

الظروف البيئية بجنوب ليبيا وتأثيرها على اختيار المادة الرابطة الإسفلتية المناسبة للطرق

احمد الهادي الرابطي ومحمد اشتيوى بن عمر والهاشمي محمد الهادي

قسم الهندسة المدنية - كلية الهندسة

جامعة الفاتح- طرابلس

ABSTRACT

The Southern part of Libya is classified as a hot and dry region and the asphalt pavement in this region suffers from premature stress. Many studies point out that the main reason of this stress is the severe environmental conditions and the fast rating of aging asphalt binder. Now, Libya uses asphalt binder classified according to penetration grade, and this system is not taking into consideration the environmental conditions.

The overall objective of this study is to find the asphalt binder grade suitable for the roads in the southern part of Libya taking into consideration the environmental conditions. To fulfill the objectives of this study, the environmental data for eleven years was collected and analyzed.

The results of this study showed that the asphalt binder grade suitable for the region studied and according to region temperature is (PG 70-10), and it should be corrected for traffic volume.

الملخص

يصنف جنوب ليبيا كمنطقة حارة وجافة، ويعاني الرصف الإسفلتي بهذه المنطقة من أضرار مبكرة، وأشارت العديد من الدراسات إلى أن أهم أسباب الظهور المبكر للإضرار هي الظروف البيئية القاسية وسرعة تقادم المادة الرابطة الإسفلتية، يستخدم في ليبيا حالياً مادة رابطة إسفلتية مصنفة وفقاً لنظام الغرز وهو نظام لا يأخذ بالاعتبار الظروف البيئية.

الهدف العام لهذه الدراسة هو تحديد صنف المادة الرابطة الإسفلتية المناسبة للطرق بجنوب ليبيا بالأخذ في الاعتبار الظروف البيئية، وللوصول إلى أهداف الدراسة فقد تم تجميع وتحليل المعلومات البيئية المطلوبة لفترة 11 سنة لمنطقة تقع تقريباً بين خطي عرض (23.27-12.73 شرقاً).

نتائج الدراسة تشير إلى أن صنف المادة الرابطة الإسفلتية المناسب للمنطقة التي تم دراستها ووفقاً لدرجات حرارة المنطقة هو (PG 70-10) ، ويجب تعديله بعد الأخذ في الاعتبار حجم حركة المرور.

الكلمات المفتاحية: ليبيا ؛ الظروف البيئية ؛ المادة الرابطة الإسفلتية ؛ نظام الغرز ؛ نظام اللزوجة ؛ نظام الأداء ؛ تدرج الأداء

المقدمة

حتى نهاية ثمانينات القرن الماضي كان يتم تصنيف المادة الرابطة الإسفلتية اعتماداً على نظام الغرز أو نظام اللزوجة. تسمى الأصناف الناتجة وفقاً لنظام الغرز بدرجات الغرز (Penetration Grades)، وتسمى الأصناف الناتجة وفقاً لنظام اللزوجة بدرجات اللزوجة (Viscosity grades)، وهما نظامان معظم اختباراتهم تجريبية، وقد بينت الخبرة العملية والدراسات والأبحاث خلال القرن الماضي قصورهما في تصنيف المادة الرابطة الإسفلتية، وخاصة بعد إدخال المواد المعدلة لخصائص المادة الرابطة الإسفلتية كالمطاط والبوليمر بأنواعه المختلفة، وأوصت العديد من الدراسات والأبحاث بضرورة استبدالهما بنظام تصنيف جديد يعتمد في تصنيفه على الأداء (Performance) [2-1].

وقد قام المتخصصين في تقنيات الرصف الإسفلتي بالولايات المتحدة الأمريكية وبمشاركة العديد من الدول المتقدمة خلال السنوات من 1978 إلى 1992 بإجراء بحث موسع ومكثف سمي برنامج البحث الاستراتيجي للطرق (Strategic Highway Research Program) ويرمز له اختصاراً (SHRP).

أحد أهم نواتج هذا البحث نظام جديد ومتكامل لتصميم الخلطات الإسفلتية سمي نظام الرصف الإسفلتي المتفوق الأداء (Superior Performance Asphalt Pavement) ويرمز له اختصاراً (Superpave)، وضم نظام جديد لتصنيف المادة الرابطة الإسفلتية يعتمد على الأداء سمي نظام الأداء وسميت الدرجات الناتجة وفقاً لهذا النظام بدرجات الأداء (Performance Grades)، ويرمز لها بالرمز (PG). يعتمد هذا النظام بشكل عام في تصنيفه للمادة الرابطة الإسفلتية على درجات حرارة الرصف القصوى والدنيا والتي تعتمد على الظروف المناخية والخصائص الحرارية لطبقات الرصف والتداخل بينهما. بدأ الاستخدام الفعلي لهذا النظام منذ أكثر من عشر سنوات [2-1].

يتم اختيار درجة الأداء (PG) المناسبة بمعرفة درجة حرارة الرصف العظمى والدنيا لمنطقة المشروع، فمثلاً درجة الأداء (PG70-10) يعني أن المادة الرابطة يجب أن تحقق متطلبات الخواص الفيزيائية لدرجة الحرارة العالية على الأقل إلى درجة حرارة تساوي 70°م، ويجب كذلك أن تحقق متطلبات الخواص الفيزيائية لدرجة الحرارة المنخفضة على الأقل إلى

درجة حرارة تساوى (10°م)، ويتم تعديل درجة الأداء بالأخذ في الاعتبار حجم حركة المرور [3-1].

ترتبط درجات حرارة الرصف بشكل مباشر بالظروف البيئية والمتمثلة في درجات حرارة الهواء وسرعة الرياح وكمية الإشعاع الشمسي (Solar Radiation)، كما تتأثر بالخصائص الحرارية لسطح الرصف ومنها امتصاصية سطح الرصف للإشعاع الشمسي. أهم الظروف البيئية المؤثرة في درجة حرارة الرصف هي درجة حرارة الهواء، بينما تؤثر الرياح في خفض أو رفع درجة حرارة الرصف.

الظروف البيئية لجنوب ليبيا

يصنف جنوب ليبيا كمنطقة حارة وجافة، حيث يمكن أن تصل درجة حرارة الهواء فيها إلى أكثر من 45°م ومعدل تساقط الأمطار السنوي لا يزيد عن 50 مم، كذلك تتميز بتغير كبير لدرجة حرارة الهواء اليومية والفصلية، ويعاني الرصف بهذه المنطقة من أضرار مبكرة [4]. أشارت الدراسات العالمية السابقة إلى أن أسباب تشققات الرصف الإسفلتي بالمناطق الحارة هو سرعة تقادم المادة الرابطة الإسفلتية [5-11]، كما أشارت العديد من الدراسات المحلية إلى أن أهم أسباب الظهور المبكر للأضرار بجنوب ليبيا هي الظروف البيئية القاسية [12] وسرعة تقادم المادة الرابطة الإسفلتية [13].

ويتوقع بالعادة ظهور تشوهات دائمة (Permanent Deformation) بالطبقات الإسفلتية بالمناطق الصحراوية بسبب ارتفاع درجة الحرارة، ولكن لوحظ عدم وجودها بكل طرق الجنوب تقريباً، بل الأضرار السائدة هي التشققات الحرارية، وهذا يدل على أن جساءة الخلطة الإسفلتية عالية، ويعطى مؤشر قوى على أن المادة الرابطة الإسفلتية المستخدمة تتميز بجساءة عالية. الظهور المبكر لأضرار الرصف بجنوب ليبيا (خاصة التشققات الحرارية) تشير إلى أن أحد العوامل الرئيسية لظهور هذه الأضرار هو استخدام مادة رابطة إسفلتية لا تناسب البيئة المستخدمة فيها.

أهداف الدراسة

الأهداف الرئيسية لهذه الدراسة هي:

- التعرف على الظروف البيئية السائدة بعدة مدن من جنوب ليبيا (أوباري، سبها، تراغن، الكفرة)، وخاصة درجات حرارة الهواء العظمى والصغرى.
- تحديد أقصى وأدنى درجات حرارة شهرية وسنوية للهواء.

- حساب متوسط أقصى وأدنى درجة حرارة شهرية للهواء ولسطح الرصف.
- حساب درجة حرارة الرصف التصميمية القصوى والدنيا.
- تحديد صنف المادة الرابطة الإسفلتية المناسبة لطرق الجنوب (اختيار المادة الرابطة الإسفلتية وفق نظام الأداء (PG)).

تجميع وتحليل المعلومات

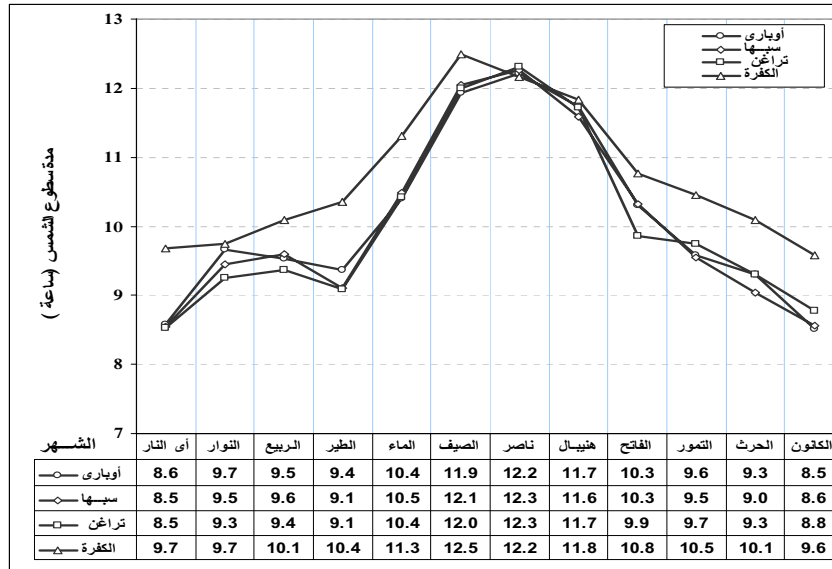
للوصول إلى أهداف الدراسة، تم تجميع وتحليل المعلومات البيئية لفترة 11 سنة لأربعة مدن من جنوب ليبيا (أوباري وسبها وتراغن والكفرة) من خلال المعلومات المتوفرة بمحطات الأرصاد الواقعة بهذه المدن والتابعة لمصلحة الأرصاد الجوية [14]. وتقع مدن أوباري وسبها وتراغن والكفرة عند خطوط عرض (26.35، 27.02، 25.91، 24.22 درجة شمالاً) على التوالي، أي تغطي منطقة تقع تقريباً بين خطي عرض (12.73 – 23.27 شرقاً). المعلومات البيئية التي تم تجميعها هي المتوسط الشهري لمدة طلوع الشمس، المتوسط الشهري للرطوبة النسبية، متوسط سرعة الرياح وأقصى سرعة للرياح لكل شهر، أعلى درجة حرارة عظمى للهواء لكل شهر، أدنى درجة حرارة صغرى للهواء لكل شهر. المعلومات البيئية التفصيلية موجودة بالمرجع [14].

مدة سطوع الشمس

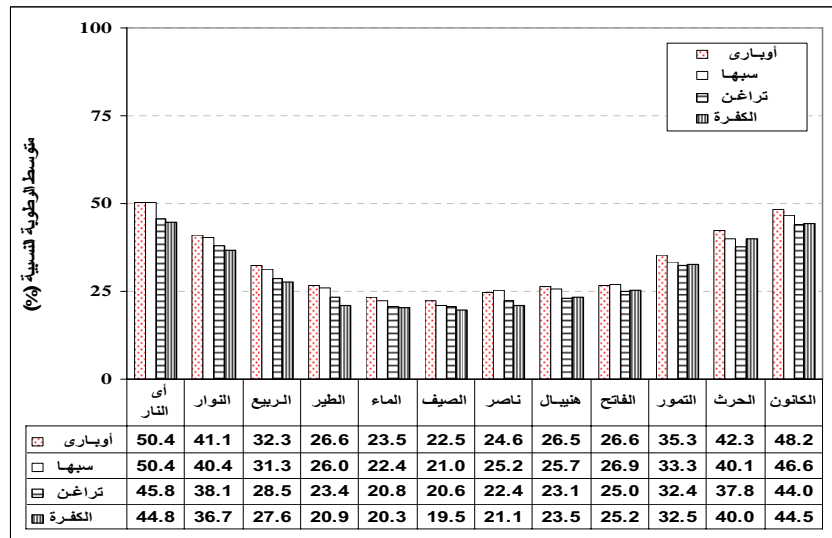
مدة سطوع الشمس أحد العوامل البيئية التي تؤثر على درجات حرارة الرصف ومعدلات تقادم المادة الرابطة الإسفلتية، وكلما ازدادت الفترة الزمنية لسطوع الشمس ازدادت درجات حرارة الرصف وازدادت معدلات التقادم بالمادة الرابطة الإسفلتية. المتوسط الشهري لمدة سطوع الشمس لعدة سنوات للمدن الأربعة موضحة بالشكل (1)، ويمكن ملاحظة أن مدة سطوع الشمس عالية وأن أقل فترة زمنية لسطوع الشمس تكون بفصل الشتاء (8.5 ساعة اليوم) وتصل إلى أكثر من 12 ساعة اليوم بفصل الصيف، وتبلغ أعلى مدة لسطوع الشمس بمحطة الكفرة مقارنة بالمحطات الأخرى. الفترة الزمنية العالية لتعرض سطح الرصف إلى أشعة الشمس (خاصة فوق البنفسجية وتحت الحمراء) لها تأثير سلبي على مكونات المادة الرابطة الإسفلتية، وتؤدي إلى زيادة درجات حرارة الرصف، وزيادة الفرق بدرجات الحرارة بين سطح الرصف وبقيّة أعماق الرصف، والذي بدوره أدى إلى ظهور أضرار مبكرة بالرصف.

الرطوبة النسبية

المتوسط الشهري للرطوبة النسبية للمدن الأربعة موضحة بالشكل (2)، وكما هو واضح من خلال الشكل أن الرطوبة النسبية منخفضة بشكل عام وتكون بحددها الأدنى ببعض أشهر فصل



الشكل 1: متوسط مدة سطوع الشمس خلال السنة لمناطق أبوهارى وسبها وتراغن والكفرة

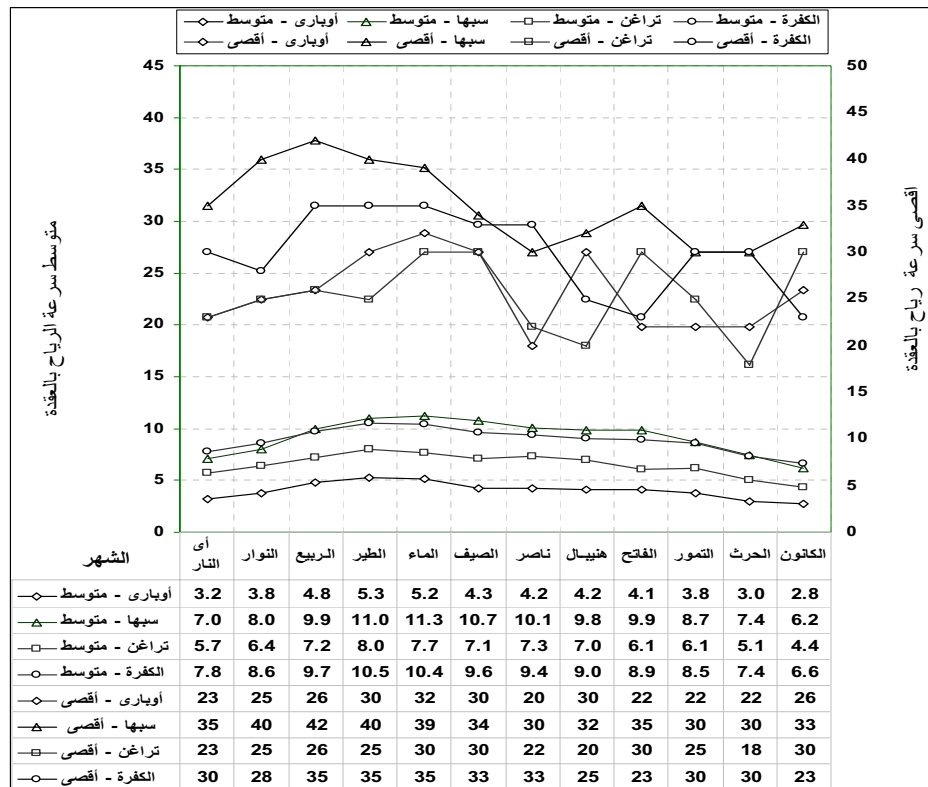


الشكل 2: متوسط الرطوبة النسبية خلال السنة للمدن الأربعة

الصيف (حوالي 20%) ولا تزيد عن حوالي 50% بفصل الشتاء، وتبلغ أقل معدلات للرطوبة النسبية بمحطة الكفرة مقارنة بالمحطات الأخرى. الرطوبة النسبية يمكن أن تكون احد العوامل البيئية التي تؤثر سلباً على أداء الرصف، حيث أن الرطوبة المنخفضة يعنى أن الجو يكون جافاً ودرجة الحرارة عالية، وهذا يؤدي إلى زيادة معدلات تقادم المادة الرابطة الاسفلتية.

سرعة الرياح

المتوسط الشهري لسرعة الرياح ومتوسط أقصى سرعة للرياح لمدة 11 سنة موضحة بالشكل (3) لكل من مدن أوباري وسبها وتراغن والكفرة. من خلال الشكل (3)، يمكن ملاحظة أن متوسط سرعة الرياح الشهرية تتراوح بين حوالي 3 عقدة إلى 11 عقدة، بينما تتراوح أقصى



الشكل 3: المتوسط الشهري وأقصى سرعة للرياح خلال السنة للمدن الأربعة

سرعة للرياح بين حوالي 20 عقدة و أكبر من 40 عقدة، كما أن أعلى سرعة للرياح كانت بسبها بشهر الربيع 42 عقدة وتليها الكفرة حيث بلغت أقصى سرعة للرياح 35 عقدة خلال أشهر الربيع والطير والماء، بينما تنخفض أقصى سرعة للرياح بكل من أوبارى وتراغن لتصل إلى حوالي 30 عقدة. وربما يرجع السبب في ارتفاع سرعة الرياح بكل من الكفرة وسبها إلى أنها مناطق مفتوحة مقارنة بأوبارى وتراغن. سرعة الرياح هي احد العوامل البيئية التي تؤثر علي درجة حرارة الرصف بالزيادة أو النقصان، وبشكل عام كلما زادت سرعة الرياح قلت درجة حرارة سطح الرصف.

درجات حرارة الهواء

من خلال المعلومات المتوفرة بمصلحة الأرصاد الجوية بليبيا للمدن الأربعة (أوبارى وسبها وتراغن والكفرة)، تم تجميع المعلومات الخاصة درجات الحرارة الشهرية العظمى والصغرى للهواء لمدة 11 سنة.

أقصى درجات حرارة شهرية عظمى للهواء

الجدول (1) يوضح أقصى درجات حرارة شهرية عظمى للهواء مسجلة لمدة 11 سنة للمدن الأربعة، ويمكن ملاحظة أن أقصى درجات حرارة تراوحت بين 30°م و 40°م خلال فترة 5 أشهر من السنة (أي النار والنوار والربيع والحارث والكانون)، وتزيد عن 40°م ببقية السنة (7 أشهر) وتراوحت أقصى درجات للحرارة بين 46°م و 48°م، كما يمكن ملاحظة أن أقصى درجات حرارة كانت بأشهر الصيف وناصر وهنيبال كما هو موضح بالجدول (1).

الجدول 1: أقصى درجات حرارة شهرية عظمى للهواء للمدن الأربعة خلال 11 سنة

أوبارى	سبها	تراغن	الكفرة	أوبارى	سبها	تراغن	الكفرة	أوبارى	سبها	تراغن	الكفرة	أوبارى
30.2	34.0	39.5	43.1	44.8	48.0	47.5	47.5	45.3	43.7	37.5	32.1	أوبارى
29.3	32.6	39.6	43.8	45.0	47.6	46.5	47.0	45.4	42.2	36.1	30.4	سبها
29.0	34.1	39.5	43.5	45.0	46.0	46.2	46.1	45.2	42.0	36.0	33.4	تراغن
32.0	35.5	38.7	44.0	44.4	46.0	45.7	43.5	43.0	40.5	33.8	32.5	الكفرة

أدنى درجات حرارة شهرية صغرى للهواء

أدنى درجات حرارة شهرية صغرى للهواء مسجلة لمدة 11 سنة للمدن الأربعة موضحة بالجدول (2)، ويمكن ملاحظة إن أدنى درجات حرارة كانت بشهر أي النار، وبلغت أدنى درجة حرارة بالكفرة (0°م) وبأوباري (-4.6°م) وبسبها (-3.0°م) وبترغن (-4.0°م).

الجدول 2: أدنى درجات حرارة شهرية صغرى للهواء للمدن الأربعة خلال 11 سنة

أوباري	سبها	ترغن	الكفرة	أوباري	سبها	ترغن	الكفرة	أوباري	سبها	ترغن	الكفرة	أوباري	سبها	ترغن	الكفرة
-4.6	-1.4	2.4	2.5	8.2	13.1	15.8	14	10	7.3	2.5	-2	-4.6	-1.4	2.4	2.5
-3	1	3.4	5.5	11	15.8	13.5	19.4	16.5	10.7	0.9	-2	-3	1	3.4	5.5
-4.0	0.6	4.0	6.5	12.7	19.0	17.2	20.0	14.7	8.0	1.4	-0.8	-4.0	0.6	4.0	6.5
0.0	3.0	5.5	8.5	16.0	19.2	21.0	22.5	16.2	10.5	2.0	2.0	0.0	3.0	5.5	8.5

أقصى درجات حرارة هواء عظمى سنوية والمتوسط الحركي لخمس سنوات

أقصى درجات حرارة عظمى سنوية خلال 11 سنة للمدن الأربعة موضحة بالجدول (3) وبالشكل (4)، ويتضح من خلال الجدول أن أقصى درجة حرارة خلال 11 سنة تراوحت بين 46°م و 48°م، وتراوح المتوسط الحسابي بين حوالي 44°م و 45.8°م، وبانحراف معياري بين 0.7°م و 1.4°م.

كما تم حساب المتوسط الحركي لخمس سنوات لأقصى درجة حرارة والانحراف المعياري ونسبة التغير، وتراوح المتوسط الحركي لخمس سنوات بين حوالي 44.0°م و 45.7°م، وبانحراف معياري بين 0.1°م و 0.5°م، وبنسبة تغير صغيرة جداً بين المتوسط الأعلى والمتوسط الأدنى كما هو موضح بالجدول (3) وبالشكل (4)، ويبدو أن مدة 5 سنوات هو زمن كافي لاستخدامه للحصول على التقدير الثابت الأفضل لأقصى درجة حرارة هواء سنوية عظمى وهذا ما أكدته دراسات سابقة [15].

أدنى درجة حرارة هواء صغرى سنوية والمتوسط الحركي لخمس سنوات

أدنى درجة حرارة صغرى سنوية خلال 11 سنة للمدن الأربعة والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري موضحة بالجدول (4) وبالشكل (5)، ويمكن ملاحظة أن أدنى درجة حرارة صغرى تراوحت بين 0°م و -4.6°م. المتوسط الحسابي تراوح بين حوالي +3°م و -1.4°م وبانحراف معياري بين 1.4°م و 1.7°م، وهما موضحان بالجدول (4) والشكل (5).

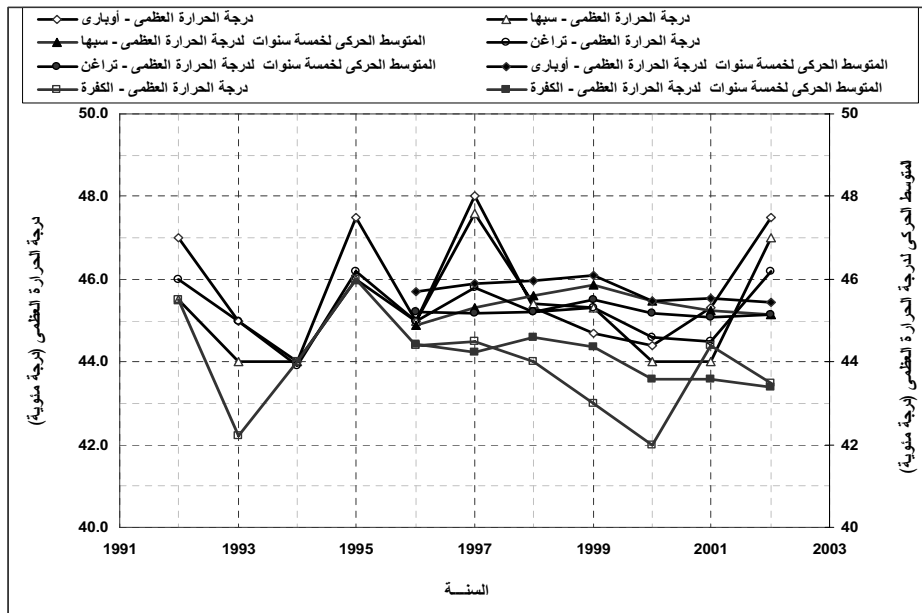
الجدول 3: أقصى درجة حرارة هواء عظمى سنوية والمتوسط الحركي لخمس سنوات

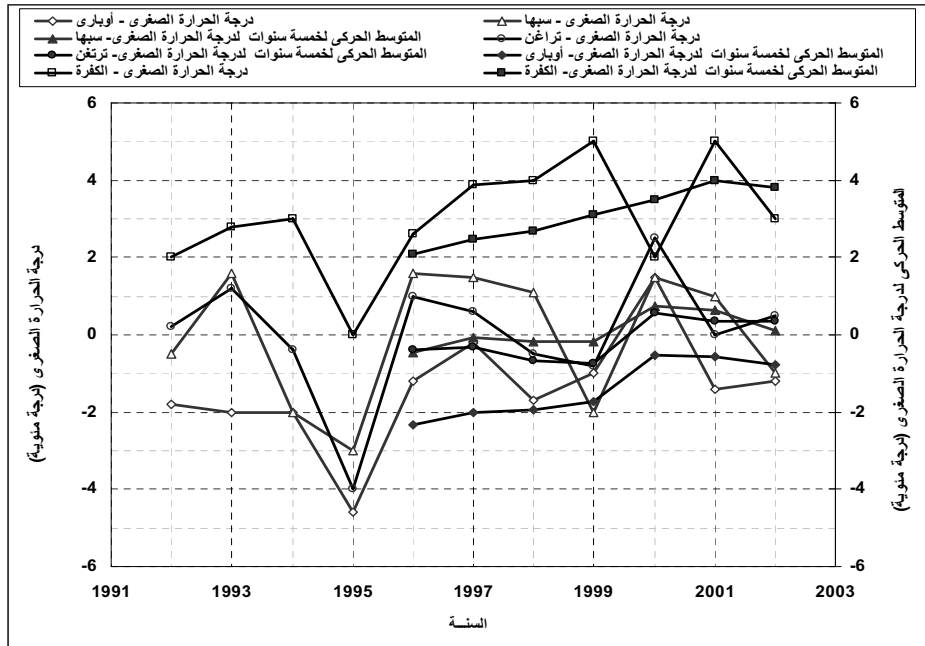
السنة	محطة تراغن		محطة أوباري		محطة سبها		محطة الكفرة	
	الدرجة الحرارة العظمى	المتوسط الحركي لخمسة سنوات	الدرجة الحرارة العظمى	المتوسط الحركي لخمسة سنوات	الدرجة الحرارة العظمى	المتوسط الحركي لخمسة سنوات	الدرجة الحرارة العظمى	المتوسط الحركي لخمسة سنوات
1992	46.0		47.0		45.5		45.5	
1993	45.0		45.0		44.0		42.2	
1994	43.9		44.0		44.0		44.0	
1995	46.2		47.5		46.0		46.0	
1996	45.0	45.2	45.0	45.7	45.0	44.9	44.4	44.4
1997	45.8	45.2	48.0	45.9	47.6	45.3	44.5	44.2
1998	45.2	45.2	45.3	46.0	45.4	45.6	44.0	44.6
1999	45.3	45.5	44.7	46.1	45.3	45.9	43.0	44.4
2000	44.6	45.2	44.4	45.5	44.0	45.5	42.0	43.6
2001	44.5	45.1	45.3	45.5	44.0	45.3	44.4	43.6
2002	46.2	45.2	47.5	45.4	47.0	45.1	43.5	43.4
المتوسط	45.2	45.2	45.8	45.7	45.3	45.4	44.0	44.0
الانحراف المعياري	0.7	0.1	1.4	0.2	1.2	0.3	1.1	0.5
نسبة التغير		0.22		1.0		0.4		1.45

كما تم حساب المتوسط الحركي لخمس سنوات لأدنى درجة حرارة هواء صغري والانحراف المعياري، وتراوح المتوسط الحركي لخمس سنوات بين 3°م و 1.4°م ، وتراوح الانحراف المعياري بين حوالي 3°م و 1.4°م ، وكانت نسبة التغير كبيرة بين المتوسط الأعلى والمتوسط الأدنى كما هو موضح بالجدول (4) والشكل (5). يبدو أن مدة 5 سنوات هو زمن غير كافي لاستخدامه للحصول على التقدير الثابت الأفضل لأدنى درجة حرارة هواء صغري، وهذا ما أكدته دراسات سابقة [15]، ويحتاج هذا الموضوع إلى دراسة مستقبلية منفصلة معدة لهذا الغرض وباستخدام معلومات من العديد من المحطات والتي تكون تحت الخدمة لفترة زمنية طويلة لتحديد المتوسط الحركي المناسب.

الجدول 4: أدنى درجة حرارة هواء صغرى سنوية والمتوسط الحركي لخمس سنوات

السنة	محطة تراغن		محطة أوبارى		محطة سبها		محطة الكفرة	
	درجة الحرارة الصغرى	المتوسط الحركي لخمس سنوات	درجة الحرارة الصغرى	المتوسط الحركي لخمس سنوات	درجة الحرارة الصغرى	المتوسط الحركي لخمس سنوات	درجة الحرارة الصغرى	المتوسط الحركي لخمس سنوات
1992	0.2		-1.8		-0.5		2.0	
1993	1.2		-2.0		1.6		2.8	
1994	-0.4		-2.0		-2.0		3.0	
1995	-4.0		-4.6		-3.0		0.0	
1996	1.0	-0.4	-1.2	-2.3	1.6	-0.5	2.6	2.08
1997	0.6	-0.32	-0.2	-2.0	1.5	-0.1	3.9	2.46
1998	-0.5	-0.66	-1.7	-1.9	1.1	-0.2	4.0	2.7
1999	-0.8	-0.74	-1	-1.7	-2.0	-0.2	5.0	3.1
2000	2.5	0.56	1.5	-0.5	1.5	0.7	2.0	3.5
2001	0.0	0.36	-1.4	-0.6	1.0	0.6	5.0	3.98
2002	0.5	0.34	-1.2	-0.8	-1.0	0.1	3.0	3.8
المتوسط	0.03	-0.12	-1.4	-1.4	-0.02	0.09	3.03	3.09
الانحراف المعياري	1.6	0.5	1.5	0.7	1.7	0.4	1.4	0.7
نسبة التغير		211.1		-314.3		174.2		47.7





الشكل 5: أدنى درجة حرارة هواء صغرى سنوية والمتوسط الحركي لخمس سنوات

حساب متوسط أقصى درجات حرارة قصوى شهرية لسطح لرصف

تم حساب متوسط أقصى درجات حرارة عظمى لسطح الرصف لكل شهر من السنة (مختلف الفصول)، باستخدام المتوسط الأقصى لدرجة الحرارة العظمى للهواء لكل شهر (مدة 11 سنة) وباستخدام المعادلة التالية [3]:

$$T_{(pav)} = 54.32 + 0.78T_{air} - 0.0025Lat^2 - 15.14\log_{10}(H + 25) + Z(9 + 0.61\sigma_{air}^2)^{1/2} \quad (1)$$

حيث

$$T_{(pav)} = \text{أعلى درجة حرارة للرصف تحت السطح } (^\circ\text{م})$$

$$T_{air} = \text{أعلى درجة حرارة للهواء } (^\circ\text{م})$$

$$Lat = \text{خط الطول للقطاع}$$

$$H = \text{العمق من السطح، (مم)}$$

$$\sigma_{air} = \text{Standard deviation of the high 7- days mean air temperature, } ^\circ\text{C}$$

$$z = \text{From the standard distribution table, } z = 2.055 \text{ for 98\% reliability}$$

الشكل (6) يبين متوسط أقصى درجات حرارة عظمى شهرية للهواء ودرجة حرارة الرصف المقابلة لها، ويمكن ملاحظة أن متوسط أقصى درجات حرارة عظمى للهواء تتراوح بين 24.9°م (فصل الشتاء) و 45.2°م (فصل الصيف)، وتزيد عن 40°م خلال 6 أشهر (من الطير إلى الفاتح). بينما تتراوح درجات حرارة سطح الرصف بين 58.4°م و 72.5°م وتزيد درجة حرارة سطح الرصف بمعظم أشهر السنة عن حوالي 60°م ، وتزيد عن حوالي 70°م خلال 6 أشهر من السنة (من الطير إلى الفاتح).

حساب متوسط أدنى درجة حرارة صغرى شهرية لسطح الرصف

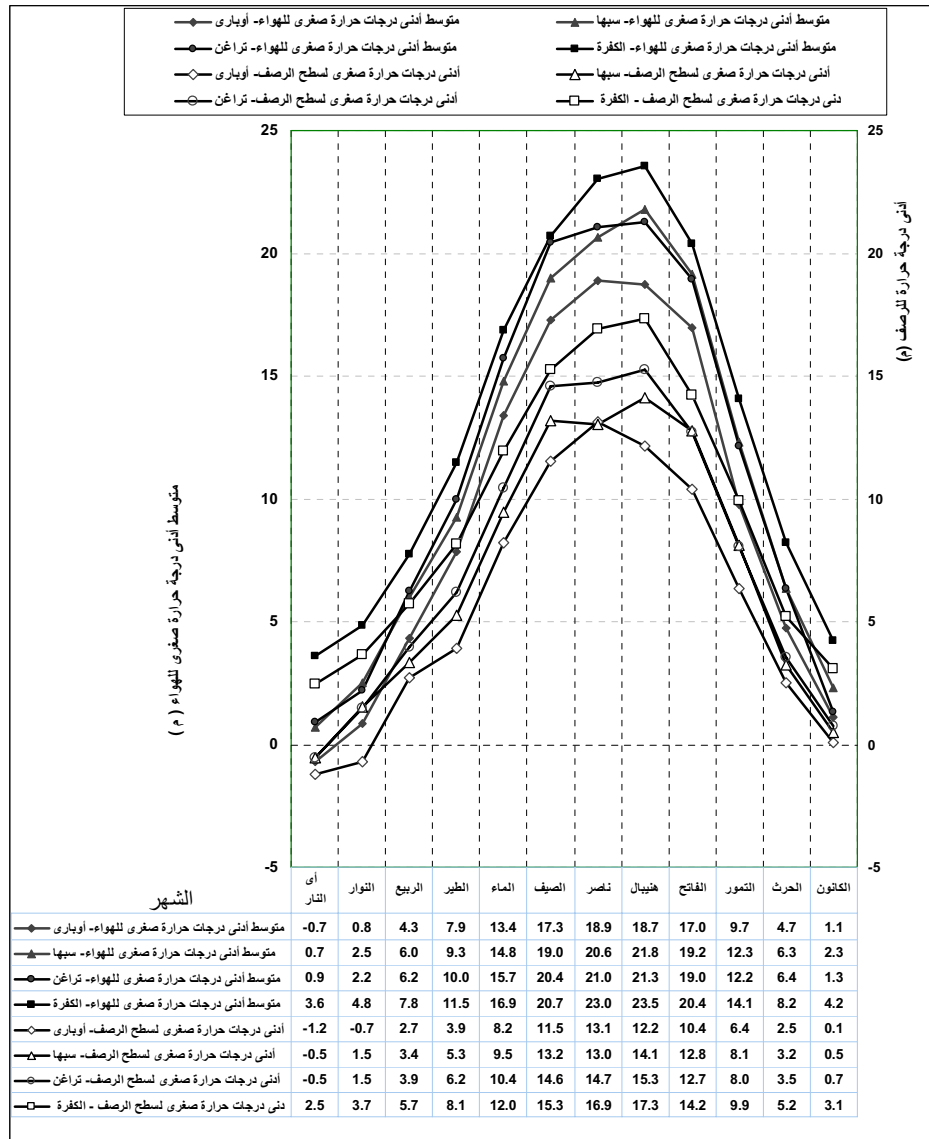
تم حساب أدنى درجات حرارة صغرى لسطح الرصف لكل شهر من السنة (مختلف الفصول) باستخدام المتوسط الأدنى لدرجة الحرارة الصغرى للهواء لكل شهر (مدة 11 سنة)، وباستخدام المعادلة التالية [3]:

$$T_{(pav)} = -1.56 + 0.72T_{air} - 0.004Lat^2 + 6.26 \log_{10}(H + 25) + Z(4.4 + 0.52\sigma_{air}^2)^{1/2} \quad (2)$$

الشكل (7) يبين متوسط أدنى درجة حرارة صغرى شهرية للهواء ودرجة حرارة الرصف المقابلة لها، ويمكن ملاحظة أن متوسطات أدنى درجات حرارة صغرى للهواء تتراوح بين 0.7-°م و 23.5+°م، بينما تتراوح أدنى درجات حرارة صغرى للرصف بين 1.2-°م و 17+°م وتقل درجة حرارة الرصف عن 5+°م خلال 4 أشهر من السنة، وتقل عن 10+°م خلال 6 أشهر من السنة كما هو موضح بالشكل (7).

حساب درجة حرارة الرصف التصميمية القصوى

يمكن حساب درجة حرارة الرصف التصميمية القصوى لكل مدينة باستخدام المعادلات (1-2) الموصى بها من قبل إدارة الطرق الفيدرالية بالولايات المتحدة الأمريكية، وباستخدام الطريقة الموضحة بالمراجع [16، 2، 1]. ولاستخدام المعادلة (1) يتطلب توفر أعلى متوسط لدرجة حرارة الهواء لمدة 7 أيام والتي تحتاج إلى معلومات عن درجة الحرارة اليومية وتحليلها وهذا العمل يتطلب موارد مالية وجهد ووقت طويل جداً. عليه فقد تم حساب درجة حرارة الرصف التصميمية باستخدام ثلاثة درجات حرارة للهواء (أعلى درجة حرارة للهواء انظر جدول 1)، المتوسط الحركي لخمس سنوات لأقصى درجة حرارة هواء عظمى سنوية (انظر جدول 3)، متوسط أقصى درجات شهرية عظمى للهواء (انظر شكل 6).



الشكل 7: متوسطات أدنى درجة حرارة شهرية صغرى للهواء ولسطح الرصف للمحطات الأربعة

الجدول (5) يوضح درجات حرارة الهواء ودرجات حرارة الرصف المقابلة لها. ويعتقد أن استخدام أعلى درجة حرارة للهواء خلال مدة 11 سنة للحصول على درجة الحرارة التصميمية للرصف سوف تعطي درجة حرارة تصميمية للرصف مبالغ فيها ولذلك استبعدت، بينما يمكن استخدام المتوسط الحركي لخمس سنوات لأقصى درجة حرارة هواء عظمى سنوية

أو متوسط أقصى درجات شهرية عظمى للهواء للحصول على درجات حرارة تصميمية للرصف وخاصة أن الفرق في درجات حرارة الرصف التصميمية للطريقتين صغير ولا يزيد عن الدرجة المئوية الواحدة. لذلك فقد تم استخدام متوسط أقصى درجات حرارة شهرية عظمى للهواء للحصول على درجة حرارة الرصف التصميمية.

الجدول 5: مقارنة لدرجات حرارة الرصف التصميمية باستخدام مختلف درجات الهواء

الوصف	الطبقة			
	أوبارى	سبها	تراغن	الكفرة
أعلى درجة حرارة للهواء (°م)	48	47.6	46.2	46.0
الانحراف المعياري لدرجة حرارة الهواء	0	0	0	0
درجة حرارة الرصف التصميمية (°م)	71.2	70.8	70	69.9
المتوسط الحركي لخمس سنوات لأقصى درجة حرارة هواء عظمى سنوية (°م)	45.2	44.2	44.4	42.5
الانحراف المعياري لدرجة حرارة الهواء	1.4	1.6	1.3	1.3
درجة حرارة الرصف التصميمية (°م)	69.4	68.6	68.7	67.5
متوسطات أقصى درجات حرارة شهرية عظمى للهواء (°م)	45.2	45.7	45.3	44.0
الانحراف المعياري لدرجة حرارة الهواء	0.7	0.2	0.3	1.1
درجة حرارة الرصف التصميمية (°م)	69.1	69.3	69.1	68.1

حساب درجة حرارة الرصف التصميمية الدنيا

تم حساب درجة حرارة الرصف التصميمية الدنيا لكل مدينة باستخدام متوسط أدنى درجة حرارة هواء صغرى شهرية وانحرافها المعياري وباستخدام المعدلات الموصى بها من قبل إدارة الطرق الفيدرالية بالولايات المتحدة الأمريكية، وباستخدام الطريقة الموضحة بالمراجع [16، 2، 1]. النتائج موضحة بالجدول (6).

الجدول 6: درجات حرارة الرصف التصميمية وصنف المادة الرابطة الإسفلتية المناسب

الطبقة				الوصف
أوبارى	سبها	تراغن	الكفرة	
45.2	44.2	44.4	42.5	درجة حرارة الهواء التصميمية القصوى (°م)
1.4	1.6	1.3	1.3	الانحراف المعياري لدرجة حرارة الهواء التصميمية (°م)
69.4	68.6	68.7	67.5	درجة حرارة الرصف التصميمية القصوى
0.7 -	0.7 +	0.9 +	3.6 +	درجة حرارة الهواء التصميمية الدنيا (°م)
1.8	2.1	2.5	1.7	الانحراف المعياري لدرجة حرارة الهواء التصميمية
1.2 -	0.6 -	0.6 -	2.4 +	درجة حرارة الرصف التصميمية الدنيا
PG 70-10				صنف المادة الرابطة الإسفلتية المناسبة

تحديد تصنيف المادة الرابطة الإسفلتية المناسبة

بناء على درجات حرارة الرصف التصميمية يمكن تحديد نوع المادة الرابطة الإسفلتية المناسبة للاستخدام للطبقة السطحية حسب تدرجات الأداء (Performance Grade) ووفقاً لطريقة معهد الإسفلت بالولايات المتحدة الأمريكية [1-2].

من الجدول (6) يمكن ملاحظة أن صنف الأداء المطلوب للمادة الإسفلتية الرابطة للمناطق الأربعة متشابه، صنف الأداء المطلوب للطبقة السطحية هو (PG 70-10)، مع العلم بأن هذه الأصناف يتم تعديلها وفقاً لحجم حركة المرور بالطريق بحيث يمكن أن تصل إلى (PG 76-10) أو (PG 82-10).

الخلاصة

- مدة سطوع الشمس عالية وتصل إلى أكثر من 12 ساعة اليوم بفصل الصيف، وهذا يزيد من درجات حرارة الرصف والفرق بين درجات الحرارة عند أعماق مختلفة، ويؤدي إلى زيادة معدلات تقادم المادة الرابطة.
- الرطوبة النسبية منخفضة جداً وتصل حدها الأدنى بفصل الصيف حوالي 20% ولا تزيد عن حوالي 50% بفصل الشتاء، وهذا يعنى أن الجو يكون جافاً ودرجة الحرارة عالية، ويؤدي إلى زيادة معدلات تقادم المادة الرابطة الإسفلتية.

- أعلى سرعة للرياح كانت بالكفرة وتليها سبها، بينما تكون أقل بكل من أوباري وتراغن، وبشكل عام كلما زادت سرعة الرياح قلت درجة حرارة سطح الرصف.
- أقصى درجات حرارة شهرية عظمى للهواء تراوحت بين 42°م و 48°م وتزيد عن 40°م لمدة 7 أشهر.
- متوسط أقصى درجات حرارة هواء عظمى سنوية تراوحت بين 44°م و 45.8°م والمتوسط الحركي لها تراوح بين 44.0°م و 45.7°م وبنسبة تغير صغيرة.
- أدنى درجات حرارة شهرية صغرى للهواء تراوحت بين 5°م و -4.6°م، وأدنى درجات حرارة صغرى بالكفرة كانت (0°م) وأقل من الصفر المئوي ببقية المدن خلال شهري أي النار والكانون.
- متوسط أدنى درجة حرارة هواء عظمى تراوحت بين 1.4°م و 1.7°م، والمتوسط الحركي لها تراوح بين 0.4°م و 0.7°م وبنسبة تغير كبيرة.
- تراوح متوسط أقصى درجات حرارة قصوى لسطح الرصف بين 58.4°م و 72.5°م وتزيد عن وتزيد عن حوالي 70°م خلال 7 أشهر من السنة (من الطير إلى الفاتح).
- تراوح متوسط أدنى درجات حرارة صغرى لسطح الرصف بين -1.2°م و 17.0°م وتقل عن 5.0°م خلال 4 أشهر من السنة، وتقل عن 10.0°م خلال 6 أشهر من السنة.
- تراوحت درجات حرارة الرصف التصميمية القصوى بين 67.5°م و 69.4°م، بينما تراوحت درجات حرارة الرصف التصميمية الدنيا بين -1.2°م و 2.4°م.
- صنف المادة الرابطة الإسفلتية المناسب للمنطقة التي تم دراستها ووفقاً لدرجات حرارة المنطقة هو PG 70-10، ويجب تعديله بعد الأخذ في الاعتبار حجم حركة المرور.

التوصيات

- نظراً لأن هذه الدراسة محدودة ودون توفر أي بنك للمعلومات البيئية، لذلك نوصي بالاتي:
- قيام دراسة مكثفة يكون هدفها الأساسي تجميع وتحليل المعلومات المناخية لكل محطات الأرصاد الواقعة بجنوب ليبيا بالتزامن مع قيام دراسة حقلية لقياس درجات حرارة الهواء والرصف للتأكد من مصداقية نموذج حساب درجة حرارة الرصف.

- تغيير نظام تصنيف المادة الرابطة الإسفلتية المستخدم حالياً (نظام الغرز) بنظام التصنيف المعتمد على الأداء (Performance Grade System).

المراجع

- [1] ASPHALT INSTITUTE, "Superpave Performance Graded Asphalt Binder Specification and testing", Superpave Series No. 1 (SP 1), U.S.A, 1995.
- [2] ASPHALT INSTITUTE, "Superpave level 1 Mix Design", Superpave Series No. 2 (SP 2)", U.S.A, 1995.
- [3] FHWA LTPP Program, "LTPP Seasonal Asphalt Concrete Pavement Temperature Models", Federal Highway Administration, FHWA-RD-97-103, U.S.A, 1998.
- [4] Gadafi, S. M., and M. S. Ben Omer, and T. H. Gnaba, "Premature Distress of Pavements in Hot and Dry Regions", Unpublished report, Engineering Technical Office, Tripoli-Libya, 2002 .
- [5] Bulman, J. N., and H. R. Smith, "Pavement Performance Studies on Malaysia Roads", Department of Environment TRRL, LR 795, UK, 1977.
- [6] Dickinson, E. J. "The performance of Thin Bituminous Pavement Surfacing in Australia", 6 Proc. 11th ARRB Conf. 11(3), PP. 35-5, 1985.
- [7] Shahin, M. Y. "Design System for Minimizing Asphalt Concrete Thermal Cracking", Proc. 4th Conf. on Structural Design of Asphalt Pavement", Ann Arbor, 1, August, PP. 920-32, 1977.
- [8] Vallergera, B. A., "Pavement Deficiencies related to Asphalt Durability", AAPT, Vol. 50, PP. 481-91, 1981.
- [9] Hugo, F., and T. W. Kennedy, "Surface cracking of Asphalt Mixtures in South Africa", AAPT, Vol. 54, 1981.
- [10] Rolt, J.H.R. Smith and C.R. Jones, "The Design and performance of Bituminous Overlay in Tropical Countries", Proc. Of the 2nd. Int. Conf. Bearing Capacity on roads and Airfields, 1986.
- [11] Strauss. P.J., V.P. Servas and G.P. Marias, "Unexpected Surface Cracking of Asphaltic Concrete Wearing Course", 2nd Conf on Asphalt pavement for South Africa, Vol. 1, PP. 614-621.
- [12] El-Moudy, M., "Common distress of Pavements in Hot and Dry Regions in Libya", Master Thesis, El-Fateh University, 1994.
- [13] مكتب العلوم الهندسية للاستشارات، "تقرير فني حول مسببات أضرار الرصف الإسفلتي بمطار الويغ"، مكتب العلوم الهندسية للاستشارات (مكتب البحوث والاستشارات الهندسية حالياً)، تقرير غير منشور، 1992 ف.
- [14] مصلحة الأرصاد الجوية بليبيا، "المعلومات المناخية لكل من محطة أوباري ومحطة سبها ومحطة تراغن ومحطة الكفرة لفترة 11 سنة (1992-2002)"، 2006 ف.
- [15] California Department of Transportation, "Analysis of 30 Years of Pavement Temperature using the Enhanced Integrated Climate Model (EICM)", USA, 2004
- [16] SHRP-A-410-, "Superior Performance Asphalt Pavement (Superpave): The Product of the SHRP Asphalt Research Program", Strategic Highway Research Program, USA, 1994