مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (2) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (2) 2019

تقييم الموازنة المائية لبحيرة سد الثورة

الدكتور منذر حماد*

سناء غانم**

(تاريخ الإيداع 30 / 1 / 2019. قُبِل للنشر في 24/ 4 / 2019)

□ ملخّص □

بني سد الثورة على نهر الصنوبر في الجزء الشمالي الشرقي من محافظة اللاذقية في الجمهورية العربية السورية وهو عبارة عن سد ركامي بنواة غضارية وثلاث طبقات من الفلاتر الإنتقالية، يبلغ التخزين التصميمي للسد 97.88 مليون متر مكعب،وضع في الإستثمار الفعلي عام 1997، تم إنشاء منظومة الري خلال الفترة 1989-1995، وتبلغ مساحة الأراضي المروية من شبكة السد 7961 هكتار ولهذا السبب تلعب الموازنة المائية لبحيرة السد أهمية كبيرة في المنطقة وكذلك تحديد سنوات العجز و الفائض خلال الفترة 2005/2004-2009/2008. وبينت الدراسة أن عامل الجريان السطحي لحوض السد 0.146 ولحوض ديفة 0.132 ، وأن القيم العليا للتسرب تركزت في الكتف الأيسر من جسم السد وشكلت حوالي 78% من كمية المياه المتسربة الإجمالية من جسم السد و الأساس، ومن خلال تطبيق معادلة الموازنة المائية وجدنا أن السد يتعرض لعجز مائي بلغ أعظم قيمة له18.5MCM في العام 2007/2006 ناتج بشكل أساسي عن قلة الهطولات المطرية الفعالة.

الكلمات المفتاحية: عامل الجريان، التسرب، الموازنة المائية، سد الثورة.

*أستاذ مساعد- قسم الهندسة المائية والري- كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- اللاذقية-سورية.

** طالبة دراسات عليا(ماجستير)-قسم الهندسة المائية والري- كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (2) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (2) 2019

Water balance of AL-THAWRA dam Lake Evaluation

Dr. Mounzer Hammad*
Sanaa Ghanem**

(Received 30 / 1 / 2019. Accepted 24 / 4 / 2019)

□ ABSTRACT □

AL-THAWRA dam on AL-SANOUBAR river, located on the eastern northern of LATTAKIA, SYRIA, is an embankment, the design storage capacity is 97.88 MCM, it was put into use in 1997, the irrigation network was constructed between 1989-1995, which provides water to 7961 hac, and for this particular reason the water balance of the dam lake gets its major importance, besides specifying the years of deficit and surplus during 2004/2005 – 2008/2009.

The study showed that the surface runoff factor of the dam catchment is 0.146, and for DEFEH catchment is 0.132, the highest seepage values is found on the left shoulder of the dam, and it compose 78% of the total seepage value, also, using the water balance equation, the study showed that the dam is in a water deficit state, which reached its highest value in 2006/2007, and the main cause of this deficit is the lack of effective rainfall.

Keywords: runoff coefficient ،Seepage ، water balance ، Al-THWRA dam.

* **Associate Professor- Department of Water Engineering and irrigation ،Faculty of Civil Engineering،Tishreen University ،Lattakia، Syria.**

** **Postgraduate Student ، Department of Water Engineering and irrigation ،Faculty of Civil Engineering،Tishreen University ،Lattakia، Syria.**

مقدمة

تعتبر السدود من أعظم وأضخم المنشآت المدنية التي يبنيها الإنسان على الإطلاق، كونها غيرت معالم الحضارة البشرية، فهي إحدى المنشآت المائية التي تؤسس لحفظ المياه وتخزينها لإعدادها للاستهلاك، إذ تقام لأغراض شتى منها: التحكم في المنسوب المائي، وتخزين المياه للتحكم في الفيضان، وتوليد الطاقة الكهربائية، وري الأراضي الزراعية.

تعددت الدراسات التي تناولت منطقة البحث، إذ قام بعضها بتقدير المعدل الوسطي السنوي للجريان عند محطة الصنوبر وتحويلة نفق ديفة، وعمدوا على تحليل سجلات التدفقات آنذاك وتوصلوا إلى وجود فقد كبير في البيانات، في حين قام البعض الآخر بتقييم حالة المنشآت المائية والتجهيزات الهيدروديناميكية التابعة لها بالإعتماد على التحليل التفصيلي لنتائج التحريات.[2] [1]

من خلال الأهمية الكبيرة لموضوع الموازنة المائية قام العديد من الباحثين بدراستها على مناطق مختلفة، وعملوا على إيجاد العوامل التي تؤثر عليها، وذلك بإستخدام طرق و تقانات متعددة ، إذ قام بعضهم بوضع معادلات تعبر عن الموازنة في المنطقة المدروسة مثل (Vander Kamp؛Hayashi 2007) حيث وضعوا معادلة تعبر عن الموازنة المائية لبحيرة OHARA في هولندا :

$$p_{cp} + I_s + I_G - \mathrm{ET} - O_s - O_g = {}^{\Delta v}/_{\Delta t}$$

Δv: التغير في حجم التخزين.Δt: التغير في الزمن. p_{cp} الهطل المطري المباشر. ET : التبخر –نتح.I_g: الجريان الجوفي الداخل. I_s: الجريان السطحي الداخل.O_g: الجريان الجوفي الخارج.O_s: الجريان السطحي الخارج[3].

عمل كل من(Lange, et al. 2010) على دراسة الموازنة المائية في ليماسول (جزيرة قبرص) للفترة الزمنية الممتدة بين 2004–2008، في هذا المشروع تم تطوير نموذج يمكن تطبيقه على المناطق الحضرية، وذلك لحساب كميه المياه الداخلة والخارجة من البلدات و المدن، وهذا يحد من كميات المياه المهدورة إضافة إلى زيادة الكفاءة في التوزيع ، بعد دراسة الموازنة المائية تبين أن مياه الأمطار والمياه الصالحة للشرب هي أكثر تدفقات المياه الداخلة بمتوسط 64.4%–35.4% من إجمالي التدفقات الداخلة في 2004–2008 وكان التبخر وجريان المياه بإتجاه البحر أكبر تدفق خارج بمعدل 65.6% [4]. كما عمل (ابراهيم وآخرون ، 2011) على استخدام الموازنة المائية لتقييم واقع تغذية المياه الجوفية في حوض بيجي تكريت شمال غرب العراق وتوصل إلى كون المعدل السنوي للهطول المطري 185mm وأقصى معدل شهري بلغ 41.86mm في شهر آذار وأدنى معدل شهري بلغ 0mm في شهري تموز و آب[5]. في حين بينت (منخي،2012) أثر التبيان الزماني و المكاني للتساقط في أحواض دجلة والفرات وتأثيرها على التصاريف وتحديد نوع الموازنة المائية فيها ووجدت الباحثة أن هناك قلة في كمية الأمطار الساقطة مكانياً وزمانياً حيث أكدت على زيادة معدلات التبخر – نتح على معدل الهطولات المطرية ويعود السبب إلى التغيرات المناخية الحاصلة إضافة إلى المشاريع المقامة من قبل تركيا وإيران على مجاري نهري دجلة والفرات[6]

يحظى استخدام التقانات الحديثة بأهمية كبيرة في دراسة المنشآت المائية مثل السدود، ويعد موضوع دراسة التسرب ذو أهمية بالغة حيث قام العديد من الباحثين بإستخدامGEO STUDIO SEEP/W : وهو برنامج يستخدم لدراسة الرشح والضغوط المسامية المتشكلة في مختلف أنواع الترب والصخور إذ يعتمد نظرية العناصر المحدودة. قام (Erzoki ،2015) بدراسة التسرب في السدود الترابية المتجانسة . بثلاثة أعماق، وأبعاد وارتفاعات مختلفة و تبين أن

كمية المياه المتسربة تزداد مع ازدياد زاوية ميل الوجه الأمامي للسد وزيادة منسوب التخزين و تقل مع إزدياد عرض قمة السد.[7]

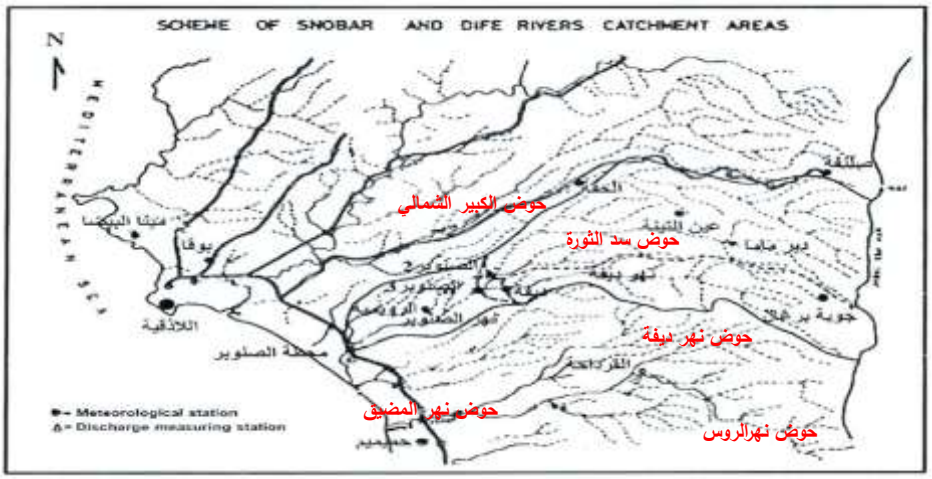
أهمية البحث وأهدافه

من المعلوم أن الماء هو شريان الحريان وعصبها، وهو الركيزة الأساسية الأولى التي تقوم عليها عملية التنمية الشاملة، وقد أضحى موضوع تأمين المياه الشغل الشاغل للكثير من دول العالم التي تعاني أو بدأت تعاني من نقص المياه ، مما جعلها مشكلة حيوية خطيرة، وأصبحت من أهم القضايا التي قد تواجه استمرار الأمم و التي تخاض لأجلها الحروب. ويكتسب البحث أهميته من أهمية سد الثورة إذ يعد ثاني أكبر سد في الساحل السوري، ويقوم بإرواء مساحات واسعة تمتد لـ 7961 هكتار، والتي تعتمد على الزراعة بشكل أساس.

يهدف البحث إلى تقييم الموازنة المائية لبحيرة سد الثورة بعد تقدير كمية المياه المتسربة من جسم السد و الأساس ورسم خط التسرب.

طرائق البحث ومواده

يتشكل نهر الصنوبر من التقاء رافدين رئيسيين: نهر طرجانو ونهر ديفة، اللذان ينبعان من قمم الجبال الساحلية على ارتفاع 1300m، ويجريان نحو الغرب، ويلتقيان عند المنسوب 100m، يحد حوضه من الشرق حوض نهر العاصي، ومن الشمال حوض نهر الكبير الشمالي، وحوض نهر المضيق في الجنوب الغربي، وحوض نهر الروس في الجنوب الشرقي وتبلغ مساحته $131km^2$ وشيد عليه سد الثورة، بطاقة تخزينية للبحيرة 97.9MCM.الشكل(1) يوضح حدود وموقع الحوض الساكب لنهر الصنوبر .[1]



الشكل(1) موقع الحوض الساكب لسد الثورة.

في دراستنا هذه تم حساب الوارد المائي الكلي لبحيرة السد والذي ينقسم إلى :

- الوارد المائي من حوض الصنوبر.
- الوارد المائي من حوض ديفة: يتم تحويل المياه الواردة من حوض ديفة إلى سد الثورة عبر نفق التحويل الذي يبلغ طوله 3.2km والذي يمرر تدفق قدره $9m^3/sec$ ، ولا بد من الإشارة أن نهر ديفة يعاني من نقص مهم في

البيانات نتيجة عدم توفر قياسات لتدفق النهر حيث تم حسابه بالاعتماد على المعادلة (1) و التي تأخذ بعين الاعتبار تدفق نهرالصنوبر[8]:

$$\frac{Q_G}{Q_{un}} = \frac{A_G}{A_{un}} \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(1)}$$

حيث: Q_G تعبر عن التدفق الموسمي من الحوض الجزئي المقيس.

Q_{un} تعبر عن التدفق الموسمي من الحوض الجزئي غير مقيس.

A_G تعبر عن مساحة الحوض الجزئي المقيس.

A_{un} .تعبر عن مساحة الحوض الجزئي غير مقيس.

ولحساب عامل الجريان في حوضي نهري ديفة والصنوبر تم الإعتماد على المعادلات الآتية[9]:

$$H = \frac{W}{F*10^3} \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

H– تعبر عن سماكة طبقة الجريان السطحيmm/year

W– تعبر عن كمية المياه الجارية من حوض سطحي مقدرة بالمتر المكعب خلال سنة كاملة ، ويحسب بالعلاقة الآتية[9] :

$$W = Q * T \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

حيث: Q–التدفق الوسطي السنوي م^3/ثا.

T– عدد الثواني في السنة.

- الوارد من الهطل المباشر والذي تم حسابه بالإستعانة ببرنامج GIS الاصدار 10.2 حيث نفذت النمذجة السطحية بالاعتماد على الإمتداد Archydro و الذي يضاف إلى البرنامج كشريط قوائم لتوسيع تطبيقات المصادر المائية و دعمها حيث تمت النمذجة بإستخدام خريطة Raster لحوض الساحل، تم إقتطاع الجزء المدروس منها DIM ذات المقياس 1:50000 محدثة بنظام ميركاتو العالمي UTM.

في حين تمت الإستعانة ببرنامج GEO STUDIO-Seep/W لحساب كمية المياه المفقودة بالتسرب ، إذ يعتمد تحليل التسرب عبر جسم السد على نظرية العناصر المنتهية في الجريان ثنائي البعد، باستخدام قانون دارسي في الترب المشبعة وغير المشبعة[14] الذي يعطى وفق المعادلة الآتية:

$$q = k * i \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

حيث: q – التدفق النوعي k -الناقلية الهيدروليكية I– الميل الهيدروليكي.

والحصول على نتائج فعالة يكمن في فعالية تعريف عناصر النموذج وربطها مع بعضها البعض و التي يمكن تلخيصها بالتربة وخواصها(المسامية و النفاذية) و الموقع من حيث التعريف(رسم جسم السد بشكل دقيق) و الشروط الطرفية(منسوب الماء في الحوزين الأعلى و الأدنى).

وبعد حساب مكونات الموازنة المائية كل على حدى تم تطبيق المعادلة الآتية[8] وتحديد سنوات الفائض و العجز:

$$\Delta S = (I - O) * \Delta t \ldots\ldots\ldots \quad \textbf{(5)}$$

حيث:ΔS تغير حجم التخزين خلال الزمنΔt (وفي الحالة المدروسة تعادل يوما واحدا") MCM.

I الجريان الوارد MCM.

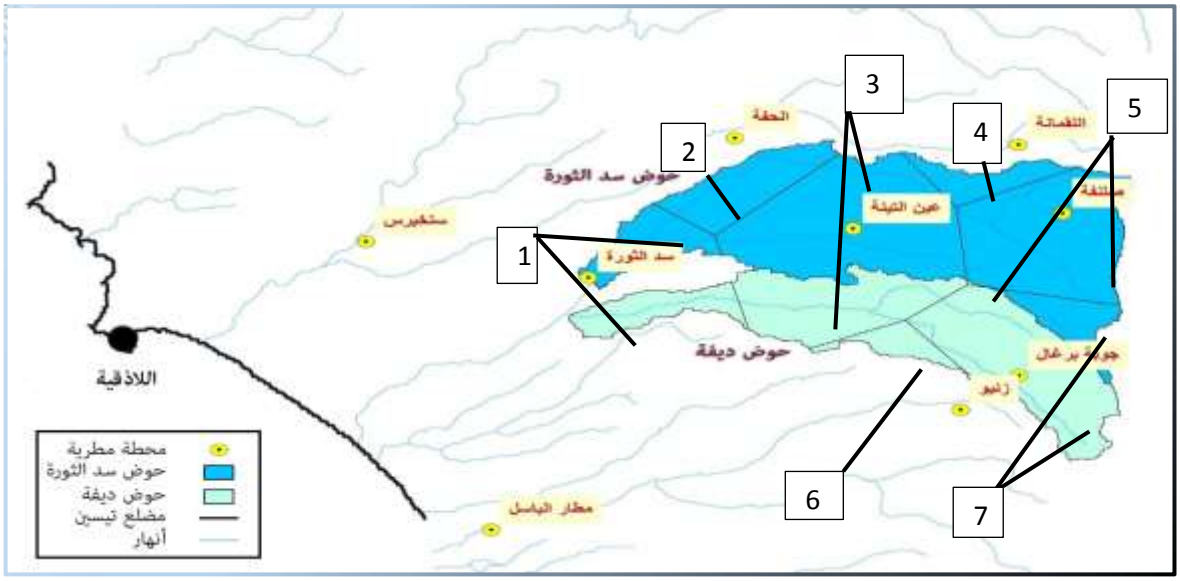
O الجريان الخارج (الفواقد المائية الكلية) MCM.

النتائج و المناقشة

تعتبر الموازنة المائية أحد المعايير الهامة في تحديد الاحتياجات المائية خاصة في المناطق التي تعاني من قلة كمية الأمطار الساقطة وتذبذبها، وفيما يلي عرض لمكونات الموازنة المائية وكيفية حسابها:

❖ التدفق الداخل لبحيرة السد

تم رسم الحوض الساكب لنهر الصنوبر ونهر ديفة ومن ثم رسم مضلعات تيسين الشكل(2) وذلك لحساب الهطل المطري المساحي، يبين الجدول (1) المساحات حسب تيسين في حوضي نهري ديفة والصنوبر:



الشكل(2) مضلعات تيسين لحوضي سد الثورة وديفة.

الجدول(1) المساحات حسب مضلعات تيسين في حوضي نهري ديفة والصنوبر.

رقم المحطة	إسم المحطة	المساحة Km^2	الحوض التابعة له المحطة
1	الثورة	11.274	الصنوبر
1	الثورة	10.527	ديفة
2	الحفة	15.966	الصنوبر
3	عين التينة	49.835	الصنوبر
3	عين التينة	26.092	ديفة
4	اللقمانة	7.68	الصنوبر
5	صلنفة	36.727	الصنوبر
5	صلنفة	0.0848	ديفة
6	زنيو	5.587	ديفة
7	جوبة برغال	9.226	الصنوبر
7	جوبة برغال	36.755	ديفة

- الوارد المائي من حوض الصنوبر:

حددت السماكة الوسطية لطبقة الهطل المطري فوق الحوض الساكب لبحيرة سد الثورة خلال الفترة الممتدة بين (2009/2008-2005/2004) اعتماداً على ست محطات مطرية موجودة ضمن حدود الحوض الساكب وفي جواره. من الجدول (1) نجد مساحات مضلعات تيسين في حوض نهر الصنوبر. والجدول (2) يبين الارتفاع الوسطي لطبقة الهطل المطري فوق الحوض الساكب، وبالتالي يمكننا حساب عامل الجريان السطحي (عامل الجريان السطحي الوسطي خلال سنوات الدراسة) وتقدير الوارد المائي لبحيرة السد من حوض الصنوبر.

ومنه تم حساب ارتفاع طبقة الهطل المطري فوق الحوض الساكب لنحصل على عامل الجريان السنوي من 2005/2004 -2009/2008 بالإعتماد على المعادلات (2) و(3) وذلك وفق الجدول (2):

جدول(2) الوارد المائي السنوي من حوض الصنوبر.

العام	إرتفاع طبقة الهطل المطريmm	عامل الجريان	الوارد المائي m^3
2004/2005	1139.69	0.2375	24445152
2005/2006	1051.41	0.2767	9927360
2006/2007	861.35	0.0492	4468608
2007/2008	971.82	0.0723	4898880
2008/2009	955.45	0.0949	14213232
		متوسط عامل الجريان السطحي0.14613	

من الجدول(2) نجد أن عامل الجريان الوسطي لحوض الصنوبر (0.146) وبمقارنة النتيجة مع التقرير الهيدرولوجي الذي أعدته الشركة العامة للدراسات المائية/حمص عام 2005 [10] ، ومع عامل الجريان المحسوب من قبل معهد سوف أنتر فود الروسي عام 2005 [11] نجد تقارب في النتائج وهي (0.12 ،0.147) على الترتيب، في حين أن المقارنة مع الدراسة التصميمية [1]، تبين انخفاض معامل الجريان إلى الثلث وهذا يقلل بشكل أساس من الواردات المائية المحسوبة لبحيرة سد الثورة.

- الوارد المائي من حوض ديفة:

حددت السماكة الوسطية لطبقة الهطل المطري فوق الحوض الساكب لنهر ديفة خلال الفترة الممتدة بين (2009-2004) اعتمادا" على خمس محطات مطرية موجودة ضمن حدود الحوض الساكب وفي جواره. من الجدول (1) نجد مساحات مضلعات تيسين في حوض نهر ديفة حيث بلغت مساحة حوض ديفة $79km^2$. بعد حساب إرتفاع طبقة الهطل المطري لسنوات الدراسة تمكنا من حساب عامل الجريان السطحي وتقدير الوارد المائي لبحيرة السد من حوض ديفة الجدول(3).

وبعد حساب إرتفاع طبقة الهطل المطري فوق الحوض الساكب تم حساب عامل الجريان السطحي بالإعتماد على المعدلات (2)و(3) و بالتالي الوارد المائي لبحيرة السد من حوض ديفة:

الجدول(3)الوارد المائي لبحيرة السد من حوض ديفة

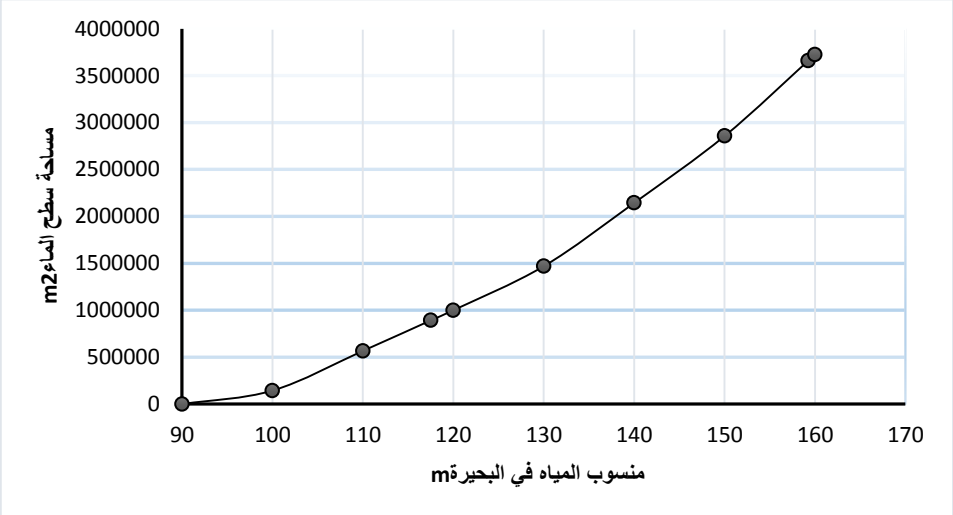
العام	ارتفاع طبقة الهطل المطري mm	عامل الجريان	الوارد المائي m^3
2004/2005	1292.68	0.2091	14791871.67
2005/2006	1128.40	0.2308	6007090.286
2006/2007	912.77	0.0461	2703974.844
2007/2008	964.56	0.0740	2964334.371
2008/2009	1173.15	0.0987	8600501.275
		متوسط عامل الجريان السطحي 0.132	

من الجدول(3) نجد أن قيمة عامل الجريان السنوي الوسطي للأشهر التي تحدث فيها هطولات مطرية لحوض ديفة 0.132 وهي قريبة من معامل الجريان لحوض سد الثورة 0.146.

- الهطل المطري فوق البحيرة:

يلعب الهطل المطري فوق بحيرة السد دوراً هاماً في الواردات المائية، ويعتمد بشكل أساسي على المعدل الوسطي للهطل المطري فوق بحيرة السد ومساحة سطح الماء في الشهر الذي يتم الحساب فيه.

لمعرفة مساحة سطح الماء عند كل منسوب وسطي شهري تم رسم المنحنيات المميزة لبحيرة السد الشكل(3) منحني منسوب –مساحة وذلك بالإستعانة ببرنامج GIS.



الشكل(3) منحني منسوب –مساحة لبحيرة سد الثورة

ويوضح لنا الجدول(4) كمية المياه الواردة سنوياً إلى بحيرة السد من الهطل المطري المباشر:

الجدول(4)الوارد المائي من الهطل المباشر فوق بحيرة السد

الوارد m^3	العام
3970093	2004/2005
3669497	2005/2006
2901482	2006/2007
3046430	2007/2008
3153949	2008/2009

وبمقارنة الوارد المائي الكلي المحسوب لبحيرة السد مع تخزين البحيرة المقيس(حسب قياسات مديرية الموارد المائية) الجدول(5) نجد أن التخزين الحقيقي أقل من المحسوب وهذا طبيعي نتيجة الضياعات المتعددة (التبخر، التسرب، الإستثمارات العشوائية لمياه البحيرة.....إلخ):

الجدول(5) الوارد الكلي لبحيرة السد ومقارنة مع الوارد المقيس بالـ MCM.

العام	الوارد صنوبر	الوارد ديفة	الوارد هطل	المجموع	الوارد المقيس
2004/2005	24.44	14.79	3.97	43.2	35
2005/2006	9.9	6	3.67	19.57	18
2006/2007	4.47	2.7	2.9	10	8
2007/2008	4.89	2.96	3	10.85	9.6
2008/2009	14.2	8.6	3.15	26	24

❖ التدفق الخارج من بحيرة السد

يقسم التدفق الخارج إلى التبخر من سطح ماء البحيرة، الاحتياجات المائية، التسرب من جسم السد و الأساس.

- التبخر من سطح ماء البحيرة:

لتقدير التبخر من سطح بحيرة سد الثورة تم الاعتماد على محطة الثورة الموجودة عند موقع السد حيث يتم قياس التبخر فيها بشكل فعلي باستخدام الحوض (A) أو ما يسمى بالحوض الأمريكي، امتدت فترة القياس لخمس سنوات من 2004/2005-2009/2008.

تمت معالجة البيانات اليومية المأخوذة من محطة القياس وذلك بضربها بالعامل 0.75(كون التبخر في الأماكن الطبيعية أقل منه في الأحواض فهي غير محاطة بناقل معدني و الذي يعتبر ناقل جيد للحرارة) للحصول على قيم التبخر الفعلي عن المنطقة. ولمعرفة التبخر من سطح البحيرة، قمنا بضرب القيم بمساحة سطح الماء عند كل منسوب شهريا وذلك بالاعتماد على منحني منسوب – مساحة الشكل(3) للحصول على قيم التبخر الشهرية من سطح البحيرة ، ومنه تم الحصول على قيم التبخر السنوية من العام 2004/2005-2008/2009.

الجدول(6)معدل الفاقد بالتبخر من سطح ماء البحيرة

العام	معدل التبخر m^3
2004/2005	3444802
2005/2006	3590720
2006/2007	3315367
2007/2008	3509962
2008/2009	3260520

- الفاقد من استخدامات المياه

تتنوع فواقد المياه في منطقة الدراسة:

1.الثروة الحيوانية: يقدر عدد المواشي في المنطقة 10000رأس ماشية، ويبلغ معدل احتياج الرأس سنويا" 18.25 مترا" مكعبا" وبتغيرات شهرية بسيطة للاحتياج.[12]

2. المناطق الزراعية: تتضمن المناطق الزراعية الأراضي الزراعية المروية من شبكات ري سد الثورة، وتمتد هذه المساحات حتى قرية صليب البهلولية شمال طريق عام اللاذقية حلب (1.5Km) شمالاً، والمساحات القابلة للري باتجاه الشرق التي يقل ارتفاعها عن175m، وحتى شبكات ري سد صلاح الدين جنوباً، وحتى شبكات ري مشروع سد 16 تشرين غرباً. وتجدر الإشارة إلى أن جميع شبكات ري سد الثورة عبارة عن أقنية مطمورة مضغوطة، تحقق إمكانية استخدام وسائل الري الحديثة كافة"، ويحصل الري في سبعة أشهر في السنة خلال أربعة عشر يوماً شهرياً لمدة اثني عشرة ساعة في اليوم14[13]، ويبلغ أعلى قيمة للأحتياج المائي في شهر آب5.52MCM ، أما الاحتياج المائي السنوي الكلي يقدر ب 24.01MCM.[12].

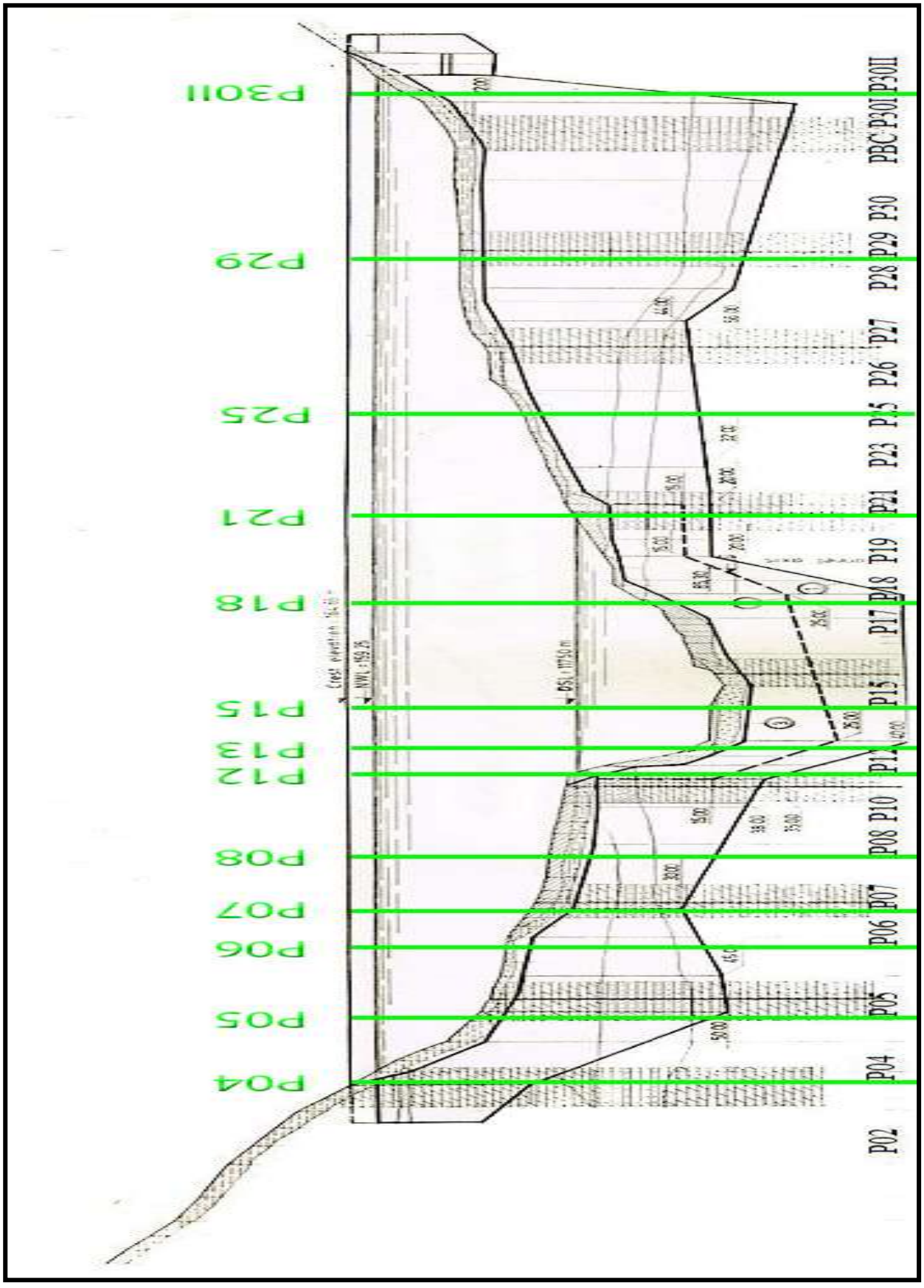
- الفاقد بالتسرب من جسم السد و الأساس:

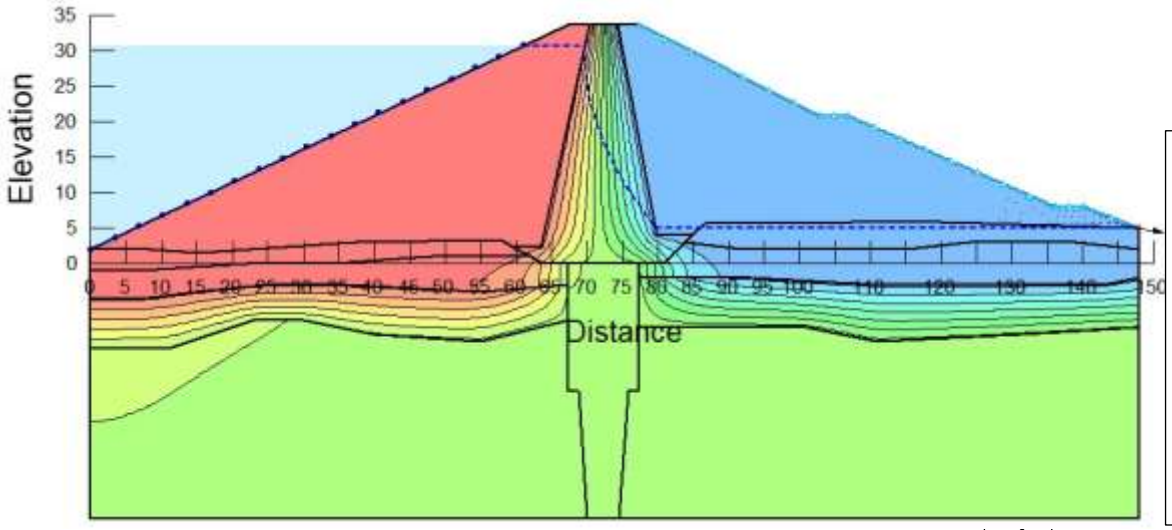
تم اختيار المقاطع العرضية لدراسة كمية المياه المتسربة وذلك حسب التغيرات في مناسيب الأرض الطبيعية الشكل(4)، وقد وصل عدد المقاطع العرضية المدروسة إلى 12 مقطع عرضي حيث تم حساب كمية المياه المتسربة في كل منها ورسم خط التسرب باستخدام النمذجة الرقمية، يعتمد برنامج Seep/w في تحليل التسرب عبر جسم السد على نظرية العناصر المنتهية في الجريان ثنائي البعد، باستخدام قانون دارسي في الترب المشبعة وغير المشبعة[13] الذي يعطى وفق المعادلة التالية:

$$q = k * i \qquad (5)$$

حيث: q – التدفق النوعي k –الناقلية الهيدروليكية I– الميل الهيدروليكي.

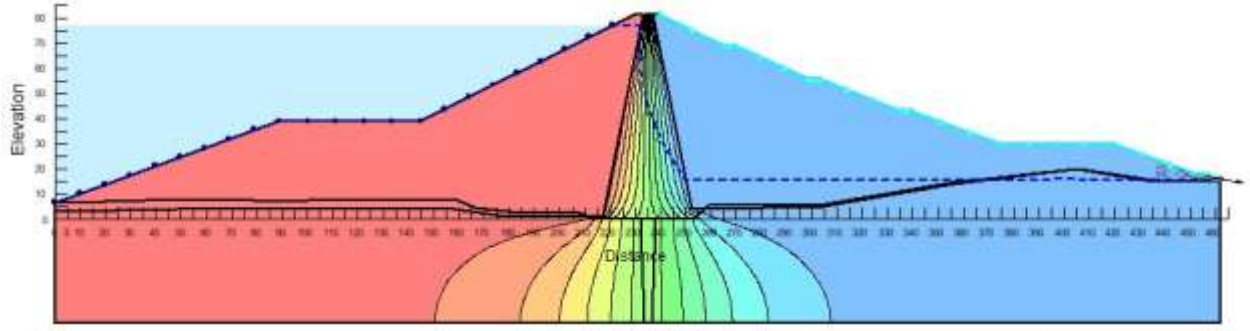
يمكن تطبيق قانون دارسي لدراسة التسرب في التربة المشبعة، كما في التربة غير المشبعة، الشكل(4) عبارة عن مقطع طولي موضح عليه أماكن المقاطع العرضية، يبين الجدول(7) كمية المياه المتسربة من كل مقطع، وفيما يلي الأشكال (5)(6)(7) للمقطع 4،13،21 على التوالي شكل النموذج و شكل خط التسرب في كل منها.


P30II
P30I
PBC
P30
P29
P28
P27
P26
P25
P23
P21
P19
P18
P17
P15
P13
P12
P10
P08
P07
P06
P05
P04
P02

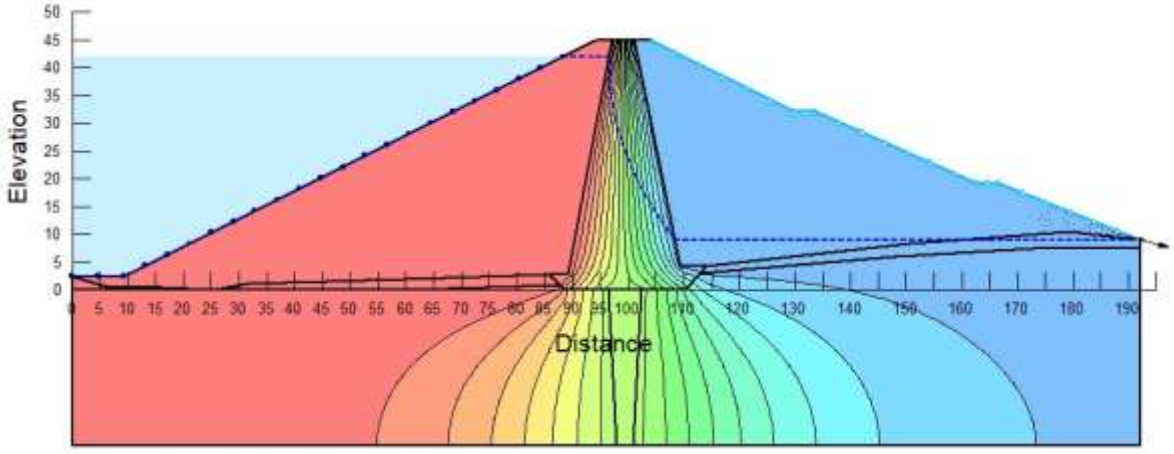


الشكل(4)مقطع طولي في جسم السد

الشكل(5) خط التسرب في المقطع 4



الشكل(6)خط التسرب في المقطع 13



الشكل(7) خط التسرب في المقطع 21

الجدول(7) كمية المياه المتسربة الكلية من جسم السد و الأساس

المقطع	كمية المياه المتسربة بالمتر الطولي m^3/day	كمية المياه المتسربة الكلية من المقطع$m^3/year$
4	186	67890
5	39.2	14300
6	77.1	28100
7	46.4	16900
8	112	4100
12	16.1	5870
13	4.01	1460
15	5.14	1880
18	12.7	4640
21	8.14	2970
25	11	4010
29	26.2	9560
30II	3.27	1200

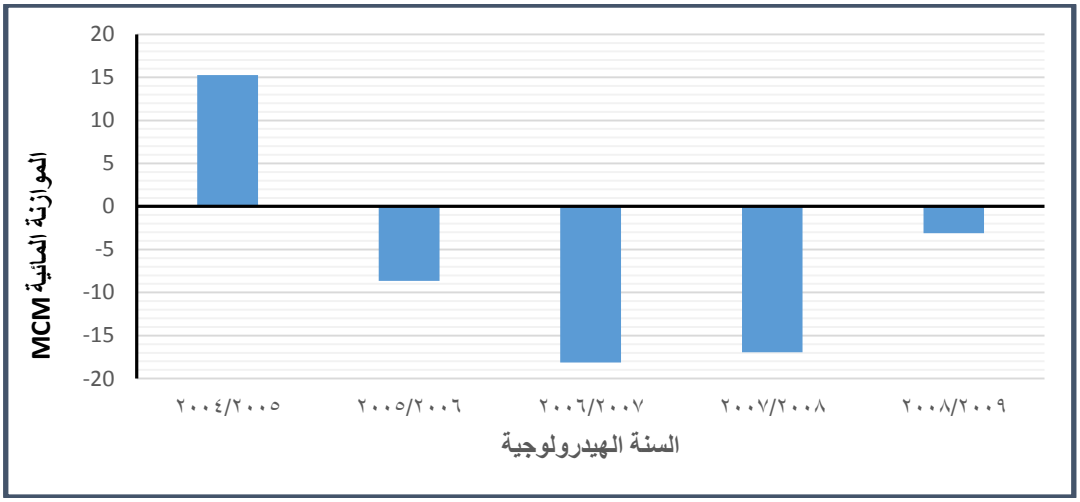
بمقارنة النتائج في المقطع 6 مع الدراسة المعدة من قبل معهد نيس الروسي [2]، و مديرية الموارد المائية والتي تمت بالاعتماد على برنامج MODFLOW نجد أن كمية المياه المتسربة من جسم السد والأساس متقاربة جداً حيث جاءت النتائج على النحو التالي :

الجدول(8) مقارنةالتسرب بين الدراستين الحالية و معهد نيس الروسي

المقطع	الغزارة عبر النواة m^3/day	الغزارة عبرالأساس m^3/day	إجمالي الفاقد في المتر الطولي m^3/day
6 الدراسة السابقة	0.000229	1.1097	1.109929
6 الدراسة الحالية	0.00023	1.1082	1.10843

❖ الموازنة المائية لبحيرة سد الثورة

تم حساب حجوم المياه الشهرية الواردة إلى بحيرة سد الثورة من بيانات الهطل المطري من مديرية الموارد المائية خلال الفترة الممتدة بين 2004/10/1 و 2009/9/30، وذلك باستخدام معادلة الموازنة المائية للبحيرة، الشكل(8).



الشكل(8) الموازنة المائية لبحيرة سد الثورة خلال سنوات الدراسة

من الشكل(8) نلاحظ وجود عجز مائي في بحيرة السد ناتج بشكل رئيسي عن انخفاض الهطولات المطرية التي تسبب الجريانات السطحية، وبالعودة إلى سجلات الهطولات المطرية لسنوات الدراسة والتي أخذت من مديرية الموارد المائية نلاحظ وجود هطولات مطرية تقل عن 25مم يومياً لاتسبب جريان سطحي وذلك نتيجة وجود الشقوق و الفوالق الكبيرة في الجزء الأعلى من البحيرة وبالتالي تؤثر هذه الهطولات على ارتفاع الهطل في حين أنها لاتسبب واردات مائية لبحيرة السد.

حيث بلغت أكبر نسبة عجز في العام 2007/2006 وقدرها18 مليون متر مكعب وكانت في حين تميز العام 2005/2004 بوجود فائض وقدره 15 مليون متر مكعب.

الإستنتاجات والتوصيات

1. معامل الجريان السطحي في منطقة الدراسة (قيمة عامل الجريان حوض السد 0.146–حوض ديفة0.132) قليل ، نتيجة قلة الهطولات المطرية التي تسبب جريانات سطحية وكذلك الفواقد المائية الكبيرة بالتسرب؛
2. يتركز التسرب بشكل أساسي في الكتف الأيسر من جسم السد حيث يشكل حوالي 78% من كمية المياه المتسربة الإجمالية السنوية والبالغة 162790 m^3 /year؛
3. تتعرض بحيرة سد الثورة لعجز مائي خلال فترة الدراسة (أعظم قيمة له 18.5MCM) ناتج بشكل أساسي عن قلة الهطولات المطرية الفعالة التي تسبب جريانات سطحية ، وبالتالي فإن السد لايقوم بسد الاحتياجات المائية للمنطقة ومن أهمها الري؛
4. الإستثمار الأمثل للمياه المخزنة في بحيرة السد؛
5. استخدام التقانات المتطورة و البرامج الهندسية في الدراسات كونها تعطي نتائج أفضل وأسرع وذات دقة عالية.

المراجع:

1. شركة AGROCOMPACT ومديرية إستصلاح الأراضي في اللاذقية. *دراسة هيدرولوجية ومناخية لحوض نهر الصنوبر* ، اللاذقية. سوريا ،1984.

2. معهد نيس الروسي ومديرية الري لحوض الساحل. *تقرير نهائي لحالة سدي الثورة على نهر الصنوبر وتل حوش على نهر تل حوش* ، اللاذقية .سوريا،2004.

3. HAYASHI،M.؛KAMP،V (2007) .*Hydrological balance and effect of seasonalit* . Elsevier ،Amsterdam ،pp.311-339.

4. Charalambouse، K.؛ Lange، M.؛ Bruggeman، A. *Urban water balance andmanagement a case study in LIMASSOL*, CYPUS .QUEENS University Belfast ، Northern Ireland ،2010 .

5. إبراهيم، عمر صباح؛ صالح، صبار عبد الله؛ علي، نوفل حسن (2011). *استخدام الموازنة المائية المناخية لتقييم واقع تغذية المياه الجوفية في حوض بيجي – تكريت / شمال غرب العراق*. مجلة جامعة كركوك. **1**، 79-107.

6. منخي، سعدية عاكول(2012). أثر التساقط في الموازنة المائية في حوض دجلة والفرات. مجلة كلية الآداب جامعة بغداد، 390-450.

7. Irzooki ،R(2015) . *Computation of seepage through homogenous Earth Dams with horizontal Toe Draine* .Eng8Tech.Journal Iraq ،3 .34 ،440-430.

8. TUFA،ABUERESSO (2010) .Assessment of water balance of lake ZIWAY and its temporal variation due to water abstraction .HARAMAYA University.

9. الأسعد، علي محمد؛ عمار، غطفان عبد الكريم. ***الهيدرولوجيا الهندسية***. جامعة ت شرين، 2010، 506.

10. الشركة العامة للدراسات المائية.مشروع دراسة *الموازنة المائية التفصيلية في حوض الساحل* .حمص سوريا،2005.

11. معهد"سوف إنتر فود الروسي (2005). *التقرير المناخي والهيدرولوجي لسد الثورة*، اللاذقية.سورية.

12. حويجة، رؤى؛ الأسعد، علي (2014). العلاقة بين الهطل المطري و الجريان في نهر الصنوبر. رسالة ماجستير .قسم الهندسة المائية والري، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين: سوريا.

13. GEO-SLOPE International Ltd.2012*Seepage Modelling with SEEP /W* .(1400) . Calgary: Canada.