي اختير بسبب ملائمته من الناحية الجيولوجية ،كما ذكرت اهمية السد من ناحية السيطرة على فيضان نهر دجلة وتخفيضها .(٥)

- بعد تأسيس مجلس الاعمار في العراق سنة (١٩٥٠)عهد الى شركة (هازارا) الامريكية في ايار (١٩٥٢)بالقيام بالتحريات والدراسات لأختيار موقع السد وتهيئة التصاميم النهائية مع شروط المناقصة والمواصفات لأجل البدء بالمشروع ،وقد حددت اقصى ارتفاع للسد ب(١٩٠)م بحيث يصل منسوب الخزن الى(٥٥٠)م وتكون السعة الخزنية الاجمالية (٨.٣)مليار م٣ منها (٧.١)مليار م٣ خزن حي ،وقد قدرت المدة التي يستغرقها املاء الرواس للخزن الميت ب(١٠٠)عام ،وان مساحة الخزان السطحية بلغت اقصى مستوى (١٤٠)كم٢ ،ويغمر عندها مساحة من الاراضي تقدر (٧٠٠٠)دونم من الاراضي الزراعية مع (٣٢) قرية .علما ان السد لم بنفذ من قبل هذه الشركة .(٦)
- عهد في سنة (١٩٧٩) الى احدى الشركات اليابانية (E.P.D.C) لأجراء دراسات جديدة والقيام بالتحريات الجيولوجية واعداد التصاميم التفصيلية ،وكان التصميم النهائي هو سد عالي ركامي حجري بارتفاع (٢٣٠)م في مدخل مضيق بخمة لخزن حوالي (١٠) مليار م٣.
- تم احالة المشروع بعد توقفه الى اتحاد من شركتي (انكا)التركية و(هيدروكراينيا) اليوغسلافية لأجل تنفيذ المشروع ووقع العقد في(١٩٨٦/٩/٢٩) وتم المباشرة بأعمال السد سنة (١٩٨٧)،بالإضافة الى احالة مقاولة تنفيذ الاعمال الكهرومائية لشركة (انكرا)اليوغسلافية ووقع العقد معها في (١٩٨٨/١٠/١) وكانت كلفة المقاولتين بحدود (١.٧٥) مليار دولار .وتوقف العمل بالمشروع سنة (١٩٩١) نتيجة الحرب العراقية على الكويت ،ووصلت نسبة العمل المنجز في سد بخمة بعد التوقف (٣٤%) ،من بينها منشئات المخيمات(المجمع السكني) وكلفة المعدات والمكائن والمعامل والتي دمرت بسبب الحرب لتبقى نسبة الاعمال الدائمية المنجزة بحدود (٢٤%).(٧)
- تم في سنة (٢٠٠٣) توجيه دعوة لعدد من الشركات العالمية المتخصصة لتقديم دراساتها وعروضها لأجراء الفحص للمنشآت والتقويم الهندسي للأعمال المنفذة في السد وتعديل مستندات مقاولات المشروع مع تقديم دراسة لتقويم الاثار البيئية للسد والخزان المقترح ،وقد عهد الى شركة (I.T.S.C) الصربية البريطانية وشركة (شتوكي)السويسرية وتم توقيع العقد معها في (٢٠٠٤/١٢/٢٧) ،وقد قدمت الشركتين في (٢٠٠٦/٢/٢٦) عرضا ودراسة اخرى لبدائل لمنسوب حزن (٥٥٠م و ٥١٧م) لأجل تقليص الاراضي والقرى التي تنغمر بمياه الخزن .(٨)

مصادر البيانات والمعلومات:

تضمنت المرحلة جمع الدراسات والتقارير الجيومورفولوجية والجيولوجية والهيدرولوجية والجغرافية السابقة حول منطقة الدراسة العلمية والمحلية والتي تتعلق بموضوع الدراسة ، وكذلك جمع الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية والمرئيات الفضائية للمنطقة ،بالإضافة الى البيانات المناخية لعناصر المناخ لمحطات منطقة الدراسة ،بالإضافة الى الدراسة الميدانية والصور الفوتوغرافية للمنطقة .

لوحة (١) تمثل موقع سد بخمه

لوحة (٢-٣-٤-٥) تمثل بوابات السد التحويلية وبداية خزان سد بخمه

البرامج المستخدمة في الدراسة :

تهيئة البرامج الحديثة التي استخدمت في هذه الدراسة وهي:

١- برنامج ERDAS IMAGINE 9.2

٢- برنامج Arc GIS ١٠.٦.1

٣- برنامج Surfer ١٣

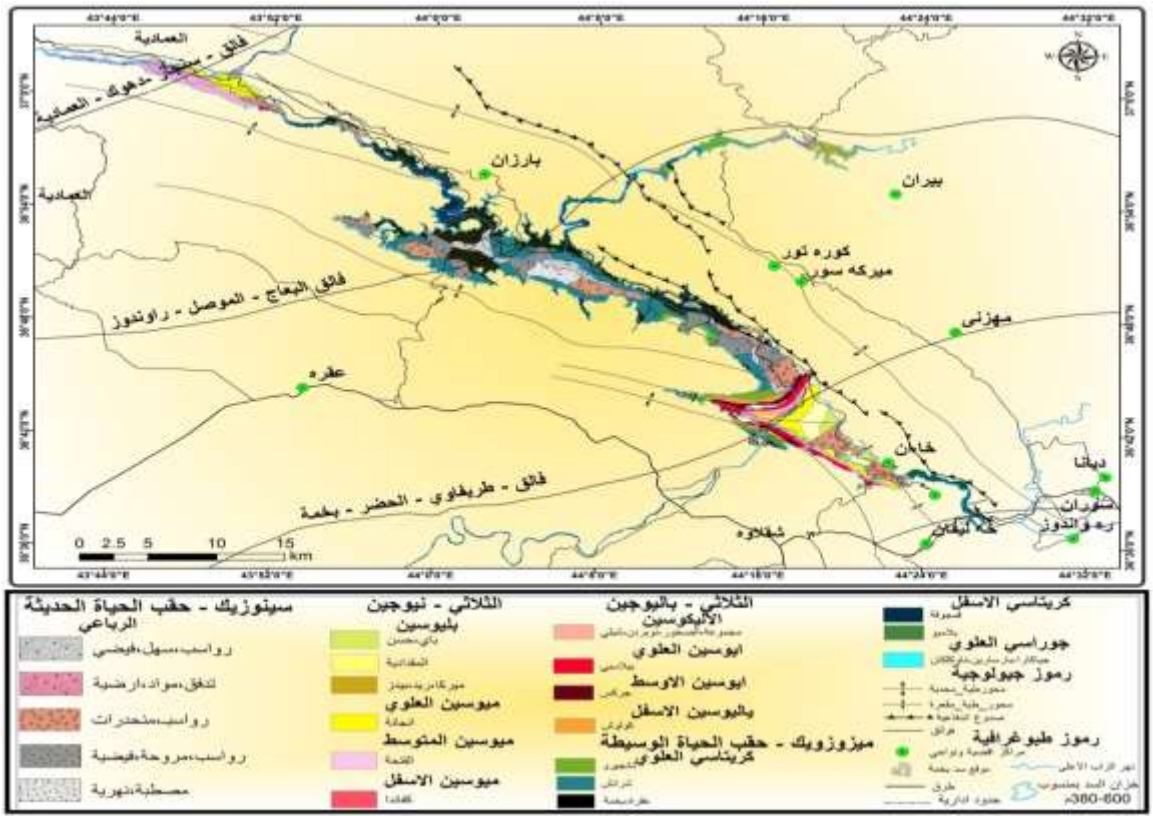
٤- برنامج Global Mapper ١٣

تركيبية وجيولوجية وجيومورفولوجية منطقة الدراسة

تمثل تركيبية وجيولوجية وجيومورفولوجية الارض التي سيقام عليها مشروع السد احد ابرز المقومات الطبيعية التي يتأسس عليها تخطيط هيكل جسم السد وخزانه ،اذ قد بتعرض السد بعد انشاءه الى الانهيار او الفشل اذا اهملت تلك العناصر الى جنب الاسس والدراسات الهندسية ،لذا يجب اتباع وقيام عدة دراسات تحضيرية مرتبطة بعملية تخطيط وتنفيذ وبناء السدود والخزانات

تقع منطقة الدراسة في الحافة الشمالية الشرقية الرصيف العربي– النوبي (Nubio Arabian Platform) ضمن الرصيف غير المستقر في نطاق الالتواءات العالية (Folded zone) حسب التقسيمات التكتونية للعراق (Jassim and Goff, 2006) ،وتعكس تطور سلسلة متكونة من الطيات العالية الوعرة والضيقة ،والممتدة باتجاه شمال غرب جنوب شرق ، والمتكونة بسبب الحركات الألبية ونتيجة لقوة دفع الدرع العربي مع الدرعين الإيراني والتركي، وتقع بالتحديد (طية بيرات)في وادي نهر الزاب وجوانبه المحصور بين طيتي باردوست وعقرة.(٩)

شكل(٢) تمثل التكوينات الجيولوجية المنكشفة لخزان سد بخمه



المصدر/من عمل الباحث بالاعتماد خريطة الاعمار الجيولوجية اربيل والسليمانية عن(VAROUJAN&SAISSAKIAN), جمهورية العراق ,١٩٩٧.

التكوينات الجيولوجية المنكشفة داخل حدود خزان السد :

تبرز أهمية دراسة التكوينات الجيولوجية من ناحية تأثيرها في الخصائص الهيدروليكية للطبقات وطبيعتها الهيدروجيولوجية وخواص وهيدروكيميائية المياه التي تجري في الوديان المنحدرة نحو الخزان وفي داخله تنتقل عموديا أو أفقيا خلال مناسيب الخزان المائي للسد ،تغطي منطقة الدراسة المكاشف الصخرية للترسبات التي تعود إلى فترة حقب الحياة المتوسطة (ميزوزويك)حتى فترة حقب الحياة الحديثة (سينوزيك) امتدت ترسبات الحقب الوسيطة من عصر الجوراسي العلوي التي ضمت تكوينات(جياكارا – بارسيان –ناوكلكان) وحتى عصر الكريتاسي الاسفل مثل تكويني (بالمبو – قمجوقة) وعصر الكريتاسي العلوي ممثل بتكوينات(عقرة بخمة وشيرانش وتانجيرو) ،اما فترة الحياة الحديثة فامتدت اقدمها بين فترة العصر الثلاثي – باليوجين امتد من فترة باليوسين الاسفل الذي ضم تكوين (كولوش)وفترة ايوسين الاوسط ضم تكوين (جركس) وفترة ايوسين العلوي ضم تكوين (بيلاسبي) وفترة الاليكوسين الذي ضم تكوين(مجموعة صخور ناوبوردان وشيلي)

،وامتد كذلك بعصر الثلاثي – نيوجين الذي امتد من فترة ميوسين الاسفل الذي ضم تكوين (كفاندا) وفترة ميوسين الاوسط التي ضمت تكوين (الفتحة) وفترة ميوسين العلوي التي ضمت تكوين (انجانة) وحتى فترة بلايوسين التي ضمت تكوينات (ميركا ريد بيدز – المقدادية – باي حسن) ، وانتهت الترسبات الجيولوجية المنكشفة بترسبات العصر رباعي امتدت لفترات من بليستوسين الى هولوسين وضمت ترسبات (مصاطب النهرية – مروحة فيضية – رواسب المنحدرات والمواد الارضية – السهل الفيضي) وفيما يلي وصف لهذه التكوينات الجيولوجية المنكشفة .(١٠)

جدول (١) يمثل التكوينات الجيولوجية المنكشفة لخزان سد بخمة واعمارها والوصف الصخاري لها.(١١)

ت	اسم التكوين	العمر			الوصف الصخري
١	رواسب سهل فيضي	سينوزك – حقب الحياة الحديثة	رباعي	هولوسين	طين وغرين ورمل وبعض الحصى والجلاميد
٢	تدفق مواد ارضية			هولوسين	خليط غير متجانس من المفتتات الصخرية اغلبها لتكوينات بيلاسبي الفتحة انجانة المقدادية باي حسن
٣	رواسب منحدرات			هولوسين	قطع صخرية متباينة الاحجام من المدملاكات والدولومايت اغلبها لتكويني بيلاسبي وشرانش
٤	رواسب مروحة فيضية			بليستوسين – هولوسين	مفتتات غرينية وطموية
٥	مصطبة نهرية			بليستوسين	مفتتات غرينية وطموية ورملية
٦	باي حسن		الثلاثي – نيوجين	بلايوسين	مفتتات والمدملاكات من الطينية والرملية والحصى
٧	المقدادية				ترسبات حصوية ناعمة وخشنة و صخور الرملية الحصوية التي تتعاقب مع طبقات من الصخور الرملية والغرينية
٨	ميركا ريد بيدز				مدملكات وحجر طيني صقيحي وصلصال احمر وحجر رملي حصوي
٩	انجانة			ميوسين العلوي	تتابعات من الصخور الرملية، الغرينية وتنتهي بالطين
١٠	الفتحة			ميوسين الاوسط	تتابعات من الصخور الطينية الكلسية صفراء مخضرة او رمادية مخضرة متعاقبة مع الصخور الجبسية والكلسية مع تعاقب طبقات من الصخور الطينية الكلسية الحمراء في

					الجزء العلوي
١١	كفاندا			ميوسين الاسفل	حجر جيري خالص
١٢	مجموعة صخور ناوبوردان وشيلي		الثلاثي – باليوجين	الاليكوسين	صخور رملية ،مكتلات قاعدية رمادية ومختلفة الالوان ،فلسبار بركاني ،الواح رقيقة من رماد البراكين ،مكتلات جيرية مرجانية ،صلصال رمادي.
١٣	بيلاسبي			ايوسين العلوي	حجر جيري جيد التطبق ,متجوي ,ابيض طباشيري ومتبلور مع حزم من مارل اخضر باهت او مارل طباشيري ابيض
١٤	جركس			ايوسين الاوسط	تعاقب صخور طينية ورملية بنفسجي واحمر ومارل رملي مع او بدون حصى ،وحجر سلتي وكونكلومريت وعدسات من الجبسم
١٥	كولوش			باليوسين الاسفل	تعاقب من الصخور الطينية والغرينية داكنة اللون والصخور الرملية والصلصال وجيرت ورايولايت مع طبقات رقيقة من الحجر الكلسي المارلي
١٦	تانجيرو	ميزوزويك – حقب الحياة الوسيطة	كريتاسي العلوي		مدملكات وصخور رملية متداخلة مع صخور مارلية وسجيلية سوداء وصخور جيرية مارلية
١٧	شرانش				صخور صلصالية وجيرية باللون الازرق والرمادي رقيقة التطبق في الجزء العلوي ،وحجر جيري ابيض ورمادي متوسط التطبق في الجزء الاسفل
١٨	عقرة بخمة				حجر كلسي دولومايتي صلب دقيق الحبيبات كتلي جزئيا
١٩	قمجوقة		كريتاسي الاسفل		حجر كلسي دولومايتي كتلي ناعم الحبيبات
٢٠	بلامبو				صخور جيرية مارلية وجيرية متدلمتة
٢١	جياكارا – بارسيان – ناوكلكان		جوراسي العلوي		تعاقب طبقات رقيقة من الحجر الكلسي والسجيل – حجر كلسي مارلي اصفر وسجيل

جيومورفولوجية منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة(خزان بخمة) في الحدود الشرقية لمنطقة الجبال العالية والذي يمثل الحزام البسيط الطي الذي يشكل المنطقة الانتقالية باتجاه منطقة الجبال الواطئة ،ويتراوح ارتفاع خزان بخمة المفترض بين (٣٦٠-٦٥٠) متر فوق مستوى سطح البحر الذي حدد واستقطع حدوده من المرئية الفضائية (DEM) يتخلله وديان طوليه وعرضية ،وينحصر خزان سد بخمة بطيات محدبة طويلة بسيطة وعالية تمتد باتجاه شرق – غرب تنحرف عند سد بخمة باتجاه شمال غرب – جنوب شرق ،منها طية(ميركه سور) شرق وشمال شرق الخزان وكذلك طيتي (كارا) و(شيرين) شمال مدينة زيبار شمال شرق الخزان ،كذلك يحد الخزان من جهة الشمال الغربي طية(بيرات وطية بيرس وطية عقرة) الممتد بموازاة الحدود الغربية والشمالية الغربية للخزان مرور بمدينة عقرة حتى تقطع نهر الزاب الاعلى عند خانق بخمة موقع السد تصل عند مدينة راوندوز الحدود الجنوبية والجنوبية الشرقية للخزان حيث تتعرض لتعرج شديد في محورها نتيجة تاثرها بفالق يقطع محورها بشكل عمودي ،اما الطيات المقعرة فانها تمثل الطبوغرافية المنخفضة الضيقة للخزان والتي تشكل مجرى نهر الزاب في وسط الخزان ،تتخل هذه الطيات وتقطعها بشكل متعامد باتجاه محاورها وخاصة المحدبة العديد من الوديان منها روافد تلتقي بنهر الزاب الاعلى داخل حدود الخزان والتي تشكلت بسبب التصدعات والفوالق العمودية على محاور الطيات مسببة مناطق ضعف بنيوي تتخذه تلك الروافد والوديان مجرى لها ،من امثلتها فالق (طرفاوي الحضر بخمة)و(البعاج موصل راوندوز) .(١٢)

ادت العوامل والعمليات الجيومورفولوجية الى تحوير وتشكيل اشكال ارضية متنوعة في منطقة الخزان ،منها هدمية واخر بنائي عكست نشاط تلك العمليات ونوعها السائد (الحركات الباطنية – التجوية –النحت – التسوية – التعرية – الانهيال(الانهيارت والانزلاقات الارضية) ،فتسود عمليات التعرية المائية بانواعها ذات النشاط العالي بسبب وعورة السطح وشدة الانحدار ،بالاضافة الى عمليات التجوية خاصة الفيزيائية بسبب انخفاض درجات الحرارة وتساقط الثلوج ،حيث برزت تلك العمليات اشكال جيومورفولوجية متنوعة منها ذات الاصل التركيبي كالجبال والطيات والصدوع والحواجز التركيبية والتعروية وخاصة ذات الارتفاع العالي(الطيات) عند الصخور الاكثر مقاومة لعمليات الحت والتعرية ذات الطبقات شديدة الميل (الطيات السابقة الذكر) ،كذلك وحدات ضهور الحلوف (هوك باك) التي تمتد عند اجنحة الطيات تنشط فيها التعرية الجدولية والاخدودية ، وتجد المظاهر الارضية ذات الاصل النهري والارسابي منها السهول الفيضية التي تتوزع عند بعض المناطق المجاورة لمجرى نهر الزاب الاعلى داخل الخزان خاصة في مناطق المنعطفات النهرية في بداية الخزان وبالقرب من منطقة السد وتتكون من ترسبات رملية وغرينية وطينية ،كذلك تنتشر مظاهر الارساب للمراوح الغرينية ورواسب المنحدرات التي تتجه باتجاه اسف المنحدرات والتي تتكون بفعل

الانهار والوديان التي تنحدر من المناطق المرتفعة نحو المنخفضة ،كذلت تشكلت مصطبة نهرية عند الجهة اليمنى لمجرى نهر الزاب الاعلي تحديدا جنوب شرق قرية بارزان تتكون من خليط من الحصى تتفاوت احجامه بين الناعم والخشن ومن الغرين والطمى ويتراوح مستوى ارتفاعها عن مستوى النهر بين (٣٠ – ٦٠) متر .(١٣)

مناخ المنطقة :

تحظى الامطار بنسبة كبيرة وكمصدر رئيسي لتغذية نهر دجلة وروافده الى جانب الثلوج والمياه الجوفية في شمال وشمال شرق العراق(المنطقة الجبلية) بمساحة ١٥%من مساحة العراق ،حيث تتراوح معدلاتها السنوية بين (٣٠٠ – ١٠٠٠)ملم في تلك المناطق وتصل الى اكثر (١٢٠٠)ملم داخل تركيا في اعالي حوض الزاب الاعلى ،وتنخفض معدلات سقوط الامطار في الاعوام الجافة والمتذبذبة في بلدان حوض التغذية لنهر دجلة (العراق – تركيا – ايران) الى ما يقارب من (٣٨٩.٨)ملم مقارنة بمعدل الاساس البالغ (٥٠٢.٢)ملم ،ويسود على اغلب مناطق العراق المناخ الجاف وشبه الجاف الذي يزيد من معدلات التبخر السنوي حيث يصل الى معدل (٢٧٣٧)ملم الذي يكون سببه ارتفاع درجات الحراة و تطرفها عن المعدلات الاساسية البالغة (١٣.٣)م° لتصل الى (١٤.٩)درجة مئوية بفارق (+١.٦)درجة مئوية .(١٤) حيث يعزى ذلك الى تاثيرات التغيرات المناخية وتذبذبه عبر بعض الفترات الزمنية ،جميع تلك المتغيرات المناخية تساهم وبشكل فاعل في انخفاض وزيادة معدل الايراد السنوي لنهر دجلة في العراق حسب الزيادة والنقصان لكل منها ليكون في السنوات المطيرة مجموع تصريف نهر دجلة العام الوارد للعراق لحد عام ٢٠١٠ ٣٣مليار م٣ , اما في فترات الجفاف يبلغ التصريف ١٩ مليار م٣ ،في حين بلغ مساهمة دول الحوض تركيا والعراق وايران بمعدل تصريف سنوي بلغ ٥٦ – ٣٢ –١٢ مليار م٣ على التوالي .(١٥) نتج عن زيادة استهلاك الايراد المائي المتزايد في اعال حوض دجلة انخفاض في معدل الايراد بما يقارب من ٧ مليار م٣/سنة ومن المرجح ان يصل مستقبلا الى اكثر من ١٧مليار م٣ /سنة ،حيث سيقل الايراد المائي الواصل للعراق ضمن نهر دجلة من ٣٣ الى ٢٣ مليار م٣/سنة الامر الذي يستدعي من العراق جدية تدارك الامر وعقد اتفاقات جديدة بين تلك الاطراف لأجل ضمان عدم الاضرار بالحصة المائية التي يحتاجها العراق في ضل تزايد سنوات الجفاف (١٦).

تم اختيار المحطة المناخية الاكثر والاقرب محطة للرصد الجوي لتمثل بيانات المناخ لمنطقة الدراسة وهي محطة (ميركه سوور) التابعة لمحافظة اربيل والواقعة شمال شرق الخزان بمسافة (٦) كم ، والجدول (٢) يوضح قيم المعدلات السنوية والشهرية لعدد من العناصر المناخية والمسجلة على مدى (٨) عام في محطة الرصد الجوي وهي الفترة التي سجلت منذ انشاء المحطة المعتمدة .

جدول (٢) المعدلات السنوية والشهرية لعدد من العناصر المناخية لمنطقة الدراسة

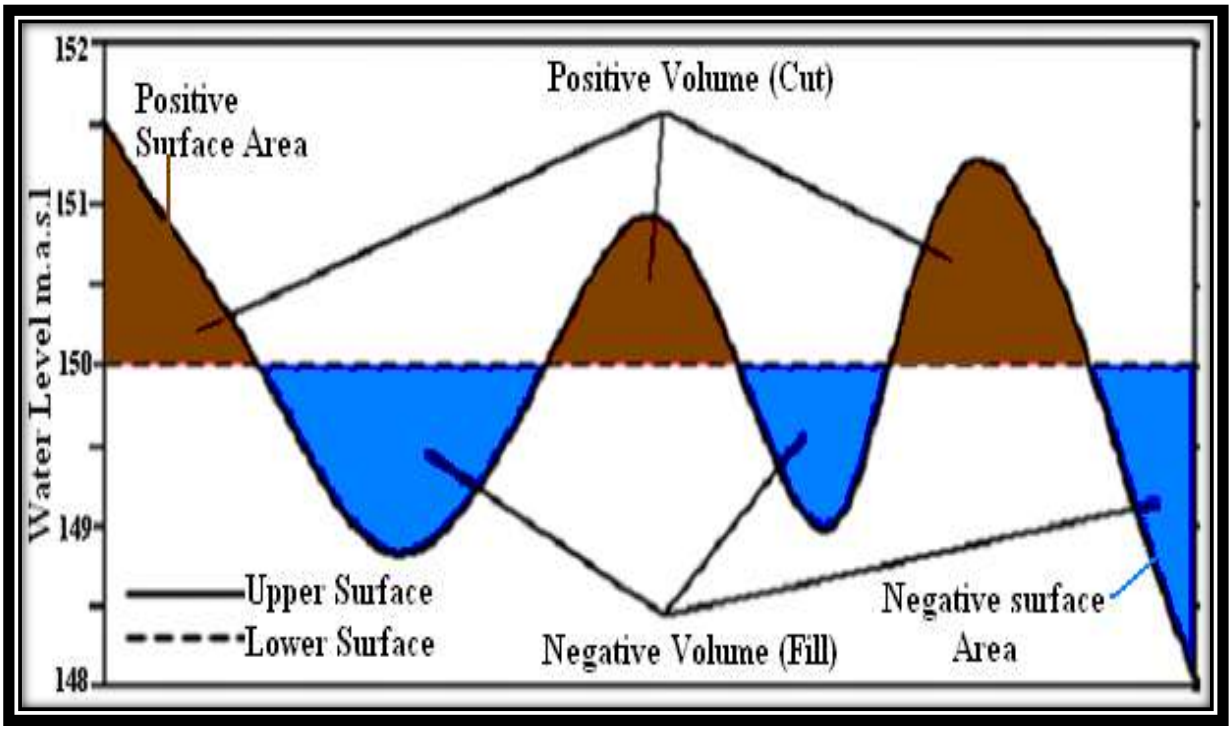
العنصر المناخي	المعدل السنوي	اعلى معدل شهري	ادنى معدل شهري
درجات الحرارة (° م)	18	٣٠ تموز و آب	2.2كانون الثاني
سقوط ا لأمطار (ملم)	٦٧٥	كانون ثاني ٢٠٠	تموز وآب وأيلول
الرطوبة النسبية (%)	٦٥	كانون الثاني75.3	آ ب28
سرعة ا لرياح (م/ ثا)	1.9	نيسان 2.8	ايلول 1.7
التبخر (ملم)	1.6	تموز ٦.٣	كانون الثاني ٠.٧

م/وزارة الزراعة والري ،اقليم كردستان ،محطة ميَرطة سوور (بيانات غير منشورة)،2017-2010 .

استخلاص العناصر الجيومترية وتحليلها

تم استخلاص العناصر الجيومترية لخزان سد بخمه من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ذو القدرة التميزية(١٠)متر وباستخدام برامجيات التحليل المكاني التي تعالج البيانات المكانية وتحويلها بهيئة ارقام تمثل قياسات ابعاد الشكل الارضي (2D – 3D) ، وقد تم استخلاص العناصر الجيومترية من منسوب (٣٨٠ – ٦٠٠)م فوق مستوى سطح البحر لكل متر (٢٢٠) منسوب ،حيث تم الحصول على مخرجات عملية المعالجة الرقمية للعناصر الجيومترية التي منها (المساحة السطحية ومناسيب المياه في الخزان، والحجم الموجب (Positive Volume) والحجم السالب (Negative Volume) والمساحة السطحية الموجبة (Positive Surface Area) والمساحية السطحية السالبة (Negative Surface Area) والمساحة المستوية الموجبة (Positive Planar Area) والمساحة المستوية السالبة (Negative Planar Area) ومعدل العمق (Average Depth) ومعدل سماكات الجزر (Average Island Thickness) كما في الشكل (٣-٤).

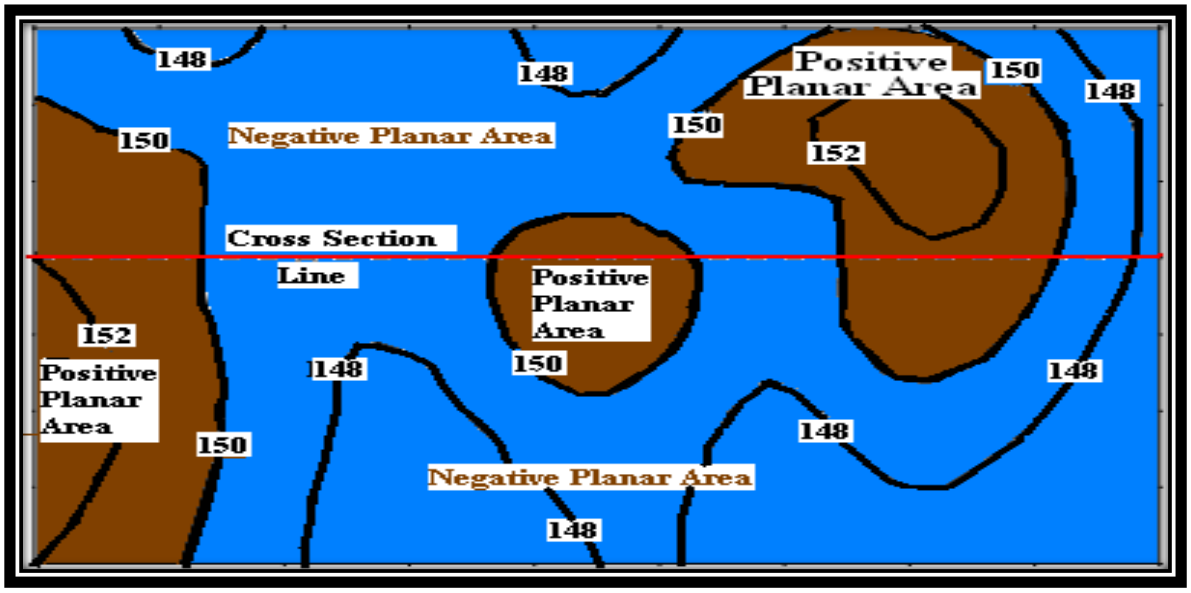
شكل(٣) يبين العناصر الجيومترية



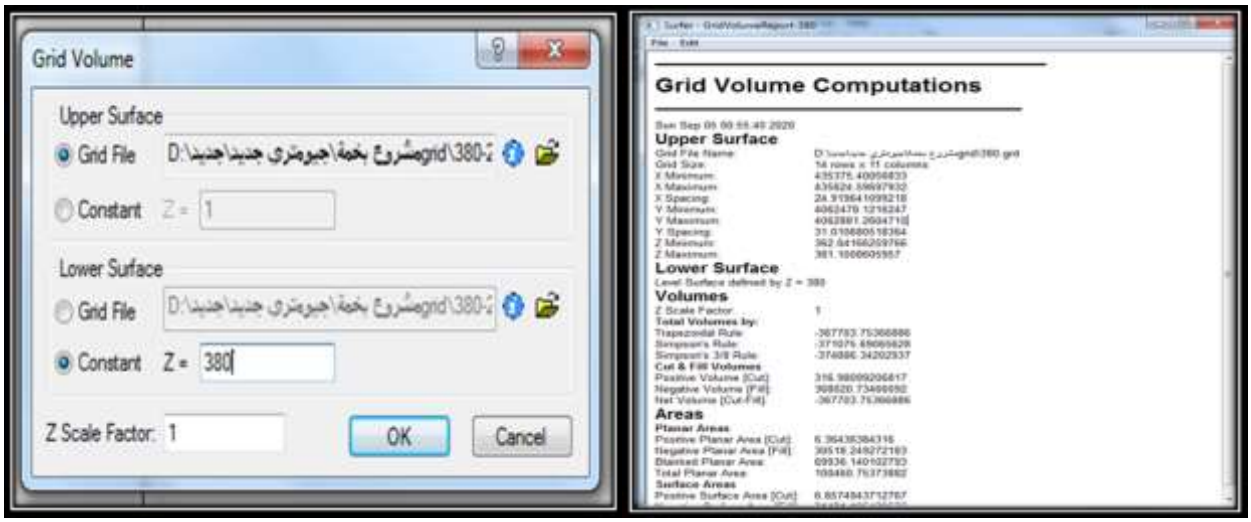
العناصر الجيومترية المستخلصة من البيان الراداري (DEM-10M) .

- المساحة السطحية للمياه داخل الخزان المائي(مساحة مساقط الجزر في حدود الخزان Positive planner area-) و(مساحة سطح الماء في الخزان Negative planner area) .
- المساحة الارضية (الطبوغرافية) لقاع الخزان الذي تغطيه المياه .(المساحة الغير مستوية المبتلة لقاع الخزان عند كل منسوب – Negative surface area) و(المساحة الغير مستوية او المتعرجة للجزر – Positive surface area)
- حجم الجزر المحاطة بالجزء المغمور عند كل منسوب .(Positive Volume)
- حجم المياه التي تملئ الخزان عند كل منسوب من المنخفض الطوبوغرافي(Negative VolumeN).
- معدل عمق الخزان –(Average Depth) وهو عمق منسوب مياه الخزان عند كل منسوب لكل نقطة ارضية (XY)داخل الجزء المغمور للخزان والذي يتغاير حسب طبوغرافية قاع الخزان وتستخلص (قسمة حجم الخزان (الحجم السالب) على المساحة المستوية السالبة للخزان لكل منسوب مغمور بالمياه).
- معدل سمك الجزر (Average Island Thickness) المستخلص من قسمة حجم الجزر (الحجم الموجب) على المساحة المستوية الموجبة .

شكل(٤) يبين العناصر الجيومترية



– من خلال الدراسة الميدانية والاطلاع على تقارير ارشيف السد في الهيئة العامة للسدود والخزانات تم اختيار المنسوب الفعلي في بداية موقع جسم السد وهو المنسوب (٣٨٠)م فوق مستوى سطح البحر ،وكذلك حدد المنسوب الاعلى للخزان المفترض وهو (٦٠٠)م فوق مستوى سطح البحر ، حيث تم اختيار وتحديد المنسوب المثالي للسد من قبل الشركة المنفذة للسد وهو(٥٩٩)م وبخزين مائي بلغ (١٧)مليار/م٣ حسب نتائج دراسات الشركة ، تم تحديد واستقطاع حدود الخزان بالمنسوب المشار اليه بواسطة الاداة Digitizer ببرنامج (Global Mapper 13) وتم تصديرها بصيغة (GRID)(XYZ) لبرنامج ال (SURFER 13) واستخدامها كقاعدة بيانات اساس حتى يتسنى لنا القيام باستخلاص للعناصر الجيومترية المختلفة لكل متر عند المناسيب المائية للخزان ومن خلال اداة (Grid–Volume) في هذا البرنامج كما موضح في الشكل (٥–٦) ادناه .



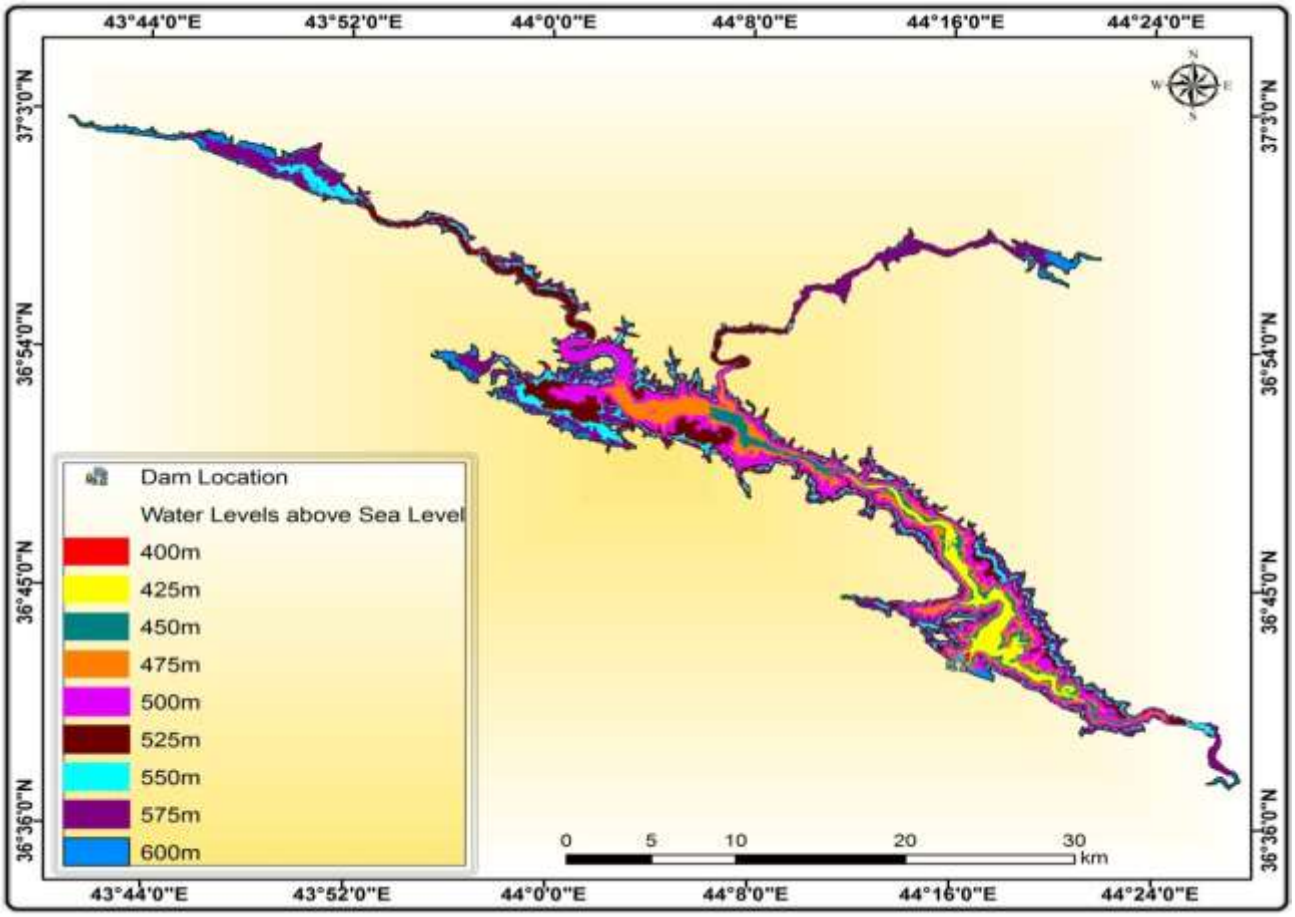
بعد ذلك استخلصت العناصر الجيومترية ل (٢٢٠)منسوب مفترض وتم تجميع بياناتها في جدول ليكون قاعدة بيانات للقياسات الهندسية لأبعاد وقياسات تمثل العناصر الجيومترية لجيومورفولوجية وطبوغرافية خزان سد بخمه ،وتم استنباط واختزال واختيار قياسات لمناسيب محددة بفاصل (١٠)م من جدول البيانات الرئيسي لتعبر عن تلك العناصر الجيومترية كما في الجدول (٣) .

تحليل العناصر الجيومترية للخزان وتحديد العلاقة بينها

تتباين نتائج العلاقة الجيومترية بين المناسيب المختلفة مع اختلاف قيمها في كل منسوب ، حيث تتباين بالأعماق وفي كمية المخزون المائي وتحكمها علاقة طردية فكلما زاد الخزين زادت مناسيب الاعماق، كذلك يؤدي الى اتساع المساحة السطحية للخزان معها، وينعكس سلبا خاصة في الخزانات ذات المساحات المفتوحة والواسعة بحيث سيؤدي الى القضاء على مساحات زراعية وكذلك تهجير عدد كبير من السكان من المناطق السكنية و تكون النتائج المتوخاة من أنشاء هذا الخزان ذات مردود سلبي نظرا لحجم الأضرار التي كونتها المياه التي غمرها خزان السد، إذ على أساسها تصمم السياسة التشغيلية المستقبلية للخزان وبالتالي القناة وهي التي تحدد التغيرات التي ستحدث على استخدامات الأرض بعد البدء بالتخزين عند كل منسوب، ليتسنى تحديد المنسوب الامثل ولاقتصادي لجسم السد (الخزين الجيد – الاراضي المغمورة – مشاكل بيئية – مشاكل هندسية).(١٧)

تمثل العلاقات بين العناصر الجيومترية لخزان السد وخصوصا بين (المساحة وحجم ومستوى الماء) ،هي الأساسية في الدراسات الجيومترية المشتقة قبل البدء بإنشاء السد ،لكي تستخدم المعلومات المشتقة من هذا التحليل لقاعدة بيانات يمكن أن يعتمد عليها المصمم في وضع التصاميم الخاصة بالسد وإبراز استخداماته غير الخزنية مثل(السياحة – مشاريع الري – الطاقة الكهرومائية). وإن منحنيات العلاقة بين مساحة وسعة الخزان تستخدم عاده لاستتباع الفيضانات في الخزانات،وتحديد مساحته السطحية للخزان كذلك التنبؤ بسعة الخزان عند أي مستوى للماء وكذلك تصنيف الخزان كما في الخريطة (٧)، وتعد هذه المنحنيات من أهم الخصائص الطبيعية لخزانات السدود ، إذ على أساسها تصمم وتحدد السياسة التشغيلية المستقبلية للخزان والتنبؤ في توزيع الرسوبيات في ارضية الخزان .(١٨) وكذلك تحدد التغيرات التي ستحدث على استخدامات الأرض بعد البدء بالتخزين عند كل منسوب ،من خلال تغاير حجم الخزين المائي عند كل منسوب ليضمن استمرارية تدفق المياه نحو القناة النهرية وكذلك استمرار العائدات الاقتصادية من نتائج بناء السد.

شكل (٧) تمثل بعض المناسيب لخزان بخمة



المصدر /من عمل الباحث بالاعتماد على البينات المستخلصة من البيان الراداري (DEM)

لذا فان الهدف من هذا المحور هو استنباط العلاقة ما بين حجم الخزين (الحجم المغمور أو السالب من المنخفض الطوبوغرافي Negative Volume NV) وهو العنصر الجيومتري الأساسي، مع مستوى الماء في الخزان، أما العنصر الجيومتري الثاني والذي يمثل الحجم الموجب Positive Volume PV فانه يمثل حجم الجزر المحاطة بالجزء المغمور، وهذا الحجم يتذبذب عادة مع تغاير المنسوب، بسبب أغمار بعض الجزر وظهور جزر جديدة مع ارتفاع المنسوب، وهذا العنصر له أهميته من خلال الاستخدامات المستقبلية لهذه الأجزاء الموجبة، وكذلك في أعمال الصيانة المستقبلية داخل الخزان وطريقة التنقل والحركة بين أجزاءه، والمشاكل المحتملة بسبب الانزلاقات الأرضية للأجزاء الموجبة باتجاه الأجزاء السالبة .العناصر الجيومترية المساحية كالمساحة المستوية planner area (مساحة التبخر) بنوعيها الموجبة والسالبة، والمساحة السطحية (مساحة قاع الخزان المبتلة) surface area الموجبة والسالبة أيضا، ومعدل عمق العمود المائي ومعدل سماكات الجزر ومعاملات الشكل المناظرة لكل منسوب من مناسيب الخزان المقترح، التي تمثل أهم المعلومات التي يعتمد عليها في تحديد المنسوب الأمثل لتشغيل المشروع.

جدول (٣) يمثل مخرجات المتغيرات للعناصر الجيومترية المستخلصة من برنامج (SURFER 13)

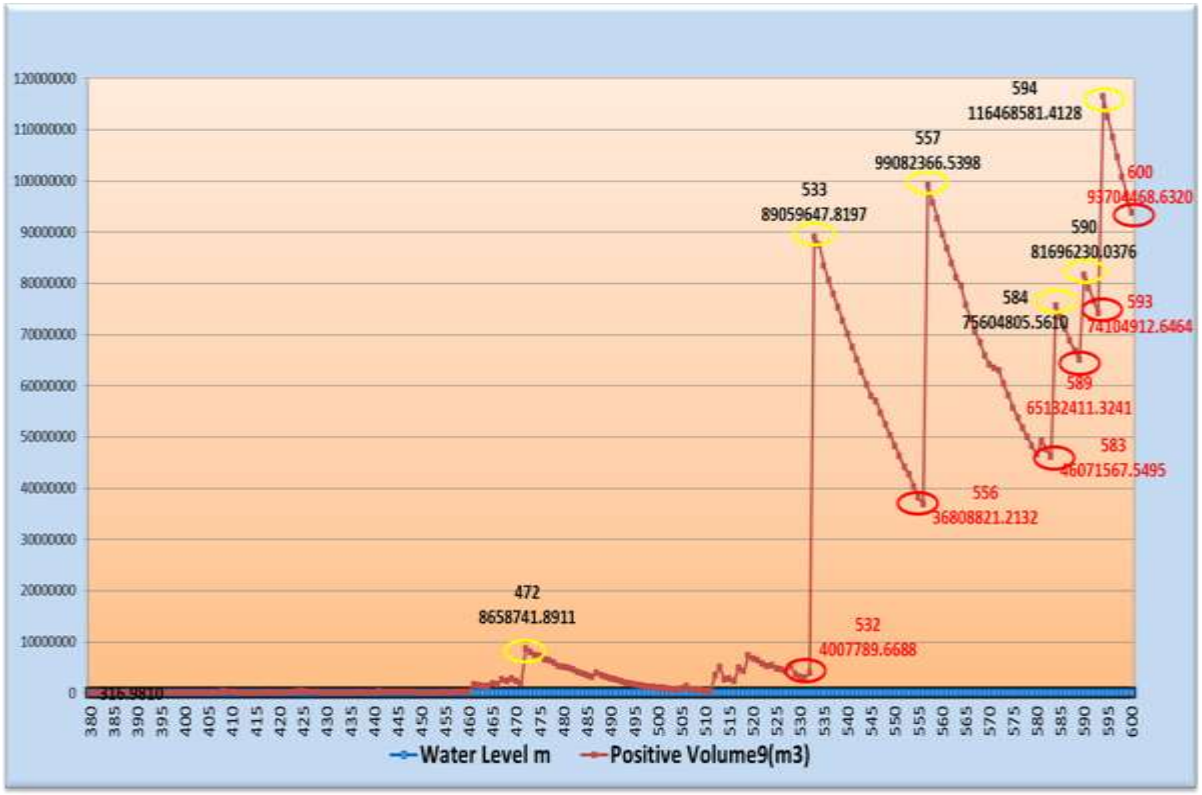
EASL1 m	Positive Volume (m^3)	Negative Volume (m^3)	Positive Planar Area(m^2)	Negative Planar Area(m^2)	Positive Surface Area(m^2)	Negative Surface Area(m^2)	Average Depth (m)	Average Island Thickness (m^2)
380	316.9810	368020.7347	6.364363843	30518.2492	6.857494371	31481.10544	5.1	144.9
390	994.0121	1099282.233	118.5037268	88750.6245	124.7186108	92073.76185	6.4	135
400	14047.5198	6506271.328	7323.343822	779748.023	7380.433264	789826.043	7.5	125.8
410	143523.2089	47424299.86	92676.89573	4275433.95	93342.63262	4339958.6	9.5	117.8
420	89158.9037	161887411.2	50485.71583	10503689.2	50880.45781	10683356.45	13.4	110.1
430	81871.5181	309902133.6	43275.93938	15280080.1	43699.12935	15578656.41	18.1	102.2
440	89715.2893	511386946	40991.87111	20954919.2	41423.05018	21407048.71	22.2	94.5
450	68281.6576	767438094	45555.52239	26797557.8	45934.95129	27419768.91	25.7	87.3
460	147120.8023	1108105420	94262.25971	35681357.7	95009.61121	36529850.23	28.2	81
470	2257830.4719	1560274714	531544.0587	46329533.6	539614.6921	47446783.66	31.2	75.1
480	5048002.5412	2122026758	498688.4205	57834621.0	511476.0972	59258169.02	34.4	69.4
490	2767744.9452	2779508941	366347.734	67705859	373770.8607	69416577.28	38.4	63.5
500	991732.8699	3546352496	200191.5138	78518923.1	204044.5291	80555760.58	٤٢.٣	57.7
510	368241.9783	4437711399	92953.4012	89525380.3	95264.09627	91935883.42	46.3	52
520	6703539.4045	5508580293	749930.9064	105411197.	773902.2001	108413736.1	49.7	46.9
530	3210003.6731	6672822893	448338.2802	118376254.	461917.0013	121866278.3	53.7	41.7
540	70080489.2657	8003350795	2581094.683	130809921.	2653455.906	135006264.6	58.4	35.8
550	48260519.8712	9422864935	2198648.654	142530909	2257082.7	147366276.3	62.9	29.8
560	89615480.7748	10997740012	3148576.743	156900859.	3328326.849	162533664	66.7	24.4
570	64033382.1422	12690402797	2548670.39	171553679.	2699880.492	177925724.4	70.1	19.4
580	46539485.3071	14534880939	1803316.691	186555959.	1931995.153	193673807.1	73.4	15.4
590	81696230.0376	16542586414	2827538.644	201817585.	3055814.46	209842304.7	77.3	13
600	93704468.6320	19091025166	3504262.204	229554254	3716691.526	238998277.2	83.2	26.7

مناقشة التحليل الجيومتري:

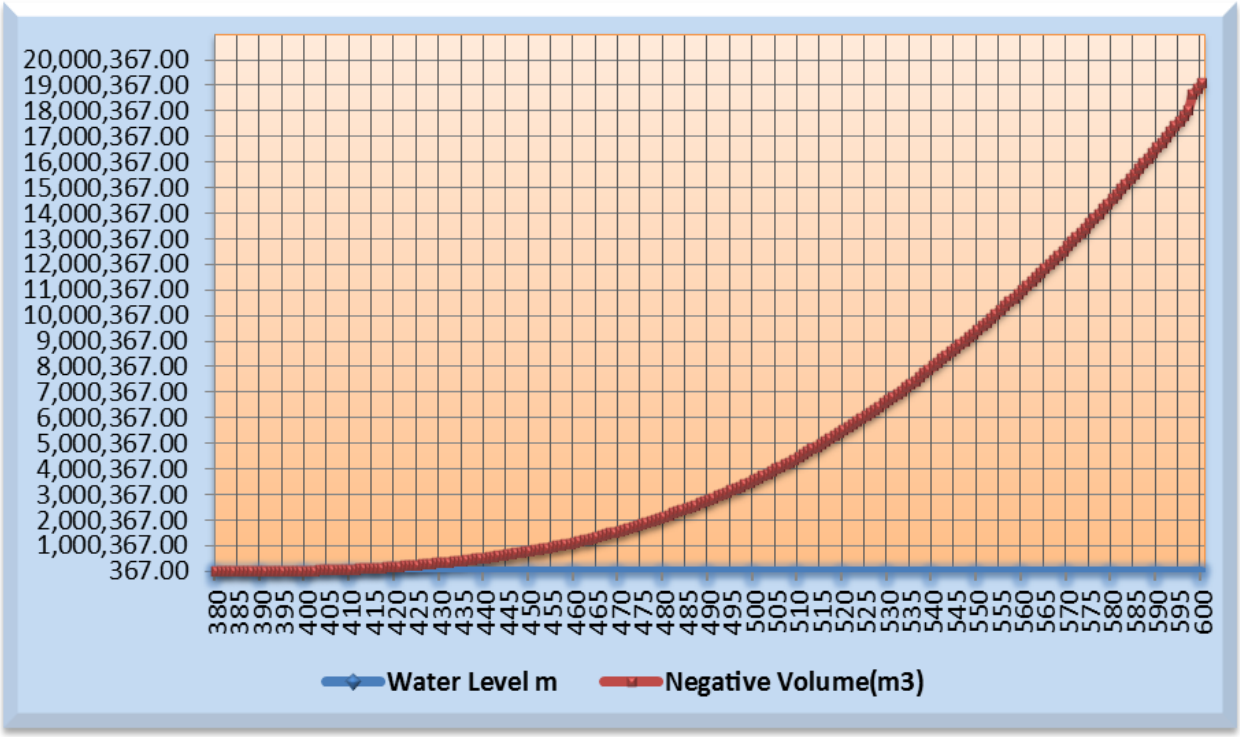
علاقة المنسوب مع حجم الخزان مع الحجم الموجب (الجزر) ومع الحجم السالب (الخزين)

يلاحظ من الاشكال البيانية اللاحقة(٨-٩) التي تبين تغاير العلاقة بين المنسوب المائي مع الحجم الموجب والحجم السالب ،اذ بينت العلاقة مع الحجم الموجب بانها علاقة متغيرة تتاثر مع تغاير المنسوب سواء بالارتفاع او الانخفاض، فالجزر (الحجم الموجب) يقل حجمها ويزداد من خلال اضافة او غمر جزر جديدة تدريجيا مع الارتفاع في المنسوب، بينما تظهر العلاقة بين المنسوب والخزين (الحجم السالب) على عكس العلاقة السابقة بين المنسوب والحجم الموجب (الجزر) فيزداد حجم الخزين المائي تدريجيا كلما ارتفع المنسوب المائي وينخفض كلما قل المنسوب المائي، فاقل قيمة له هو بمنسوب (٣٨٠)م وبلغت (368020.7347)م٣ واعلى قيمة له بمنسوب (٦٠٠)م بلغت (19091025166).

شكل(٨) يمثل محنيات العلاقة بين (PV –WL)



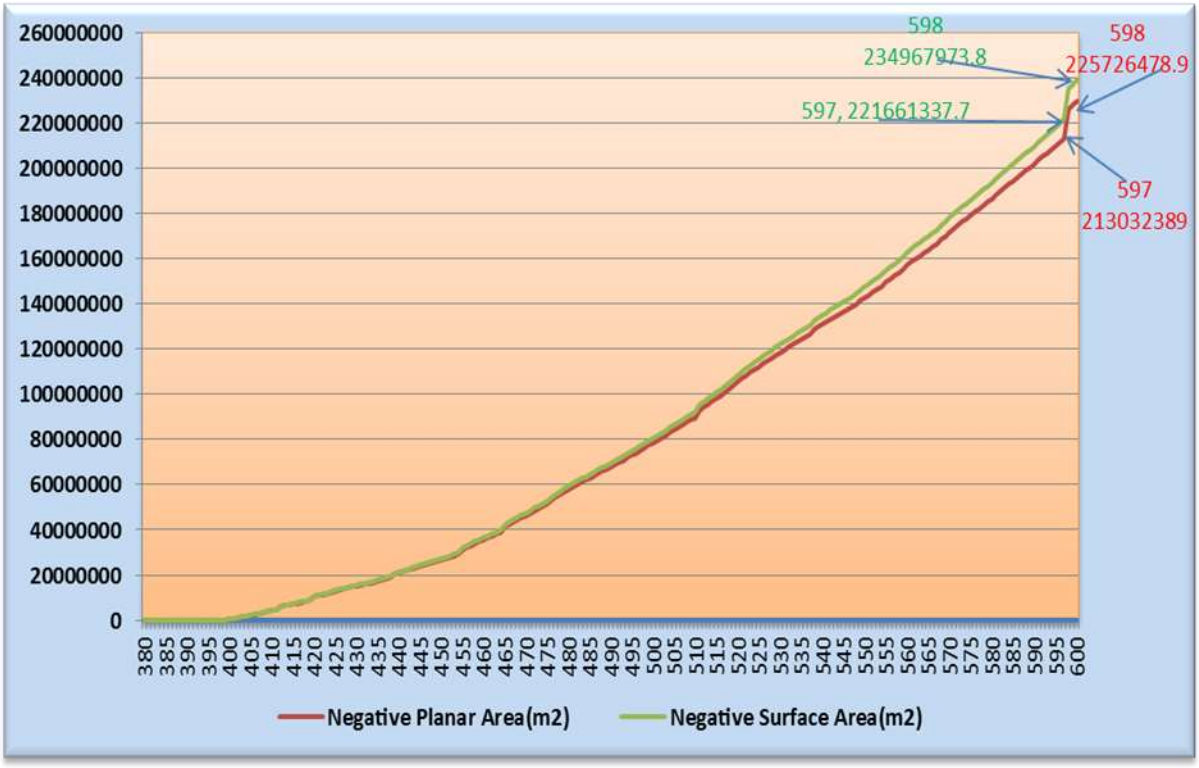
شكل(٩)يمثل منحنيات العلاقة بين (NV-WL)



علاقة المنسوب مع العناصر الحجمية السالبة والمساحية السالبة :

عند مقارنة تغاير كل من حجم المياه التي تملئ الخزان عند كل منسوب من المنخفض الطوبوغرافي(Negative Volume N) مع(مساحة سطح الماء في الخزان Negative planner area) و المساحة الغير مستوية المبتلة لقاع الخزان عند كل منسوب – Negative surface area)، نجد إن هناك فرق كبير في قيم (NV) البالغ (19091025166) مليار م٣ (مقابل العنصريين الاخرين(NPA) البالغ (229554254)مليون م٢ و (NSA) البالغ (238998277)مليون م٢ عند منسوب الخزان (٦٠٠)م، وهذا يعد عاملا ايجابيا في اختيار المنخفض الطوبوغرافي، عندما يكون ازدياد المساحة السطحية المستوية (مساحة التبخر) والمساحة المبتلة (مساحة التغلغل) زيادة قليلة نسبة إلى الزيادة الكبيرة لحجم الخزين، حيث اعطت دلالة عن شكل المنخفض (الخزان) وهو يوحي الى ان المنخفض عميق وقليل المساحة، حيث يقلل من الخسائر بالأراضي التي ستغمرها مياه الخزان وبالتالي تقليل النفقات المادية التعويضية لها وفي الجدوى الاقتصادية النهائية للمشروع، وقد مثل فقط علاقة المنسوب مع المساحة المستوية السالبة و المساحة السطحية السالبة وكانت العلاقة متقاربة بينهما كما في الشكل البياني(٣٠)،حيث تزايدت قيمها تدريجيا بصورة نسبية متوازنة مع تغير مضطرد بسيط عن المناسيب (٢٩٧-٢٩٨)م.كما في الشكل البياني (١٠).

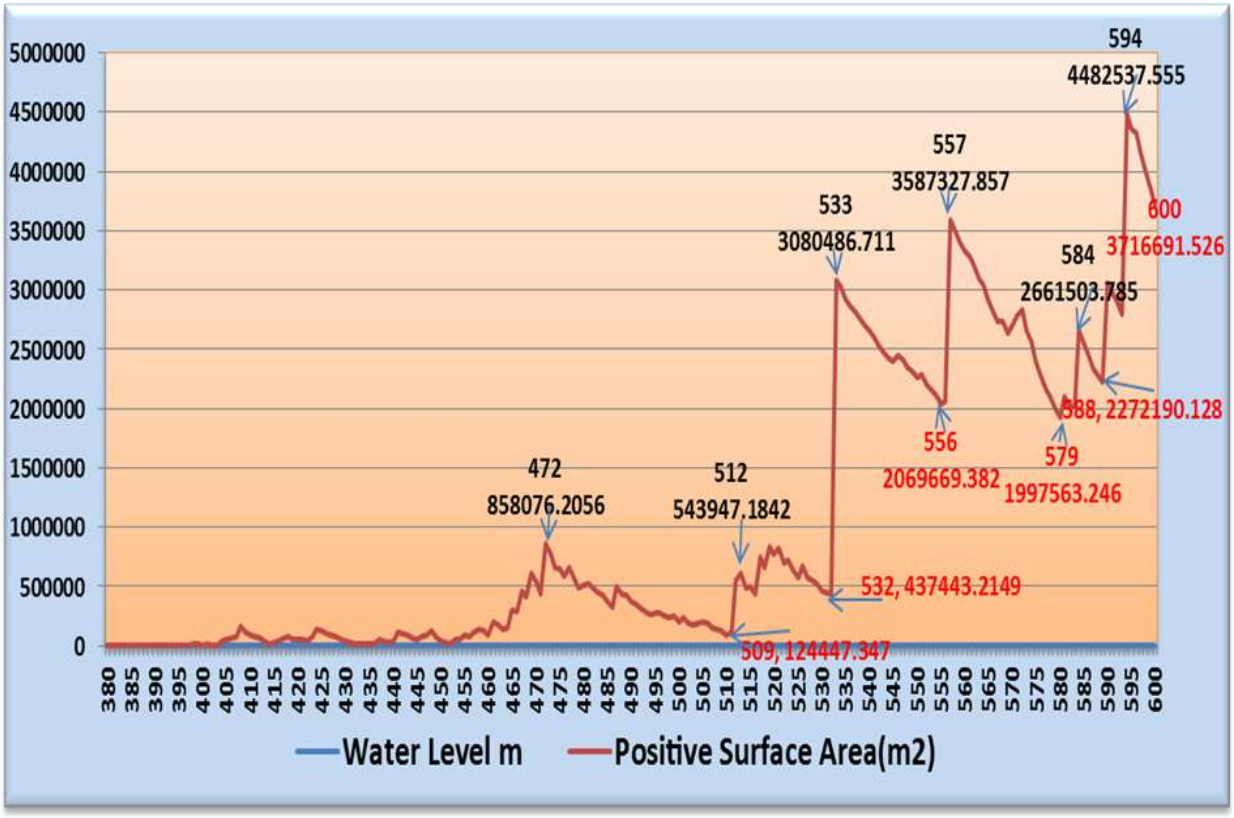
شكل (١٠) يمثل منحنيات علاقة المنسوب مع العناصر الحجمية السالبة والمساحية السالبة



علاقة المنسوب مع المساحة السطحية الموجبة:-

تزداد المساحة السطحية الموجبة (PSA) التي تمثل المساحة غير المستوية للجزر(مساحة مساقط الجزر في حدود الخزان) بصورة تدريجية مع تزايد المناسيب داخل الخزان، يرافقها استثناءات مضطردة بالزيادة والانخفاض في بعض المناسيب الذي يوضحها الشكل البياني (١١) فيتطابق مع الزيادات والانخفاض مع الحجم الموجب للجزر، حيث يتضح بان علاقة الزيادة والانخفاض المساحة السطحية الموجبة PSA (positive surface area) التي تعبر عن المساحة غير المستوية للجزر مع الحجم الموجب(الجزر) علاقة بديهية خاصة مع صغر مساحة الخزان وعدم وجود مساحات ممتدة بعيدة عن جسم الخزان وكذلك قلة الجزر داخل حدود الخزان خاصة في المناسيب المرتفعة، كذلك تتناقص قيمتها بصورة عامة بشكل متزن وطبيعي مع تناقص الحجم الموجب (positive volume) مما يدل على انغلاق الخزان وعدم امتداد مياهه نحو مناطق جديدة بجانب منطقة الخزان، الامر الذي سيعطي نتيجة بانخفاض المساحات المغمورة للأراضي سواء منها (السكنية – الزراعية) وغيرها في محيط الخزان، الذي بدوره يقلل من نفقات التعويضات وتهجير السكان والمشاكل البيئية الاخرى مثل تقليل التبخر من خلال قلة المساحة السطحية لمياه الخزان .

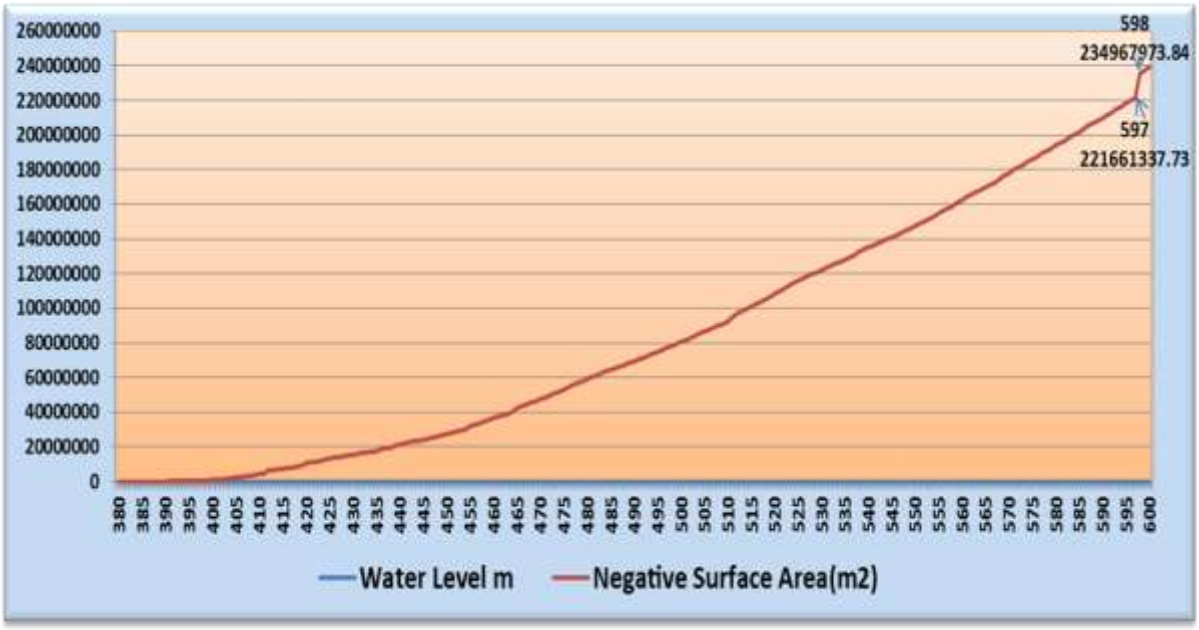
شكل(١١)يمثل منحنيات العلاقة بين (PSA-WL)



علاقة المنسوب مع المساحة السطحية السالبة:-

تمثل المساحة السطحية السالبة (NSA)المساحة غير المستوية للأرض (المغمورة) بالمياه، فتتزايد قيمتها بشكل طفيف مع زيادة المناسيب للخزان فوق مستوى سطح البحر، كذلك تبدأ قيمها بالزيادة التدريجية بصورة متوازنة ومتزايدة خاصة عند المناسيب (٤٠٠)م بمساحة بلغت (789826.04)م٢ عن المنسوب الذي سبقه بمساحة بلغت (258638.28)م٢ وبزيادة مضطردة بلغت (531187.76)م٢ لتستمر بعدها بنفس النسق للزيادة حتى المناسيب العليا من الخزان، ويعود ذلك بسبب خروج المياه للخزان من الوادي النهري لنهر الزاب الاعلى وغمرها لمساحات اكبر كما موضح بالشكل البياني (١٢) للعلاقة، بالاضافة الى تزايد المساحة المغمورة للأرض لمياه الخزان مع ازدياد حجم الخزان وكذلك موازية للزيادة مع مساحة سطح الماء في الخزان السالبة .

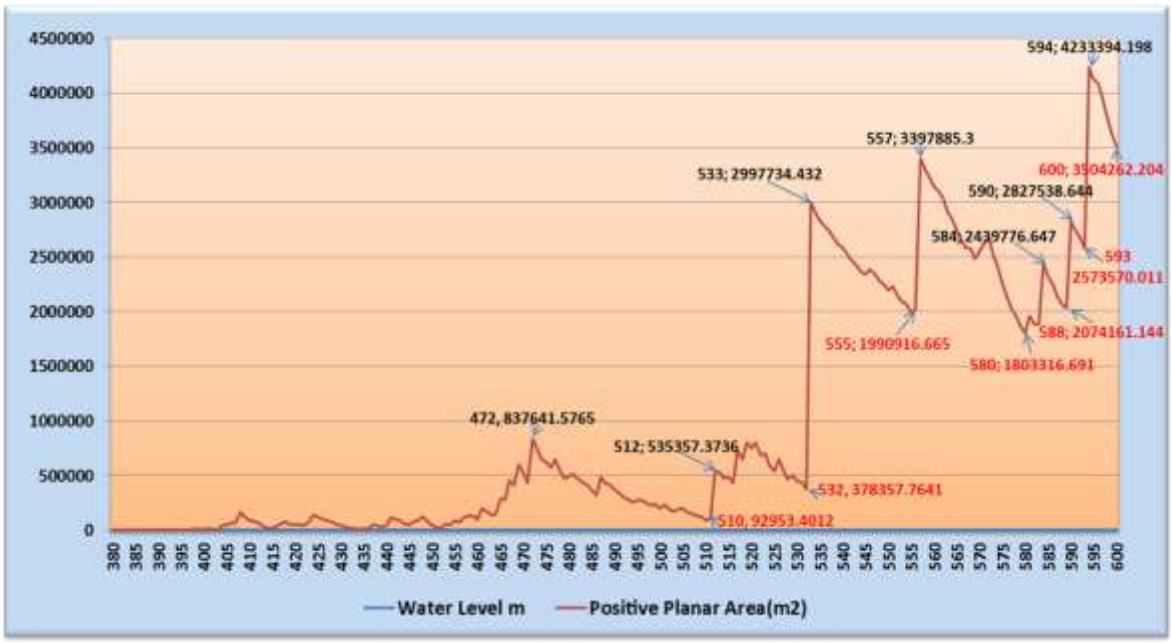
شكل (١٢) مثل منحنيات علاقة المنسوب مع المساحة السطحية السالبة



علاقة المنسوب مع المساحة المستوية الموجبة :

تمثل المساحة المستوية الموجبة (PPA) المساحة المستوية للجزر، حيث تكون قيمها بصورة عامة كبيرة في المناسيب العليا للخزان وتنخفض تدريجيا في المناسيب المنخفضة للخزان ويصوره متغايرة في قيمها بين منسوب واخر، يرافقها استثناءات مضطردة بالزيادة والانخفاض في بعض المناسيب فيتطابق مع الزيادات والانخفاض مع الحجم الموجب للجزر كما موضح في الشكل البياني (١٣)

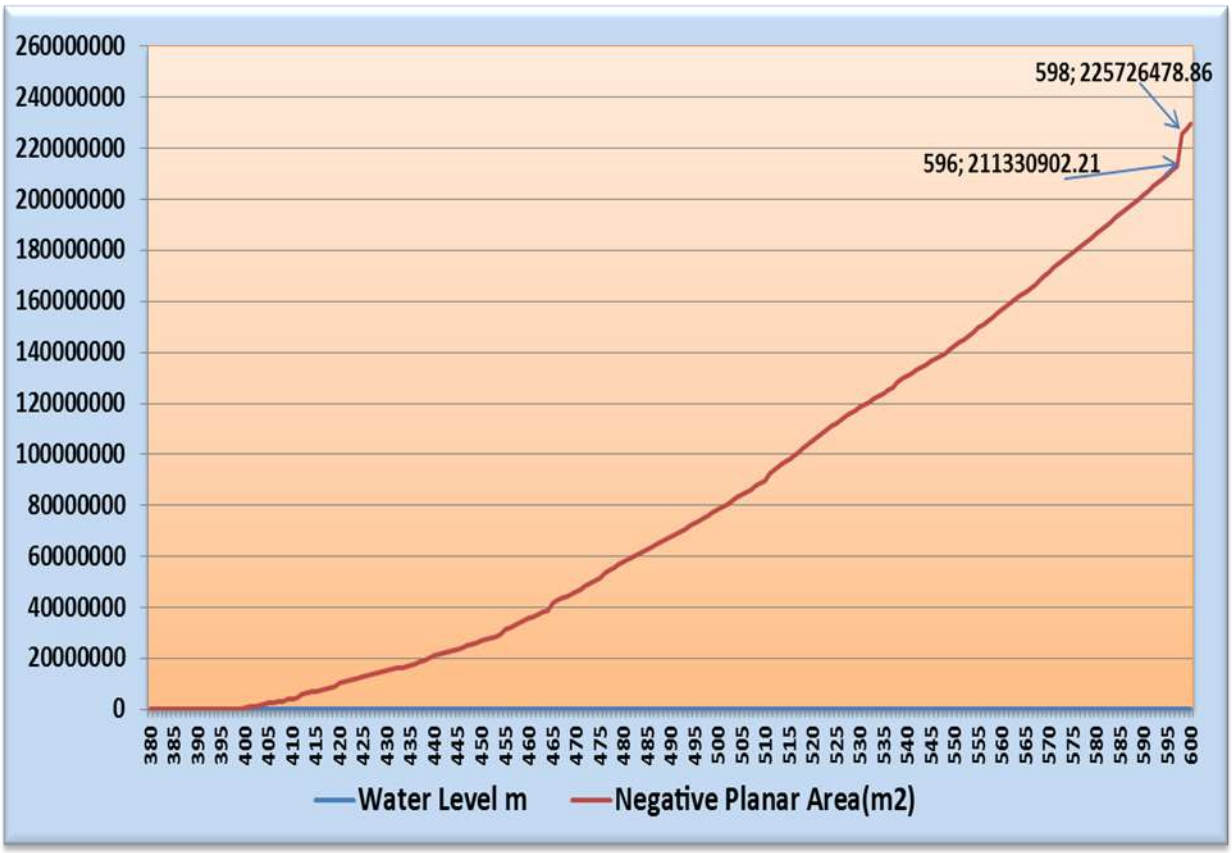
شكل(١٣) يمثل منحنيات علاقة المنسوب مع المساحة المستوية الموجبة



علاقة المنسوب مع المساحة المستوية السالبة:-

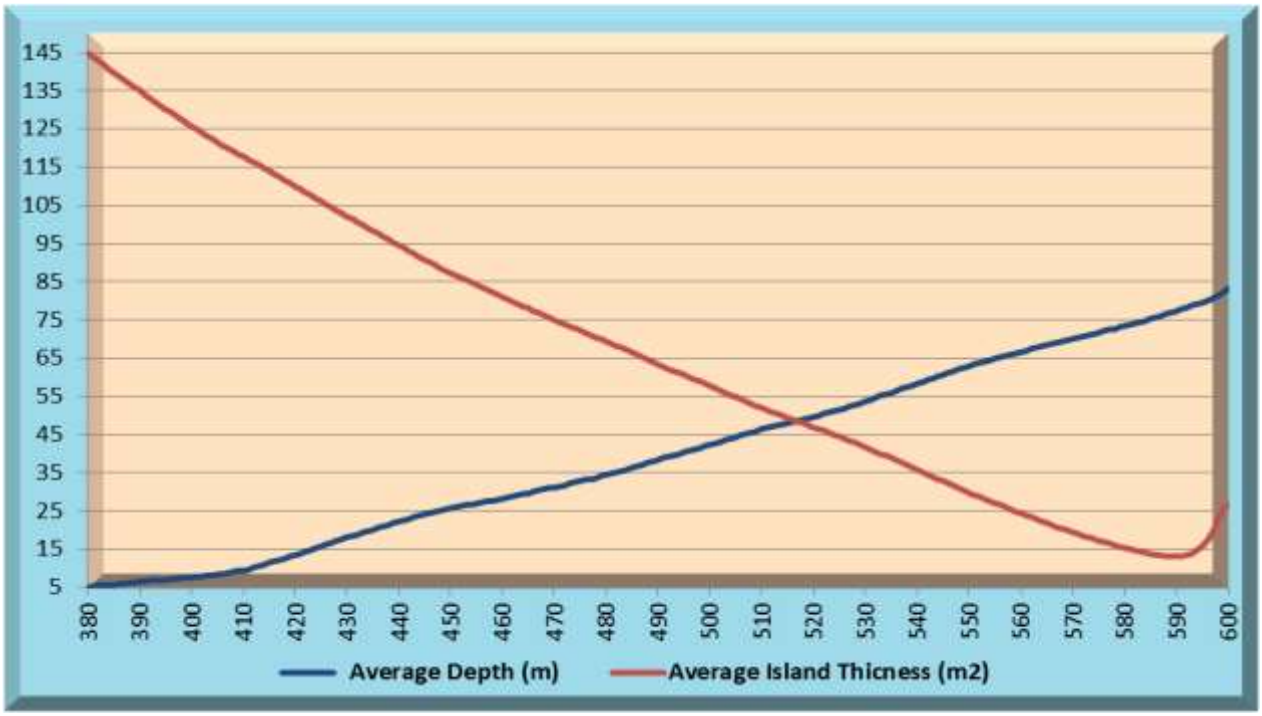
تمثل المساحة المستوية السالبة (NPA) المساحة المستوية للأرض المبتلة (مساحة سطح الماء في الخزان) ، فهي تسلك سلوكا مشابهاً للمساحة السطحية السالبة(المغمورة) بمياه الخزان، اذ تتزايد قيمتها بشكل تدريجي مع زيادة المناسيب، ويكون ميل منحنى الزيادة ضئيلة في المناسيب المنخفضة ولكن يزداد ميل هذا المنحني بشكل مضطرد بعد المنسوب(٤٠٣)م فوق مستوى سطح البحر لنفس السبب المذكور في علاقة المساحة السطحية المغمورة (السالبة) (NSA) بسبب خروج جسم الخزان من جرف الوادي الاصلي والذي يتوضح في الشكل البياني (١٤)، حيث تبدأ قيمها بالزيادة التدريجية بصورة متوازنة ومتزايدة خاصة عند ذلك المنسوب بمساحة بلغت (1691481.05)م٢ عن المنسوب الذي سبقه بمساحة بلغت (1006193.44)م٢ وبزيادة مضطردة بلغت (685287.61)م٢ لتستمر بعدها بنفس النسق للزيادة حتى المناسيب العليا من الخزان .

شكل(١٤)يمثل منحنيات علاقة المنسوب مع المساحة المستوية السالبة

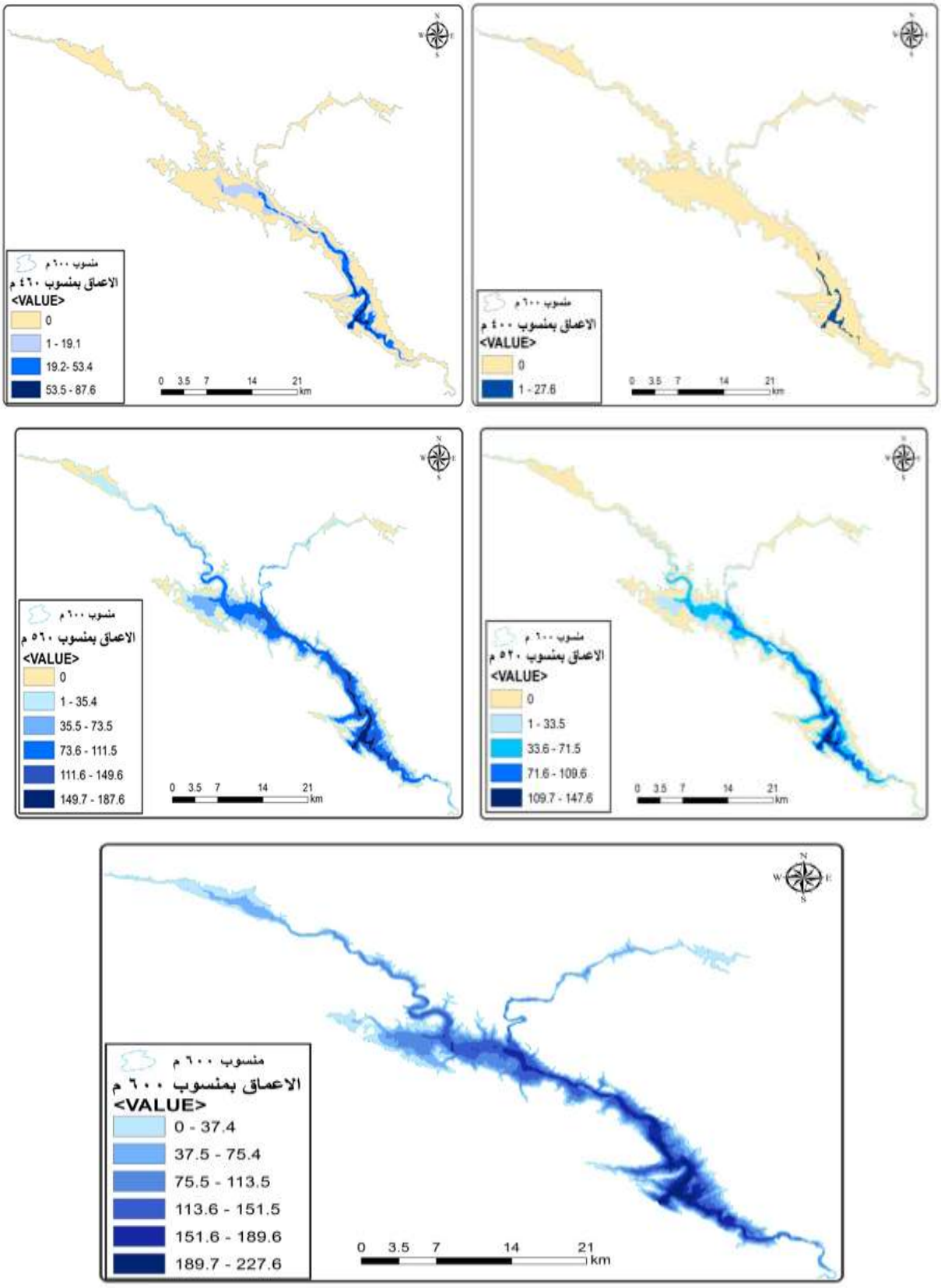


معدل عمق الخزان وسماكات الجزر عند المناسيب المختلفة

من خلال خرائط الاعماق لخزان السد يمكن معرفة وتحديد المناطق الصالحة للملاحة النهرية كالزوارق السياحية، كذلك يمكن للصيادين او العاملين في الثروة السمكية في السد معرفة المناسيب الملائمة للصيد او لتغذية الأسماك وان قاعدة البيانات هذه مهمة لكل هذه المشاريع الربحية ذات المردود الاقتصادي وكذلك في تحديد ارتفاع بوابات السد وايضا اختيار ومعرفة حجم ومساحة الخزن الميت للسد ،والخرائط (١٦-١٧-١٨-١٩-٢٠) توضح اعماق المياه عند مناسيب مختارة للخزان ،وقد استخرج معدلات الاعماق للخزان وادرج ضمن جدول العناصر الجيومترية ،حيث تم حساب معدل عمق الخزان من تقسيم الحجم السالب (حجم الخزين) على المساحة المستوية المناظرة عند كل منسوب. كما تم حساب معدل سمك الجزر من خلال قسمة الحجم الموجب على المساحة الموجبة المستوية المناظرة عند كل منسوب. ومثلت هذه النتائج بيانيا كما في الشكل (١٢) ، والذي من خلاله نجد إن اكبر معدل سمك الجزر عند المنسوب (٣٨٠) م كان(144.9) م ثم انحدر إلى (١٣) م عند المنسوب (٥٩٠) م ومن ثم ارتفع بعدها ليصل (26.7)م عند المنسوب (٦٠٠)م وهذا دليل على اكتساب جزر جديدة عند المنسوب (٦٠٠)م فوق مستوى سطح البحر والخزان اخذ بالتوسع نحو اراضي جديدة .أما معدل عمق الماء بدأ ب(5.1) عند المنسوب (٣٨٠)م وازداد بشكل طفيف حتى المنسوب (٤١٠)م تدريجيا ،ثم بدأ بالازدياد بصورة اكبر عند المنسوب (٤٢٠)م بزيادة يقدر متوسطها (٤)م لكل ارتفاع منسوب (١٠)م كما موضح في الجدول وفي الشكل البياني (١٥) فيدل على الانخفاض والانحدار الشديد لأراضي الخزان عند تلك المناسيب .شكل(١٥)يبين منحنيات العلاقة بين (AD-AI)



شكل(١٦-١٧-١٨-١٩-٢٠)تمثل خرائط بعض مناسيب الاعماق للخزان



الاستنتاجات

١) إن دراسة وتحليل العناصر الجيومترية لكل منسوب من مناسيب خزان السد ، تعد من أهم البيانات والمعلومات التي يعتمد عليها في تحديد المنسوب الأمثل لتشغيل الخزان، وهي تمثل قاعدة بيانات يعود إليها المصمم عند تصميم جسم السد وتدعم قرار إنشاء السد.

٢) أوضحت خريطة ارتفاع المناسيب لخزان سد بخمة بين امتداد ارتفاعها مع مجرى نهر الزاب الاعلى وباتجاه المناطق الاكثر ارتفاعا وبشكل طولي مع المنخفض الطبوغرافي الذي تحيط به الطيات مع امتداد وادي النهر.

٣) يتغير عمق الخزان بالازدياد بصورة اكبر عند المنسوب (٤٢٠)م بزيادة يقدر متوسطها (٤)م لكل ارتفاع منسوب (١٠)م الذ ي يعطي دلالة على الانخفاض والانحدار الشديد لأراضي الخزان عند تلك المناسيب وهذا يعود الى انحدار وطوبوغرافية وجيومورفولوجية المنطقة.

٤) بينت علاقة المنسوب مع العناصر الحجمية السالبة والمساحية السالبة بوجود فرق كبير في قيم (NV) و(NPA) و(NSA) عند منسوب الخزان (٦٠٠)م ، وهذا يعد عاملا ايجابيا في اختيار المنخفض الطوبوغرافي، فعندما يكون ازدياد المساحة السطحية المستوية (مساحة التبخر) والمساحة المبتلة (مساحة التغلغل) قليل نسبة إلى الزيادة الكبيرة لحجم الخزين سيعطي دلالة الى ان المنخفض عميق وقليل المساحة ،حيث يقلل من الخسائر بالأراضي التي ستغمرها مياه الخزان وبالتالي تقليل النفقات المادية التعويضية لها وفي الجدوى الاقتصادية النهائية للمشروع .

٥) تبين من خلال قيمة حجم الخزين البالغة (١٩)مليار م٣ عند المناسيب العليا للخزان، ان الخزان يمكن ان يستوعب الجريان السطحي في فترة الفيضان الواصل لنهر الزاب الاعلى ،الامر الذي سيحد ويقلل بصورة كبيرة من فيضان نهر دجلة بسبب انشاء سد بخمة وكذلك بسبب وجود هذا السد على نهر الزاب الاعلى الذي لا يوجد فيه سد ،وكذلك الاستفادة المهمة من خزين السد في رفد نهر دجلة بالمورد المائي خاصة في فترات الصيهود والجفاف .

٦) بين حجم الخزين الذي توصلت اليه الدراسة الحالية عند المنسوب (٦٠٠)م فوق مستوى سطح البحر حيث بلغ(١٩) مليار م٣ ،وهو اكبر من الحجم الذي توصلت اليه دراسات الشركات الاولية للخزان والتي بدأت ببنائه حيث حددته (١٧)مليار م٣، لكون الدراسة اعتمدت على المسوحات الارضية التقليدية في حين اعتمدت نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) ذو الدقة التميزية العالية (١٠)م في دراستنا الحالية.

التوصيات :

١. ضرورة اعتماد نماذج الارتفاعات الرقمية ذات الدقة العالية في الدراسات الحديثة للتحليل الجيومتري لخزانات السدود.

٢. ضرورة اجراء دراسة لتحديد نسبة المنغمرات الجيولوجية وكذلك المناطق العمرانية التي ستغمرها مياه الخزان ،لاجل التوصل الى تحديد المنسوب المثالي والاقتصادي من وراء بنائ السد .

٣. اجراء دراسة مورفوتكتونية وزلزالية لمنطقة السد وخزانه لاجل معرفة التنشيط التكتوني والزلزالي بعد بناء السد ولاجل تحديد المنسوب الامن لخزان السد .

٤. ان دراسستنا الحالية ستستكمل وتضيف بيانات ومعلومات انشاء السد ،لذا نوصي بان تاخذ بنتائج الدراسة الحالية الامر الذي سيحقق اعادة تقييم الافكار والتخطيط للمنفذ والمخطط ،لأجل تشجيع اعادة استكمال انشاء السد وبناءه الذي سيتم من خلاله تحقيق الفائدة المثلى من بناء السد من حيث قدرته الخزنية للمياه وانتاج الطاقة الكهربائية واقامة مشاريع الري الخ .

المصادر

1) Oliver.K.(1995)Introduction to Geometry and geometric analysis, math-harvard.edu,pp3
2) Philip, G ,Eweida, E .and Al- Gamal, S.,1992 .Quantitative geomorphology of some watersheds in wadi Qena in relation to basin hydrogeology. Pp.159 – 164 .by Mohammed F. Omer & Basman Y. Al-Ta'ai(Quantitative Hydrogeomorphology Study for Watershed of Wadi Al–Meleh, North-Iraq) Al-Rafidain Science Journal,vol16,is2,2005,p49.
3) M.A. Baban, Kurdistan Economical and Social Development Strategy, Kurdistan Regional Government – Planning Meeting, 2007,pp12-13.
4) Omar. K. Hassan, The Middle Eastern System and its Impact on Arab Water Security, 1st Edition, Dar Arslan for Printing, Publishing and Distribution, Syria, 2008, p. 342.
5) Ministry of Water Resources, General Authority for Dams and Reservoirs, Bakhme Dam archive reports (unpublished) for the years 1942-1990.
6) Ramadan .H. Muhammad, Middle East Regional Conflict over Water (Kurdish Reading), Ministry of Education Press - Erbil, 1, 2002, pp. 76-77.
7) GENERAL DIRECTORATE FOR DAMS AND RESERVOIRS MINISTRY OF WATER RESOURCES – BAGHDAD - IRAQ, BAKHME DAM PROJECT UPDATED OLANNING REPORT ,VOL.1 GENERAL,PART 1, INTRODUCTION, ITSC -STUCKY, 2005,PP7.
8) Al-Sayyab Abdullah and Al-Omari Farouk Sanalla and others, Geology of Iraq, Ministry of Higher Education and Scientific Research - University of Mosul, 1982., p.19.
9) Jassim, Saad Z.& Goff, Jeremy C., 2006: Geology of Iraq, Czech Republic ISBN80-7028-287-8.P35-44.
10) Ministry of Industry and Minerals, General Establishment for Geological Survey and Mining, Geological Ages Map of Erbil and Sulaymaniyah from (VAROUJAN SAISSAKIAN), Republic of Iraq, 1997.
11) Al-Kubaisi Manal .S. Ali (Morphotectonics of the Tigris River and its tributaries within the zone of the folds in Iraq (PhD thesis), unpublished, Baghdad University - College of Science, 2000, pp. 3-34.
12) Nouri .M. Hamza, Geomorphological Map of Iraq, Ministry of Industry and Minerals, General Establishment for Geological Survey and Mining, first edition, Iraq, 1997, pp. 3-23.
13) Hamdan Bagi Nomas,(Iraq Water Balance on Tigris River Basin) Maysan Research Journal,vol9.is18,2013,pp6-7.
14) Ministry of Water Resources, National Center for Water Resources Management, Expenses It's Iraq (90-2010), unpublished.
15) Lateef.M. Saleh,(Makhool Reservoir Dam Hydrology and Geometric Study to Select the Optimal Level), (PH.D) unpublished, University of tikrit, College of Education/human Sciences, Department of Geography,2014,pp 51-65.
16) Mohammadzadeh - Habili, J., Heidarpour, M., Mousavi, S., and Haghiabi, A. (2009). Derivation of Reservoir's Area-Capacity Equations, J. Hydrol. Eng., Vol.14, No.9, pp1017–102.

(Sabbar Abdulla.S.Al-Kaisy- Tikrit University- college of science - Applied Geology)