استخدام خاصية انضاج الخرسانة لتنبؤ مقاومة الانضغاط تحت ظروف مختلفة

ابتسام حازم حسن الزبيدي

مدرس مساعد /قسم الهندسة المدنية

الخلاصة

يهدف البحث الحالي الى دراسة استخدام خاصية إنضاج الخرسانة لغرض تنبؤ مقاومة الانضغاط لأي خليط خرساني في أي عمل انشائي انيا في موقع العمل بالاعتماد على الفحوصات المختبرية لعدد من النماذج الخرسانية ومن ثم ايجاد علاقة بين الإنضاج ومقاومة الانضغاط ممثلة بمعادلة رياضية واستعمالها لغرض استنتاج مقاومة الانضغاط . تم في هذا البحث استخدام ثلاث خلطات خرسانية، الخلطة الاولى استخدم فيها السمنت البورتلاندي الاعتيادي، الخلطة الثانية استخدم فيها السمنت البورتلاندي المقاوم للاملاح والخلطة الثالثة استخدم فيها السمنت البورتلاندي الاعتيادي مع مضاف الغبرة (كاربونات الكالسيوم) بنسبة 15% من وزن السمنت كتعويض عن وزن السمنت، وتم فحص مقاومة الانضغاط لأعمار (3,7,14,28) يوما ولدرجات حرارة مختلفة (27±2°C) (80.6±2°F) و(34±2°C) (93.20±2°F) ولظروف معالجة مختلفة(غمر بالماء , وتعريض للهواء)، تم ايجاد الإنضاج للنماذج الخرسانية بالاعتماد على طريقة Plowman واعتماد درجة حرارة الاسناد (Datum Temperature) (-11.6°C) (11°F) التي دونها لاتكتسب الخرسانة اية مقاومة ومن ثم تم مطابقة النتائج المختبرية مع النتائج النظرية المستحصلة من معادلة Plowman، وقد كان هنالك نسبة خطأ مقبولة خاصة بالنسبة للنماذج المعالجة بالماء.

The Utilization Of Concrete Maturity To Predict Its Compressive Strength Under Variable Conditions

I.H. AL-Zubady
Assist lecturer

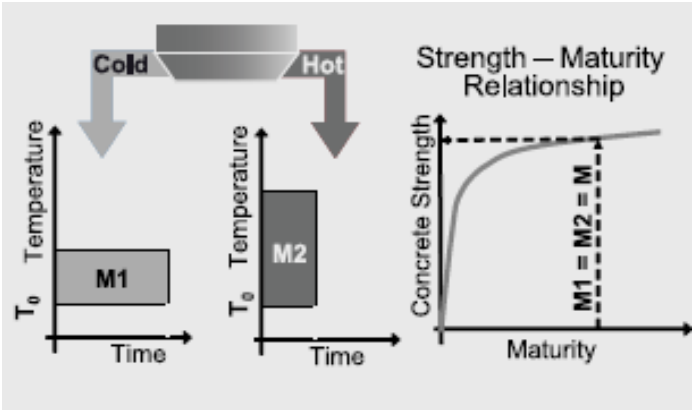
Abstract

The aim of this research is to study the maturity of concrete for predicting in-situ compressive strength for any concrete mixture in any structural work based on the laboratory testing results of several concrete specimens, then finding a relationship between compressive strength-maturity mathematical models that can be used for predicting the compressive strength. Three type of mixes were used; first mix contains ordinary Portland cement (O.P.C), second mix contains sulphate resisting Portland cement (S.R.P.C), third mix contains ordinary Portland cement with an admixture ($caco_3$) of (15%) replacement of cement weight. Compressive strength tests at different ages (3,7,14,28) days and different temperatures(27±2°C) (80.6±2°F)&(34±2°C) (93.20±2°F) and curing conditions of (moist and air cured). The maturity was found for concrete samples using the Plowman technique with the datum temperature at (-11.6°C) (11°F),the actual compressive strength values found from laboratory testing were compared with the predicted compressive strength values from Plowman equation to estimate the margin of the errors involved, the error was found to be reasonable especially for the moist cured samples.

Keyword: maturity, compressive strength, Plowman, curing temp.

المقدمة:

تعد طريقة الإنضاج (Maturity) من الطرائق المهمة للتنبؤ بقيمة المقاومة للخرسانة ، والتي تُعرف بانها التأثير المشترك للعمر والتاريخ الحراري للخرسانة على مقاومة انضغاط الخرسانة حيث سابقاً كان يُعتمد على الوقت كعامل أساسي لإيجاد مقاومة الخرسانة بينما كانت الحرارة لاتؤخذ بنظر الاعتبار كعامل مهم ورئيسي حيث لها تأثير مهم على تطور مقاومة الخرسانة لذا فان طريقة الإنضاج تأخذ بنظر الاعتبار تأثير الوقت والحرارة اذ تعتمد هذه الطريقة أن عينات الخرسانة التي لها نفس الخلطة ونفس قيمة الإنضاج ستكون لها نفس المقاومة حتى لو تعرضت تلك العينات الى ظروف معالجة مختلفة من ناحية درجة الحرارة والوقت [1] فيلاحظ ان عينات الخرسانة المعرضة لدرجات حرارية منخفضة تحتاج الى وقت اكبر للوصول الى قيمة إنضاج مقدارها (M1) بينما العينات المعرضة الى درجات حرارة عالية تحتاج الى وقت اقل للوصول لقيمة إنضاج مقدارها (M2)، فاذا كانت (M1=M2) فستكون قيمة المقاومة لهما متساوية بالرغم من اختلاف الوقت ودرجات الحرارة لكل منهما وكما موضح بالشكل(1)، وهنالك عدة فوائد وميزات لاستخدام هذه الطريقة منها انه تساعد على التنبؤ بمقدار مقاومة الخرسانة انيا في موقع العمل لمختلف الاعمال الانشائية وخصوصا اعمال تبليط الطرق اذ تساعد على معرفة الوقت اللازم لغرض فتح طرق المرور (سواء الانشائية او الطرق العامة) وكذلك الوقت اللازم لفتح المفاصل المنشارية (sawing joint) وخاصة في الاجواء الباردة، كما وان هذه الطريقة تحتاج الى عدد اقل من النماذج مقارنة بباقي الطرق (حيث يمكن اعتبارها من الفحوصات غير الاتلافية nondestructive test) مما يؤدي بالتالي الى التقليل من كلفة عمل فحص النماذج .اذا اخذنا كل تلك العوامل مجتمعة مع بعضها فانها ستؤدي الى تقليل الوقت اللازم لاكمال الاعمال الانشائية، ولكن لهذه الطريقة عدد من المحددات التي يجب الانتباه اليها [2] منها انه العلاقة المعتمدة (الموديل الرياضي) في هذه الطريقة (والتي سيتم شرحها لاحقا) والناتجة من الفحوصات المختبرية لعدد من النماذج الخرسانية لمواصفات معينة يجب ان لاتختلف عن مواصفات الخلطة الخرسانية المستخدمة في موقع العمل حيث ان أي اختلاف سيؤدي الى الحصول على نتائج خاطئة، وكذلك بالنسبة لتأثير درجات حرارة الخرسانة للأعمار المبكرة على المقاومة القصوى التي قد لاتعطي الوصف الصحيح للمقاومة ففي بعض الحالات اذا كانت الخرسانة معرضة لدرجات حرارية عالية فان ذلك يؤدي الى ارتفاع المقاومة في الأعمار المبكرة ولكنها تقل في الأعمار المتأخرة مقارنة مع مزجات خرسانية معرضة لدرجات حرارة اقل، وهنالك ايضا عوامل اخرى تؤثر على مقاومة الخرسانة مثل الانضمام (Consolidation) والتي قد لاتعطي القياسات الصحيحة للإنضاج .



الشكل (1) رسم توضيحي لمفهوم الانضاج [3]

الهدف من البحث:

الهدف الرئيسي لهذا البحث هو معرفة تأثير استخدام مفهوم الإنضاج (Maturity) على مقاومة الانضغاط للخرسانة بالاعتماد على طريقة Plowman لظروف معالجة مختلفة (غمر بالماء وتعريض للهواء) ولانواع مختلفة من السمنت (سمنت بورتلاند الاعتيادي وسمنت مقاوم للاملاح وسمنت بورتلاند الاعتيادي مع مضاف الغبرة (كاربونات الكالسيوم) بمقدار 15% من وزن السمنت) ولأعمار مختلفة (3,7,14,28) يوماً وفي درجات حرارية مختلفة (27±2°C) (80.6±2°F) و(34±2°C) (93.20±2°F) والتي تمثل درجات الحرارة الفعلية لظروف المعالجة وقت اجراء التجارب المختبرية ومن ثم ايجاد علاقة بين مقاومة الانضغاط

والإنضاج للاستفادة منها عمليا لغرض تقدير مقاومة الانضغاط موقعيا ومقارنة النتائج المستحصلة من الفحوصات المختبرية مع النتائج النظرية الناتجة من معادلة Plowman.

الدراسات السابقة:

تم تناول هذا الموضوع من قبل العديد من المختصين والباحثين لما له من اهمية كبيرة في المشاريع الهندسية اذ اجرى الباحث (Brooks) واخرون [4] دراسة لايجاد تأثير استخدام مفهوم الإنضاج على عدد من الخلطات لمونة السمنت (Mortar) (11 خلطة) لايجاد مقاومة الانضغاط لتلك الخلطات المكونة من السمنت نوع I ، اذ تم استخدام عدد من المضافات (Class C flyash, Class F flyash, ground-granulated blast-furnace slag) كنسب مئوية من وزن السمنت كتعويض عن السمنت (Replacment)، اعتمدت طريقة ASTM C1074 لايجاد مقاومة الانضغاط لنماذج مونة السمنت، حيث استخدم مكعبات قياسية بحجم (51×51×51mm) وتم معالجتها لثلاث درجات حرارية مختلفة (8,23,40°C) وكانت مغمورة تحت الماء ولأعمار مختلفة، تم الاستنتاج بان النماذج المعالجة تحت درجات الحرارة العالية تظهر انخفاظا ملحوظا بقيمة مقاومة الانضغاط في الأعمار المتأخرة مقارنة بالنماذج المعالجة تحت درجات حرارة اقل وكذلك تاثير انواع المضافات ونسبها كان له تأثير واضح في قيم مقاومة الانضغاط، تم الاعتماد على نتائج فحص المكعبات في ايجاد درجة حرارة الاسناد (Datum Temperature) وقيمة E (Activation Energy) المستخدمة في معادلة الإنضاج والتي كانت مختلفة حسب المزجات المختلفة.

البرنامج العملي:

1- مفهوم الإنضاج: يعد مفهوم الإنضاج من الاساليب المهمة للتنبؤ بمقدار مقاومة الخرسانة، حيث يُؤخذ بنظر الاعتبار تأثير الوقت ودرجات الحرارة على تطور مقاومة الخرسانة، تم الاعتماد في هذه الدراسة على معادلة Plowman [5] والمتمثلة بـــ :

Maturity = age of concrete(hrs) × average temperature (T_T◦)…….. (1)

age : عمر الخرسانة بالساعات (hrs) .

T : معدل درجة حرارة الخرسانة خلال العمر المطلوب.

T◦ (Datum Temperature) : حرارة الاسناد.

اذ ان (Datum Temperature) المعتمدة في هذا البحث والمقترحة من قبل الباحث Plowman كانت (-11.6°C) (11°F) علماً ان (°F= 9/5*°C+32) حيث ان الخرسانة لاتكتسب اية مقاومة دون هذه الدرجة.

2- المواد المستخدمة: تم استخدام المواد المتوفرة محلياً وهي السمنت، الماء، الركام الناعم، الركام الخشن، المضاف (الغبرة (كاربونات الكالسيوم)).

أ- السمنت: تم استخدام نوعين من السمنت، سمنت عراقي محلي مصنع بموجب المواصفات العراقية المرقمة (IQS, NO.5 1984) [6] ومطابق لمواصفات السمنت البورتلاندي منتج في معمل بادوش وسمنت بورتلاندي مقاوم للاملاح. والجدول (1) يبين الخصائص الفيزيائية للاسمنت المستخدم ومقارنتها مع حدود المواصفة.

ب- الماء: استخدم ماء الشرب الاعتيادي لمدينة الموصل في جميع المزجات الخرسانية لهذا البحث.

ج- الركام الناعم: الرمل المستخدم هو رمل نهري (River Sand) وبمعامل نعومة(2.6) وبتدرج مطابق للمواصفة البريطانية (B.S 882: 1992) [6] وكما موضحة في الجدول (2).

د- الركام الخشن: تم استخدام الحصى النهري المحلي المتوافر في إطراف مدينة الموصل وبمقاس أقصى للركام (20mm) ، والجدول (3) يبين تدرج الركام الخشن وفقا للمواصفة البريطانية (B.S 882: 1992) [7].

ه- المضاف: تم استخدام مادة الغبرة (كاربونات الكالسيوم $caco_3$) المارة من منخل رقم 200 كمضاف الى الخلطة الخرسانية.

جدول (1): الخصائص الفيزيائية للاسمنت المستخدم

سمنت بادوش		
الخصائص	النتائج	حدود المواصفة العراقية (IQS, NO.5 1984) (%)
النعومة (نسبة المتبقي على منخل رقم 170)	4%	لا تزيد عن 10%
وقت التماسك		
ابتدائي (دقيقة)	110	لا يقل عن 45 دقيقة
نهائي (دقيقة)	150	لايزيد عن 600 دقيقة
مقاومة الانضغاط (MPa)		
3 أيام	23	لا تقل عن (16 MPa)
7 أيام	26.1	لا تقل عن (24 MPa)
السمنت المقاوم للأملاح		
النعومة (نسبة المتبقي على منخل رقم 170)	3%	لا تزيد عن 10%
وقت التماسك		
ابتدائي (دقيقة)	120	لا يقل عن 45 دقيقة
نهائي (دقيقة)	170	لايزيد عن 600 دقيقة
مقاومة الانضغاط (MPa)		
3 أيام	24.26	لا تقل عن (16 MPa)
7 أيام	30.1	لا تقل عن (24 MPa)

جدول (2): نسب المواد المارة للتحليل المنخلي للرمل المستخدم مع النسب المارة العليا والدنيا للمواصفة البريطانية (B.S 882: 1992)

مقاس المنخل(mm)	% المارة العليا القياسية	% المارة لنموذج الرمل المستخدم	% المارة الصغرى القياسية
4.75	100	100	89
2.36	100	84	80
1.18	100	73	70
0.6	100	55	55
0.3	70	24	5
0.15	15	7	0

جدول (3) يبين تدرج الركام الخشن

مقاس المنخل(mm)	النسبة المئوية المارة للمادة (%)	
	الأنموذج	حدود المواصفة البريطانية % (B.S 882: 1992)
37.5	100	100
20	95	90 – 100

40 – 80	60	14
30 – 60	45	10
0 – 10	0	5

3- نسب الخلطة الخرسانية: تم الاعتماد على الخلطة الخرسانية ذات النسب الوزنية (0.575 / 4 : 2 :1) وبهطول ثابت مقداره (6.5 mm) اعتمادا على ان الركام بنوعيه (الناعم والخشن) كان بحالته الجافة (Air Dry) وبكمية سمنت تبلغ ($315\ kg/m^3$)، تم في هذا البحث تحضير ثلاث خلطات خرسانية وكما يلي:

1- الخلطة الاولى (M1): استخدم فيها السمنت البورتلاندي الاعتيادي وبطريقتين للمعالجة، غمر بالماء بمعدل درجة حرارة (27±2°C) (80.6±2°F) ومعرض للهواء بمعدل درجة حرارة (34±2°C) (93.20±2°F) ولأعمار مختلفة (3,7,14,28) يوماً .

2- الخلطة الثانية (M2): استخدم فيها السمنت البورتلاندي المقاوم للاملاح وبطريقتين للمعالجة، غمر بالماء بمعدل درجة حرارة (27±2°C) (80.6±2°F) ومعرض للهواء بمعدل درجة حرارة (34±2°C) (93.20±2°F) ولأعمار مختلفة (3,7,14,28) يوماً .

3- الخلطة الثالثة (M3): استخدم فيها السمنت البورتلاندي الاعتيادي مع مضاف الغبرة بنسبة 15% وزناً كتعويض عن وزن السمنت (Replacement) وبطريقتين للمعالجة، غمر بالماء بمعدل درجة حرارة (27±2°C) (80.6±2°F) ومعرض للهواء بمعدل درجة حرارة (34±2°C) (93.20±2°F) ولأعمار مختلفة (3,7,14,28) يوماً .

تم صب ثلاثة نماذج خرسانية مكعبة mm(100×100×100) لكل خلطة ولكل طريقة معالجة ولكل عمر من الأعمار لأغراض الفحوصات المختبرية ، والجدول (4) يبين عدد النماذج الخرسانية المعدة لغرض هذه الدراسة .

جدول (4) يبين عدد النماذج الخرسانية المطلوبة لكل خلطة

رقم الخلطة	طريقة المعالجة	العمر	درجة الحرارة °C (°F)	نوع الفحص	عدد النماذج
M1	مغمورة بالماء	(3,7,14,28) يوماً	(27±2°C) (80.6±2°F)	مقاومة الانضغاط و الإنضاج	12
	معرضة للهواء		(34 ±2°C) (93.20±2°F)	مقاومة الانضغاط و الإنضاج	12
M2	مغمورة بالماء	(3,7,14,28) يوماً	(27±2°C) (80.6±2°F)	مقاومة الانضغاط و الإنضاج	12
	معرضة للهواء		(34 ±2°C) (93.20±2°F)	مقاومة الانضغاط و الإنضاج	12
M3	مغمورة بالماء	(3,7,14,28) يوماً	(27±2°C) (80.6±2°F)	مقاومة الانضغاط و الإنضاج	12
	معرضة للهواء		(34 ±2°C) (93.20±2°F)	مقاومة الانضغاط و الإنضاج	12

∴مجموع النماذج لكل خلطة خرسانية كانت 24 نموذج أي لجميع المزجات الخرسانية المشار اليها في الجدول (4) كانت 72 نموذج.

مع ملاحظة انه تم صب نماذج اضافية بلغت 36 نموذج لغرض اجراء المقارنات المطلوبة في هذا البحث.

4- الخصائص المبحوثة:

1- تم ايجاد مقاومة الانضغاط لجميع المزجات الخرسانية وبالاعتماد على مفهوم الإنضاج، بعد ذلك تم ايجاد علاقة بين مقاومة الانضغاط والإنضاج والتي تم قياسها بالـ (°F-hr) لتلك النماذج الخرسانية، اذ تم ايجاد منحني لوغاريتمي يمثل افضل تمثيل للنقاط المرسومة باستخدام برنامج الـ (Excel) والناتجة من العلاقة المذكورة اعلاه وتم تمثيلها بالمعادلة التالية:

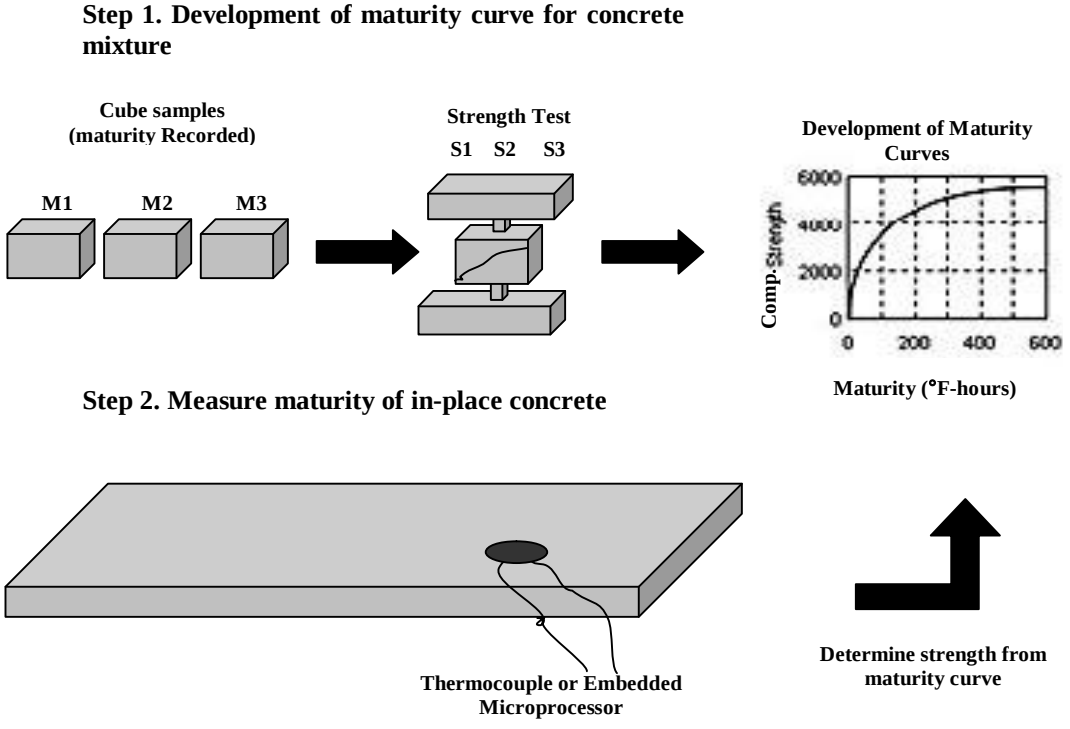
$$\text{Strength} = C \times \text{Ln (maturity)} + D \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

اذ ان C,D : ثوابت تم استنتاجها اعتمادا على النتائج المستحصلة من فحص النماذج الخرسانية مختبريا.
حيث يمكن ايجاد مقاومة الانضغاط أنيا في مواقع الاعمال الانشائية لاي قيمة إنضاج (من خلال قياس درجة حرارة الخرسانة باستخدام المحارير الخاصة بذلك) وبالاعتماد على المعادلة اعلاه، يتم تعويض أي قيمة مطلوبة للإنضاج في هذه المعادلة فيتم استنتاج مقاومة الانضغاط لتلك الخلطة الخرسانية ولكي تكون النتائج صحيحة يجب ان تكون للخرسانة الموقعية نفس مواصفات النماذج التي فحصت مختبريا، ويوضح الشكل(2) طريقة ايجاد مقاومة الانضغاط باستخدام طريقة الإنضاج.

2- مقارنة النتائج المستحصلة من الفحوصات المختبرية مع المعادلة المقترحة من قبل الباحث Plowman [5] ، اذ ان الباحث اقترح معادلة **لايجاد مقاومة الانضغاط عند أي قيمة إنضاج كنسبة مئوية من مقاومة الانضغاط لاي قيمة إنضاج اخرى** كما يلي:

$$\%\ \text{of Strength at 28 days \& 64°F} = A + B \log (\text{maturity} \times 10^{-3}) \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

يُلاحظ ان الباحث مثل المعادلة عند 28 يوم ولدرجة حرارة 64°F ولقيمة إنضاج (35600°F-hr) ولكنها تسري على أي قيمة إنضاج اخرى.
قيم A,B: تمثل قيم اقترحها الباحث والمتمثلة بالجدول(5).



الشكل(2) طريقة ايجاد مقاومة الانضغاط باستخدام مفهوم الانضاج

جدول (5) يبين قيم الثوابت المقترحة من قبل الباحث Plowman

Strength at maturity of 35600 °F-hr (Ib/in^2)	Coefficient	
	A	B
< 2500	-7	68
2500-5000	6	61
5000-7500	18	54
7500-10000	30	46.5

النتائج والمناقشة:

سيتم عرض النتائج التي تم الحصول عليها بالنسبة للخرسانة في حالتها المتصلبة من ناحية مقاومة الانضـــغاط والإنضاج إضافة إلى مناقشة النتائج وتحليلها.

1- مقاومة الانضغاط: تم فحص مقاومة الانضغاط للخرسانة للأعمار (3,7,14,28) يوماً لـــثلاث مزجـــات خرســـانية ولدرجات حرارة مختلفة ولظروف معالجة مختلفة وفيما يلي الجدول(6) يبين نتائج فحص النماذج المختبريـــة الخاصـــة بالمزجات (M1, M2, M3).

الجدول (6) : مقاومة الانضغاط العملية لجميع المزجات الخرسانية

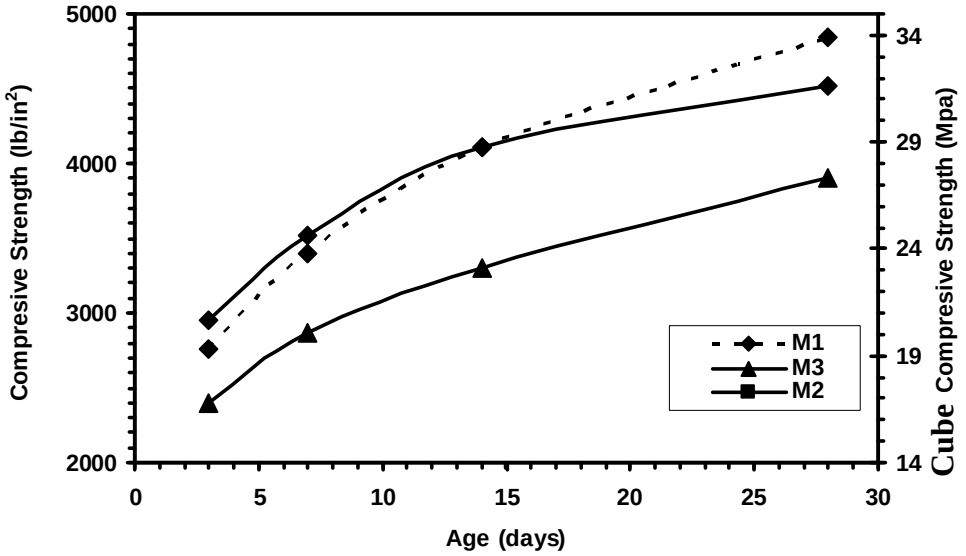
رقم الخلطة	طريقة المعالجة	العمر (بالايام)	درجة الحرارة (°F-hr)	مقاومة الانضغاط (Ib/in^2)	مقاومة الانضغاط Mpa
M1	غمر بالماء	3	(80.6±2°F)	2765	19.07
		7		3393	23.40
		14		4108	28.33
		28		4838	33.37
	تعرض للهواء	3	(93.20±2°F)	2770	19.10
		7		3229	22.27
		14		3408	23.50
		28		3543	24.43
M2	غمر بالماء	3	(80.6±2°F)	2951	20.35
		7		3524	24.30
		14		4108	28.33
		28		4519	31.17
	تعرض للهواء	3	(93.20±2°F)	2552	17.60
		7		3039	20.96
		14		3103	21.40
		28		3466	23.90
M3	غمر بالماء	3	(80.6±2°F)	2399	16.55
		7		2866	19.77
		14		3306	22.80
		28		3905	26.93
	تعرض للهواء	3	(93.20±2°F)	2110	14.55
		7		2513	17.33

18.30	**2654**		**14**		
18.80	**2726**		**28**		

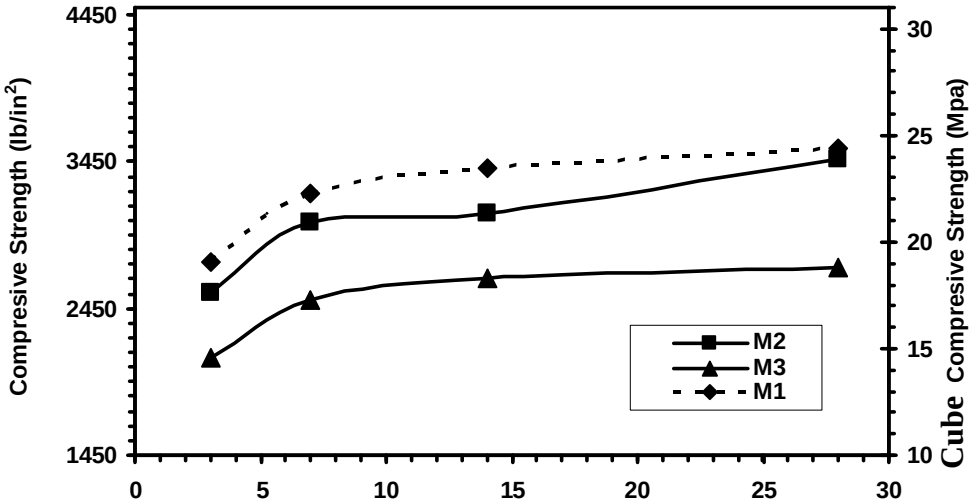
ومن الجدول اعلاه يُلاحظ ان مقاومة الانضغاط للخلطة (M2) كانت اعلى في عمر 3 ايام بنسبة (7%) عند معالجتها بالماء وبمعدل درجة حرارة (80.6±2°F) نسبة للخلطة (M1) اما بالنسبة للخلطة (M3) فقد انخفضت مقاومة الانضغاط بنسبة (13%)، اما عند عمر 7 ايام فقد ارتفعت مقاومة الانضغاط للخلطة (M2) ايضا بنسبة (4%) وانخفضت بنسبة (16%) للخلطة (M3) نسبة للخلطة (M1)، اما بالنسبة لعمر 14 يوم فقد تساوت مقاومة الانضغاط للمزجتين (M1,M2) وقلت بنسبة (20%) للخلطة (M3)، اما للعمر 28 يوم فقد انخفضت مقاومة الانضغاط لتصل الى (7%) للخلطة (M2) و(19%) للخلطة (M3) نسبة للخلطة (M1)، ويوضح الشكل(3) العلاقة بين مقاومة الانضغاط وعمر الخرسانة مقاسة بالايام ومن خلال الشكل يلاحظ ان اكثر نسبة انخفاض في مقاومة الانضغاط كانت للخلطة (M3) الحاوية على مضاف الغبرة (كاربونات الكالسيوم) وخاصة في عمر 14 يوم

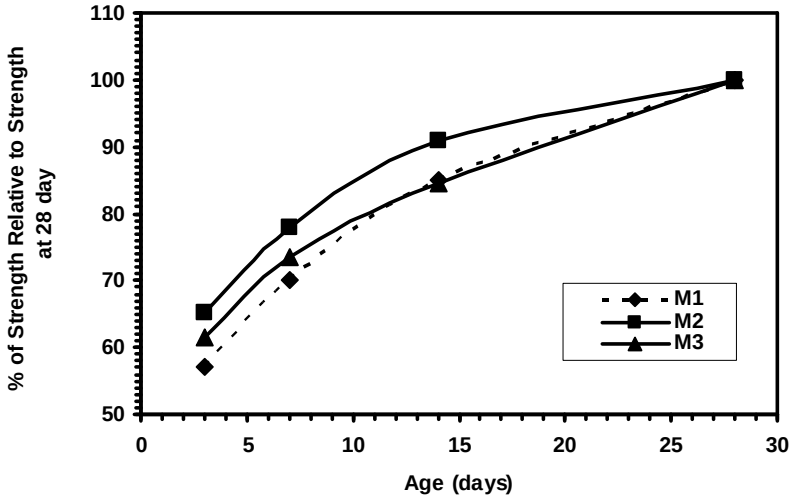
اما بالنسبة للنتائج الخاصة بمقاومة الانضغاط عند المعالجة بالهواء وبمعدل درجة حرارة (93.20±2°F) فيُلاحظ انخفاض مقاومة الانضغاط بنسبة (8,24%) للمزجات (M2,M3) على التوالي نسبة للخلطة (M1) عند عمر 3 ايام، اما عند عمر 7 ايام فقد كان هنالك ايضا انخفاض بنسبة (6,22%) للمزجات (M2, M3) وفي عمر 14 يوم قلت المقاومة لتصل الى (9%) للخلطة (M2) و(22%) للخلطة (M3)، اما بالنسبة لعمر 28 يوم فقد انخفضت مقاومة الانضغاط بنسبة (2,23%) للمزجات (M2, M3) نسبة للخلطة (M1)، ويوضح الشكل(4) العلاقة بين مقاومة الانضغاط وعمر الخرسانة مقاسة بالايام ومن خلال الشكل يلاحظ ان قيمة الفقدان كانت اكثر للخلطة (M3) الحاوية على مضاف الغبرة (كاربونات الكالسيوم) وخاصة عند الأعمار(28 ,3) يوما.

ويوضح الشكل(5,6) العلاقة بين عمر الخرسانة بالايام وبين نسبة مقاومة الانضغاط الى مقاومة الانضغاط عند 28 يوم ولطريقتي المعالجة (غمر بالماء والمعالجة بالهواء).

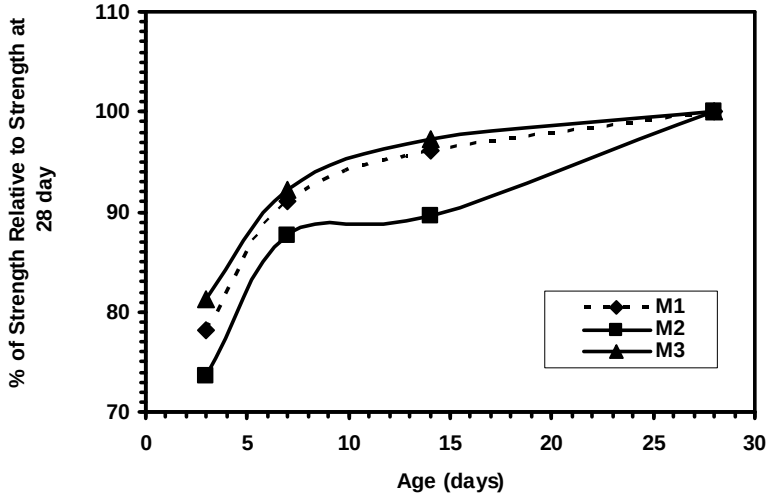


الشكل(3) العلاقة بين مقاومة الانضغاط وعمر الخرسانة المعالجة بالغمر بالماء





الشكل(5) العلاقة بين عمر الخرسانة وبين نسبة مقاومة الانضغاط الى مقاومة الانضغاط عند 28 يوم في حالة الغمر بالماء



الشكل(6) العلاقة بين عمر الخرسانة وبين نسبة مقاومة الانضغاط الى مقاومة الانضغاط عند 28 يوم في حالة المعالجة بالهواء

ومن خلال الاشكال اعلاه يُلاحظ ان مقاومة الانضغاط تكون اقل عند المعالجة بالهواء مقارنة بمقاومة الانضغاط عنـــد المعالجة بالغمر بالماء.

2- الإنضاج: تم الاعتماد على طريقة Plowman لغرض ايجاد الإنضاج (Maturity) لجميع النماذج الخرسانية بالاعتماد على المعادلة (1) انفة الذكر اذ بعد احتساب مقاومة الانضغاط لجميع النماذج تم ايجاد قيم الإنضاج لتلك النماذج عند كل عمر ولظروف المعالجة المختلفة، وكم مبين بالجدول(7).

وقد تم اعتماد قيمة درجة حرارة الاسناد (Datum Temperature) (11°F) وعلى اساسها تم ايجاد الإنضاج، اعتمادا على النتائج المستخرجة تم رسم علاقة بين الإنضاج ومقاومة الانضغاط للمزجات (M1, M2, M3) لمختلف الأعمار وظروف المعالجة وكما مبين في الاشكال(7,8,9).

الجدول (7) : قيم الإنضاج لجميع المزجات الخرسانية

رقم الخلطة	طريقة المعالجة	العمر (بالايام)	درجة الحرارة (°F-hr)	الإنضاج (Maturity) (°F-hr)
M1	غمر بالماء	3	(80.6±2°F)	4920
		7		11693
		14		23295
		28		46801
	تعرض للهواء	3	(93.20±2°F)	6026
		7		14082
		14		28526
		28		56720
M2	غمر بالماء	3	(80.6±2°F)	5011
		7		11753
		14		22660
		28		46076
	تعرض للهواء	3	(93.20±2°F)	6113
		7		13931
		14		27498
		28		56115
M3	غمر بالماء	3	(80.6±2°F)	5011
		7		11511
		14		22660
		28		45985
	تعرض للهواء	3	(93.20±2°F)	5951
		7		13568
		14		27347
		28		55843

من خلال الاشكال(7,8,9) تم ايجاد منحني لوغاريتمي يمثل افضل تمثيل للنقاط المرسومة والممثلة بالصيغة:

$$Y = C \times Ln(x) + D$$

اذ ان Y : تمثل مقاومة الانضغاط لاي قيمة إنضاج مقاسة بـــ (Ib/in^2).

X : قيمة الإنضاج (°F-hr).

C, D : ثوابت تم ايجادها اعتمادا على الفحوصات المختبرية للنماذج الخرسانية.

فمن خلال هذه المعادلة نستطيع ان نتنبأ بأي قيمة لمقاومة الانضغاط عند أي قيمة إنضاج.
وقد تم فحص عدد من النماذج الخرسانية في أعمار مختلفة لغرض معرفة دقة المعادلات التي تم استنتاجها، اذ تم مقارنة النتائج المستحصلة من فحص النماذج الخرسانية في المختبر مع النتائج المستحصلة من المعادلات المستنتجة وكما موضح بالجدول(8)، ومن خلال الجدول يمكن ان يُلاحظ ان نسبة الخطأ لمعظم النماذج كانت اقل من 10% وهذه نسبة تعتبر مقبولة مما يدل على فعالية المعادلات المستنتجة وامكانية استخدامها في موقع العمل، ويوضح الجدول(9) قيم الثوابت C,D التي تم الحصول عليها من الفحص المختبري.

الشكل (7) العلاقة بين انضاج الخرسانة وبين مقاومة الانضغاط للخلطة (M1)

الشكل (8) العلاقة بين انضاج الخرسانة وبين مقاومة الانضغاط للخلطة (M2)

شكل(9) العلاقة بين انضاج الخرسانة وبين مقاومة الانضغاط للخلطة (M3)

الجدول (8) مقارنة بين النتائج المختبرية مع نتائج المعادلات المستنتجة لجميع الخلطات الخرسانية

رقم الخلطة	طريقة المعالجة	العمر (بالأيام)		الحرارة (°F)	مقاومة الانضغاط من الفحوصات المختبرية (lb/in^2)	مقاومة الانضغاط من المعادلات المستنتجة من الاشكال اعلاه (lb/in^2)		نسبة الخطأ %	
M1	غمر بالماء	23		80.44	4452	4591		3%	
	تعرض للهواء	22		107.33	3185	3592		11%	
M2	غمر بالماء	31	23	79.50	4568	4408	4624	-5%	-3.6%
	تعرض للهواء	22	17	107.85	3224	3258	3421	11%	1%
M3	غمر بالماء	30	23	79.45	3664	3714	3892	-3.5%	1%
	تعرض للهواء	22	19	104.99	2726	2688	2765	13.5%	-1.4%

جدول (9) يبين قيم الثوابت المستنتجة من الفحوصات المختبرية

No. of mix.	Method of curing	Coefficient	
		C	D
M1	Moist	926.68	-5184.4
M2		722.53	-3207.4
M3		674.36	-3394.3
M1	Air	340.60	-122.94
M2		385.52	-759.05
M3		271.53	-170.77

وقد تم مقارنة نتائج فحص النماذج مختبريا لمقاومة الانضغاط مع النتائج النظرية لمعادلة Plowman بالاعتماد على المعادلة(3) التي سبق ذكرها وكما موضح في الجدول ادناه:

الجدول (10) مقارنة بين النتائج المختبرية مع نتائج معادلة Plowman لجميع المزجات الخرسانية

رقم الخلطة	طريقة المعالجة	العمر (بالايام)	مقاومة الانضغاط من الفحوصات المختبرية(Ib/in^2)	مقاومة الانضغاط من معادلة Plowman (Ib/in^2)	نسبة الخطأ %
M1	غمر بالماء	3	2765	2333	-18.5%
		7	3393	3442	1.4%
		14	4108	4325	5%
		28	4838	5220	7.3%
	تعرض للهواء	3	2770	1898	-45%
		7	3229	2695	-20%
		14	3408	3358	1.5%
		28	3543	4003	11.5%
M2	غمر بالماء	3	2951	2201	-34%
		7	3524	3221	-9.4%
		14	4108	4007	-2.5%
		28	4519	4857	7%
	تعرض للهواء	3	2552	1870	-36%
		7	3039	2626	-15.7%
		14	3103	3251	4.5%
		28	3466	3905	11.3%
M3	غمر بالماء	3	2399	1902	-26%
		7	2866	2762	-3.8%
		14	3306	3463	4.5%
		28	3905	4195	7%
	تعرض للهواء	3	2110	1452	-45%
		7	2513	2047	-22.7%
		14	2654	2553	-4%
		28	2726	3069	11%

يُلاحظ من الجدول اعلاه ان نسبة الخطأ لمعظم المزجات كانت جيدة ومقبولة عدا النماذج المفحوصة في عمر 3 ايام اذ يُلاحظ ان نسبة الخطأ كانت كبيرة ويمكن ان يعزى السبب في ذلك الى ضعف ظروف المعالجة في المختبر اذ تُركت النماذج بعد الصب معرضة للهواء بدرجة حرارة 37°C (98.60°F) تقريبا قبل ان تغمر بالماء مما ادى الى

اكتسابها لمقاومة الانضغاط اعلى من مقاومة الانضغاط التي كان من المفترض ان تكون وذلك بتاثير الإنضاج وارتفاع درجات الحرارة، كما ويُلاحظ ان النماذج المعالجة بالماء حققت نتائج افضل من النماذج المعرضة للهواء .

ولغرض معرفة تأثير الإنضاج على مقاومة الانضغاط تم حل بعض الامثلة لغرض توضيح ذلك:

لغرض ايجاد مقاومة الانضغاط المكافئة لقيمة الإنضاج عند الظروف المثالية (عند عمر 28 يوم ودرجة حرارة 64.0°F) والتي تساوي (35600°F-hr) تم استخدام المعادلة(1)، فمن خلال هذه المعادلة تم استنتاج عدد الايام اللازمة عند درجة حرارة 80.60±2°F وفي حالة الغمر بالماء للخلطة M1 وكانت تساوي (23-22) يوم، وقد تم فحص مقاومة الانضغاط للنماذج الخرسانية عند عمر 23 يوم وكانت تساوي(4451.5 psi) وعند مقارنتها مع المعادلة المستنتجة من الفحوصات المختبرية والمتمثلة بـ **(Y=926.68Ln(x)-5184.4)** عند عمر 28 يوم ودرجة حرارة 64.0°F وقيمة إنضاج (35600°F-hr) يُلاحظ ان مقاومة الانضغاط كانت (4527.29 psi)، من خلال هذا المثال نستطيع ان نستنتج ان مقاومة الانضغاط عند عمر 28 يوم ودرجة حرارة 64.0°F تساوي تقريبا مقاومة الانضغاط عند 23 يوم ودرجة حرارة 80.6°F وذلك بسبب تأثير الإنضاج على تلك النماذج وكما موضح بالشكل(1).

اما في حالة استخدام المعالجة بالهواء لدرجة حرارة 93.20±2°F للخلطة M2 تم استخدام نفس المعادلة(1) اعلاه لغرض استنتاج عدد الايام اللازمة لإنضاج الخرسانة للحصول على مقاومة انضغاط تكافئ مقاومة الانضغاط عند عمر28 يوم ودرجة حرارة 64.0°F فكانت عدد الايام تساوي (18-17) يوم وقد تم الفحص عند 17 يوم وكانت مقاومة الانضغاط(3223.8psi) والتي تكافيء تقريبا (3281.23psi) عند قيمة إنضاج (35600°F-hr) عند تطبيق المعادلة(**Y= 385.52Ln(x)-759.05**)

الاستنتاجات:

تم التوصل الى الاستنتاجات التالية على ضوء النتائج التي تم الحصول عليها من خلال هذه الدراسة وكما يلي:

1- كانت مقاومة الانضغاط للخلطة M2 عند درجة حرارة(27±2°C) (80.6±2°F) وعند معالجتها بالماء اعلى عند الأعمار (3,7) يوم بنسبة (7,4%) على التوالي اما بالنسبة لعمر 14 يوم فقد تساوت مقاومة الانضغاط للمزجتين (M1,M2)وقلت عند عمر 28 يوم بنسبة (7%) نسبة للخلطة المرجعية M1، اما بالنسبة للخلطة M3 (الحاوية على نسبة 15% من مضاف الغبرة التي تم اضافتها كتعويض عن وزن السمنت) فقد حققت على اكبر نسب انخفاض في مقاومة الانضغاط والتي وصلت الى (13,16,20,19%) للأعمار (3,7,14,28) يوما.

2- انخفضت مقاومة الانضغاط للخلطة M2 عند المعالجة بالهواء ولدرجة حرارة (34±2°C) (93.20±2°F) بنسبة (8,6,9,2%) للأعمار (3,7,14,28) يوما على التوالي، اما بالنسبة للخلطة M3 فقد انخفضت بنسبة (24,22,22,23%) للأعمار(3,7,14,28) يوما.

3- علاقة المقاومة-الإنضاج المستنتجة من الفحوصات المختبرية يمكن استخدامها بفعالية عالية لغرض التنبؤ بمقدار مقاومة الانضغاط في موقع العمل حيث كانت نسب الخطأ لمعظم النتائج مقبولة اذ كانت اقل من 10%.

4- اثبتت طريقة الإنضاج فعالية كبيرة لغرض استنتاج مقاومة الانضغاط على شرط ان تكون النماذج المفحوصة مختبريا لها نفس مواصفات الخرسانة في موقع العمل.

5- استخدام طريقة Plowman واستخدام درجة حرارة الاسناد (Datum Temperature) 11°F اثبتت فعالية كبيرة من خلال مقارنة النتائج المختبرية مع المعادلة المقترحة من قبل الباحث، اذ يُلاحظ ان فعالية المعادلة كانت ادق مع النماذج المعالجة بالماء.

6- للإنضاج تأثير كبير على مقاومة الانضغاط وذلك من خلال الأخذ بنظر الاعتبار التاريخ الحراري للنماذج الخرسانية إضافة للزمن فعلى سبيل المثال تم ملاحظة ان مقاومة الانضغاط عند عمر 28 يوم ودرجة حرارة 64°F تكافيء مقاومة الانضغاط عند عمر 23 يوم ودرجة حرارة 80.6°F و مقاومة الانضغاط عند عمر 28 يوم ودرجة حرارة 64°F تكافيء مقاومة الانضغاط عند عمر 17 يوم ودرجة حرارة 93.2°F .

المصادر:

1. Saul, A.G., “Principles underlying the Steam Curing of Concrete at Atmospheric Pressure”, Magazine of Concrete Research, vol. 2, no. 6, March 1951, pp. 127-140.
2. Nelson, P.K.," Handbook of Nondestructive and Innovative Testing Equipment for Concrete". Final Report. Federal Highway Administration, Washington, DC.,2003.
3. "Maturity Testing for Concrete Pavement Applications", Concrete Pavement Technology Program, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, November, 2005.
4. Brooks, A.G., Schindler, A.K., Barnes, R.W., "Maturity Method Evaluated For Various Cementitious Material", Journal of Material In Civil Engineering , Vol. 19, No.12, December, 2007.
5. Neville, A.M., "Properties of Concrete", 2nd Edition, Pitman Publishing Ltd, London, 1995.
6. المواصفات القياسية (رقم 5), (1984) " خصائص السمنت البورتلاندي الاعتيادي " , الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية , العراق 1984.
7. BS. 882-1992, "Aggregate From Natural Source for Concrete" , British Standard Institution, 1992.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل

تاثير نوعية مياه الخوصرعلى نهر دجلة والمعالجة الاولية لها

ميادة حازم محمد علي

كلية الهندسة/القسم المدني/ جامعة الموصل

الخلاصة

ركزت الدراسة على تقييم نوعية مياه نهر الخوصر الذي يصرف مطروحاته بشكل مباشر الى نهر دجلة ضمن مدينة الموصل ، وهويمثل مزيج من مياه الفضلات المنزلية والمستشفيات. ، بينت النتائج تزايد تراكيز الفوسفات لمياه نهر الخوصر بمقدار (5) مرات، والمتطلب الحيوي والكيمياوي للاوكسجين بمقدار (1.48,1.5) مرة عن محـــددات طرح مياه الفضلات للمواصفة العراقية لحماية الموارد المائية رقم (25 – ب 1) لسنة (1967) م ، كمـــا صـــنفت فضلات مياه نهر الخوصر حسب الحمل العضوي بانها ذات مستوى ضعيف أذ بلغ معدل الطلب الحيوي للاوكســـجين بحدود (60)ملغم/لتر. وتبين وجود مؤشرات تلوث عضوي في نهر دجلة عند المصب وبعده لمسافة تجاوزت (600)م على الجانب الايسر للنهر ، ورغم ذلك بقيت مياه نهر دجلة ضمن المحددات العراقية لحماية الموارد المائية رقـــم (25-أ1) لسنة(1967) م بعد اختلاطها بمصب نهر الخوصر بسبب عامل التخفيف والانتشار. كما بينت الدراسة أن ميـــاه فضلات نهر الخوصر هي فضلات منزلية وأن قيمة ثابت التحلل للمواد العضوية (k) بحدود(0.1315/يوم) وهي تقع ضمن مدى الفضلات المنزلية (0.3 – 0.05/يوم). وباستخدام نظام جريان الجرعة لتهوية الفضلات لفترات زمنيـــة بين (1-48) ساعة ، وجد أن افضل كفاءة ازالة للمواد العضوية كانت عند فترة تهوية مقدارها (26) ساعة .

الكلمات الدالة: نهر دجلة، نهر الخوصر ، مصبات مياه الفضلات، تلوث المياه، مدينة الموصل.

Effect of Water Quality of Khosar on Tigris River and Its Primary Treatment

Mayada Hazim Mohammed Ali

University of Mosul /College of Engg. / Civil Engg dept

Abstract

The present research concentrated on the evaluation of Khosar River water quality which disposes its waste directly into Tigris River within the city of Mosul,It represents a mixture of domestic and hospital wastes . The results showed ancrease in the phosphate concentration of the Khosar river water increased(5) times, the biological and chemical oxygen demand increase by (1.5, 1.48) times respectively compared to the Iraqi standard No. (25-B1) in (1967) of the conservation of water resources. According to the organic load , the Khosar river wastes were classified as weak since the biological oxygen demand (BOD_5) was (60)mg/l as an average. It is noticed that a biological pollution indicators do exist in the Tigers river its effluent at a distance exceeding (600)m in the left bank of the river. Despite that, the Tigris river water remained within the Iraqi standards No. (25-A1) in (1967) for conservation of water resources after its combination to Khosar river effluent due to the facts of dilution and diffussion.

This study indicated that the wastewater of Khosar is a domestic waste, and that the value of the removal constant rate was(k) about (0.1315/day) which is within the range of domestic waste of (0.05-0.3)/day .Using the batch system for the aeration of waste at intervals of (1-48) hrs, it was found that the optimum removal efficiency of organic matter was at an aeration interval of (26) hrs.

Key word: Tigris River, Khosar River, Wastewater effluent, Water pollution, Mosul city.

المقدمة أستلم في 2008/6/15 **قبل في 2008/11/4**