

دراسة تأثير تغيير بعض العوامل المؤثرة على استقرار الستائر الإسفلتية المستخدمة في تكتيم السدود بالظروف السورية

سماح حافظ محمد*

(تاريخ الإيداع 13 / 10 / 2014. قُبل للنشر في 9 / 6 / 2015)

□ ملخص □

استُخدم البيتون الإسفلتي للمرة الأولى في سورية كمادة مانعة للرشح في السدود على شكل ستارة على السطح الأمامي في سد الصوراني، و نظراً لدرجات الحرارة العالية التي يمكن أن تتعرض لها الستارة الإسفلتية في ظروف سورية، و تأثير ارتفاع درجة الحرارة على استقرار البيتون الإسفلتي المتوضع على طبقات مائلة مما يؤدي إلى زيادة قابليته للزحف نحو الأسفل ليس فقط بتأثير مركبة الوزن الذاتي، و إنما أيضاً بسبب المقاومة المرنة و اللزجة التي تبديها مادة البيتون الإسفلتي ضد الحركة، و التي سببها الرئيسي لزوجة البيتون الإسفلتي، التي تتأثر بشكل كبير بدرجة الحرارة التي يتعرض لها، و عند ارتفاع الحرارة بشكل كبير قد تؤدي إلى تخريب الستارة الإسفلتية. دُرست في البحث طرائق خفض هذه الحرارة بالطرائق الممكنة من أجل زيادة استقرار الستارة الإسفلتية السطحية و ذلك بطلائها بلون فاتح فانخفضت درجة حرارتها بنحو 20 درجة مئوية، و بوضع طبقة من البيتون الاسمنتي فوقها، و هو ما أدى إلى خفض درجة الحرارة على سطحها بنحو 25 درجة مئوية.

الكلمات المفتاحية: البيتون الإسفلتي - معادلة موازنة الطاقة - الإشعاعات الشمسية - شاشة اسفلتية.

*قائم بالأعمال - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق - سورية.

Studying the effect of changing some factors influencing the stability of the bituminous concrete facing used in tightening dams under Syrian circumstances

Samah Hafez Mouhammad*

(Received 13 / 10 / 2014. Accepted 9 / 6 / 2015)

□ ABSTRACT □

Asphalt concrete was used for the first time in Syria as a tightening material for dam Sourani. It was used in this dam as a surface facing on the front slope.

Use of asphaltic concrete under climatic conditions prevailing in Syria, particularly high temperatures, is discussed in the paper. To achieve this goal, a number of bituminous concrete mixes, designed using the same constituent components in Sourani dam, were experimentally tested and analyzed. To determine the effect of the expected maximum temperatures for Sourani dam, a program depending on Energy balance was developed.

Possible methods of reducing the effect of the high temperature in order to increase the stability of the asphalt surface facing are analyzed. In this context, the facing was plastered by a light-color, which led to a decrease in the temperature of the asphalt surface facing by about 20 degrees Celsius. The facing was also plastered by placing a concrete layer above it, which led to a decrease in the temperature of the asphalt surface facing by about 25 degrees Celsius.

Key Words: Asphaltic Concrete, Energy Balance, Solar Rays, Asphaltic Facing.

* Academic Assistant-Faculty of Civil Engineering- University of Damascus- Syria

مقدمة:

يستخدم البيتون الإسفلتي Asphaltic Concrete على شكل ستائر تتوضع على السطح الأمامي للسد، و يقترن فشل طبقة التكتيم المستخدمة على شكل ستارة من البيتون الإسفلتي، باستقرارها، و هذا بدوره يتعلق بمقاومة القص التي تبديها مادة الستارة الإسفلتية Asphaltic Facing، و التي ترتبط بدورها إلى جانب التحليل الحبي، و كمية الإسفلت، و نسبة الفيلر، بارتفاع درجة الحرارة، الذي يؤدي إلى انخفاض لزوجة المادة، و تراجع الخواص الميكانيكية للمادة، فارتفاعها يزيد من سرعة التشوهات، فتتقص مقاومتها على القص، و ينخفض بالتالي عمرها التشغيلي. [1]

أهمية البحث و أهدافه:

- هدف البحث الأساسي هو دراسة تأثير تغيير بعض العوامل الداخلة في حساب معادلة موازنة الطاقة على درجة الحرارة العظمى، التي يمكن أن تتعرض لها الخلطات الإسفلتية المستخدمة كستائر سطحية لتكتيم السدود و بالتالي تأثيرها على القيام بوظيفتها في منع الرشح، و تحديد درجة الحرارة العظمى التي يمكن أن تبلغها الستارة السطحية في ظروف سورية، و قد ركز البحث على المحاور الآتية:
- تصميم خلطات إسفلتية تحقق المواصفات المطلوبة من حجم فراغات هوائية و ثبات و نفاذية .. ثم دراسة السلوك الحراري للستائر الإسفلتية، و قيم استقرارها في ظروف سد الصوراني الواقع في محافظة طرطوس من الجمهورية العربية السورية. و ذلك لخلطات إسفلتية استُخدمت في تنفيذ السد.
 - دراسة تأثير تغيير لون الستارة الإسفلتية على درجة الحرارة العظمى التي يمكن أن يصل إليها سطح الستارة في حال تم تغيير لون الستارة الإسفلتية و بالتالي تغيير قيمة معامل عكس الستارة (r_0).
 - دراسة تأثير وضع طبقة من البيتون الإسمنتي فوق الستارة الإسفلتية السطحية على الظروف الحرارية داخل الستارة الإسفلتية.
 - دراسة تأثير تغيير سمات الستارة الإسفلتية Af المنفذة في سد الصوراني على درجة الحرارة المتوقعة على سطح الستارة البيتونية الإسفلتية.
 - التنبؤ بأعلى درجات حرارة على سطح ستارة بيتونية إسفلتية في عدة مناطق في سورية بافتراض الستارة نفسها المستخدمة في سد الصوراني من حيث، الخلطة، و الميل، و السماكة... إلخ، مع الوضع بالحسبان ظروف المنطقة المدروسة من حيث خط العرض، و زاوية انحراف الشمس، و درجة حرارة الهواء العظمى... إلخ، و بالتالي تحديد أعلى درجة حرارة يمكن أن تصل إليها درجة حرارة الستارة الإسفلتية في الظروف السورية.
 - دراسة تأثير تغيير قيمة خطوة المسافة (ΔX) على سطح الستارة، و على أعماق مختلفة.
 - دراسة تأثير المدة الزمنية للحرارة العظمى على الستارة الإسفلتية.
- يتعلق استقرار الستائر الإسفلتية السطحية بشكل أساسي بمقاومة القص التي تبديها مادة البيتون الإسفلتي و التي تتعلق بدورها بعوامل مختلفة أهمها:
- (a)** التحليل الحبي للخصائص المستخدمة في خلطة البيتون الإسفلتي: حيث يلعب دوراً أساسياً في الحصول على مواصفات جيدة للخلطة و يجب أن يقع منحنى التحليل الحبي ضمن الحزمة النظامية المعتمدة في تكتيم المنشآت المائية، و هي الحزمة (0-12) التي تحتوي كمية وافرة من المواد الناعمة و نسبة من المواد الخشنة و يبين الجدول (1) حزمة التحليل الحبي لخلطة نموذجية ينصح بها لأعمال التكتيم في المنشآت المائية. [2]

- (b) نسبة الاسفلت في خلطة البيتون الاسفلتي: يجب أن يتم اختيار نسبة الاسفلت بعناية فائقة لتحقيق الغاية المرجوة منه و هي تغليف الحصىات و ربطها، و أن يؤمن إمكانية تشغيل كافية و حجم فراغات ضمن الحدود المسموحة و أن يتحقق الثبات على المنحدرات، لذلك فإن نسبة الاسفلت المثلى تُحدد تجريبياً حتى نضمن الاستقرار على الميول و المرونة و نسبة الفراغات المطلوبة.
- (c) درجة الحرارة: تؤثر درجة الحرارة في علاقة الإجهادات و التشوهات لمادة البيتون الاسفلتي، إذ أنه بزيادة درجة الحرارة تزداد قيم التشوهات لأن اللزوجة تنخفض، و تنخفض معها مقاومة المادة لإجهادات القص ما يؤدي إلى زيادة سرعة تشوهات الطبقة التي قد تقود إلى الانهيار[3].

الجدول (1) حزمة التحليل الحبي لخلطة نموذجية.

نسبة المار وزناً%	10-15	17-40	32-60	38-67	50-80	70-100	80-100	100
فتحة المنخل mm	0.09	0.2	0.6	1	2	5	8	12

طرائق البحث و مواد:

يقع سد الصوراني في منطقة الجبال الساحلية على بعد (51km) من مدينة طرطوس، و على مستوى (344m) فوق سطح البحر و قد تقرر إنشاءه لتأمين مياه الشرب لعددٍ من المناطق الفقيرة بمياه الشرب (الشيخ بدر و القدموس)، و نظراً لعدم توافر المواد الغضارية في هذه المناطق من جهة و اقتصادية استخدام البيتون الاسفلتي مقارنة مع استخدام البيتون العادي في التكتيم من جهة أخرى، فقد استخدم البيتون الاسفلتي في عملية التكتيم. و يبلغ ارتفاع السد (41.3m)، و حجم التخزين فيه (5.1) مليون متر مكعب من المياه و مساحة بحيرته تساوي (34) هكتاراً، و السد عبارة عن سد تخزيني ركامي مع ستارة اسفلتية أمامية.[4]

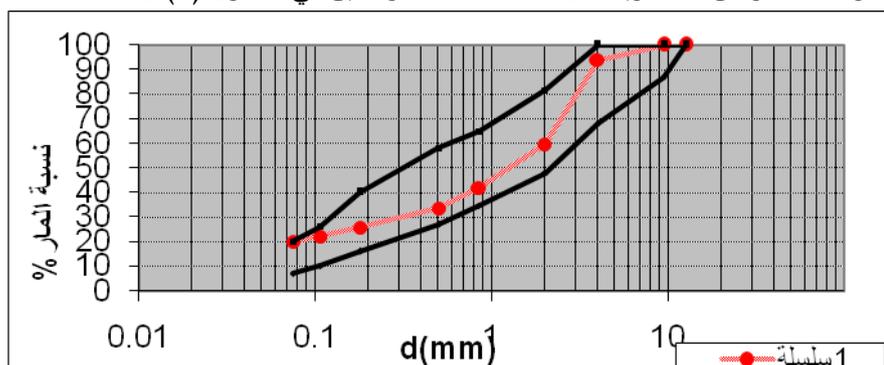


الشكل. (1) صورة لسد الصوراني

1. الدراسة المخبرية لمواد الخلطة:

- الإسفلت: أحضر الإسفلت من مصفاة حمص و أجريت عليه التجارب الآتية:
 - تجربة الغر: و كانت درجة غرز (Stick-Point) الإسفلت (60-70)،
 - تجربة الاستطالة: وصل طول العينات إلى أكثر من 158cm و لم تنقطع،
 - تجربة الكرة و الحلقة: تمت معايرة الجهاز بحيث ترتفع درجة الحرارة 5 درجات كل دقيقة فكانت النتيجة الوسطية 58 درجة مئوية.

الحصويات: تم إحضار الحصويات من مقلع رسيون قرب مدينة اللاذقية و الكسارة تنتج حصويات نظيفة متدرجة من الناعم إلى الخشن و تحوي المناخل الآتية (0-6mm) و (0-12mm) (6-12mm) و أخذت عينات و أجري التحليل الحبي لها ، و استخدم في تحضير الخلطة المعتمدة في تصميم الستارة السطحية في سد الصوراني الحصويات بالنسب الآتية (10%) حصويات (6-12)mm و (90%) حصويات (0-6)mm، و منحني التحليل الحبي كما هو واضح في الشكل (2) و أجريت التجارب التالية عليها تجربة الإهتراء، تجربة المكافئ الرملي، تجربة تحديد الوزن النوعي. و كانت خواص الحصويات لهذه الخلطة كما هو مبين في الجدول (2). [5].



الشكل (2) منحني التحليل الحبي للمزيج (0-6)mm 90% (6-12)mm 10%.

الجدول (2) خواص الحصويات للخلطة:

الوزن النوعي	المكافئ الرملي	تجربة الاهتراء
2.6	90.84	14.4

بسبب أن الرص في السد يتم على سفح مائل، و من ثم فإن الآليات المستخدمة لا تعطي طاقات رص عالية إضافة إلى عدم إمكانية استخدام آليات ثقيلة، لذلك يوصى بأن يتم تحديد طاقة الرص في المخبر في مجال الهندسة المائية حتى 35 ضربة مارشال و بحيث تكون الفراغات الهوائية بمحتوى أعظمي (3%) و بعد اختيار الآليات المتوافرة و معايرتها تبين أن طاقة الرص الممكن الوصول إليها هي (30) ضربة مارشال، تم إجراء التجارب المبينة في الجدول (3) لدراسة خلطة البيتون الإسفلتي و تحديد نسبة البيتومين المثلى و ذلك بتغيير نسبة البيتومين من 8 % حتى 9.5 % أي بزيادة 0.5% و وجد أن نسبة البيتومين الأفضل تساوي 9% و تحديد عدد الضربات لكل نسبة من البيتومين 30 ضربة على كل وجه. [5].

الجدول (3) نتائج التجارب المجرىة للخلطة بتغيير نسبة الإسفلت عدد الضربات 30 ضربة على كل وجه.

نسبة الإسفلت %	عدد الضربات	الثبات	الانسياب	الكثافة kgr/cm ³	Vma%	Va%	Vfb%
8	30	11.49	5.88	2.27	19.335	1.97	91.536
8.5	30	10.90	5.8933	2.279	20.164	1.3710	93.231
9	30	9.794	7.3533	2.281	20.305	0.3318	98.365
9.5	30	8.261	10.483	2.2798	21.631	0.7875	96.360

و نلاحظ من الجدول السابق أن نسبة الإسفلت 9% تحقق أكبر كثافة رص، كما أن نسبة الفراغات الهوائية ضمن الحدود المطلوبة مخبرياً، لذلك تم اعتماد هذه النسبة للخلطات من أجل القيام بالتجارب الأخرى عليها.

2. التجارب المجرى على الخلطة:

بعد تحديد نسبة الإسفلت الأفضل 9% و عدد الضربات (30) ضربة على كل وجه. أجريت التجارب الآتية و تمت مقارنتها مع المواصفات المنصوح بها عالمياً [6]:

1- تجربة تحديد مقاومة الانضغاط عند درجة الحرارة (20°) R₂₀، حيث: R₂₀ مقاومة عينة مارشال للانضغاط عند الحرارة (20°)،

2- تجربة تحديد مقاومة الانضغاط عند درجة الحرارة (50°) R₅₀، حيث: R₅₀ مقاومة عينة مارشال للانضغاط عند الحرارة (50°).

3- تجربة تحديد مقاومة الانضغاط عند درجة الحرارة (0°) R₀، حيث: R₀ مقاومة عينة مارشال للانضغاط عند الحرارة (0°).

4- تجربة تحديد معامل الثبات الحراري K_t=R₂₀ / R₅₀

5- تجربة تحديد معامل المرونة K_e=R₀ / R₂₀

6- تجربة تحديد التشرب،

7 - تجربة تحديد الثبات على الميول. و تم وضع النتائج في الجدول (4).

الجدول (4) نتائج التجارب المجرى على الخلطة.

العوامل المدروسة	مواصفات الخلطة	المواصفات الألمانية (Wapro402.1973)
مقاومة الانضغاط R ₂₀ (Kg/cm ²)	38	R ₂₀ >30
مقاومة الانضغاط R ₅₀ (Kg/cm ²)	15	R ₅₀ >15
معامل الثبات الحراري K _t	2.53	K _t >2.5
معامل المرونة K _e	2.64	K _e <2.8
الفراغات الهوائية %Va	0.33%	Va%<(1.5-2.3)%
الثبات (Kn)	9.79	الثبات <6
الانسياب (mm)	7.3533	الانسياب >8
الكثافة gr/cm ³	2.2857	
التشرب	0.22%	التشرب > 1.5 %

النتائج و المناقشة:

1. تحديد الحمولة الحرارية الاعظمية في سد الصوراني و في مناطق سورية أخرى:

يتم تحديد درجة الحرارة العظمى التي يمكن أن تصل إليها الستارة الإسفلتية في موقع ما عن طريق حل معادلة موازنة الطاقة لسطح الستارة الإسفلتية، و التي تصف مجموعة تيارات الطاقة الواردة أو الصادرة عنها، و استناداً على

قانون انحفاظ الطاقة يكون مجموع هذه التيارات مساوياً للصفر. و يمكن التعبير عن معادلة موازنة الطاقة لسطح الستارة الإسفلتية بالمعادلة [7]:

$$[I + D - A - E + G_{WV} \mp K] \Delta t \mp B = 0 \dots\dots\dots (1)$$

Δt : فترة الحساب

و يلزم لحل المعادلة السابقة حساب سبعة تيارات طاقة هي:

- 1- الإشعاعات الشمسية المباشرة (I) Direct Solar Rays كإشعاعات واردة.
- 2- الإشعاعات السماوية المنتشرة كإشعاعات واردة D, Distributed Solar Rays و التي تشكل مع الإشعاعات المباشرة الإشعاعات الكلية، $G = I + D$.
- 3- الإشعاعات المنعكسة من سطح الستارة A كإشعاعات مرتدة، أو مبتعدة عن الستارة.
- 4- الإشعاعات المنبعثة من الستارة بالإصدار في مجال الأمواج الطويلة E.
- 5- الإشعاعات الواردة إلى الستارة من الغلاف الجوي و المنطقة المحيطة، الإشعاعات الراجعة أو المقابلة G_{WV} و هي ذات أمواج طويلة.
- 6- التبادل الحراري بين الستارة و الهواء المحيط بالتلامس K convection Energy Stream، و هذا يكون من الستارة إلى الهواء و بالعكس.
- 7- تيار الطاقة الأرضي النافذ إلى باطن الأرض (غالباً نهاراً)، و الصادر عن الأرض (غالباً ليلاً) و لتقدير درجة حرارة السطح و الأعماق باستخدام المعادلة السابقة، فإن تيارات الطاقة السابقة يتم تقسيمها إلى مجموعتين:

i. المجموعة المستقلة عن درجة حرارة السطح (T_0) و تشمل هذه المجموعة الإشعاعات $[G_{WV}, A, D, I]$.

ii. المجموعة المرتبطة بدرجة حرارة السطح (T_0) و تشمل هذه المجموعة $[B, K, E]$. [8].

و يتم حل المعادلة (1) وفق الخطوات الآتية:

a. حساب حدود المعادلة المستقلة عن (T_0).

b. تقدير التوزيع الحراري في الأعماق و السطح عند بداية الحساب (الزمن صفر)، أو في بداية فترة الحساب الأولى، و هذه هي الشروط المحيطية لمعادلة فوربييه للانتشار الحراري، و كذلك تقدير تغيرات الحرارة عند أعماق نقطة حساب $[X_{ii}]$ فإذا كانت هذه التغيرات طفيفة يمكن عندها اعتبار هذه القيمة ثابتة (القيمة المتوسطة) لفترة الحساب، مع الإشارة هنا إلى أن الخطأ في تقدير التوزيع الحراري أعلاه يتلاشى عند استمرار الحساب. لحساب تيار الطاقة الأرضية [B] للفترة الزمنية الأولى Δt لا بد من حل معادلة فوربييه و هذا يتطلب بالإضافة إلى ما تم ذكره في الخطوة (b) فرض درجة حرارة السطح.

حساب (T_0) في نهاية الفترة و بهذا تكون كل الشروط المحيطية لحل معادلة فوربييه أصبحت معلومة،

c. بعد فرض قيمة (T_0) عند نهاية Δt يمكن حساب الحدود المرتبطة ب (T_0).

d. بهذا تكون المجموعتان أعلاه من الحدود قد أصبحت قابلة للحساب أو التقدير فإذا كانت نتيجة الحساب والتبديل بالمعادلة (1) صفراً (أي مجموع تيارات الطاقة الواردة إلى الستارة و الصادرة عنها معدوم) و هذا ما يعبر عنه قانون انحفاظ الطاقة فإن قيمة (T_0) المفروضة بالخطوة (c) و كذلك التوزيع الحراري في نهاية Δt و المحسوب بالاستناد لقيمة (T_0) المفروضة صحيحة أما إذا كانت نتيجة حساب المعادلة (1) ليست صفراً فلا بد من فرض قيمة

جديدة لـ (T_0) ، تكون قيمة (T_0) الجديدة المفروضة أكبر من سابقتها المفروضة إذا كانت نتيجة الحساب بالمعادلة (1) موجبة و العكس إذا كانت سالبة.

e. بعد حساب (T_0) الصحيحة يكون التوزيع الحراري في نهاية Δt الأولى أيضاً صحيحاً ، و بهذا ننقل بالحساب إلى فترة زمنية ثانية $2\Delta t$ و لهذه الخطوة تكون الشروط المحيطية لحل معادلة فورييه كما يأتي:

i. التوزيع الحراري في بداية الخطوة الثانية هو ذاته المحسوب في الخطوة (e).

ii. قيمة درجة الحرارة عند أعماق نقطة غالباً ما تفرض ثابتة أو متغيرة تغيراً طفيفاً لأن تغيراتها خلال فترة الحساب بسيطة.

iii. أما قيمة (T_0) لنهاية الفترة الزمنية الثانية $2\Delta t$ فيتم فرضها و المناقشة حسب ما ورد ذكره لاحقاً،

قيم (T_0) خلال كامل فترة الحساب و كذلك تغير درجة الحرارة خلال الأعماق.

تم باستخدام برنامج طور بلغة (Visual Basic) لحل المعادلات أعلاه و يتضمن حل معادلة فورييه و يعطي البرنامج درجات الحرارة في الستارة الإسفلتية العادية ذات اللون الأسود على السطح و عند أي عمق مطلوب و كذلك منحنيات تغير الحرارة عند أعماق مختلفة و عند أزمنة مختلفة، و كذلك منحنيات تغير الحرارة عند عمق معين بتغير الزمن، و كذلك تأثير تغير اللون على النتائج، و أيضاً تأثير وضع طبقة بيتونية فوق الستارة.

بعد تجميع المعطيات الواردة أعلاه تم تحديد درجة الحرارة العظمى لسطح الستارة الإسفلتية التي بلغت

(71.5°C) ، علماً أن درجة حرارة الهواء الموافقة لهذه الدرجة بلغت (40.4°C) و هي أعلى درجة حرارة هواء سجلت خلال فترة الدراسة. إن التغير في العمق يكون بتدرج قرابة (2°C) لكل (1cm) و ذلك لأجل القيم العظمى. و باعتبار أنه ورد في التصميم الأساسي للسد طلاء الستارة باللون الأبيض فقد تم حساب درجة الحرارة عندما يكون هذا الطلاء موجوداً، فكانت درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الستارة السطحية (50°C) أي بانخفاض (21°C) و هذا يعني أن وجود اللون الأبيض يخفض الحرارة بشكل ملموس.

تم إنجاز ساحة تجريبية بالقرب من سد الصوراني بنفس ميول السد التصميمية و بنفس المواصفات لبيان تأثير أشعة الشمس على الستارة الإسفلتية الشكل (3)، و كذلك لتحديد آلية التنفيذ للستارة و طريقة التنفيذ و لمعايرة البرنامج، و الحصول على أعلى درجة حرارة للستارة في الساحة التجريبية تم تنفيذ الساحة التجريبية، باتجاه الجنوب حيث تتعرض إلى أطول فترة سطوع شمسي ممكن عند وضعها بهذا الاتجاه، و تم تقسيم الساحة التجريبية إلى جزئين:

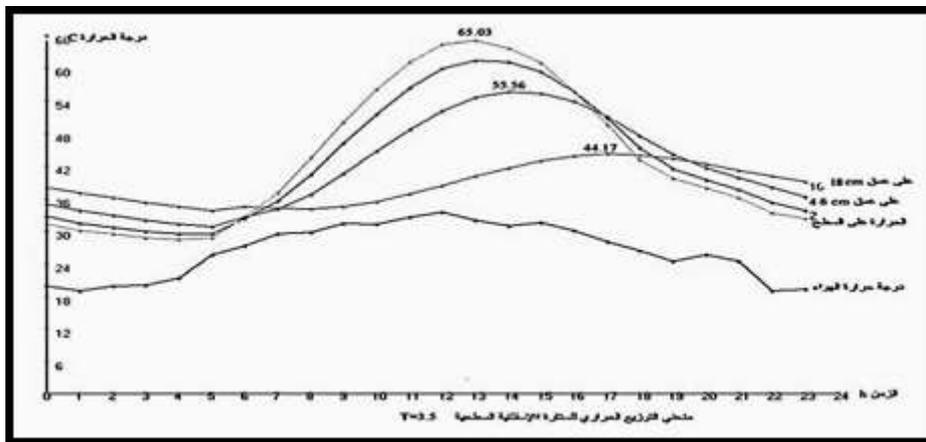
- الجزء الأول بسماكة 30cm و يتألف من الطبقات الآتية: طبقة الصرف أو الأساس بسماكة 10cm . و طبقة كتيمة بسماكة 20cm تنفذ على مرحلتين كل منها بسماكة 10cm . و معجونة إسفلتية بسماكة $(1-2\text{mm})$. تم تقسيم سطح هذا الجزء إلى نصفين حيث طلي النصف الأول باللون الأبيض الألوميني و النصف الآخر ترك دون طلاء و ذلك بهدف استقرار مدى تخفيض درجة الحرارة بسبب الطلاء الأبيض، حيث تم تركيب حساسات لقياس الحرارة لهذا النصف على الأعماق الآتية: 2cm و 7.5cm و 12.5cm اعتباراً من سطح الستارة، و تم قراءة الحرارة مدة ستة أشهر.

- الجزء الثاني بسماكة 16cm و يتألف من الطبقات طبقة الصرف أو الأساس بسماكة 7cm و طبقة كتيمة بسماكة 9cm تنفذ على مرحلتين الأولى بسماكة 4cm و الثانية بسماكة 5cm . و معجونة إسفلتية بسماكة $(1-2\text{mm})$. [4].



الشكل (3) الساحة التجريبية قرب سد الصوراني مقسمة إلى (أربعة أقسام).

و بإدخال مواصفات الساحة التجريبية و المعلومات المناخية و الجغرافية لمنطقة سد الصوراني تم الحصول على منحنيات التوزيع الحراري للساحة التجريبية المنفذة بجانب سد الصوراني عند أعماق مختلفة كما في الشكل (4).

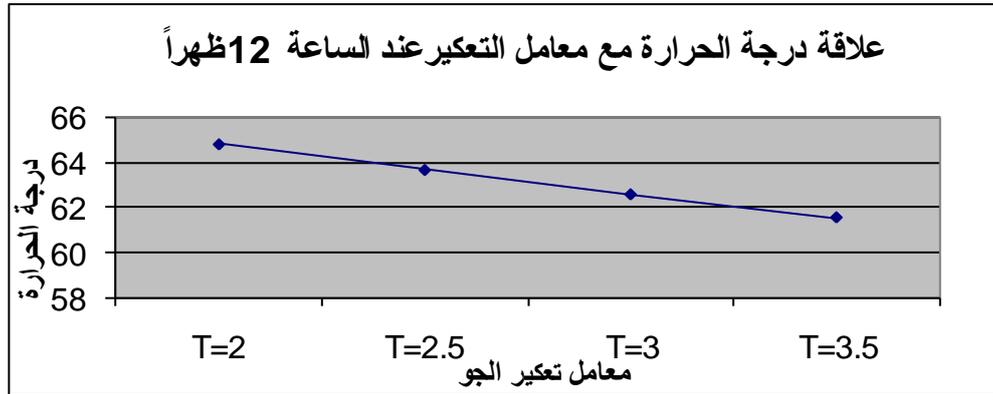


الشكل (4) منحنيات التوزيع الحراري للساحة التجريبية المنفذة بجانب سد الصوراني عند أعماق مختلفة .

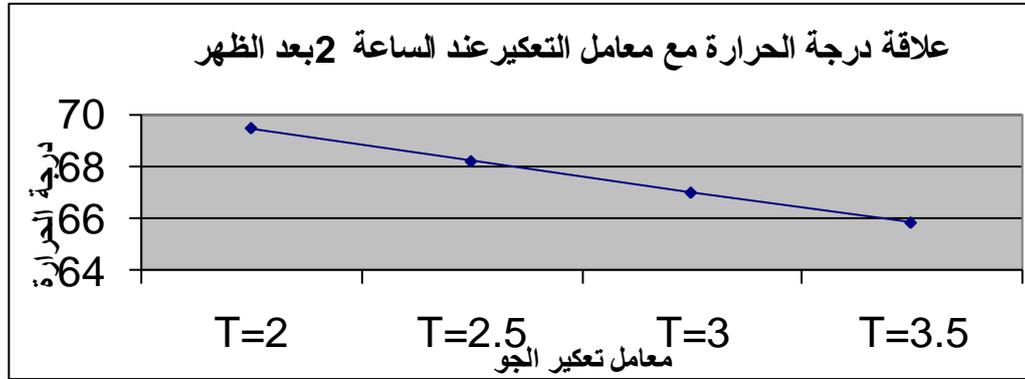
2. حساب أعلى درجة حرارة يمكن أن تصل إليها الستارة الإسفلتية في سد الصوراني:

لمعايرة البرنامج تم حساب أعلى درجة حرارة ممكن أن تصلها الستارة في الساحة التجريبية مع تغيير قيمة T معامل التعكير و مقارنتها مع أعلى درجة حرارة مسجلة و هي (61.4) و كانت أعلى درجة حرارة محسوبة في البرنامج للساحة التجريبية (61.2) و هي الموافقة لقيمة $T=3.5$ ، كما هو موضح في الأشكال (5,6) (للساحة التجريبية) و نلاحظ أن درجة الحرارة تتناسب عكسا مع معامل التعكير .

يظهر الشكلان (5 و 6) علاقة درجة الحرارة مع معامل التعكير في حالة ($Af=0$) للستارة في الساحة التجريبية عند الساعة الثانية عشرة و الساعة الثانية ظهراً.



الشكل (5) علاقة درجة الحرارة مع معامل التعكير في حالة (Af=0) للستارة في الساحة التجريبية عند الساعة (الثانية عشرة ظهراً).



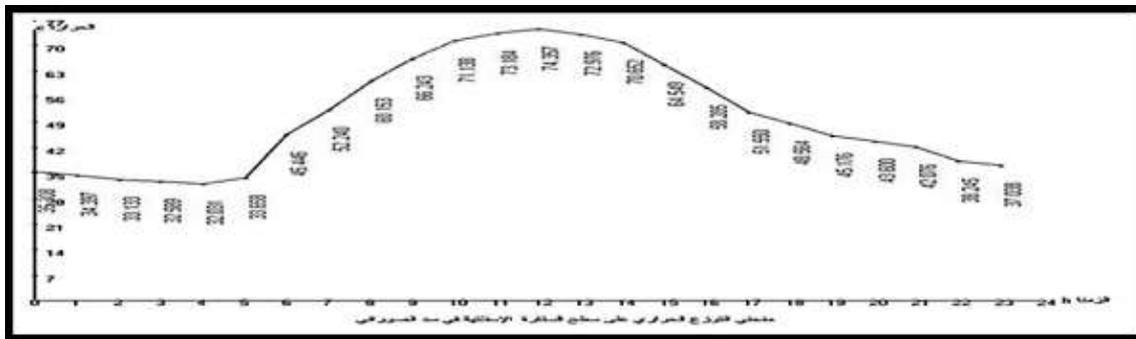
الشكل (6) علاقة درجة الحرارة مع معامل التعكير في حالة (Af=0) للستارة في الساحة التجريبية عند الساعة (الثانية بعد الظهر).

تم حساب أعلى درجة حرارة يمكن أن تصل إليها الستارة الإسفلتية المتوضعة على سطح السد، مع الأخذ بعين الاعتبار معطيات الدخل الموافقة للسد حيث: سماكة الستارة الإسفلتية المتوضعة على الوجه الأمامي للسد و هي: (10cm) كطبقة كتيفة و (10cm) كطبقة نفوذة و باعتبار أن تغيرات درجة الحرارة تصبح مهملة على عمق (30cm) أسفل الستارة فتصبح السماكة الكلية التي نحسب معامل التوصيل الحراري لها هي (50cm) معامل الانتقال الحراري الوسطي الفعال للستارة يساوي (a= 0.002676) و مع الأخذ بالاعتبار أن اتجاه الستارة الإسفلتية السطحية في سد الصوراني هو شرقي لذلك تكون زاوية سمت الستارة (Af=270°)، زاوية الانحراف الشمسي (δ = 23.45°)، و قد تم أخذ عدة قيم لمعامل التعكير و ذلك للحصول على أعلى درجة و من أجل الحصول على درجة الحرارة العظمى التي يمكن أن تصلها الستارة الإسفلتية في سد الصوراني و من مراجعة المديرية العامة للأرصاد الجوية تم الحصول على أعلى درجة حرارة لمدينة طرطوس فكانت (41 C°) في عام (1969)، و لكن لعدم توفر القراءات الساعية في ذلك العام تم أخذ درجة الحرارة العظمى التي يتوفر لها قياسات ساعية و هي (40.4 C°) في (30/9/1999) و وضعت النتائج في الجدول (5).

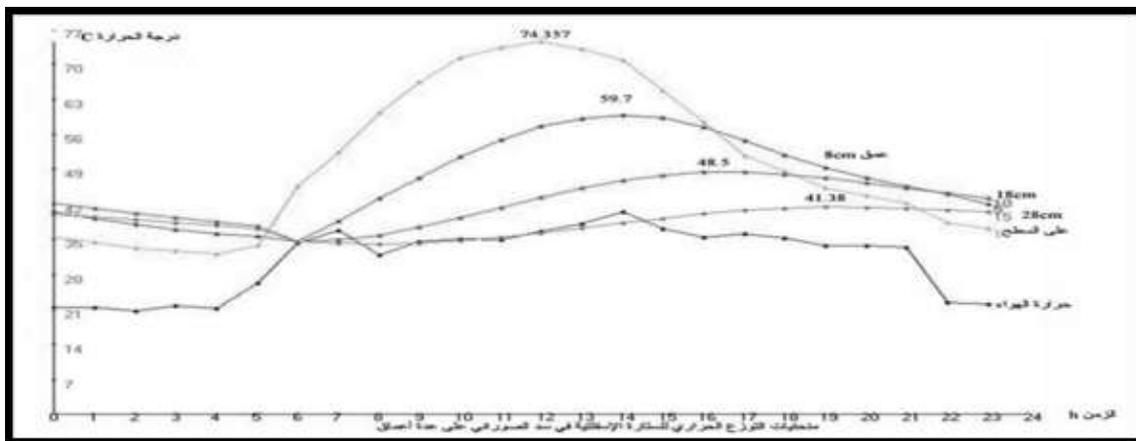
الجدول (5) درجات الحرارة المحسوبة للستارة الإسفلتية للسد مقابل قيم مختلفة لمعامل التعكير باعتبار معامل انتقال حراري وسطي.

معامل التعكير T	2	2.5	3	3.5
درجة الحرارة $^{\circ}C$	74.9	73.564	72.298	71

مما سبق نجد أن أعلى درجة حرارة يمكن أن تصل إليها الستارة السطحية في سد الصوراني بتغيير معامل تعكير الجو في يوم (30/9/1999) هي الموافقة لمعامل التعكير (T=2)، و تساوي (74.9 $^{\circ}C$) و اعتمدت هذه الحرارة لتعريض العينات المختبرة في تجربة الاستقرار على الميول لها في الفرن بعد وضعها على سطح مائل بنفس ميل السد و بعد تعريض العينات لدرجة الحرارة (75 $^{\circ}C$) مدة (48) ساعة و لم يحدث أي تشوه و هذا يعني أن الخطة مستقرة على الميول. و توضح الأشكال (7) و (8) منحنيات التوزيع الحراري و السلوك الحراري للستارة في سد الصوراني على سطح الستارة الإسفلتية و على عدة أعماق.



الشكل (7) منحنى توزيع درجة الحرارة على سطح الستارة الإسفلتية في سد الصوراني.



الشكل (8) منحنيات التوزيع الحراري في الستارة الإسفلتية في سد الصوراني عند أعماق مختلفة .

4.3 دراسة تأثير تغيير لون الستارة .:

درس تأثير تغيير لون الستارة على درجة الحرارة العظمى التي يمكن أن يصل إليها سطح الستارة في حال تم تغيير لون الستارة و بالتالي تغيير معامل عكس الستارة (ro).

1.3. حالة وضع طلاء ذي لون أبيض:

كما ذكرنا سابقاً تم طلاء جزء من الساحة التجريبية باللون الأبيض الألوميني و قد كانت درجة الحرارة المقاسة في يوم (27/5/2000) (53°C) على عمق (2cm) و هي تعادل على السطح (57°C) حسب [5]، و نلاحظ أن الفرق بين درجة الحرارة للجزء المطلي باللون الأبيض الألوميني و الجزء غير المطلي يساوي نحو (4 درجات) فقط، و لوحظ أيضاً أنه لم يتم تخفيض كبير في درجة حرارة الساتر، و تم معايرة عامل عكس لون الساتر الذي تم استخدامه في طلاء الساتر حيث تم إدخال المعطيات الخاصة بالساحة التجريبية مع إعطاء قيم مختلفة لـ (r_o)، و يبين الجدول (6) قيم درجات الحرارة الموافقة لكل قيمة من (r_o) التي حصلنا عليها من استخدام البرنامج.

الجدول (6) قيم درجات الحرارة الموافقة لقيم مختلفة لـ (r_o) المطور.

0.1	0.12	0.13	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	قيم r_o
60.00	59.43	59.13	56.95	53.78	50.63	47.46	44.13	درجة الحرارة على سطح الساتر

يُلاحظ مما سبق أن قيمة معامل عكس الساتر للسطوح الفاتحة (0.6) يؤدي إلى خفض درجة الحرارة العظمى على سطح الساتر الإسفلتية في الساحة التجريبية يساوي نحو (17) درجة، و لكن الانخفاض الحاصل عملياً في الساحة التجريبية في سد الصوراني حوالي (4) درجة و يعزى هذا التباين بسبب حدوث تشققات في الطلاء الأبيض على السطح العلوي للساتر في الساحة التجريبية كما نلاحظ في الشكل (9) و أدى ذلك إلى تغيير في قيمة (r_o) معامل عكس الساتر.



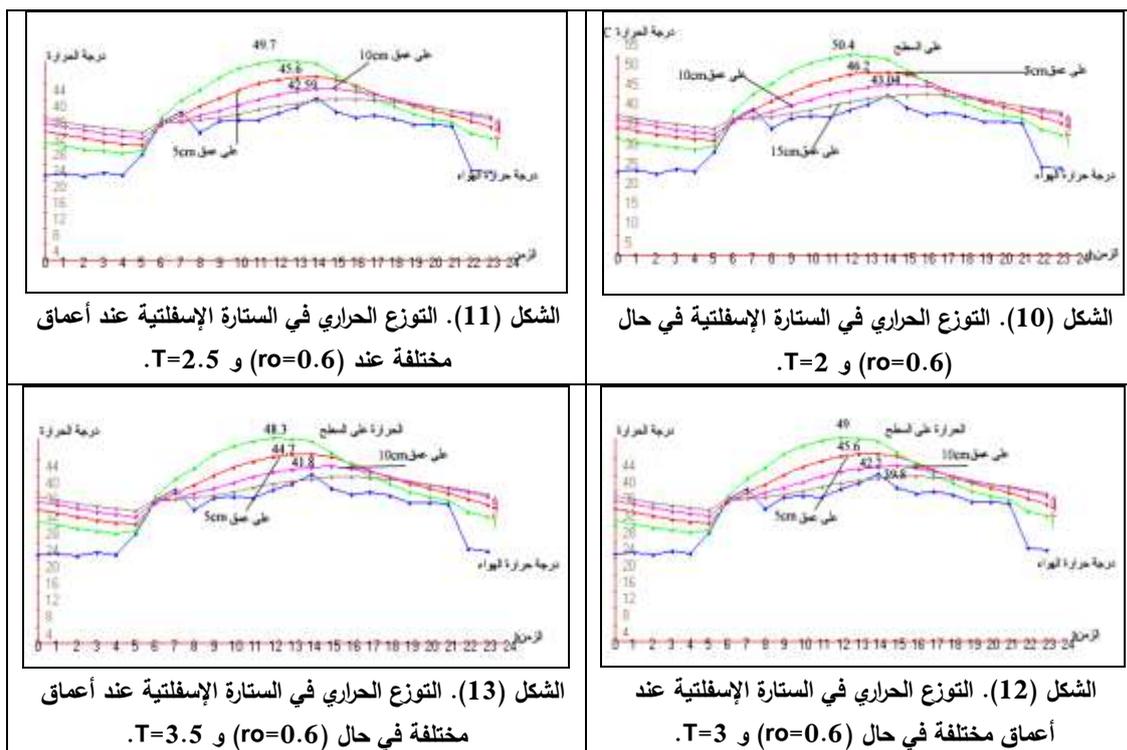
الشكل (9) تشقق الساتر الإسفلتية في الساحة التجريبية في بعض الأماكن .

و قد لوحظ أيضاً أنه في حال تم طلاء الساتر الإسفلتية السطحية في سد الصوراني بطلاء أبيض (أي معامل عكس $r_o = 0.6$) فإن درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الساتر الإسفلتية تصبح كما في الجدول (7).

الجدول (7) قيم درجات الحرارة على سطح الساتر الإسفلتية المطلوبة بلون فاتح في سد الصوراني.

معامل التعكير T	2	2.5	3	3.5
درجة الحرارة $^{\circ}\text{C}$	50.4	49.7	49.0	48.3

و تعبر الأشكال (10) و (11) و (12) و (13) عن السلوك الحراري للساتر الإسفلتية في حال ($r_o = 0.6$) و لكل قيمة من قيم معامل التعكير المعتمدة.



2.3. حالة وضع طبقة بيتونية اسمنتية فوق السنارة الإسفلتية:

تهتم هذه الفقرة بدراسة تأثير وضع طبقة من الببتون الإسمنتي فوق السنارة الإسفلتية السطحية على الظروف الحرارية داخل السنارة الإسفلتية . لهذا الغرض حُسبت درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الغطاء الببتوني الاسمنتي و كذلك على سطح الغطاء الإسفلتي تم الحساب وفق ظروف سد الصوراني بأخذ قيمة معامل عكس الطبقة الببتونية الإسمنتية ($r_0=0.35$) من الجدول (6)، أما قيمة معامل الانعكاسية أو (الإصدار الحراري) فأخذت ($\epsilon=0.95$) وأعطيت قيم مختلفة ل معامل تعكير الجو (T)، أجريت الحسابات من أجل عدة سماكات للببتون الإسمنتي ($\delta=60\text{mm}$, $\delta=120\text{mm}$ و $\delta=180\text{mm}$)، و تم ترتيب النتائج في الجداول (8) و (9) و (10).

الجدول (8) درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة الببتون الإسمنتي ذات السماكة (60mm)، و على سطح السنارة الإسفلتية.

سماكة الطبقة الإسمنتية $\delta=60\text{mm}$				
T=3.5	T=3.0	T=2.5	T=2.0	معامل تعكير الجو
60.000	60.867	61.708	62.601	درجة الحرارة على سطح السنارة C°
53.361	53.962	54.609	55.290	درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°

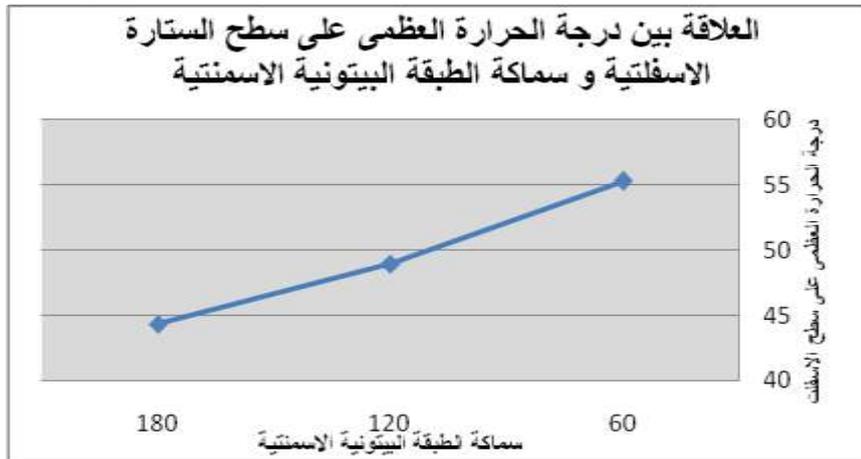
الجدول (9) درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة الببتون الإسمنتي ذات السماكة (120mm)، و على سطح السنارة الإسفلتية.

سماكة الطبقة الإسمنتية $\delta=120\text{mm}$				
T=3.5	T=3.0	T=2.5	T=2.0	معامل تعكير الجو
60.3	61.2	62.5	63.1	درجة الحرارة على سطح السنارة C°
47.40	47.80	48.50	48.966	درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°

الجدول (10) درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي ذات السماكة (180mm)، و على سطح الساتر الإسفلتية.

سماكة الطبقة الإسمنتية $\delta=180\text{mm}$				
T=3.5	T=3.0	T=2.5	T=2.0	معامل تعكير الجو
59.56	60.37	61.22	62.11	درجة الحرارة على سطح الساتر C°
43.26	43.61	43.96	44.33	درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°

و كما رأينا سابقاً أن درجة الحرارة العظمى المتوقعة في منطقة سد الصوراني وفق حسابات البرنامج المطور هي (74.9) درجة مئوية و هي موافقة لمعامل تعكير الجو ($T=2$)، و بوجود تغطية بيتونية اسمنتية بسماكة (60mm) تبلغ درجة الحرارة على سطح الإسفلت (55.2) درجة مئوية أي بانخفاض (19.7) درجة مئوية، أما بالنسبة لسماكة التغطية البيتونية الاسمنتية (120mm) فإن درجة الحرارة العظمى تبلغ على سطح الإسفلت (48.966) درجة أي بانخفاض يساوي (25.934) درجة مئوية، و لأجل ($\delta=180\text{mm}$) فإن قيمة الانخفاض بدرجة الحرارة تساوي (30.5) درجة مئوية. يُستنتج مما سبق أن وضع تغطية بيتونية اسمنتية فوق الساتر الإسفلتية يخفض من درجة حرارة سطح الساتر الإسفلتية بشكل كبير. و قد تم استنتاج العلاقة بين سماكة الطبقة البيتونية الإسمنتية و درجة حرارة السطح العظمى للساتر البيتونية الإسفلتية الموافقة للشروط المذكورة سابقاً. كانت كما هو موضح في الشكل (14).



الشكل (14) العلاقة بين سماكة الطبقة البيتونية الإسمنتية و درجة حرارة الساتر البيتونية الإسفلتية عند ($T=2$).

3.3. حالة طلاء الطبقة البيتونية المتوضعة فوق الساتر الإسفلتية بطلاء فاتح:

تم دراسة مدى انخفاض بدرجة الحرارة على سطح الساتر الإسفلتية فيما لو تم وضع طبقة بيتونية ذات سماكات مختلفة ($\delta=60\text{mm}$, $\delta=120\text{mm}$, $\delta=180\text{mm}$) و تم طلاء هذه الطبقة بلون فاتح (أبيض $r_o=0.6$) و قد وضعت النتائج في الجداول (11) و (12) و (13).

الجدول (11) درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي

ذات السماكة (60mm) و المطلية بطلاء فاتح، و على سطح الساتر الإسفلتية على عمق (60mm).

سماكة الطبقة الإسمنتية $\delta=60\text{mm}$ و المطلية بطلاء فاتح و المتوضعة على سطح الساتر الاسفلتية				
T=3.5	T=3.0	T=2.5	T=2.0	معامل تعكير الجو
50.26	50.78	51.40	52.10	درجة الحرارة على سطح الساتر C°
45.63	46.00	46.40	46.98	درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°

الجدول (12) درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي

ذات السماكة (120mm) و المظلية بطلاء فاتح، و على سطح الستارة الإسفلتية على عمق (120mm).

سماكة الطبقة الإسمنتية $\delta=120\text{mm}$ و المظلية بطلاء فاتح و المتوضعة على سطح الستارة الاسفلتية				
T=3.5	T=3.0	T=2.5	T=2.0	معامل تعكير الجو
50.5	51.1	51.7	52.4	درجة الحرارة على سطح الستارة $^{\circ}\text{C}$
41.58	41.88	42.2	42.52	درجة الحرارة على سطح الإسفلت $^{\circ}\text{C}$

الجدول (13) درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي

ذات السماكة (180mm) و المظلية بطلاء فاتح، و على سطح الستارة الإسفلتية على عمق (180mm).

سماكة الطبقة الإسمنتية $\delta=180\text{mm}$ و المظلية بطلاء فاتح و المتوضعة على سطح الستارة الاسفلتية				
T=3.5	T=3.0	T=2.5	T=2.0	معامل تعكير الجو
49.68	50.27	50.89	51.57	درجة الحرارة على سطح الستارة $^{\circ}\text{C}$
39.60	39.72	39.98	40.23	درجة الحرارة على سطح الإسفلت $^{\circ}\text{C}$

يُلاحظ أن درجة الحرارة على سطح الطبقة البيتونية الإسفلتية انخفضت إلى أكثر من (8) درجات مئوية.

4. دراسة تأثير أخذ معامل الانتقال الحراري الموافق لكل طبقة: في كل الحسابات السابقة تم إدخال قيمة

وسطية لمعامل الانتقال الحراري (a)، و سنقوم بالحساب بأخذ معامل الانتقال الحراري الموافق لكل طبقة و ذلك بهدف معرفة مدى تأثير تغيير قيمة معامل الانتقال الحراري على درجة الحرارة.

1.4. حالة الستارة البيتونية الإسفلتية بدون طلاء: تم إدخال معامل الانتقال الحراري الوسطي في الحسابات

السابقة (a=0.0026767) و تم الحصول على النتائج الموضوععة في الجدول (5)، أما في هذه الفقرة تم حساب درجة الحرارة العظمى الموقعة على سطح الستارة مع الأخذ بالاعتبار معامل الانتقال الحراري لكل طبقة، و تم وضع النتائج في الجدول (14):

الجدول (14) درجات الحرارة المحسوبة باستخدام البرنامج المطور للستارة الإسفلتية المظلية

باللون الأبيض لسد الصوراني عند قيم مختلفة لمعامل التعكير مع أخذ معامل الانتقال الحراري الموافق لكل طبقة.

معامل التعكير T	2	2.5	3	3.5
درجة الحرارة $^{\circ}\text{C}$	75.7	74.2	73.0	71.9

و هكذا نجد أن الفرق بين درجتى الحرارة لا يزيد على (1 درجة) و هذا يعني أن حساب درجة الحرارة على

سطح الستارة الإسفلتية باستخدام معامل التوصيل الحراري الوسطي مقبول.

2.4. حالة الستارة البيتونية الإسفلتية مع طلاء على سطحها: وجدنا أن درجة الحرارة العظمى المتوقعة على

سطح الستارة الإسفلتية مع طلاء في حال أخذنا معامل التوصيل الحراري الوسطي هي الموضوععة في الجدول (7) أما في حالة أخذ معامل التوصيل الحراري الموافق لكل طبقة فإن درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الستارة الإسفلتية وفق البرنامج المدروس وضعت في الجدول (15).

الجدول (15) درجات الحرارة المحسوبة باستخدام البرنامج المطور للستارة الإسفلتية لسد الصوراني مقابل مختلفة لمعامل التعكير مع أخذ معامل الانتقال الحراري الموافق لكل طبقة.

معامل التعكير T	2	2.5	3	3.5
درجة الحرارة C°	48.9	48.2	47.6	47.0

نلاحظ من مقارنة الجدولين أن الفرق بسيط جداً (أقل من 1) بين درجتي الحرارة في الحالتين.

3.4. حالة وضع طبقة بيتونية مطلية بطلاء فاتح فوق الستارة الإسفلتية: تم في الفقرة السابقة حساب درجة

الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الستارة الإسفلتية في حالة وضع طبقات من البيتون الإسمنتي مطلية بطلاء فاتح ذات سماكات مختلفة على سطح الستارة الإسفلتية لعوامل تعكير مختلفة، سيتم في هذه الفقرة حساب درجة الحرارة للستارة في حالة وضع طبقات من البيتون الإسمنتي المطلية بطلاء فاتح فوق الستارة الإسفلتية مع الأخذ بعين الاعتبار معامل الانتقال الحراري الموافق لكل طبقة.

الجدول (16) درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي ذات السماكة (60mm) و على سطح الستارة الإسفلتية على عمق (60mm).

سماكة الطبقة الإسمنتي $\delta=60\text{mm}$ و المطلية بطلاء فاتح و المتوضعة على سطح الستارة الاسفلتية				
معامل تعكير الجو	T=2.0	T=2.5	T=3.0	T=3.5
درجة الحرارة على سطح الستارة C°	53.2	52.5	51.8	51.3
درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°	47.0	46.5	46.1	45.7

الجدول (17) درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي ذات السماكة (120mm) و على سطح الستارة الإسفلتية على عمق (120mm).

سماكة الطبقة الإسمنتي $\delta=120\text{mm}$ و المطلية بطلاء فاتح و المتوضعة على سطح الستارة الاسفلتية				
معامل تعكير الجو	T=2.0	T=2.5	T=3.0	T=3.5
درجة الحرارة على سطح الستارة C°	52.88	52.10	51.48	50.87
درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°	42.53	42.14	41.87	41.57

الجدول (18) درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي ذات السماكة (180mm) و على سطح الستارة الإسفلتية على عمق (180mm).

سماكة الطبقة الإسمنتي $\delta=180\text{mm}$ و المطلية بطلاء فاتح و المتوضعة على سطح الستارة الاسفلتية				
معامل تعكير الجو	T=2.0	T=2.5	T=3.0	T=3.5
درجة الحرارة على سطح الستارة C°	52.7	52.0	51.4	49.6
درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°	39.7	39.4	39.2	39.06

نلاحظ من مقارنة قيم درجات الحرارة في كلتا الحالتين (معامل الانتقال الحراري الواسطي و معامل الانتقال الحراري لكل طبقة) أن الفرق في القيم صغير و لا يتجاوز (1) درجة في كل الحسابات. مما سبق نجد أن الفرق بين نتائج الحسابات في حالة إدخال معامل الانتقال الحراري الواسطي لكامل الستارة، و نتائج الحسابات في حال إدخال معامل الانتقال الحراري الموافق لكل طبقة فرق بسيط يمكن تجاهله حيث لم يتجاوز (1) درجة مئوية.

5. دراسة تأثير تغيير خطوة المسافة (ΔX):

نتناول في هذه الفقرة دراسة تأثير تغيير قيمة (ΔX) على قيم درجة الحرارة المتوقعة على سطح الستارة و على أعماق مختلفة، و لدراسة تأثير قيمة ΔX تم حساب لتوزيع الحراري للستارة بأخذ قيم مختلفة لـ ΔX .

1.5. الستارة الإسفلتية بدون طلاء :

تم في حساب أعلى درجة حرارة يمكن أن تصل إليها سطح الستارة الإسفلتية في سد الصوراني في حالة أخذنا $\Delta X=20\text{mm}$ و قد تم وضع النتائج في الجدول (5) أما في هذه الفقرة فتم حساب درجة الحرارة العظمى المتوقعة لأجل قيم مختلفة لـ ($\Delta x=10\text{mm}, 25\text{mm}, 50\text{mm}, 100\text{mm}$) و أخذ معامل الانتقال الحراري الواسطي، و رتبنا النتائج في الجداول (19) و (20) و (21).

الجدول (19) درجات الحرارة المحسوبة باستخدام البرنامج المطور للستارة الإسفلتية

لسد الصوراني قيم مختلفة لمعامل التعكير مع أخذ معامل انتقال حراري وسطي و $\Delta x=10\text{mm}$.

درجات الحرارة المحسوبة المطور للستارة الإسفلتية لسد الصوراني في حالة اعتبار معامل انتقال حراري وسطي و $\Delta x=10\text{mm}$.				
معامل التعكير T	2	2.5	3	3.5
درجة الحرارة C°	75.12	73.79	72.52	71.31

الجدول (20) درجات الحرارة المحسوبة باستخدام البرنامج المطور للستارة الإسفلتية

لسد الصوراني مقابل قيم مختلفة لمعامل التعكير مع أخذ معامل انتقال حراري وسطي و $\Delta x=20\text{mm}$.

درجات الحرارة المحسوبة المطور للستارة الإسفلتية لسد الصوراني في حالة اعتبار معامل انتقال حراري وسطي و $\Delta x=20\text{mm}$.				
معامل التعكير T	2	2.5	3	3.5
درجة الحرارة C°	74.30	73.56	72.29	71.00

الجدول (21) درجات الحرارة المحسوبة باستخدام البرنامج المطور للستارة الإسفلتية

لسد الصوراني مقابل قيم مختلفة لمعامل التعكير مع أخذ معامل انتقال حراري وسطي و $\Delta x=100\text{mm}$.

درجات الحرارة المحسوبة المطور للستارة الإسفلتية لسد الصوراني في حالة اعتبار معامل انتقال حراري وسطي و $\Delta x=100\text{mm}$.				
معامل التعكير T	2	2.5	3	3.5
درجة الحرارة C°	74.70	73.20	71.70	70.50

و بمقارنة قيم درجات الحرارة العظمى المحسوبة وفق البرنامج المذكور سابقاً الموافقة لكل قيمة من قيم (Δx) و الموضوع في الجداول السابقة نجد أنها متقاربة، و أن الفرق لم يتجاوز (1) درجة مئوية.

2.5. حالة وضع طبقة بيتونية إسمنتية فوق الساتر الإسفلتية: تم في هذه الفقرة حساب درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الساتر الإسفلتية في سد الصوراني في حال تم تغطيتها بطبقة بيتونية إسمنتية بسماكة (120mm) و ذلك لأجل قيم مختلفة ل (Δx) (10mm, 20mm, 100mm) و أخذ معامل الانتقال الحراري الوسطي و قد رتبت النتائج في الجداول (22) و (23) و (24).

الجدول (22) درجات الحرارة المحسوبة باستخدام البرنامج المطور للساتر الإسفلتية لسد الصوراني

مع تغطية بيتونية إسمنتية عند قيم مختلفة لمعامل التعكير مع أخذ معامل انتقال حراري وسطي و $\Delta x=10mm$

سماكة الطبقة الإسمنتية $\delta=120mm$				
T=3.5	T=3.0	T=2.5	T=2.0	معامل تعكير الجو
60.40	61.30	62.20	63.20	درجة الحرارة على سطح الساتر C°
47.50	47.90	48.50	49.00	درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°

الجدول (23) درجات الحرارة المحسوبة باستخدام البرنامج المطور للساتر الإسفلتية لسد الصوراني

مع تغطية بيتونية إسمنتية عند قيم مختلفة لمعامل التعكير مع أخذ معامل انتقال حراري وسطي و $\Delta x=20mm$

سماكة الطبقة الإسمنتية $\delta=120mm$				
T=3.5	T=3.0	T=2.5	T=2.0	معامل تعكير الجو
60.30	61.20	62.50	63.10	درجة الحرارة على سطح الساتر C°
47.40	47.80	48.50	48.90	درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°

الجدول (24) درجات الحرارة المحسوبة باستخدام البرنامج المطور للساتر الإسفلتية

لسد الصوراني مع تغطية بيتونية إسمنتية عند قيم مختلفة لمعامل التعكير مع أخذ معامل انتقال حراري وسطي و $\Delta x=100mm$

سماكة الطبقة الإسمنتية $\delta=120mm$				
T=3.5	T=3.0	T=2.5	T=2.0	معامل تعكير الجو
60.40	61.20	62.00	63.30	درجة الحرارة على سطح الساتر C°
47.60	48.10	48.60	49.20	درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°

مما سبق نستنتج أن تأثير Δx على قيم درجة الحرارة قليل و لا يؤثر بشكل كبير.

6. دراسة تأثير تغيير سمات الساتر Af: استخدام البرنامج المذكور سابقاً حسب درجة الحرارة العظمى

المتوقعة على سطح الساتر الإسفلتية للساحة التجريبية و ذلك بتغيير قيم سمات الساتر من (0-360) بخطوة (45°)، مع أخذ قيمة معامل التعكير $T=2$ ، و ثبات ميل السطح الموافق لزاوية ($\alpha =24$)، و سماكة (46cm) و بدون أي تغطية أو طلاء و قد تم الحصول على النتائج المبينة في الجدول (25).

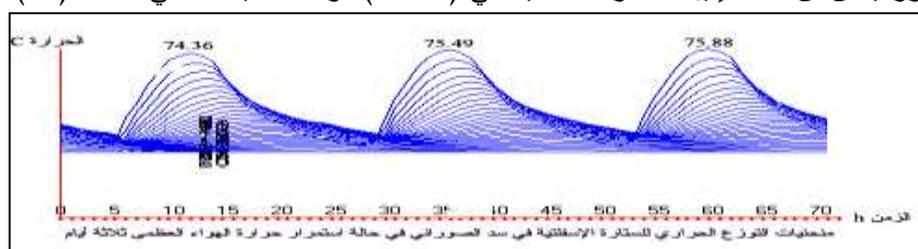
الجدول (25) درجات الحرارة العظمى على سطح الستارة الإسفلتية للساحة التجريبية مع تغير زاوية السم.

360	315	270	225	180	135	90	45	0	Af
68.7	68.0	66.0	60.8	58.4	61.1	65.7	67.9	68.7	درجة الحرارة على السطح

نجد أنه بتغيير سمت الستارة نستطيع خفض درجة الحرارة حتى (10) درجة مئوية.

7. حساب درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الستارة الإسفلتية في سد الصوراني في حالة تعرضت

للحرارة العظمى ثلاثة أيام متتالية: تم في هذه الفقرة حساب أعلى درجة حرارة يمكن أن يصل إليها سطح الستارة الإسفلتية السطحية في حال استمرت درجة حرارة الهواء كما هي في يوم (30/9/1999) مدة ثلاثة أيام و يُلاحظ أن أعلى درجة حرارة يمكن أن تصل إليها الستارة السطحية هي (75.88) درجة كما يُلاحظ في الشكل (15).



الشكل (15) منحنيات التوزيع الحراري للستارة الإسفلتية السطحية في حال استمرار حرارة الهواء العظمى ثلاثة أيام متتالية.

الاستنتاجات و التوصيات:

الاستنتاجات:

- 1- بلغت درجة الحرارة العظمى المتوقعة للستارة الإسفلتية السطحية المستخدمة في سد الصوراني (75.9) درجة و تم تعريض العينات لهذه الحرارة مدة ثلاثة أيام و لم يؤد ذلك لحدوث تشوهات للعينات.
- 2- إن طلاء الستارة بمادة ذات لون فاتح (أبيض) أدى إلى خفض درجة حرارة الستارة بمقدار 20 درجة مئوية تقريباً و يتوقف مقدار خفض الحرارة تبعاً لدرجة اللون و دقة تنفيذ الطلاء.
- 3- إن وضع تغطية بيتونية إسمنتية فوق الستارة البيتونية الإسفلتية خفض من درجة الحرارة العظمى التي يمكن أن يصل إليها سطح الستارة الإسفلتية بشكل كبير قد يصل إلى أكثر من (25) درجة، و يتناسب الانخفاض لدرجة الحرارة طردياً مع سماكة التغطية.
- 4- إن وضع طلاء فوق الطبقة البيتونية الإسفلتية يخفض حرارة الإسفلت بشكل ملحوظ قد يصل إلى (8 درجات على سطح الستارة الإسفلتية) عن الحرارة التي وصلت إليها الستارة الإسفلتية بعد التغطية البيتونية الإسمنتية.
- 5- إن حساب درجات الحرارة المتوقعة على سطح الستارة بإدخال معامل الانتقال الحراري الوسطي لكامل الستارة الإسفلتية يعطي نتائج جيدة، و الفرق بينها و بين نتائج الحسابات في حال إدخال معامل الانتقال الحراري الموافق لكل طبقة فرق بسيط يمكن تجاهله حيث لم يتجاوز (1) درجة مئوية.
- 6- إن أعلى درجة حرارة يمكن أن يصل إليها سطح الستارة الإسفلتية هي درجة الحرارة الموافقة لزاوية السم (0°) و أنه بتغيير سمت الستارة نستطيع تخفيض لدرجة الحرارة قد يصل حتى (10) درجة مئوية.
- 7- إن درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الستارة الإسفلتية ترتفع مع انخفاض معامل التعكير.

التوصيات:

- يمكن استخدام البيتون الإسفلتي لمنع الرشح في المنشآت المائية و لا سيما السدود الركامية في سورية حيث تسمح الظروف بذلك لما يتمتع به من ميزات أولاً و لتوافر الإسفلت بكميات كبيرة في سورية سواء كان طبيعياً أو ناتجاً عن تكرير النفط.
- في حالة الظروف الحرارية العالية القيام بطلاء الستارة بلون فاتح و ذلك لتخفيض درجة حرارتها أو القيام بتغطيتها بتغطية ببلاطات بيتونية إسمنتية مع الأخذ بالاعتبار كل الظروف التي تؤدي لخفض درجة الحرارة على سطح الستارة السطحية (مثل السمات الجغرافي، و تغيير لون سطح الستارة...الخ).
- بتصميم خطة مناسبة يمكن للستارة الإسفلتية تحمل درجات حرارة عالية دون أن يحصل تشوه لمادة الستارة البيتونية الإسفلتية.

جدول المصطلحات Terms Table

المصطلح بالإنكليزية	المصطلح بالعربية
Direct Solar Rays	الإشعاعات الشمسية المباشرة
Distributed Solar Rays	الإشعاعات الشمسية المنتشرة
Asphaltic Concrete	البيتون الإسفلتي
Asphaltic Facing	شاشة إسفلتية
Stick-Point	درجة الغرز
convection Energy Stream	تيار الطاقة بالتبادل

المراجع:

- 1- الشبلاق، محمد. تجارب حول استقرار الساتر الإسفلتية السطحية في المنشآت المائية . جامعة دريسدن ، ألمانيا، 1989، 142.
- 2-SCHONIAN, E. *The Shell Bitumen Hydraulic Engineering Handbook*, Shell International Petroleum company Ltd, London, UK.495
- 3- الشبلاق، محمد؛ الحداد، محمود؛ سكرية، جرجس. دراسة حول استخدام أسفلت جبل البشري في تكتيم أفتنية الري، نتائج التجارب الحقلية و طرائق التنفيذ. المجلس الأعلى للعلوم، 1992، 127-150.
- 4- المذكرة التفسيرية لسد الصوراني، حوض الساحل، وزارة الري في الجمهورية العربية السورية، 1996.
- 5- فاضل، عماد. أسس تصميم الشاشات الإسفلتية في تكتيم السدود تصميم الشاشة الإسفلتية الكتيمية في سد الصوراني، مجلة جامعة تشرين للبحوث و الدراسات العلمية، المجلد 27، العدد 2، 2005، 23-38.
- 6-RIJKSWATERSTAAT. *The use of asphalt in hydraulic engineering*. TAW Technical advisory committee on Waterdefences, Rijkswaterstaat Communication, 1985,308.
- 7- شاكر، جابر شاكر؛ سعيد، خليل إبراهيم؛ حسن، مولود حسن؛ ممدوح، عماد. مقدمة في الطاقة الشمسية ، جامعة الموصل، العراق، 1989، 372.
- 8-عمار، محمد محمود. *الطاقة و مصادرها و اقتصادياتها* . الطبعة الثانية، مكتبة النهضة، جمهورية مصر العربية، 1989، 398.