Iraqi National Journal of Earth Science
www.earth.mosuliournals.com

تحليل التسرب خلال وتحت أسس سد البغدادي المقترح على نهر الفرات، غربي العراق

منتصر صبري عواد [1*]، **محمد راشد عبود** [2]

[1،2] *قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق.*

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 19- يونيو -2024

تاريخ المراجعة: 28- يوليو -2024

تاريخ القبـول: 03- سبتمبر -2024

تاريخ النشر الالكتروني: 01- اكتوبر -2025

الكلمات المفتاحية:

سد

تسرب

ستارة تحشية

بيرومتر

حاجز اسفلتي

المراسلة:

الاسم: منتصر صبري عواد

Email: muntasersabry@gmail.com

الملخص

تهدف الدراسة إلى محاكاة تسرب المياه وتحديد مناطق الضعف خلال وتحت أسس سد البغدادي المقترح على نهر الفرات، غربي العراق باستخدام طريقة العناصر المحددة بواسطة برنامج (SEEP/W, 2018). صُمم سد البغدادي الافتراضي ليكون املائي ترابي بطول (9) كم وبارتفاع (145) m.a.s.l. تم تحليل التسرب للسد المقترح اعتماداً على البيانات الجيولوجية لتحت الاسس والتصميمية لجسم السد من خلال المقاطع العرضية للمحطات المختارة الواقعة على الجانب الأيسر قرب مجرى النهر، وعلى الجانب الأيمن للسد. أشارت النتائج الى أن كمية التسرب من خلال جسم السد قليلة نسبياً وتختلف من محطة الى أخرى، وتزداد هذه الكمية وتنخفض مع ارتفاع وانخفاض المناسيب ما عدا المحطة (14+50) حيث بلغت قيمة التسرب فيها ($6.73*10^{-4}$) سم3/ثا خلال جسم السد، واعلى قيمة هي ($1.82*10^{-3}$) سم3/ثا من خلال الأسس عند اعلى منسوب (140) m.a.s.l. تم تحديد الحدود التصميمة لضغط الماء في اماكن مختلفة من المقاطع العرضية للسد، هذه الحدود يجب أن تقرأها أجهزة المراقبة عند تشغيل السد عند المنسوب الأعظم للخزان (140) m.a.s.l.، ومناسيب التشغيل العادية. ان الاختلاف بين البيانات المحسوبة لقيم البيزومترات الموجودة قبل ستارة التحشية والحاجز الاسفلتي وما بعدها تدل على كفاءة تصميمها.

DOI: 10.33899/earth.2024.150569.1294,

Seepage Analysis Through and Beneath Al-Baghdadi Proposed Dam in Euphrates River, Western Iraq

Muntaser Sabry Awad [1*], Mohammed Rashid Abood [2]
[1,2] *Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq.*

Article information

Received: 19- June -2024

Revised: 28- Jul -2024

Accepted: 03- Sep -2024

Available online: 01- Oct – 2025

Keywords:
Dam
Seepage
Grout curtain
Piezometer
Asphaltic Diaphragm

Correspondence:
Name: Muntaser Sabry Awad
Email: muntasersabry@gmail.com

ABSTRACT

The study aims to simulate the water seepage and identify weak areas during and beneath the foundations of the proposed Al-Baghdadi Dam on the Euphrates River in western Iraq using the finite element method via the (SEEP/W, 2018) software. The virtual Al-Baghdadi Dam is designed to be an earth-fill dam with a length of 9 km and a height of 145 m.a.s.l. The Seepage analysis for the proposed dam was based on geological data beneath the foundations and design data for the dam body through cross-sections of selected stations located on the left bank near the river channel, and on the right bank of the dam. The results indicate that the amount of seepage through the dam body is relatively low and varies from one station to another. It increases and decreases with the rise and fall of water levels except for station (14+50), where the leakage value reached (6.73*10-4) cm³/s through the dam body, and the highest value is (1.82*10-3) cm³/s through the foundations at the maximum level of 140 m.a.s.l. The design limits for water pressure are identified at various locations of the dam's cross-sections; these limits should be monitored by monitoring devices when the dam operates at the maximum reservoir level 140 m.a.s.l., and at normal operating levels. The difference between the calculated data for the piezometers located before the grouting curtain and the asphalt diaphragm after it indicates the efficiency of its design.

DOI: 10.33899/earth.2024.150569.1294, ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.

المقدمة

سد البغدادي هو سد تنظيمي (تشغيلي) مقترح يقع على نهر الفرات على بعد 48 كم من مؤخرة سد حديثة. (Downstream) (Hydroprojekt Inst., 1983) ، ويعتبر موقع السد هو الأكثر ملاءمة لتخطيط البناء وذلك بسبب توفر إمكانية الوصول إلى مناطق تجهيز مواد البناء ومواقع الحفريات. أحد اهم المشاكل التي يجب التأكد منها قبل تنفيذ السدود هي مشكلة التسرب. ويُعرَّف التسرب في السد بأنه حركة المياه من جانب مقدمة upstream السد إلى جانب مؤخرته downstream، عبر مسار خلال جسم السد او تحت الاساس. توجد مشكلة التسرب بشكل شائع في السدود الترابية والتي تؤثر بشكل مباشر على استقراريه السدود وانجراف المنحدرات بسبب ارتفاع ضغط المياه المسامية (Johan and Malin, 2016).

الحساب الدقيق لمقدار التسرب من الجسم والأساس في السدود مهم جدا في تحليل المشاكل والمخاطر التي قد تهدد **استقراريه** السد (Zheng et al., 2004). يؤدي تسرب المياه من خلال السد الى مشاكل عديدة وخطيرة مثل تكون الانابيب (Pipping) في منطقة اللب من السد، وذلك من خلال تحليل دقيق للعلاقة بين منسوب مياه الخزان ومعدل التسرب (Soleymani and Akhtarpur, 2011). يمكن التحقق من ظروف التسرب لأي بيئة مسامية باستخدام تقنيات عددية مؤطرة في شكل حل برمجي (Arshad and Babar, 2014). يعتبر تصميم السد (أي أجزاء السد المتمثلة باللب، المواد الاملائية واستخدام فلاتر لتجميع المياه المتسربة وتوجيهها بأمان في أسفل السد الأرضي) من اهم العوامل للحفاظ على سلامة السد من تأثير التسرب (Damle, 2021).

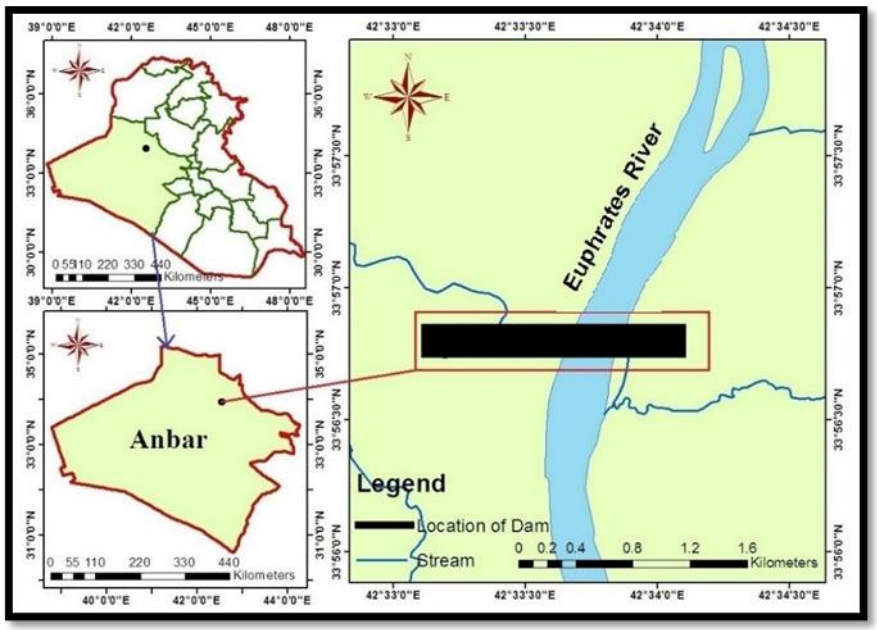
وهناك العديد من الدراسات الهيدرولوجية الخاصة بالتسرب التي أجريت على مواقع بعض السدود الاخرى في العراق **منها:** (Ahmed and Saleh, 2024) درسوا التحليل الهندسي لخزان سد البغدادي المقترح، محافظة الانبار، العراق. كما

قام (Al Samary, 2019) بدراسة تقييم تسرب المياه خلال جسم سد حديثة واساسه غربي العراق باستخدام طريقة العناصر المحددة. كما درس (Mahmood et al., 2021) مشكلة التسرب من خلال الاسس والمفيض المائي (Spillway) مع طرق معالجة مختارة واستنتج ان سد حوران H2. كما قام (Hameed et al., 2023) بدراسة محاكاة النماذج والاستقرار وذوبان الصخور الجبسية في موقع سد مكحول المقترح. واستخدم (Zedan et al., 2016) طريقة العناصر المحددة في برنامج SEEP/W، تمت دراسة تحليل التسرب واستقرارية المنحدر لسد الخاصة.

تهدف الدراسة الحالية إلى تحليل خصائص التسرب المتوقعة من خلال الجسم (لب من الدولومايت) وتحت أساس سد البغدادي باستخدام برنامج (SEEP/W, 2018). كما تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الحدود التصميمية لضغط المياه (Total Head) والذي يجب أن تقرأه أجهزة الرصد عند تشغيل السد.

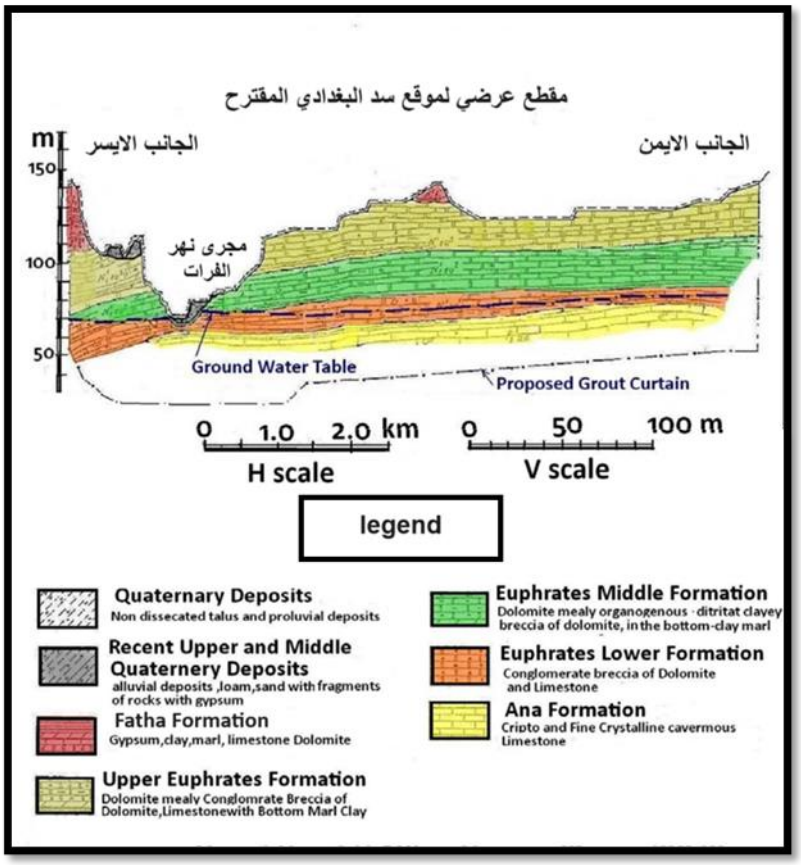
جيولوجية وموقع منطقة السد

تقع منطقة مشروع سد البغدادي المقترح على نهر الفرات غربي العراق وتحدد بإحداثيات خطوط الطول (42° 33’ - 42° 34’) شرقاً ودوائر عرض (33° 59’ - 33° 53’) شمالاً، وبارتفاع (82).m.a.s.l ، ضمن الحدود الادارية لمحافظة الانبار في قضاء هيت / ناحية البغدادي وعلى بعد (48) كم تقريبا عن سد حديثة باتجاه (Downstream)، كما يبعد (220) كيلومتراً غرب العاصمة بغداد كما في الشكل (1) والذي يمثل خارطة موقع منطقة الدراسة.



الشكل 1. موقع سد البغدادي المقترح على نهر الفرات غربي العراق

تقع منطقة السد المقترح على تتابع من عدد من التكوينات الجيولوجية والتي معظمها تتكون من صخور كاربوناتية وهي تكوين عنه، تكوين فرات، تكوين فتحة وترسبات من العصر الرباعي (الشكل 2)، مما قد يؤدي إلى مشاكل خطيرة مثل الذوبان أو تكوين خسفات الكارست والتجاويف، ويحدد الموقع الطباقي والصخري ما إذا كانت مسبقاً أو سوف لا تكون هناك مشاكل هندسية في المستقبل.



الشكل 2. جيولوجية موقع سد البغدادي المقترح (TECHNOPROMEXPORT, (1988.

ويعتبر موقع السد الأكثر جدوى من وجهة النظر الجيولوجية، لذلك تمت التوصية بهذا الموقع النهائي للبناء (TECHNOPROMEXPORT, 1988) والجدول (1) يوضح مواصفات سد البغدادي.

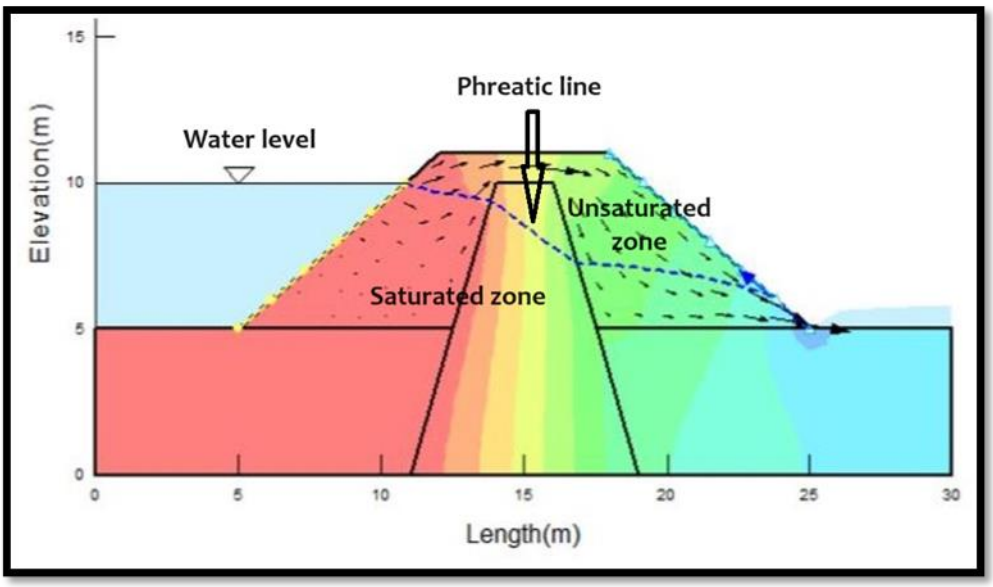
جدول 1: مواصفات سد البغدادي المقترح (Ministry of Water Resources, 2009).

ت	المواصفات	قياسها
1	طول جسم السد	9 km
2	قمة السد	145 m.a.s.l
3	منسوب الفيضان الأقصى	140 m.a.s.l
4	المنسوب الاعتيادي	100 m.a.s.l
5	منسوب التخزين الميت	99.5 m.a.s.l
6	اقصى ارتفاع لقمة السد m.a.s.l	72.5 m
7	ارتفاع عتبة المنفذ السفلي m.a.s.l	m.a.s.l 72.5
8	المساحة السطحية عند منسوب التخزين الميت	46.7 Km^2
9	المساحة السطحية عند منسوب الخزان الاعتيادي	48.1 Km^2
10	حجم الخزن عند منسوب الخزان الاعتيادي	$499*10^{6\ m3}$
11	التخزين الحي	$21*10^6 m^3$
12	عدد وحدات التوليد	4
13	الطاقة الإنتاجية للكهرباء	300 MW
14	اقصى تصريف خارج من المسيل	m^3/s 11000

برنامج (SEEP/W, 2018)

هو فرع من برنامج Geo-Studio هو أداة فعالة تستخدم للتحليلات العددية المعقدة في مجالات الهندسة المدنية والجيوتكنيكية والهيدروجيولوجية. يعتمد هذا البرنامج على طريقة العناصر المحدودة (Finite Element Method) لتحليل المياه المتسربة ومشاكل الحمل الزائد وتبديد ضغط الماء المسامي داخل المواد القابلة للاختراق مثل التربة والصخور. يقدم البرنامج تحليلات شاملة تمتد من مشاكل الحالة المستقرة والمشبعة إلى المشاكل المعقدة المشبعة وغير

المشبعة التي تعتمد على تغاير الوقت (Parsaie et al., 2022) (الشكل 3) الذي يوضح خط الرشح الذي يفصل بين النطاق المشبع وغير المشبع.



الشكل 3. نموذج توضيحي للتسرب من خلال سد إملائي (Sazzad and Alam, 2020).

التوصيلية الهيدروليكية للأسس والمواد الاملائية المستخدمة في سد البغدادي المقترح

تم تحديد نفاذية المكونات الصخرية المختلفة لمنطقة اسس سد البغدادي المقترح من قبل الشركة (TECHNOPROMEXPORT, 1988). وتم الحصول على معاملات التوصيلية الهيدروليكية للرواسب المختلفة كما في الجدول (2) حيث (Bench) تمثل الوحدة الصخرية. وتعتمد عملية محاكاة التسرب بشكل رئيس على معامل التوصيلية الهيدروليكية (K) للتربة والصخور في منطقة أساسات السد.

جدول 2: قيم التوصيلية الهيدروليكية للأسس والمواد الاملائية المقترحة في انشاء سد البغدادي (عن Ministry of Agriculture and Irrigation, 1988).

المادة	التوصيلية الهيدروليكية سم^3/ثا
Bench 8	$1*10^{-3}$
Bench 7	$3*10^{-3}$
Bench6	$1*10^{-4}$
Bench 5	$2.5*10^{-5}$
Bench 4	$2*10^{-6}$
Banket	$1*10^{-2}$
Dolomite	$1*10^{-4}$
Dolomite and marl muck	$1*10^{-2}$
Grout curtain	$1*10^{-7}$
Asphaltic concrete diaphragm	$1*10^{-9}$
Protection with rock slab SGM layer	$1*10^{-3}$
Riprap	$6*10^{-3}$

نتائج تحليل التسرب

تم استخدام نتائج النموذج العددي لتسهيل طريقة معالجة آمنة وفعالة لسد البغدادي المقترح في حال وجود أي مخاطر مستقبلية محتملة، تم استخدام نموذج SEEP/W, 2018 لتحليل التسرب بناءً على البيانات الجيولوجية والتصميمية من خلال المقاطع العرضية للسد. يظهر توزيع ضغط الماء المسامي للمحطة (50+6)، على الضفة اليسرى عند المنسوب الأقصى (140 m.a.s.l) كما في الشكل (4) حيث ان المناسيب (100 و110 m.a.s.l) تكون خارج حدود الخزان لذلك تم اهمالها. والمحطة (50+14) قرب مجرى النهر عند المنسوب الأقصى (140 m.a.s.l)، والمنسوب التشغيلي (m.a.s.l 110)، والمنسوب الأدنى (100 m.a.s.l) (الاشكال 5، 6، 7)، والمحطة (48+00) على الضفة اليمنى للسد عند

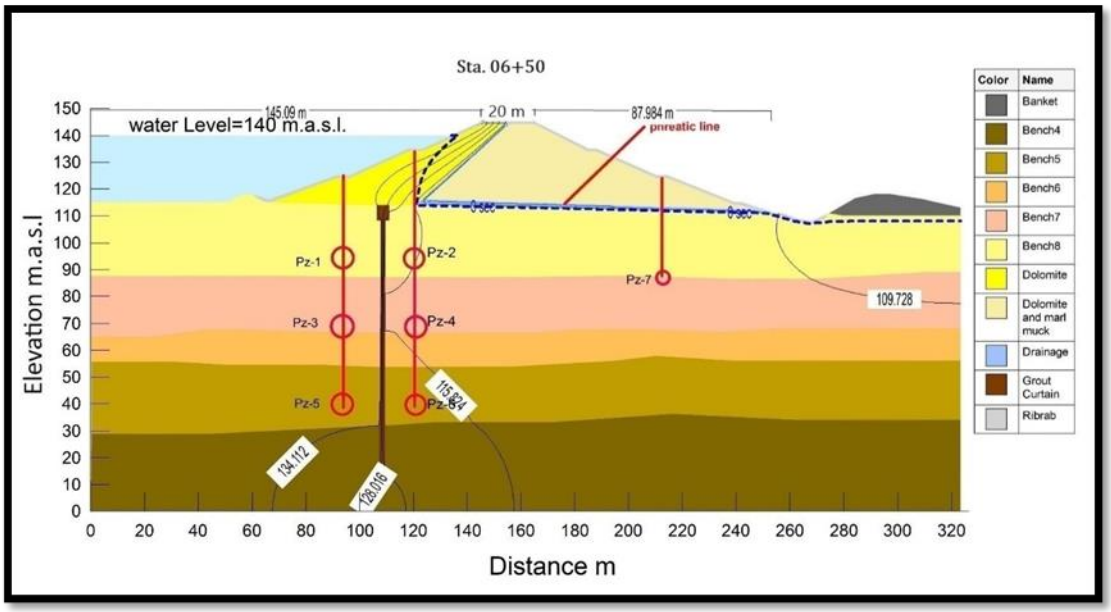
المنسوب الأقصى (140 m.a.s.l) (الشكل 8) حيث ان المناسيب (100 و110 m.a.s.l) تكون خارج حدود الخزان لذلك تم اهمالها. وكانت النتائج كالآتي:

1- ضفة اليسرى: كمية التسرب المقاسة من خلال جسم السد ($4.56*10^{-4}$) سم^3/ثانية، وكمية التسرب المقاسة من خلال نطاق الأسس ($3.22*10^{-4}$) سم^3/ثانية.

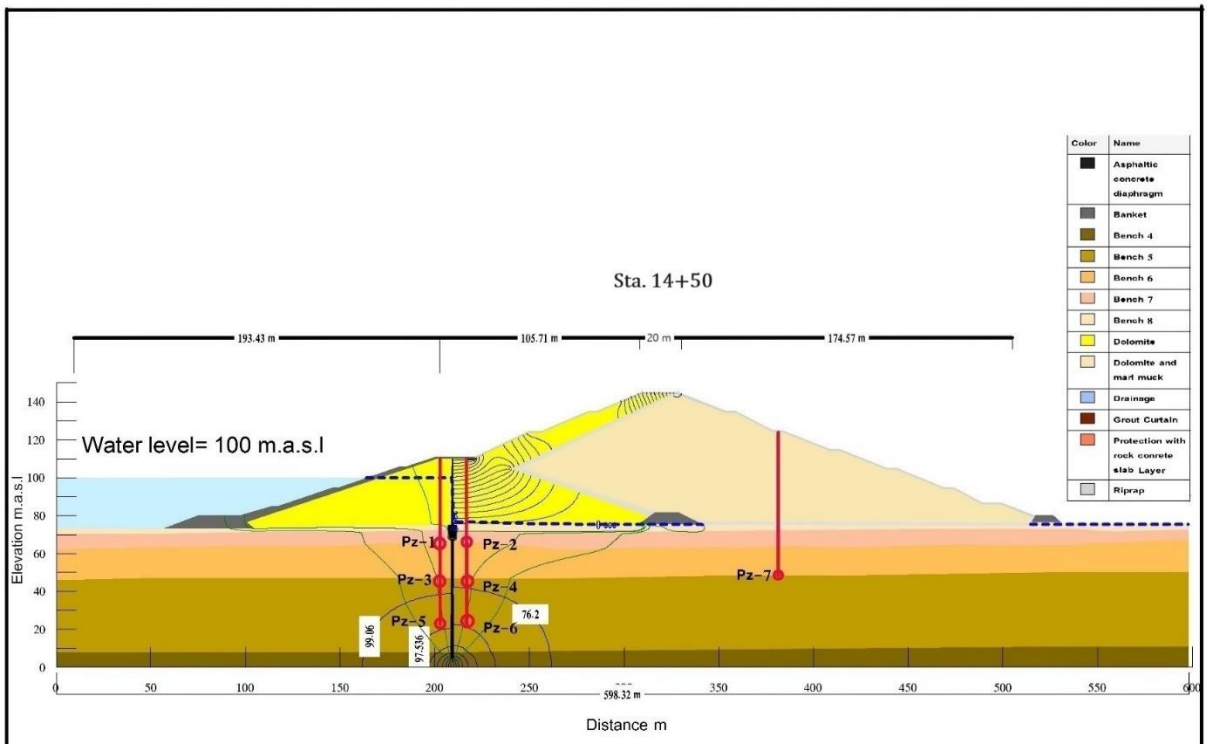
2- قرب مجرى النهر: تبلغ كمية التسرب المقاسة من خلال جسم السد عند المنسوب الاقصى (140 m.a.sl) حوالي ($6.73*10^{-4}$) سم^3/ثانية، وكمية التسرب المقاسة من خلال نطاق الأسس حوالي ($1.82*10^{-3}$) سم^3/ثانية. وعند المنسوب التشغيلي (110 .m.a.s.l)، فان كمية التسرب المقاسة من خلال جسم السد تبلغ ($2.58*10^{-4}$) سم^3/ثانية، وكمية التسرب المقاسة من خلال نطاق الأسس ($6.37*10^{-4}$) سم^3/ثانية اما عند المنسوب (100 m.a.s.l) وهذا يعتبر المنسوب الأدنى، فان كمية التسرب المقاسة من خلال جسم السد تبلغ ($1.65*10^{-4}$) سم^3/ثانية، وكمية التسرب المقاسة من خلال نطاق الأسس ($4.05*10^{-4}$) سم^3/ثانية.

3- الضفة اليمنى :تبلغ كمية التسرب المقاسة من خلال جسم السد عند المنسوب الأقصى (140 m.a.s.l) حوالي ($2.35*10^{-4}$) سم^3/ثانية، وكمية التسرب المقاسة من خلال نطاق الأسس ($1.82*10^{-4}$) سم^3/ثانية.

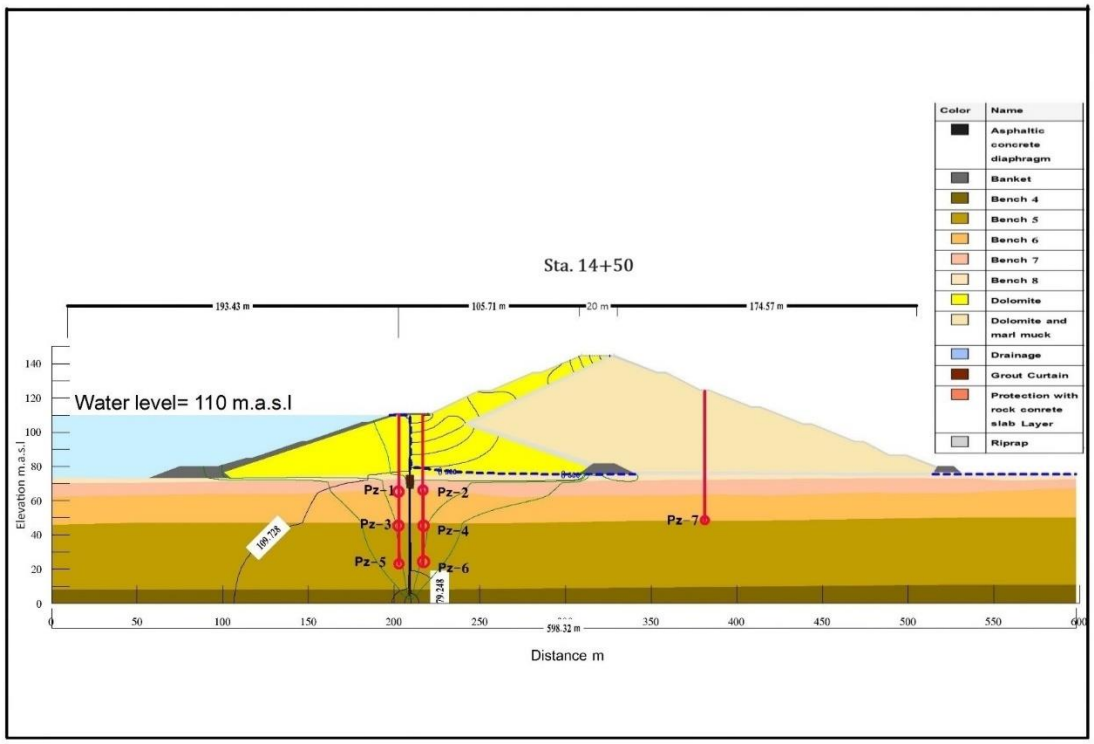
4- الضفة اليمنى :كمية التسرب المقاسة من خلال جسم السد عند المنسوب الأقصى (140 m.a.s.l) حوالي ($2.35*10^{-4}$) سم^3/ثانية، وكمية التسرب المقاسة من خلال نطاق الأسس ($1.82*10^{-4}$) سم^3/ثانية.



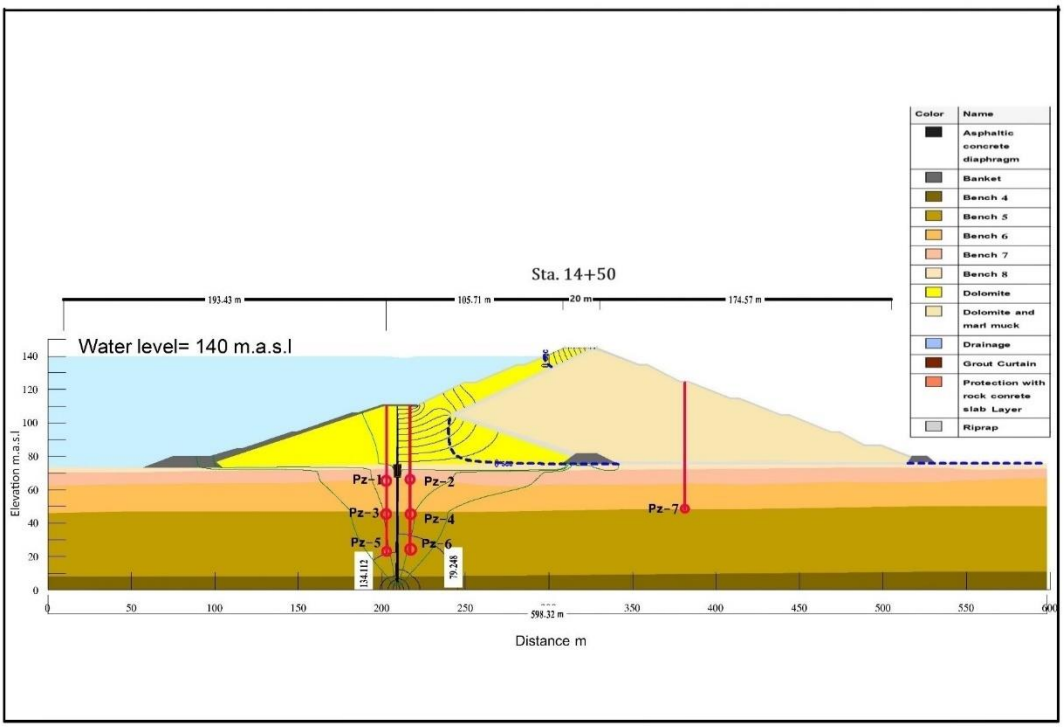
الشكل 4. شبكة الجريان للمحطة (06+50) في الجانب الأيسر للسدِّ عند المنسوب الاقصى (140 m.a.s.l).



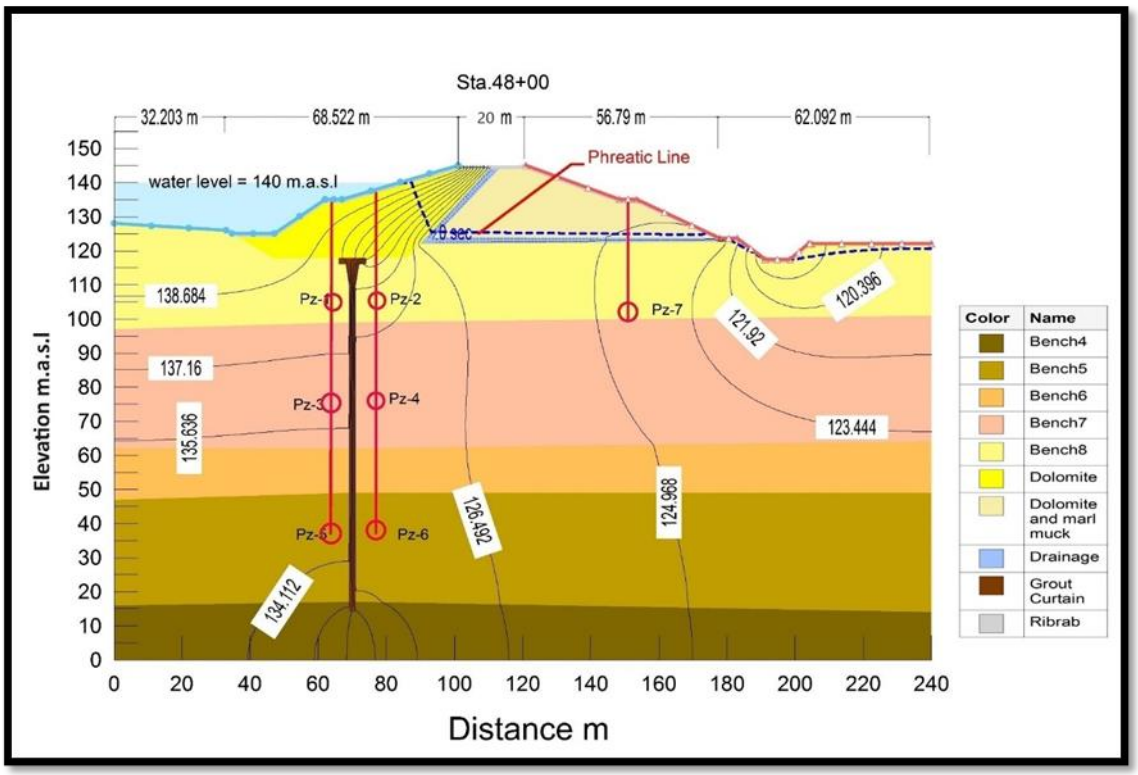
الشكل 5. شبكة الجريان للمحطة (14+50) قرب مجرى النهر عند المنسوب الادنى (100 m.a.s.l).



الشكل 6. شبكة الجريان للمحطة (14+50) قرب مجرى النهر، عند المنسوب التشغيلي (110 m.a.s.l).



الشكل 7. شبكة الجريان للمحطة (14+50) قرب مجرى النهر، عند المنسوب الأقصى (140 m.a.s.l).



الشكل 8. شبكة الجريان للمحطة (48+00) في الجانب الايسر، عند المنسوب الاقصى (140 m.a.s.l).

مناقشة النتائج

بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها، فإنه من الواضح أن ضغوط الماء المسامية وكمية المياه المتسربة من خلال جسم السد او من خلال الأسس لا تشكل خطراً على استقراريه السد، كما ان هذه النتائج تُظهر الدور الذي يلعبه

الحاجز الاسفلتي الكونكريتي diaphragm الموجود في جسم السد، وستارة التحشية grout curtain الموجودة في الأساس وكذلك دور الفلتر filter الذي يعمل على تصريف المياه من خلاله الى المبازل الموجودة في مؤخرة السد.

حيث أن كمية التسرب من خلال جسم السد المتكون من طبقات الـ (Dolomite) هي كمية طبيعية وذلك لكون اللب الدولومايتي ذا توصيلية هيدروليكية تتراوح قيمتها ما بين ($1*10^{-3}$ و$1*10^{-4}$) م^3/ثا، وتزداد هذه الكمية وتقل مع ارتفاع منسوب مياه الخزان وانخفاضه باستثناء المحطة (14+50) حيث تزداد كمية التسرب عند المناسيب (125، 130، 135، 140) (الجدول 3). لذلك نوصي بنصب آبار تنفيس (Relief holes) في مؤخرة السد عند هذه المحطة من اجل تقليل ضغط الاصعاد، وتصب هذه الآبار في مبازل في مجرى النهر. يعود سبب التباين في مناطق الرشح الى اختلاف ارتفاع عمود الماء عند المحطات الثلاثة بسبب اختلاف ارتفاع سطح الأرض بين محطة وأخرى.

من خلال نتائج الدراسة، تم تحديد الحدود التصميمية للضغوط المائية في أماكن مختلفة من المقطع العرضي للسد حسب الجدول (4). تتم قراءة هذه الحدود لدى تشغيل السد عند ارتفاع منسوب الماء في الخزان إلى 140 m.a.s.l. يُستخدم تقييم كفاءة ستارة التحشية والجدار الحاجزdiaphragm للتأكد من عدم وجود تسربات بسبب اختلاف القراءات بين المناطق المختلفة من السد، وعليه فان النتائج المستحصلة من نتائج التصاريف وقراءات البيزومترات تمثل الحدود التصميمية المعتمدة عند تشغيل السد كونها تعطي دلالة واضحة على سلامة السد من خلال سلامة ستارة التحشية والحاجز الاسفلتي وعمل منظومة التصريف.

الجدول 3: نتائج التسرب خلال جسم وأسس السد باستخدام برنامج (SEEP/W2018) للمحطات المختارة.

رقم المحطة	منسوب الماء في الخزان m.a.s.l.	التصريف من خلال جسم السد cm^3/s	التصريف من خلال الأسس cm^3/s	الملاحظات
06+50	115	$4.19*10^{-5}$	$2.93*10^{-5}$	المناسيب من 100 الى 110 خارج حدود الخزان
	120	$1.00*10^{-4}$	$7.27*10^{-5}$	
	125	$2.20*10^{-4}$	$1.26*10^{-4}$	
	130	$2.27*10^{-4}$	$1.55*10^{-4}$	
	135	$3.54*10^{-4}$	$2.08*10^{-4}$	
	140	$4.56*10^{-4}$	$3.22*10^{-4}$	
14+50	100	$1.65*10^{-4}$	$4.05*10^{-4}$	
	105	$2.29*10^{-4}$	$5.45*10^{-4}$	
	110	$2.58*10^{-4}$	$6.37*10^{-4}$	
	115	$2.96*10^{-4}$	$8.87*10^{-4}$	
	120	$3.76*10^{-4}$	$9.99*10^{-4}$	
	125	$4.21*10^{-4}$	$1.49*10^{-3}$	
	130	$5.89*10^{-4}$	$1.64*10^{-3}$	
	135	$6.45*10^{-4}$	$1.77 *10^{-3}$	
	140	$6.73*10^{-4}$	$1.82*10^{-3}$	
48+00	125	$3.19*10^{-5}$	$3.73*10^{-5}$	المناسيب من 100 الى 120 خارج حدود الخزان
	130	$9.00*10^{-5}$	$6.67*10^{-5}$	
	135	$1.62*10^{-4}$	$1.31*10^{-4}$	
	140	$2.35*10^{-4}$	$1.82*10^{-4}$	

جدول 4: الحدود التصميمية التي يجب أن تقرأها أجهزة المراقبة (البيزومترات) عند تشغيل السد

رقم المحطة	منسوب الخزان m.a.s.l.	قراءات البيزومترات							الملاحظات
		Pz-1	Pz-2	Pz-3	Pz-4	Pz-5	Pz-6	Pz-7	
06+50	100	100	100	100	100	100	100	100	المناسيب من 100 الى 110 خارج حدود الخزان
	115	114.68	112.57	114.47	112.15	114.34	112.10	111.32	
	120	119.17	113.27	118.87	112.94	118.99	112.97	111.51	
	125	123.67	113.97	122.93	113.59	122.45	113.84	111.65	
	130	128.19	114.65	127.16	114.30	126.53	114.67	111.80	
	135	132.65	115.33	131.41	114.99	130.57	115.54	111.95	
	140	137.49	116.00	135.64	115.69	134.63	116.35	112.12	
14+50	100	99.72	75.77	99.51	75.83	97.81	77.30	75.26	
	105	104.66	75.88	104.42	76.016	102.56	77.69	75.26	
	110	109.95	76.00	109.34	76.26	107.14	78.40	75.27	
	115	114.53	76.10	114.22	76.41	111.71	78.83	75.28	
	120	119.47	76.20	119.72	76.56	116.30	79.29	75.29	
	125	124.41	76.30	124.03	76.70	120.85	79.73	75.29	
	130	129.36	76.41	128.95	76.79	125.45	80.19	75.30	
	135	134.30	76.52	133.8	76.97	130.11	80.65	75.31	
	140	139.27	76.56	138.56	76.72	134.72	81.69	75.32	المناسيب من

100 الى 120 خارج حدود الخزان	121.96	122.17	123.78	122.35	124.17	122.95	124.57	125	48+00
	120.82	124.30	127.50	124.37	128.26	125.41	129.11	130	
	121.15	125.71	130.97	125.70	132.16	127.15	133.55	135	
	121.48	127.14	134.43	127.04	136.11	128.73	137.98	140	

الاستنتاجات

بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها من برنامج (SEEP/W2018) والتي شملت ضغوط الماء المسامية وكمية التسرب، يمكن استنتاج النقاط التالية فيما يتعلق بكفاءة السد المتوقعة من حيث التسرب:

1- أن كمية التسرب من خلال املائيات السد واللب المركزي المتكون من الدولومايت وكذلك الحاجز الكونكريتي – الاسفلتي السد (Dolomite) هي كمية قليلة نسبيا وتقل هذه الكمية وتزداد مع ارتفاع منسوب مياه الخزان وانخفاضه باستثناء المحطة (14+50)، حيث تزداد كمية التسرب عند المناسيب(125, 130, 135, 140) .

2- من خلال انخفاض قيم البيزومترات الموزعة بعد ستارة التحشية عن القيم التي قبلها فهذا يعد دليلا على كفاءتها.

3- ان جميع النتائج والمتمثلة بكمية التسرب وقراءات البيزومترات تعطي دلالة واضحة على سلامة السد من خلال سلامة ستارة التحشية والحاجز الاسفلتي وعمل منظومة التصريف.

المصادر

Ahmed, B.I., and Saleh, S.A., 2024. Geometric Analysis of the Proposed Al-Baghdadi Dam Reservoir, Anbar Governorate, Iraq. The Iraqi Geological Journal, pp. 100-110. DOI: https://doi.org/10.46717/igj.57.1A.9ms-2024-1-20

Al-Shamary, A.M.I., 2019. Evaluation of Seepage through Haditha Dam West of Iraq, MSc Thesis, College of Science, University of Tikrit, Salahudeen, Iraq.

Al-Sudani, H.I.Z., 2017. Hydrogeological study of Khan Al-Baghdadi area in Anbar Governorate-West of Iraq. http://dx.doi.org/10.24237/djps.1302.240A

Arshad, I. and Babar, M.M., 2014. Comparison of SEEP / W Simulations with Field Observations for Seepage Analysis through an Earthen Dam (Case Study: Hub Dam - Pakistan), International Journal of Research (IJR)1(7): pp. 57–70.

Damle, D., 2021. Dam Safety in India. National Institute of Public Finance and Policy.

Hameed, H.K., Abdullah, K.A., and Irzooki, R.H., 2023. Seepage Simulation of the Proposed Makhool Dam in North Iraq. Iraqi Journal of Science, 2934-2945.

Hydroprojekt Inst., 1983. Haditha project on The Euphrates River Technical design, Vol. 2 Natural Conditions, Moscow.

Johan B. and Malin L., 2016. Safety Evaluation of the Zhaoli Tailings Dam: A Seepage, Deformation and Stability Analysis with GeoStudio, MSc Thesis, Uppsala Universitet, Sweden.

Mahmood, N.S., Alboresha, R., Sulaiman, S.O., and Ansari, N.A., 2022. Seepage Problem Through the Foundation of a Spillway with Selected Treatment Methods. Mathematical Modelling of Engineering Problems, 9 (3). https://doi.org/10.18280/mmep.090331

Ministry of Agriculture and Irrigation, Al-Baghdadi HPP on the Euphrates River, Feasibility Report, II Stage, Report on Engineering Investigation at the Selected Sites, Feb 1988.

Ministry of Water Resources/National Center for Water Resources Management, 2009. Schematic diagram of reservoirs and water control systems in Iraq.

Parsaie, A., Shareef, S.J.S., Haghiabi, A.H., Irzooki, R.H., and Khalaf, R.M. 2022. Numerical simulation of flow on circular crested stepped spillway. Applied Water Science, 12(9), 215. https://doi.org/10.1007/s13201-022-01737-w

Sazzad, M.M., and Alam, S., 2020, December. Numerical investigation of seepage through earth dam by FEM. In the 5th International Conference on Advances in Civil Engineering (ICACE), Bangladesh.

Soleymani, S. and Akhtarpur, A., 2011. Seepage analysis for Shurijeh reservoir dam using finite element method. In Geo-Frontiers 2011: Advances in Geotechnical Engineering, pp. 3227-3234.

TECHNOPROMEXPORT, Al-Baghdadi Dam Project of the Euphrates River, Feasibility Study, Volume 2, Selection of Construction Site (Final Revision), 1988.

Zedan, A.J., Faris, M.R., and Abdulsattar, A.A., 2017. Seepage analysis through an earth dam (Khasa-Chai Dam) as a case study. Engineering and Technology Journal, 35(2), pp. 172-181. https://doi.org/10.30684/etj.2017.127329

Zheng, Y.R., Shi, W.M., and Kong, W.X., 2004. Calculation of seepage forces and phreatic surface under drawdown conditions. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 23(18), pp. 3203-3210 (In Chinese).