

# مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 44 . العدد 6

1443 هـ . 2022 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير

أ. د. ناصر سعد الدين

رئيس التحرير

أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 963 31 2138071 ++

. موقع الإنترنت : [www.albaath-univ.edu.sy](http://www.albaath-univ.edu.sy)

. البريد الإلكتروني : [magazine@albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

**ISSN: 1022-467X**

## شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
  - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
  - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:  
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
  - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:  
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
  - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :  
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
  - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :  
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث , وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
  - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):  
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
  - 2- هدف البحث
  - 3- مواد وطرق البحث
  - 4- النتائج ومناقشتها .
  - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
  - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات ( الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1. مقدمة.
  2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
  3. أهداف البحث و أسئلته.
  4. فرضيات البحث و حدوده.
  5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
  6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
  7. منهج البحث و إجراءاته.
  8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
  9. نتائج البحث.
  10. مقترحات البحث إن وجدت.
  11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:

- أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
- ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
- ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
- ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر ، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:  
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة ( - ) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة ( ثانية . ثالثة ) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة .  
وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة, اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد ( كتابة مختزلة ) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.  
مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News ,  
Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و  
التقيد

بالبنود ( أ و ب ) ويكتب في نهاية المراجع العربية: ( المراجع In Arabic )

## رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

## المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
28-11	الدكتورة: نجلا الحسن	تأثير سرعة القص على مقاومة الذروة و المقاومة المتبقية للتربة الغضارية
58-29	م. وعد يازجي	مقارنة الاختلافات حول طرق تصميم الأعمدة المركبة المغلفة بالبيتون وفق الكودات التصميمية المختلفة
80-59	همام شاهين د.م. طلال الشهابي	دراسة واقع عمل الموردين في مشاريع التشييد السورية من حيث تحديات عملهم ومعايير اختيارهم
106-81	نور حسين أ.د طالب ديوب	تطبيق نظام التهوية للكائنات الحية في المباني العامة
134-107	منار جهجاه د. علي دياب	اقتراح نموذج رياضي برمجي لإيجاد خطة النقل الأقل كلفة بحال وجود مستودعات





## تأثير سرعة القص على مقاومة الذروة و المقاومة

### المتبقية للتربة الغضارية

الدكتورة: نجلا الحسن

قسم الهندسة الجيوتكنيكية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

#### ملخص البحث

لدراسة توازن المنحدرات والعوامل المختلفة التي تؤثر عليها ، تم بحث التغيير في مقاومة القص ( مقاومة الذروة و مقاومة القص المتبقية ) لتربة سطح الانزلاق تبعاً للتغيير في سرعة القص.

في هذا البحث تم دراسة تأثير سرعة القص على مقاومة القص المتبقية لتربة غضارية متوسطة اللدونة ، وتبين أنه بزيادة السرعة تقل مقاومة القص المتبقية للترب الغضارية المشبعة.

كما تم دراسة تأثير لدونة التربة الغضارية و رطوبة التربة على مقاومة الذروة و مقاومة القص المتبقية ، وتوصلنا إلى أن مقاومة الذروة والمقاومة المتبقية تتناقص بزيادة الرطوبة ولدونة التربة و أن الفرق بين مقاومة الذروة و المقاومة المتبقية يكون أكبر كلما كانت رطوبة التربة منخفضة و لدونة التربة أقل.

تم دراسة تأثير الوزن الحجمي الجاف على مقاومة القص المتبقية و تبين نقصان مقاومة القص المتبقية بانخفاض الوزن الحجمي الجاف للتربة .

**الكلمات المفتاحية :** سرعة القص ، مقاومة الذروة ، المقاومة المتبقية ، رطوبة التربة ، لدونة التربة.

## shear velocity effect on peak strength and residual strength of clay soil

### Abstract

To study the stability of slopes and the various factors affecting on it , the change in shear strength (peak strength and residual shear strength) of the slip surface soil according to the change in shear velocity was investigated .In this paper ,effect of shear velocity on the residual shear strength of medium-plastic clay soils was studied, and it was found that with increasing speed, the residual shear strength of saturated clay soils decreases .The effect of moisture and plasticity of clay soil on peak and residual shear strength were also studied .We found that peak and residual strength decrease with increasing moisture and soil plasticity .We also found that difference between peak and residual shear strength is greater when the plasticity and moisture of soil are lower. The effect of dry unit weight on the residual shear strength was studied, and it was found that residual shear strength decreased with a decreasing the dry unit weight of the soil.

**Key words:** shear velocity, peak strength, residual strength, soil moisture, soil plasticity.

## 1 - مقدمة

يتم وصف مقاومة القص للتربة عن طريق مصطلحين مقاومة الذروة و المقاومة المتبقية . عندما يتم قص عينة من التربة ، يصل إجهاد القص عادةً إلى قيمة الذروة عند إزاحة قص صغيرة يُدعى هذا الإجهاد بمقاومة الذروة ، وعندما تزداد إزاحة القص إلى قيمة كبيرة ، فإن مقاومة ما بعد الذروة تنخفض حتى تصل إلى قيمة أصغر ثابتة تُدعى بالمقاومة المتبقية.

تُعرّف مقاومة القص المتبقية بأنها المقاومة الأعظمية التي تبديها التربة لإزاحة القص تحت إجهادات ناظرية فعالة معينة. وهي المقاومة المتاحة للانهيارات الأرضية التي خضعت لإزاحات كبيرة عند سطوح الانزلاق .

لا تعتمد مؤشرات مقاومة القص المتبقية على الخصائص الفيزيائية لجزيئات التربة (التركيب المنبرالي ، حجم وشكل الجزيئات ، خصائص اللدونة ) فقط ، ولكن أيضاً على كيميائية سوائل المسام ( النوع وتركيز الأيونات) ، وكذلك شروط الاختبار (معدل إزاحة القص ، الإجهاد الرأسي الفعال ) أي كل من الهيكل الصلب وماء المسام و شروط الاختبار. على الرغم من أن هذه العوامل قد تم البحث فيها بشكل كامل ، إلا أن تأثير معدلات القص على المقاومة المتبقية لاتزال مثيرة للجدل.

يستخدم جهاز القص المباشر لقياس مقاومة القص المتبقية رغم وجود بعض التحفظات عليه ، ومنها إمكانية قص العينة في الاتجاه الأمامي والخلفي فقط ، و تكون الإزاحة الأفقية لعربة القص عادةً أقل من 0.5cm . نتيجة لذلك لا تخضع العينة لقص مستمر حتى حصول تشوه كبير في اتجاه واحد ، وبالتالي قد لا يتم الحصول على اتجاه كامل لجزيئات الغضار يكون موازي لاتجاه القص. مؤخراً تم استخدام جهاز القص الحلقي على نطاق واسع للحصول على مقاومة القص المتبقية للتربة ، والميزة الأساسية لجهاز القص الحلقي هي قدرته على قص العينة بشكل مستمر في اتجاه واحد حتى إزاحة كبيرة تسمح بتوجيه جزيئات الغضار بشكل موازي لاتجاه القص من أجل إنتاج حالة مقاومة القص المتبقية الحقيقية.

أثناء الزلازل أو الأنشطة البركانية تتغير مقاومة التربة الموجود عند مستويات الانزلاق ، ولتحليل استقرار المنحدرات أو الانهيارات الأرضية ينبغي أن يؤخذ هذا الأمر بعين الاعتبار إذ تعتبر المقاومة المتبقية للتربة واحدة من أهم مؤشرات المقاومة لتقييم استقرار منحدر أرضي تم إعادة تنشيطه ، ويعد التقييم الموثوق لقيمتها أمراً ضرورياً في مشاكل الاستقرار والتنبؤ بسلوك الانهيارات الأرضية . وبالتالي ، فإن دراسة تأثير معدل القص على المقاومة المتبقية للتربة يعتبر أمراً مهماً للغاية من وجهة نظر الهندسة الجيوتكنيكية، ويجب بحث تأثير معدل القص لمحاكاة عملية تطوير منطقة الانزلاق بشكل واقعي.

كان تأثير معدلات الإزاحة المتفاوتة على المقاومة المتبقية للترب محوراً للعديد من الأبحاث السابقة التي ركزت بشكل أساسي على تحديد نطاق معدلات الإزاحة التي تظل فيها المقاومة المتبقية غير متأثرة.

تبعاً لـ Skempton [11] تأثير معدل القص الذي يتراوح بين 0.002-0.1 mm/min على المقاومة المتبقية كان لا يذكر في التربة الغضارية ، كذلك وجد Petley [7] أن مقاومة القص المتبقية تزداد بشكل طفيف يمكن تجاهله عند معدل قص يتراوح من  $4 \times 10^{-5}$  إلى 10mm/min وذلك من أجل عينات غضارية تم الحصول عليها من لندن. بين Tika [14] نتيجة سلسلة من التجارب التي أجراها على ترب غضارية لفهم تأثير معدل الإزاحة على سلوك القص أن مقاومة القص تزداد عندما يكون معدل القص عالياً، غير أن مقاومة القص في تجربة القص السريع تنخفض إلى مقاومة قص متبقية يمكن أن تكون أكبر أو تساوي أو أقل من مقاومة القص المتبقية عند القص البطيء ، واقترح Tika ثلاثة أنماط للانهييار (انهيار انزلاقي ، انقالي و مضطرب ) و ذلك لشرح السلوك المتباين الذي لوحظ لتأثير معدل الإزاحة.

افترض Tika و Hutchison [14] أن الانهيارات الكارثية التي حدثت في سد Vaiont في إيطاليا كان سببها التأثير السلبي للسرعة ، وأظهرت نتائج الاختبارات التي قاما بها وجود علاقة عكسية بين المقاومة المتبقية ومعدل إزاحة القص ، حيث انخفضت المقاومة المتبقية السريعة إلى حوالي 60% من المقاومة المتبقية البطيئة عندما تجاوز معدل إزاحة القص 100mm/min.

وجد Sassa [9] أن المقاومة تكون مستقلة عن معدل القص من أجل الترب الخشنة . تشير العديد من نتائج الأبحاث [7] [1] إلى ارتباط مقاومة القص المتبقية بمعدل الإزاحة ، مما يدل على أن مقاومة القص المتبقية يمكن أن تزيد (تأثير إيجابي) ، أو تنقص (تأثير سلبي) أو تظل ثابتة (تأثير محايد) مع زيادة معدل إزاحة القص [14] [4] ، إلا أن Skempton [11] أكد أن التغير في المقاومة المتبقية يمكن إهماله عندما يكون معدل إزاحة القص بين 0.002-0.01 mm/min .

أشار Wang [16] إلى أن تأثير السرعة الإيجابي يمكن أن يمنع الانهيارات الأرضية الكارثية ، حتى عندما يكون قد حدث إزاحة قص كبيرة في فترة قصيرة من الزمن ، وهذا لأن تأثير السرعة الإيجابي يزيد من المقاومة المتبقية مع زيادة معدل إزاحة القص ، مما يؤدي إلى زيادة الاستقرار.

ونظراً للدور المهم الذي يلعبه تغير معدل إزاحة القص في تطبيق طرق التجارب المخبرية ونتائج الاختبارات ، فقد تم بحث العلاقة بين معدل إزاحة القص و المقاومة المتبقية للترب على نطاق واسع [14] [4] [12] .

بيّن كل من Lupini [6] ، Skempton [11] و Tika [14] أنه بشكل عام يمكن أن تُظهر مقاومة القص المتبقية ثلاثة تأثيرات محتملة إيجابية ، محايدة ، وسلبية. حيث يؤدي الاختلاف في المحتوى الغضاري وشكل الحبيبات إلى طرق قص مختلفة الأمر الذي يُنتج تأثيرات سرعة مختلفة .

تم افتراض بعض الأسباب لتأثير معدل القص من أجل شرح و تفسير علاقة معدل القص بالمقاومة المتبقية ، إذ يمكن أن يُعزى تأثير معدل القص الإيجابي إلى التغير من وضع الانزلاق إلى وضع القص المضطرب ، تأثير لزوجة القص ، وتحطيم الحبات المدورة Skempton [11] ، Tika [14] ، Lemos [4] ، Carrubba و Colonna [1] . وعلى النقيض يمكن أن يحدث انخفاض في المقاومة المتبقية السريعة نتيجة تأخر تبديد ضغط ماء المسام المتزايد Skempton [11] . مع ذلك ، قد لا يؤثر الضغط المائي المسامي الزائد على مقاومة القص المتبقية عندما يحدث القص بسرعة بطيئة أو في الرمل والرمل السيلتي حسب Wang [16] ، و Saito [8].

أظهرت معظم الدراسات حول تأثير معدل القص أن ضغط الماء المسامي الزائد الذي نشأ في مرحلة القص يؤثر على مقاومة القص غير المصروفة للتراب الغضارية [3] [2]. افترض Casacrande و Wilson [2] أن ضغط ماء المسام المتولد في العينة بمعدل قص منخفض أعلى منه عند معدل قص أعلى . وفقاً لذلك ، التغير في ضغط الماء المسامي المتولد أثناء مرحلة القص يكون مرتبطاً بمقاومة القص غير المصروفة.

فحص Wang [16] و آخرون منطقة القص لعينات تربة الانهيارات اليابانية عن طريق مجهر الليزر والميكروسكوب الإلكتروني الماسح . وكشف فحص البنية المجهرية لمنطقة القص أن التغير من وضع الانزلاق إلى وضع القص المضطرب ( من وضع القص الصفائحي إلى الدوراني ) يمكن أن يكون سبب الزيادة الملحوظة في مقاومة القص.

أيضاً افترض Lupini [6] أن تأثير السرعة يرجع إلى التغيرات في وضع القص والذي يكون حسب افتراضه صفائحي أو دوراني أو انتقالي وذلك تبعاً للتحليل الحبي واللدونة.

أظهر Tika [14] و آخرون أيضاً أن تأثير معدل القص يتبع وضع القص ، ولاحظوا ثلاثة أنواع من تأثيرات معدل القص ، وهي: المقاومة المتبقية السريعة أعلى من المقاومة المتبقية البطيئة ، المقاومة المتبقية السريعة أقل من المقاومة المتبقية البطيئة والمقاومة المتبقية الثابتة ، و سميت بالتأثير الإيجابي والسلبي والمحايد على التوالي.

تؤدي الزيادة في المسامية (نسبة الفراغات) ، و الزيادة في الحبيبات الناعمة ، والمحتوى المائي في منطقة القص إلى تقليل المقاومة المتبقية السريعة Tika [14] ، Li [5] ، حيث يتم دفع الحبيبات الأكبر خارج منطقة القص Li [5] ، أو يتم سحق الحبيبات ذات الزوايا الحادة.

بيّن Li [5] تبعاً للتجارب التي أجراها على عينات تم جمعها من سطوح انزلاق لانهيئات أرضية وبتطبيق ثلاثة معدلات قص (0.1,1,10 mm/s) أن حدود أتربرخ وحجم الحبات إضافة إلى نسب المواد الناعمة والخشنة جميعها عوامل تؤثر على مقاومة القص المتبقية ، و بيّن أن مقاومة القص المتبقية للترب المدروسة كانت على علاقة عكسية مع دليل اللدونة ونعومة الحبات الأمر الذي يعني أن المقاومة المتبقية تنخفض مع زيادة هذه البارامترات، من ناحية أخرى ، فإن تناسق الحبيبات المحدد باستطالة جزيئات التربة له تأثير إيجابي على المقاومة المتبقية للتربة المدروسة .

يمكن أن يُعزى تأثير السرعة السليبي إلى ظروف الاختبار حيث لاحظ Tika [14] أن تغلغل الماء الحر إلى منطقة القص يمكن أن يسرع من انخفاض مقاومة القص المتبقية.

درس Gratchev و Sassa [3] مقاومة القص لثلاثة أنواع مختلفة من الغضار وبمعدلات إزاحة قص مختلفة و توصلوا إلى أن معدل الإزاحة كان له تأثير كبير على جميع أنواع الغضار المدروسة وبناءً على الاختبارات المنفذة تزداد مقاومة القص قليلاً عندما ينخفض معدل القص وأن زيادة مقاومة القص تعتمد على ضغط التطويق وتكون هذه الزيادة في مقاومة القص مهمة من أجل ضغوط تطويق أكبر من 100 kPa .

أجرى Scaringi و Di Maio [10] سلسلة من اختبارات القص على عدة خلانط من البنتونايت والكاولينيت والرمل تراوح فيها معدل القص بين 0.0001 و 100mm/min و استنتجا أن هناك علاقة إيجابية بين معدل إزاحة القص و المقاومة المتبقية للتربة الغضارية عندما يكون الجزء الغضاري أعلى من 5% ، ومعدل الإزاحة أكبر من 1mm/min ، في حين لم يكن لمعدل الإزاحة تأثير على النتائج عندما تراوح ضمن المجال 0.0001-1mm/min .

أجرى Saito [8] باستخدام جهاز القص الحلقي تجارب مخبرية على الرمل و خلانط الرمل مع الإيليت و خلانط الرمل مع المونتمورلونيت التي تحتوي على ما يصل إلى ( c.f=20% ) من نسبة الغضار ( c.f clay fraction ) مع قياس ضغط المسام. وأظهرت النتائج أن مقاومة القص المتبقية للرمل الذي تم استخدامه كانت مستقلة عن سرعة القص ، بما يتوافق مع المعطيات التي قدمها Tika [13] ، في حين أن الخلانط ترتبط بسرعة القص .

أظهر Carrubba و Colonna [1] أن تأثيرات معدل القص تعتمد أيضاً على الإجهاد الناظمي المطبق . و أوضحا أنه حتى نوع التأثير ( إيجابي ، محايد أو سليبي ) يمكن أن يعتمد على الإجهاد الناظمي ، و أظهرت العينات التي قاموا بدراستها وهي غضار سيلتي منخفض اللدونة ( 50% كوارتز ، 30% إيليت ، لا يوجد مونتمورلونيت ) أنواع التأثيرات الثلاثة (إيجابية ، محايدة ، سلبية) تحت إجهادات ناظمية مختلفة. في حين

أظهرت العينات اللدنة (25% كوارتز ، 60% إيليت ، 1-2% مونتمولونيت) كلاً من تأثير المعدل الإيجابي والمحايد ، بدون التأثير السلبي.

لاحظ Sassa و Gratchev [3] أيضاً أن تأثير السرعة السلبي يتناقص مع زيادة الإجهاد الناظمي .

من أجل انزلاق موجود مسبقاً ، لا تكون سرعة أو معدل إزاحة القص لكتلة التربة المنزلة ثابتة دائماً حيث يمكن أن يكون معدل إزاحة القص الأولي لكتلة التربة المنهارة بطيء جداً . إلا أنه ، يمكن أن يزيد تدريجياً بعد انهيار المنحدر الأولي تحت إجهاد ناظمي فعال ثابت ، تُعرف هذه الحركة بزحف الحالة المتبقية (زحف ما بعد الذروة) .

أوضح Wang وآخرون [16] ، على أساس نتائج الاختبارات المخبرية ، أن تأثير المعدل الإيجابي الكبير كان من شأنه أن يمنع التسارع الكارثي لنظام الانهيارات الأرضية ، و ربط كل من Hutter و Vuillet [15] تأثير معدل الإزاحة لمختلف الانهيارات الأرضية بإجهادات القص النشطة.

بيّن Suzuki [12] أن المقاومة المتبقية للغضار تزداد خطياً مع زيادة لوغاريتم سرعة إزاحة القص في ظل شروط التصريف الكامل. ولتوضيح تأثير معدل إزاحة القص على المقاومة المتبقية للتربة.

أجرى Suzuki اختبارات قص حلقي بإجهاد تشديد ثابت على عينات من غضار الكاولينيت و أفاد بأن معدل إزاحة القص المتراوح ضمن المجال 0.02-2.0 mm/min أثر بشكل كبير على المقاومة المتبقية.

على الرغم من أن العوامل المتعلقة بتأثير معدل الإزاحة على المقاومة المتبقية قد تم دراستها على نطاق واسع ، إلا أنه لا توجد حتى الآن نظرية ثابتة تصف تأثير معدل الإزاحة على المقاومة المتبقية. قد يكون هذا نتيجة للاختلافات في ظروف الاختبار ، والإجراءات ، وأنواع التربة المستخدمة في الدراسات المختلفة.

## 2 - هدف البحث

دراسة تأثير لدونة التربة الغضارية ورطوبتها وسرعة القص على مقاومة القص للتربة (مقاومة الذروة والمقاومة المتبقية). حيث تم رصد هذا السلوك عن طريق إجراء تجارب القص المباشر للتربة .

## 3 - طريقة البحث والنتائج :

تم دراسة أربع أنواع من الترب الغضارية المأخوذة من عدة مواقع ( عقرب ، غرب طريق الشام ، معمل إسمنت حماه ، محرده ) ، و روعي عند اختيار هذه الترب اختلافها من حيث خواص اللدونة. تم تحديد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للتربة وفق نظام (ASTM) ، و يبين الجدول (1) موقع الترب المدروسة وخصائص هذه الترب .

الجدول (1) الخواص الفيزيائية والميكانيكية للترب المدروسة وفق نظام (ASTM)

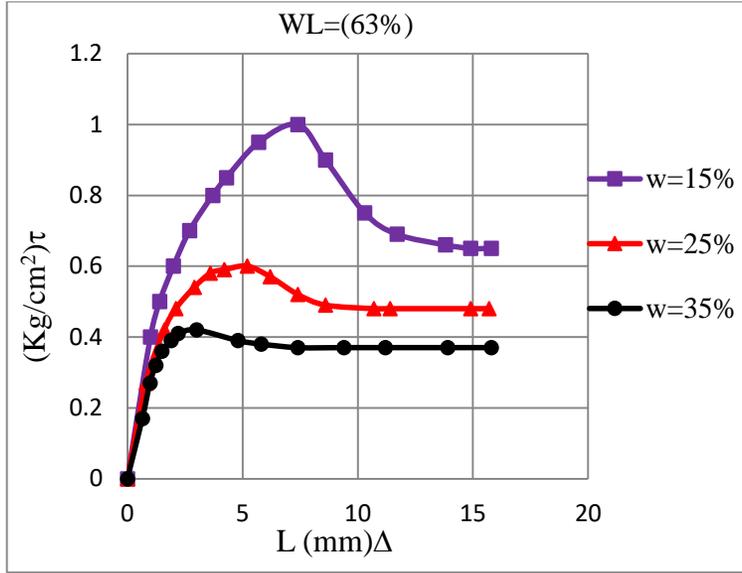
تأثير سرعة القص على مقاومة الذروة و المقاومة المتبقية للتربة الغضارية

محددة	معمل اسمنت حمام	غرب طريق دمشق	عقرب	موقع أخذ العينة
27.2	22.6	17.8	13.5	محتوى الرطوبة $\omega\%$
1.98	1.92	1.84	1.76	الوزن الحجمي الرطب $\gamma_b$ gr/cm <sup>3</sup>
1.55	1.56	1.56	1.55	الوزن الحجمي الجاف $\gamma_d$ gr/cm <sup>3</sup>
2.80	2.76	2.72	2.65	الوزن النوعي G
96	82	63	41	حد السيولة WL%
45	40	39	25	حد اللدونة WP%
51	42	24	16	دليل اللدونة IP %
CH	CH	CL	CL	التصنيف حسب (ASTM)

4 - تحليل النتائج

4 - 1 - دراسة تأثير الرطوبة على مقاومة القص المتبقية و مقاومة الذروة

لدراسة تأثير رطوبة التربة على مقاومة القص المتبقية  $\tau_r$  و مقاومة الذروة  $\tau_p$  ، أجريت تجارب القص المباشر على التربة الغضارية المأخوذة من غرب طريق دمشق والتي حد سيولتها ( $WL=63\%$ ) ، وتم إجراء تجارب القص على عينات سليمة ومن أجل رطوبات مختلفة ( $\omega=15,25,35\%$ ) ، و تحت إجهاد ناظمي ثابت ( $\sigma_n=2Kg/cm^2$ ) وكانت النتائج كما هو مبين في الشكل (1).



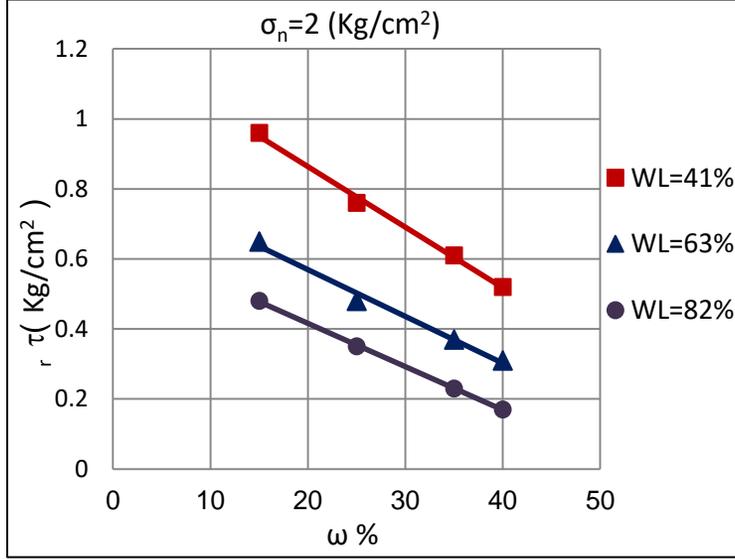
الشكل (1) تأثير الرطوبة على مقاومة القص

تم دراسة تغير مقاومة القص المتبقية  $\tau_r$  على ثلاث أنواع من التربة و التي حد سيولتها ( WL = 41 , 63 , 82% ) ، حيث تم تحضير أربع عينات سليمة من كل تربة ، كل عينة توافق رطوبة معينة من الرطوبات (  $\omega = 15 , 25 , 35 , 40\%$  ) ، و وسطي الوزن الحجمي الجاف مقداره تقريباً (  $\gamma_d = 1.55 \text{ gr/cm}^3$  ) ، وكانت قيم مقاومات القص المتبقية  $\tau_r$  للعينات المجربة كما هو مبين في الجدول (2).

الجدول (2) مقاومات القص المتبقية

40	35	25	15	$\omega/WL$
0.52	0.61	0.76	0.96	41
0.31	0.37	0.48	0.65	63
0.17	0.23	0.35	0.48	82

و تجدر الإشارة إلى أن جميع العينات تم قصها تحت تأثير إجهاد ناظمي ثابت مقداره (  $\sigma_n = 2 \text{ Kg/cm}^2$  ) ، وبسرعة قص ثابتة مقدارها (  $V = 0.5 \text{ mm/min}$  ) ، والشكل (2) يبين النتائج التي حصلنا عليها.

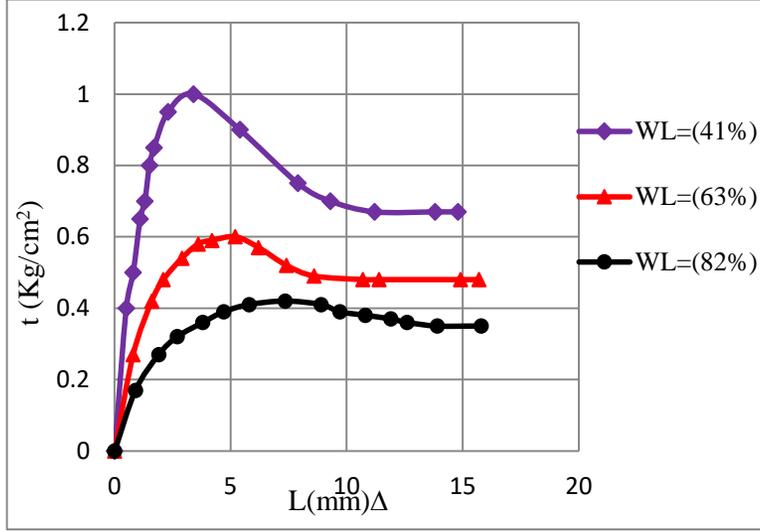


الشكل (2) تغير مقاومة القص المتبقية تبعاً للرطوبة

يلاحظ من الشكل (1) تناقص كل من مقاومة الذروة  $\tau_p$  ومقاومة القص المتبقية  $\tau_r$  كلما ازدادت رطوبة التربة ، كما يلاحظ زيادة الفارق بين مقاومة الذروة  $\tau_p$  ومقاومة القص المتبقية  $\tau_r$  كلما قلت رطوبة التربة . كما يوضح الشكل (2) تناقص مقاومة القص المتبقية  $\tau_r$  للترب الثلاثة مع زيادة رطوبة التربة ، ويعزى انخفاض مقاومة القص الأعظمية والمتبقية بزيادة الرطوبة ، لانخفاض مقاومة القص للزج  $C_v$  حيث تزداد قيمة التماسك اللزج بانخفاض الرطوبة و كلما كانت القشرة المائية الغروية أرق كانت الروابط (الغروية - المائية) أقوى ، إذ بنقصان سماكة القشرة المائية يزداد الجذب الذري للماء المتصل وتزداد قدرة العناصر على التلاصق.

#### 4 - 2 - دراسة تأثير لدونة التربة على مقاومة القص المتبقية و مقاومة الذروة

لمعرفة تأثير لدونة التربة على مقاومة القص للتربة تم إجراء تجارب القص المباشر على ثلاث أنواع من الترب الغضارية المتباينة في درجة لدونتها ، و روعي أن تكون رطوبة عينات التربة ثابتة  $\omega=25\%$  . تم قص العينات تحت إجهاد ناظمي ( $\sigma_n= 0.5\text{Kg/cm}^2$ ) وبسرعة قص ( $V=0.5 \text{ mm/min}$ ) وكانت النتائج كما هو مبين في الشكل (3).



الشكل (3) تأثير لدونة التربة على مقاومة القص

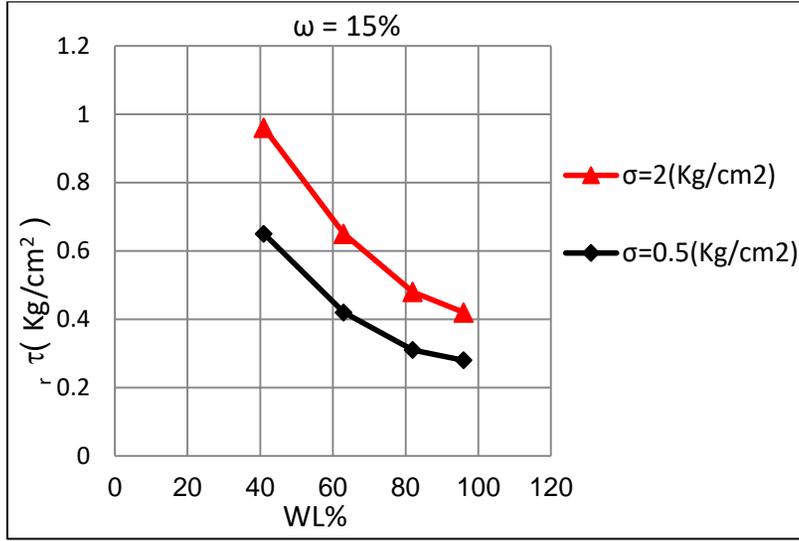
ويتضح من النتائج نقصان كل من مقاومة القص المتبقية  $\tau_r$  ومقاومة الذروة  $\tau_p$  مع زيادة لدونة التربة ، و زيادة الفارق بين مقاومة القص المتبقية  $\tau_r$  ومقاومة الذروة  $\tau_p$  مع نقصان لدونة التربة.

لمعرفة تأثير خصائص اللدونة على مقاومة القص المتبقية تم إجراء تجارب القص المباشر على عينات سليمة أخذت من الترب الأربعة (WL= 41 , 63 , 82 , 96%) من كل نوع من أنواع الترب تم قص أربع عينات ، عينتين برطوبة (ω=15%) وعينتين برطوبة (ω=25%) ، وتم قص العينات تحت إجهادين ثابتين (σ<sub>n</sub>= 0.5Kg/cm<sup>2</sup>) و(σ<sub>n</sub>= 2Kg/cm<sup>2</sup>) وسرعة قص ثابتة (V=0.5mm/min) ، وكانت قيم مقاومة القص المتبقية لهذه العينات كما في الجدول (3).

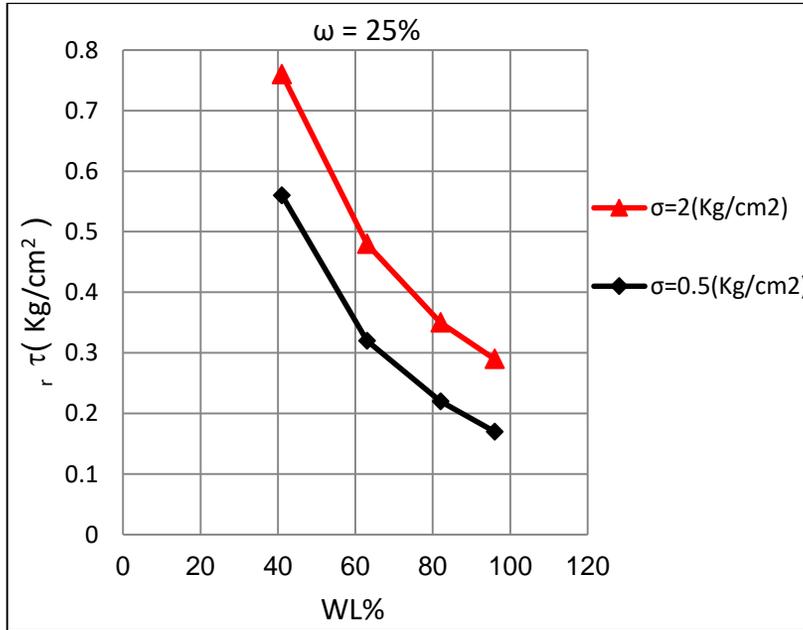
الجدول (3) قيم مقاومة القص المتبقية للعينات

96	82	63	41	WL/σ <sub>n</sub>	
				0.5	2
0.28	0.31	0.42	0.65	0.5	ω=15%
0.42	0.48	0.65	0.95	2	
0.17	0.22	0.32	0.56	0.5	ω=25%
0.29	0.35	0.48	0.76	2	

و يوضح الشكلان (4) و(5) تغير مقاومة القص المتبقية تبعاً لللدونة التربة و يظهر من النتائج أن مقاومة القص المتبقية تنخفض كلما زادت لدونة التربة .



الشكل (4) تغير مقاومة القص المتبقية تبعاً للدونة التربة من أجل رطوبة ( $\omega=15\%$ )



الشكل (5) تغير مقاومة القص المتبقية تبعاً للدونة التربة من أجل رطوبة ( $\omega=25\%$ )

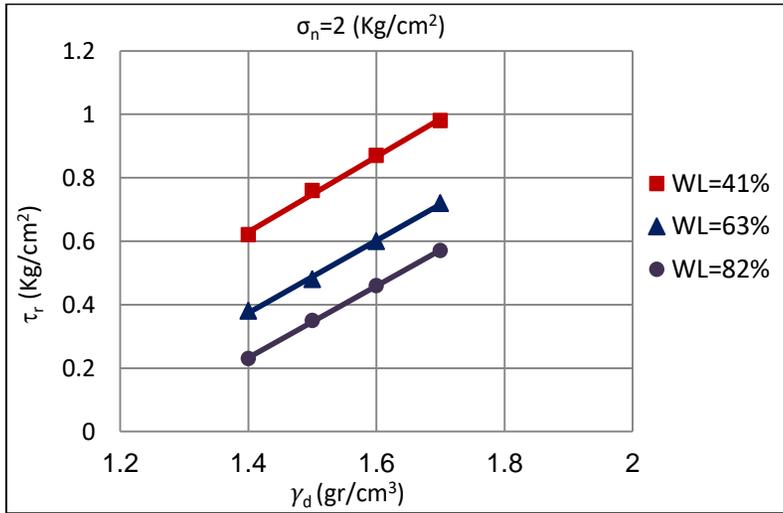
#### 4 - 3 - دراسة تأثير الوزن الحجمي الجاف للتربة على مقاومة القص المتبقية

لتوضيح تأثير الوزن الحجمي الجاف للتربة على مقاومة القص المتبقية تم تشكيل أربع عينات من كل نوع من أنواع الترب ذات حد السيولة ( $WL=41,63,82\%$ ) ، برطوبة توافق ( $\omega=25\%$ ) لكل العينات ، و بوزن حجمي جاف ( $1.4, 1.5, 1.6, 1.7$  ) ، وبسرعة ( $\text{gr/cm}^3$ ) ، وتم قص جميع العينات تحت إجهاد ناظمي ( $\sigma_n = 2 \text{ Kg/cm}^2$ ) وبسرعة

قص ثابتة (  $V=0.5 \text{ mm/min}$  ) ، وكانت قيم مقاومة القص المتبقية لهذه العينات كما هي موضحة في الجدول (4) و الشكل (6). و يبدو من النتائج أن مقاومة القص المتبقية تزداد مع زيادة الوزن الحجمي للتربة وذلك من أجل كل أنواع الترب الغضارية المدروسة ، و يُعزى السبب في ارتفاع مقاومة القص المتبقية لزيادة سطح تماس الذرات بزيادة الوزن الحجمي مما يؤدي لزيادة زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة.

الجدول (4) قيم مقاومة القص المتبقية تبعاً للوزن الحجمي الجاف للترب

$\gamma_d / \text{WL}$	1.4	1.5	1.6	1.7
41	0.62	0.76	0.87	0.98
63	0.38	0.48	0.60	0.72
82	0.23	0.35	0.46	0.57



الشكل (6) تغير مقاومة القص المتبقية تبعاً للوزن الحجمي الجاف للتربة

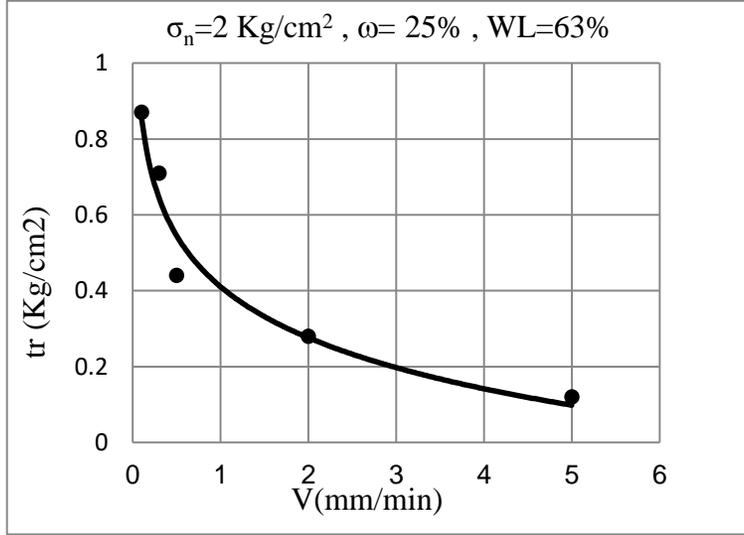
#### 4 - 4 - دراسة تأثير سرعة القص على المقاومة المتبقية

لتوضيح تأثير سرعة القص على المقاومة المتبقية تم تحضير أربع عينات سليمة من التربة المأخوذة من غرب طريق دمشق (  $WL= 63\%$  ) وتم اشباع التربة بالماء ومن ثم قصت العينات بسرعات قص مختلفة قيمها (  $V= 0.1 , 0.3 , 0.5 , 2 , 5 \text{ mm/min}$  ) وتحت إجهاد ناظمي ثابت (  $\sigma_n= 2\text{Kg/cm}^2$  ) وحصلنا على النتائج المبينة في الجدول (5) و الشكل (7) . حيث يبدو بوضوح أن مقاومة القص المتبقية تنخفض مع زيادة سرعة القص .

تأثير سرعة القص على مقاومة الذروة و المقاومة المتبقية للتربة الغضارية

الجدول (5) قيم مقاومة القص المتبقية من أجل سرع قص مختلفة

5	2	0.5	0.3	0.1	V(mm/min)
0.12	0.28	0.44	0.71	0.87	$\tau_r$



الشكل (7) تغير مقاومة القص المتبقية تبعاً لسرعة القص

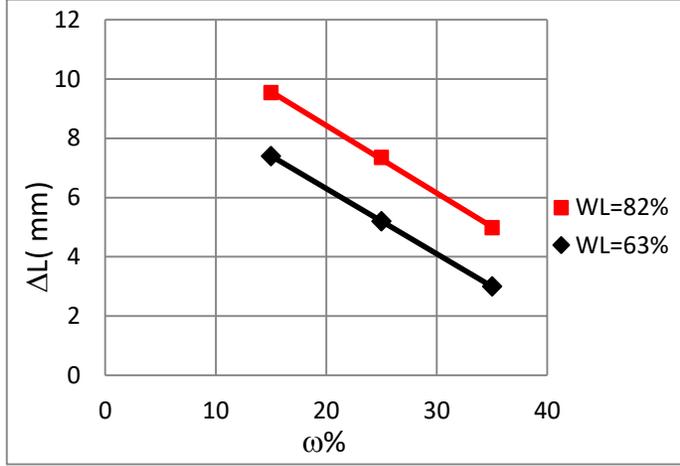
ويفسر انخفاض مقاومة القص المتبقية بسبب زيادة ضغط ماء المسام داخل منطقة قص العينات قرب سطح القص .

#### 4-5-دراسة تأثير رطوبة التربة على قيمة الإزاحة الموافقة لمقاومة القص الأعظمية

تم إجراء تجارب دراسة تأثير رطوبة التربة على مقدار الإزاحة  $\Delta L$  الموافقة لمقاومة القص الأعظمية ( مقاومة الذروة ) على عينات من نوعين من الترب الغضارية ذات حد السيولة ( 82% , 63 WL ) برطوبات أولية مختلفة قيمها ( 15 , 25 , 35%  $\omega$  ) ، وتم قص العينات تحت إجهاد ناظمي ثابت مقداره (  $\sigma_n = 2 \text{Kg/cm}^2$  ) وبسرعة قص ثابتة قيمتها (  $V = 0.5 \text{mm/min}$  ) . وكانت النتائج كما هو مبين في الجدول (6) و الشكل (8) . ويلاحظ من النتائج أن الإزاحة  $\Delta L$  تتناقص مع زيادة الرطوبة .

الجدول (6) قيم الإزاحة الموافقة لمقاومة القص الأعظمية

35	25	15	$\omega / \text{WL}$
3	5.2	7.4	63
4.98	7.35	9.54	82



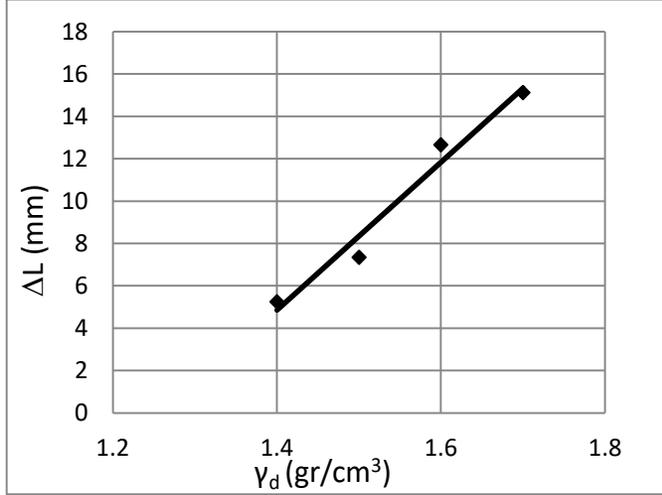
الشكل (8) تغير قيم الإزاحة الموافقة لمقاومة القص الأعظمية مع تغير الرطوبة  
**4-6- دراسة تأثير الوزن الحجمي الجاف على مقدار الإزاحة الموافقة لمقاومة القص الأعظمية**

تم إجراء تجارب القص على التربة الغضارية ذات حد السيولة (  $WL=82\%$  ) ، حيث تم تشكيل أربع عينات من التربة بأوزان حجمية جافة مختلفة قيمها كالتالي ( ،  $\gamma_d= 1.4$  ،  $1.5$  ،  $1.6$  ،  $1.7 \text{ gr/cm}^3$  ) و برطوبة أولية ثابتة لجميع العينات (  $\omega=25\%$  ) ، وتم قص العينات تحت إجهاد ناظمي ثابت مقداره (  $\sigma_n= 2\text{Kg/cm}^2$  ) وبسرعة قص ثابتة قيمتها (  $V= 0.5\text{mm/min}$  ) ، وتم الحصول على النتائج الموضحة بالجدول (7) والشكل (9) .

ويلاحظ من النتائج أن مقدار الإزاحة  $\Delta L$  يزداد مع ازدياد الوزن الحجمي الجاف للتربة

الجدول (7) قيم الإزاحة الموافقة لمقاومة القص الأعظمية (مقاومة قص الذروة)

$\gamma_d$ ( $\text{gr/cm}^3$ )	1.4	1.5	1.6	1.7
$\Delta L$ ( mm )	5.24	7.35	12.65	15.12



الشكل (9) تغير قيم الإزاحة الموافقة لمقاومة القص الأعظمية مع تغير الوزن الحجمي الجاف

#### 5 - نتائج البحث

- 1 - زيادة رطوبة التربة تؤثر سلباً على مقاومة الذروة ومقاومة القص المتبقية حيث تنقص مقاومة الذروة ومقاومة القص المتبقية بزيادة رطوبة التربة.
- 2 - زيادة سرعة القص تؤدي إلى انخفاض في مقاومة القص المتبقية للتربة الغضارية المشبعة.
- 3 - تنخفض مقاومة القص الأعظمية و المتبقية للتربة بزيادة لدونة التربة.
- 4 - كلما ازدادت قيمة الوزن الحجمي الجاف للتربة تزداد قيمة مقاومة القص المتبقية وتزداد قيمة الإزاحة الموافقة لمقاومة القص الأعظمية.
- 5 - تؤثر رطوبة التربة على قيمة الإزاحة الموافقة لمقاومة القص الأعظمية ، وكلما ازدادت رطوبة التربة قلت قيمة الإزاحة الموافقة لمقاومة القص الأعظمية.

#### References

- [1] Carrubba P, Colonna P. Monotonic fast residual strength of clay soils. Ital Geotech J 2006;40(3):32-51.
- [2] Casacrande , A . & Wilson,S.(1951). Effct of rate of loading on the strength of clays and shales at constant water content. Géotechnique, 2(3), 251–263.
- [3] Gratchev I, Sassa K. Shear strength of clay at different shear rates. J Geotech Geoenviron Eng 2015;141(5):06015002-1-3.
- [4] Lemos,L.J.L.,2003.Shear behavior of pre-existing shear zones under fast loading – insights on the landslide motion. Proceedings International Workshop on Occurrence and Mechanisms of Flow-like Landslides in Natural Slopes and Earth Fills, pp. 229–236.

- [5] Li, D. Yin, K., Glade, T., Leo, C., 2017. Effect of over-consolidation and shear rate on the residual strength of soils of silty sand in the Three Gorges Reservoir. Sci. Rep. 7, 1–11.
- [6] Lupini, J.F., Skinner, A.E., Vaughan, P.G., 1981. The drained residual strength of cohesive soils. Geotechnique 31 (2), 181–213.
- [7] Petley, D.J. The shear strength of soils at large strains. PhD thesis, University of London, 1966.
- [8] Saito, R., Fukuoka, H., Sassa, K., 2006. Experimental study on the rate effect on the shear strength. Disaster Mitigat. Debris Flows Slope Fail. Landslides, 421–427.
- [9] Sassa, K. (1985) “The mechanism of debris flow”, Proc. 11<sup>th</sup> I.C.S.M.F.E., San Francisco, Vol. 3, 1173-1176.
- [10] Scaringi, G., & Di Maio, C. (2016). Influence of displacement rate on residual shear strength of clays. Procedia Earth and Planetary Science, 16, 137–145.
- [11] Skempton AW. Residual strength of clays in landslides, folded strata and the laboratory. Géotechnique, Vol.35(1), pp.3-18, 1985.
- [12] Suzuki, M., Umezaki, T., Kawakami, H. and Yamamoto, T. (2000): Residual strength of soil by direct shear test, Journal of Geotechnical Engineering, Japan Society of Civil Engineers, No. 645/III-50, pp.37-50 (in Japanese).
- [13] Tika TE, Vaughan PR, Lemos LJJL. Fast shearing of pre-existing shear zones in soil. Géotechnique, Vol 46(2), pp. 197-233, 1966
- [14] Tika, T.E., Hutchison, J.N., 1999. Ring shear tests on soil from the Vaiont landslide slip surface. Geotechnique 49 (1), 59–74.
- [15] Vuillet L, Hutter K. Viscous - type sliding laws for landslides. Can Geotech J 1988; 25(3):467-477.
- [16] Wang, G., Suemine, A., Schulz, W.H., 2010. Shear rate displacement strength control on the dynamics of rainfall-triggered landslides, Tokushima Prefecture, Japan. Earth Surf. Process Landforms 35 (4), 407–416.



# مقارنة الاختلافات حول طرق تصميم الأعمدة المركبة المغلقة بالبيتون وفق الكودات التصميمية المختلفة

الباحثة: م. وعد يازجي

كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

## ملخص

يقارن هذا البحث بشكل مبسط فلسفة التصميم الخاصة بالأعمدة المركبة المغلقة بالبيتون وذلك بناء على الاشتراطات الموجودة في كودات التصميم الحالية التي اهتمت بالإنشاء المختلط وهي AISC LRFD الأمريكي و EC4 Part 1.1 الأوروبي و BS 5400 البريطاني.

تضمنت الدراسة عوامل التصميم المستخدمة ومقارنة بين المقاومة الاسمية المحسوبة من خلال الكودات الثلاثة ، ثم مقارنة ما بين هذه المقاومات والنتائج المخبرية المتوفرة. اختلفت النتائج نسبياً ما بين الكودات الثلاثة في بعض الحالات، ويعود هذا الأمر إلى الاعتبارات التصميمية المختلفة المعتمدة في هذه الكودات.

بشكل عام تعتبر الطرق التصميمية المتبعة في الكودات الثلاثة طرقاً محافظة غالباً مقارنة مع نتائج الاختبار، مع التنويه إلى عدة نقاط سجلت لصالح الكود الأوروبي من حيث شموليته ومجال تطبيقه الواسع الانتشار. وأخيراً تم الوصول لعدة نتائج وإرشادات حول تصميم هذه الأعمدة، وأعطيت بعض الأفكار حول الأبحاث المستقبلية المطلوبة.

## Differences about composite encased columns design methods in the designing codes

### ABSTRACT

This paper presents comparison between the design assessments of concrete encased I-sections columns based on the approaches given in AISC LRFD, Eurocode 4: Part 1.1, BS 5400: Part 5.

This study includes the design parameters, comparison of the nominal Strength predicted by the three codes and comparison of the predicted strengths with the available test results.

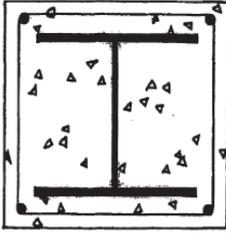
In some cases, results obtained from the above three codes may vary considerably. This is because of the different design considerations adopted in these codes. However, the design methods are found to be mostly conservative when compared with the test results. With a notice that Eurocode 4: Part 1.1 has major factors in its favour in terms of its comprehensiveness and wide scope of application.

Finally, some results and recommendations were achieved about designing composite columns.

*Keywords* : Composite columns; Encased section; Steel-concrete ; composite

## 1- مقدمة

يجمع نظام الإنشاء المركب من البيتون والفولاذ ما بين صلابة وقابلية تشغيل البيتون المسلح مع المقاومة العالية للفولاذ الإنشائي وذلك بهدف الوصول لمنشأ اقتصادي.



ونجد خاصية إضافية تميز الأعمدة المركبة المغلقة بشكل خاص، وهي أن البيتون المستخدم لتغطية الفولاذ لا يرفع من صلابته فقط بل أيضاً يخفف من التحنيب الموضعي

للعمود ويحميه من مخاطر الحريق لما هو معروف **الشكل (1) الأعمدة المغلقة**

عن البيتون كمادة عازلة جيدة ضد الحريق.

كما وجدت الأعمدة المركبة استحساناً في الأبنية العالية المتعددة الطوابق كبديل للأعمدة البيتونية في العقود الماضية حيث كانت أهم ميزات استخدامها هي الحصول على مقطع عرضي أصغر وقدرة مقاومة أكبر من العنصر البيتوني، وتوفير في زمن الإنشاء، ولدونة (مطاوعة) وصلابة أكبر تفيد في حالة الحمولات المتكررة والمنعكسة تستخدم في الأنظمة المقاومة للحمولات الجانبية، وميزة مقاومة الحريق مقارنة مع العمود الفولاذي، وسعة تحمل أكبر تبعاً للعمل المشترك بين الفولاذ والبيتون.

تستخدم حالياً طرق شائعة لتصميم الأعمدة المركبة والتي هي :

- الكود الأوروبي الرابع الجزء (1-1) والذي يشار إليه EC4 [6] وقد أسست الطريقة من قبل الباحث Roik عام 1989 [10].
- الكود البريطاني الجزء الخامس والذي يشار إليه ب BS 5400 [4] وقد تم وضع المواصفات من قبل Basu عام 1969 [2] ، وقد تم تعديلها من قبل Viridi عام 1973 [13].
- الكود الأميركي والذي يشار إليه AISC LRFD [9] والذي طبق مفهوم هذه الطريقة هو Furlong عام 1976 [8]. كما نجد اشتراطات تصميمية للأعمدة المركبة في الكود الأميركي ACI\_318 [1].

#### هدف البحث :

هدف هذا البحث هو حساب وتقدير الحمولة العظمى للأعمدة المركبة المغلفة بالبيتون وفقاً للطرق الموجودة في الكودات العالمية ومقارنة الاختلافات، وإلقاء الضوء على أوجه التشابه بين طرق حساب المقاومة الاسمية الموجودة في هذه الكودات. وأيضاً مقارنة هذه الطرق مع نتائج اختبار أعمدة مركبة مغلفة بالبيتون منجزة من قبل باحثين آخرين.

تبين الفقرة التالية رموز الاختصارات ودلالاتها:

$A_g$  مساحة المقطع العرضي للمقطع الفولاذي

AC	مساحة البيتون	$A_r$	مساحة فولاذ حديد التسليح وفق AISC
AS	مساحة فولاذ التسليح وفق EC4 أو مساحة المقطع الفولاذي BS 5400		
$C_r$	سماكة التغطية البيتونية		
$C_1, C_2, C_3$	معاملات عديدة		
$E_a$	معامل مرونة المقطع الفولاذي	$E_c$	معامل مرونة البيتون الطويل الأمد
$E_{cm}$	معامل البيتون اللحظي	$E_r$	معامل مرونة حديد التسليح AISC
$E_s$	معامل مرونة حديد التسليح EC4 أو معامل مرونة المقطع الفولاذي BS 5400		
$F_y$	المقاومة المميزة للمقطع الفولاذي	$F_{yr}$	المقاومة المميزة لفولاذ التسليح
$f_{cc}$	المقاومة المميزة للبيتون مع تأثير التطويق		
$f_{ck}$	المقاومة المميزة الاسطوانية للبيتون		
$f_{cu}$	المقاومة المميزة المكعبية للبيتون		
$f_{ry}$	اجهاد خضوع حديد التسليح	$f_y$	المقاومة المميزة للمقطع الفولاذي
$h$	الارتفاع الكلي للعمود المركب	$b$	عرض العمود المركب
$L_e$	الطول الفعال للعمود	$w$	كثافة البيتون
$I_a$	عزم عطالة المقطع الفولاذي AISC	$I_c$	عزم عطالة البيتون
$I_s$	عزم عطالة التسليح EC4 أو عزم عطالة المقطع الفولاذي BS 5400		
$M$	السعة العزمية للعمود	$M_u$	العزم الأقصى للعمود
$N$	الحمولة المحورية للعمود	$N_u$	حمولة انهيار العمود
$r_y$	نصف قطر العطالة حول المحور الثانوي		
$S$	معامل المقطع اللدن	$\alpha_c$	عامل المقاومة للبيتون
$\lambda$	نسبة النحافة للعمود	$\mu$	نسبة العزوم المقاومة

$\gamma_a$  عامل أمان جزئي للمقطع الفولاذي

$\gamma_c$  عامل أمان جزئي للبيتون  $\gamma_s$  عامل أمان جزئي للتسليح

## 2- المقارنة بين الطرق الثلاثة:

يبين الجدول التالي (1) بعض العبارات والمواصفات المستخدمة في الكودات الثلاثة

كما وردت فيها والتي تمت مقارنتها في البحث وهي: درجة البيتون ودرجة الفولاذ، نسبة مساهمة الفولاذ، النحافة الحديدية، نسبة التسليح، التحنيب الموضعي، معامل مرونة البيتون، عوامل الأمان الجزئية للمواد وللحمولة بحالة الحدود القصوى.

العبرة	الكود التصميمي	المواصفات
Items	Code	Specifications
Steel	EC4	Fe 360 (235 N/mm <sup>2</sup> ), Fe 430 (275 N/mm <sup>2</sup> ) and Fe 510 (355 N/mm <sup>2</sup> ) when thickness, $t \leq 40$ mm [3.2.2]
	BS 5400	Grade 43 (275 N/mm <sup>2</sup> ) or 50 (355 N/mm <sup>2</sup> ), $t \leq 16$ mm [11.1.2.1]
	LRFD	A36 (248 N/mm <sup>2</sup> ), A50 (345 N/mm <sup>2</sup> ), A55(379 N/mm <sup>2</sup> ) [12.1(d)]
Concrete	EC4	$f_{ck} \leq 50$ N/mm <sup>2</sup> where $f_{ck}$ is the concrete cylinder strength [3.1.2.2]
	BS 5400	$f_{cu} \geq 20$ N/mm <sup>2</sup> for concrete filled tubes $f_{cu} \geq 25$ N/mm <sup>2</sup> for concrete encased sections <sup>a</sup> where $f_{cu}$ =concrete cubic strength [11.1.2.2]
	LRFD	$20.7 \text{ N/mm}^2 \leq f'_c \leq 55.1 \text{ N/mm}^2$ for normal weight concrete $f'_c \geq 27.6 \text{ N/mm}^2$ for lightweight concrete where $f'_c$ =concrete cylinder strength [12.1(c)]
Steel contribution ratio	EC4	$0.2 \leq \delta \leq 0.9$ , where $\delta$ is the ratio of the contribution of the steel section to total axial capacity. [4.8.3.1.(3)]
	BS 5400	Encased steel sections: $0.15 \leq \alpha_c \leq 0.8$ Hollow steel sections: $0.1 \leq \alpha_c \leq 0.8$ where $\alpha_c$ is the ratio of the concrete contribution to total axial capacity [11.4.1]
	LRFD	Cross-sectional area of steel section $\geq 4\%$ of total cross-sectional area [12.1(b)]
Limiting slenderness	EC4	$\lambda \leq 2.0$ about any axis of bending [4.8.3.1.(3)]
	BS 5400	Ratio of effective length to least lateral dimension of composite column should not exceed 30 for concrete encased sections

	LRFD	$KL/r \leq 200$ , where $KL$ is the effective length and $r$ is the radius of gyration of the section.
Steel reinforcement	EC4	$0.3\% \leq A_s/A_c \leq 4\%$ for concrete encased columns In concrete filled hollow sections normally no reinforcement is required except for fire resistance [4.8.3.1.(3)]
	BS 5400	For concrete encased columns: stirrups to be placed throughout length of column, spacing not to exceed 200 mm. At least 4 longitudinal bars to be provided [11.3.9]
	LRFD	Not less than $0.007 \text{ in}^2$ ( $0.178 \text{ mm}^2$ ) of reinforcement per inch ( $25.4 \text{ mm}$ ) of bar spacing. [I2.1b]
Modulus of elasticity of concrete	EC4	From EC2, $E_{cm} = 9.5(f_{ck} + 8)^{0.33}$ , where $E_{cm}$ is in $\text{kN/mm}^2$ and $f_{ck}$ is the 28 day concrete cylinder strength in $\text{N/mm}^2$ [3.1.4.1]
	BS 5400	450 times $f_{cu}$ [11.3.1]
Partial safety factor for material at ULS	EC4	Steel section: 1.1 Concrete: 1.5 Steel reinforcement: 1.15 Shear connector: 1.25 [2.3.3.2]
	BS 5400	Steel section: 1.1 Concrete: 1.5 Steel reinforcement: 1.15 Shear connector: 1.10 [4.2.1]
	LRFD	Compression: $1/0.85 = 1.18$ Flexure: $1/0.9 = 1.11$
Partial safety factor for load at ULS	EC4	1.35 Dead Load + 1.5 Imposed Load [2.3.3.1]
	BS 5400	(1.05~1.20) Dead Load + (1.3~1.5) Imposed Load, Johnson [12]
	LRFD	1.20 Dead Load + 1.6 Imposed Load [4.4.1]

<sup>a</sup>  $f_{cu}$  of 20 and 25  $\text{N/mm}^2$  will be equivalent to 16 and 20  $\text{N/mm}^2$  cylinder strength, respectively, assuming that concrete cylinder strength is 0.8  $f_{cu}$ .

## (1) الجدول

## العبارات المستخدمة في الكودات الثلاثة كما وردت حول تصميم الأعمدة المركبة

تبين الفقرات التالية أهم الاختلافات بين الكودات المدروسة :

### 1-2معامل مرونة البيتون :

هو الميزة الأساسية للمادة والتي تم تعريفها بشكل مختلف من قبل الكودات الثلاثة عند حساب نسبة نحافة العمود، وذلك بسبب أن علاقة  $E_c$  لا تمتلك قيمة ثابتة، وهو ينقص عندما يزداد الإجهاد.

يبين الجدول التالي القيم المفضلة لمعامل مرونة البيتون والتي ينصح باستخدامها في الكودات الثلاثة:

الكود	معامل مرونة البيتون	القيم بدون عوامل
Codes	Modulus of Concrete, $E_c$	Unfactored Value <sup>c</sup>
EC4	$0.8 E_{cm}/1.35^a$	$0.8 E_{cm}/1.35$
BS 5400	$450 f_{cu}$	$670 f_{cu}$
LRFD	$w^{1.5} \sqrt{f'_c}$ <sup>b</sup>	$w^{1.5} \sqrt{f'_c}$

<sup>a</sup>  $E_c$  should be modified accordingly if conditions of long term effect are satisfied.

<sup>b</sup>  $w$  is the unit weight of concrete in  $lb/ft^3$ ,  $f'_c$  is the concrete cylinder strength in ksi and  $E_c$  gives result in ksi.

<sup>c</sup> This value is used to evaluate the test results with no factor of safety.

## (2) الجدول

القيم المفضلة والتي ينصح باستخدامها لمعامل مرونة البيتون

أما الجدول التالي (3) يعطي أمثلة عن قيم معامل مرونة البيتون المحسوبة وفقاً للجدول (2) من أجل درجات مختلفة من البيتون.

تم استخدام البيتون العادي بكثافة  $2400 \text{ kg/m}^3$  وأعطيت درجة البيتون إما اسطوانية أو مكعبية مثلاً C25/30 أي الاسطوانية  $25 \text{ N/mm}^2$  والمكعبية  $30 \text{ N/mm}^2$

Codes	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
EC4	17.2	18.1	19.0	19.9	20.7	21.3	21.9
BS 5400	11.3	13.5	16.7	20.3	22.5	24.8	27.0
LRFD	21.5	24.1	26.4	28.5	30.5	32.3	34.0
$670 f_{cu}$	16.8	20.1	24.8	30.2	33.5	36.9	40.2

تنويه: في السطر الرابع حسب القيم وفق BS5400 بدون عوامل أمان

### الجدول (3)

#### معامل مرونة البيتون محسوباً باستخدام الكودات الثلاثة

إن الاختلاف السابق في حساب معامل مرونة البيتون يمكن أن يعزى إلى تضمين عامل الزحف في الحساب، واستخدام أو عدم استخدام المقطع المتشقق. نلاحظ من الجدول (3) أنه ليس بالإمكان أن نستنتج أي من الكودات يعطي التوقع الأكثر محافظة، وهذا لأن نتائج المقارنة يجب أن تعتمد على تحديد المنحني الذي تم استخدامه وعلى تفاصيل أخرى في التصميم، أي يجب إجراء تقييم كامل لعدد كبير من الحالات قبل الوصول لأي استنتاجات.

➤ يلاحظ أن القيم المحسوبة باستخدام الكود EC4 في الجدول (3) هي أعلى

قليلاً وذلك لأن تأثير الزحف قد تم اعتباره بشكل منفصل.

➤ أما قيم  $E_C$  المحسوبة وفق الكود BS 5400 فهي أقل نسبياً وذلك من أجل درجات أقل للبيتون، وذلك بسبب أخذ تأثير الزحف بعين الاعتبار وأيضاً بسبب اعتبار أن المقطع البيتوني غير متشقق. أما عند درجات أعلى للبيتون تكون قيم  $E_C$  المستنتجة من BS 5400 أكبر من قيم EC4.

➤ فيما أعطت مواصفات LRFD القيم الأعلى بشكل واضح حيث تم استخدام المقطع المتشقق في التحليل.

➤ في الكود EC4 تم استخدام قيمة EC لحساب الصلابة الانعطافية المرنة الفعالة للمقطع العرضي، وقيمة  $E_{cm}$  لمعامل مرونة البيتون تحت تأثير تحميل قصير الأمد.

## 2-2 نسبة النحافة:

يبين الجدول التالي (4) علاقات نسبة النحافة وفق الكودات الثلاثة.

مع ملاحظة أن قيم  $E_C$  المستخدمة في حساب نسبة نحافة الأعمدة في الكودين EC4 ، LRFD لا تتضمن عوامل أمان، أما في الكود BS 5400 فقد تضمن حساب نسبة النحافة عامل أمان جزئي  $\gamma_r$   $\gamma_s$   $\gamma_c$ .

إذا تم استخدام قيمة  $E_C$  المضروبة بعامل، فإن هذا سيؤدي إلى تخفيض في نسبة نحافة العمود، وبالتالي سيقود إلى زيادة في قدرة تحمل العمود.

Codes	Non-dimensional slenderness, $\lambda$ Concrete encased sections
EC4	$\frac{l_e}{\pi} \left( \frac{A_s f_y + 0.85 A_c f_{ck} + A_s f_{sk}}{E_a I_a + 0.8 E_{cm} I_c / 1.35 + E_s I_s} \right)^{1/2}$
BS 5400	$\frac{l_e}{\pi} \left( \frac{A_s f_y / \gamma_s + A_c f_{cu} / \gamma_c + A_s f_{ry} / \gamma_r}{E_s I_s + E_c I_c + E_r I_r} \right)^{1/2}$
LRFD	$\frac{l_e}{r_m \pi} \left( \frac{F_y + 0.7 F_{yr} \left( \frac{A_r}{A_s} \right) + 0.6 f'_c \left( \frac{A_c}{A_s} \right)}{E + 0.2 E_c \left( \frac{A_c}{A_s} \right)} \right)^{1/2}$

#### (4) الجدول

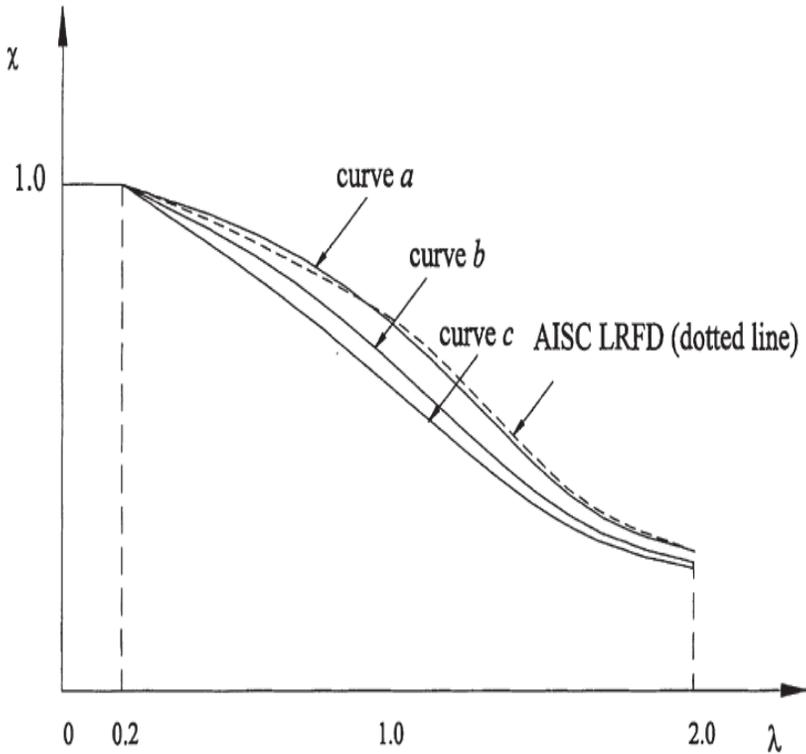
#### نسبة النخافة المعطاة في الكودات الثلاثة

❖ بالنسبة لمواصفات **LRFD** نجد في علاقة نسبة النخافة تعبير نصف قطر العطالة المعدل  $r_m$  . والذي يعرف بأنه (من أجل مقطع مغلف) الأكبر ما بين نصف قطر عطالة المقطع الفولاذي أو 30% من سماكة المقطع المركب الكلي.

حيث يساهم المقطع الفولاذي والبيتوني كلاهما في الصلابة الانعطافية، فإذا كان الفولاذ مسيطراً فيجب استخدام نصف قطر عطالة المقطع الفولاذي في حساب  $r_m$  ، أما إذا كان البيتون مسيطراً على الصلابة الانعطافية فيجب استخدام نصف قطر عطالة المقطع

البيتوني في حساب معامل النحافة. وينصح كود LRFD بأن يتم استخدام القيمة الأكبر ما بين قيم أنصاف أقطار عتالة الفولاذ أو البيتون في حساب مؤشر النحافة  $L/r_m$ .

- ❖ بالنسبة للمعايير البريطانية نجد مخططات تحنيب العمود التي تبرز تأثير شكل المقطع الفولاذي وطريقة تصنيفه على سعة المقاومة القصوى، حيث تم تعريف المنحنيات بالرموز a,b,c كما هو مبين في الشكل (2)، وقد وجد أنها قابلة للتطبيق بشكل جيد على الأعمدة المركبة. [7] ECCS، [3] Beer
- ❖ أما مواصفات LRFD فقد استخدمت منحنى واحد فقط، وقد لوحظ أن موقع هذا المنحنى هو أقرب ما يكون للمنحنى (a) مع قيم أصغر قليلاً لمعامل النحافة  $\lambda$  الأقل من 1، وقيم أكبر قليلاً من أجل  $\lambda$  أكبر من 1 كما في الشكل (2)



سعة  
المقاومة

نسبة  
النحافة

## الشكل (2)

### منحنيات تحنيب العمود المركب وفق الكودات

#### 2-3 تأثير التحميل الطويل الأمد

تحت تأثير حمولة مستمرة، يسبب زحف البيتون زيادة في الانحراف (السهم) الجانبي للعمود المركب وتخفيض في قيمة المقاومة والصلابة.

➤ **الكود EC4** هو الكود الوحيد الذي يتعامل مع تأثير التحميل الطويل الأمد

بشكل منفصل، حيث يؤخذ تأثير الزحف بعين الاعتبار إذا كانت قيمة لامركزية

التحميل أقل من ضعف بعد المقطع العرضي الموافق لها، وإذا كانت نسبة

النفافة أكثر من القيم الحديدية الموجودة في الجدول (6-4) في الكود EC4

ويعطي هذا الكود أهمية أكثر لمعامل مرونة البيتون الفعال تحت تأثير التحميل الطويل

الأمد  $E_c$ ، وذلك من خلال اعتبار نسبة من الحمولة التصميمية التي تكون حمولة دائمة،

فمثلاً إذا كانت نصف الحمولة التصميمية دائمة فهذا سوف ينقص معامل المرونة

الفعال للبيتون حتى 75% من قيمة المعامل القصير الأمد  $E_{CM}$ .

➤ **في الكود BS 5400** نحصل على المقاومات التصميمية عبر تقسيم

المقاومات المميزة (الاسمية) على عامل  $\gamma_c$ .

في حالة الحد الأقصى يكون  $\gamma_c = 1.5$  للبيتون، وهذا يعطي مقاومة تصميمية على

الضغط المركزي حوالي  $0.55 f_{cu}$  وعلى الانعطاف  $0.45 f_{cu}$ ، وتخفض هذه القيم

لاحقاً إلى  $0.45 f_{cu}$  و  $0.4 f_{cu}$  من أجل إدخال تأثير الزحف. وليس هناك أي تخفيض آخر بالنسبة للزحف في الأعمدة.

➤ **في اشتراطات LRFD** يؤخذ تأثير الزحف من خلال عبارات الصلابة الفعالة  $E_m$  عندما يتعرض العمود إلى حمولات دائمة ضاغطة .

حيث تم اعتبار تأثير الزحف وتأثير تشقق البيتون عبر استخدام 40% من الصلابة الابتدائية الاسمية للبيتون المحصور (المطوق) داخل الأنابيب الفولاذية، و 20% فقط من تلك الصلابة للبيتون غير المطوق.

عادة ما يكون تأثير الزحف قليلاً إذا استخدمت مساحة كبيرة من الفولاذ.

وبالتالي يشترط على كل عمود مركب مصمم وفقاً لاشتراطات LRFD أن يمتلك مساحة فولاذ إنشائي لا تقل عن 4% من مساحة المقطع العرضي الإجمالية للعمود.

### 3- المقارنة بين مقاومات الأعمدة في الكودات الثلاثة:

تمت مقارنة المقاومات الاسمية للأعمدة المحسوبة وفقاً لطرق الكودات الثلاثة فيما بينها، حيث جعلت كل عوامل الأمان الجزئية مساوية للواحد وذلك في الكودات EC4، BS 5400 وكذلك عامل المقاومة المستخدم في الكود LRFD قد جعل مساوياً للواحد، وهذا سيعطي مقارنة عادلة للمقاومات المحسوبة من الطرق الثلاثة حيث أن كل طريقة لها عوامل مقاومة خاصة بها تستخدم مع عوامل حمولة موافقة لها.

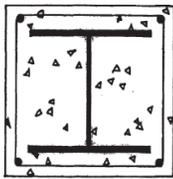
فيما يلي وصف مبسط للأعمدة المدروسة في هذه الدراسة :

- العمود متمفصل من الطرفين.
- العمود محمل مركزياً أي قمة العمود وقاعدته تتعرضان لنفس القوة المحورية.
- العمود معرض لعزم انعطاف يسبب منحنى انعطاف وحيد المحور.
- تم حساب معامل مرونة البيتون تبعاً لكل كود كما في الجدول (2)، أما من أجل حساب معامل مرونة البيتون الطويل الأمد في EC4 فقد تم افتراض أن 75% من الحمل التصميمي المؤثر على العمود هو حمل دائم.
- المقاوّمات المميزة للمواد المستخدمة في الدراسة هي كالتالي:

Concrete:  $f_c=C25/30$ ,  $\rho=2400 \text{ kg/m}^3$  البيتون:

Steel:  $f_y=355 \text{ N/mm}^2$ ,  $E=210 \text{ N/mm}^2$  الفولاذ:

Reinforcement:  $f_{ry}=460 \text{ N/mm}^2$ ,  $E=210 \text{ N/mm}^2$  حديد التسليح:



أبعاد المقطع المركب المستخدم هي :

- المقطع المغلف بالكامل بالبيتون  $400 \times 400 \text{ mm}$
- المقطع الفولاذي UC (254 × 254 × 107)
- حديد التسليح  $4 \text{ T}12 \text{ mm}$  عند زوايا العمود ويبعد  $150 \text{ mm}$  عن محور التناظر

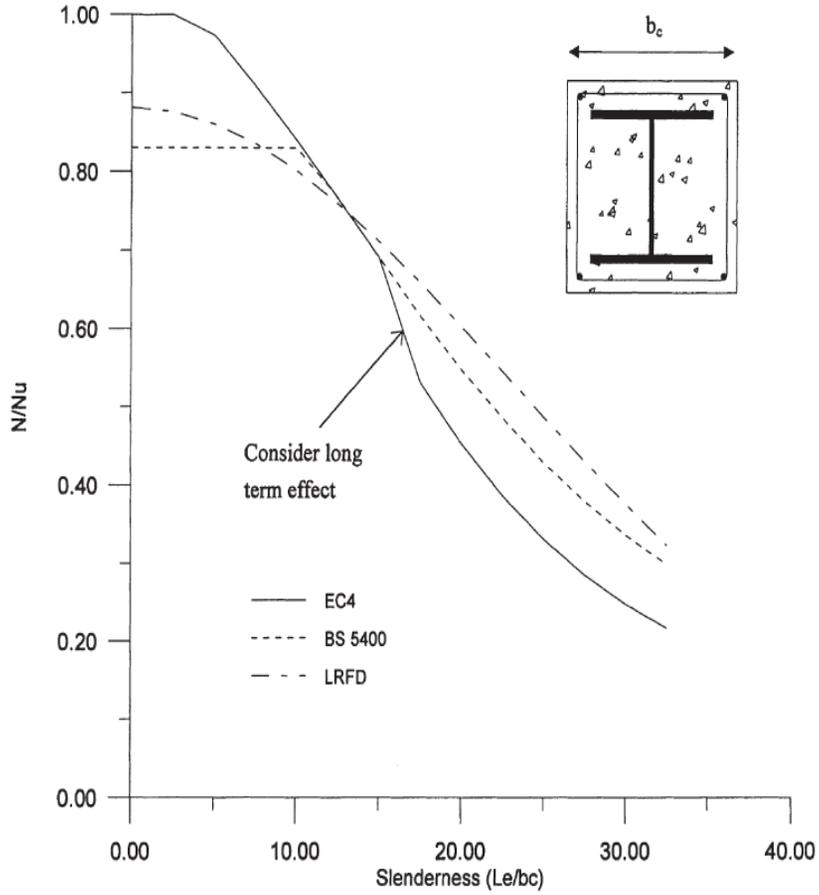
تم حساب مقاومة العمود المحورية و رسم مخطط منحنى الترابط ما بين السعة المحورية الاسمية وعزم الانعطاف بناء على الطرق الثلاثة.

مع ملاحظة أن مخطط EC4 قد تم تعديله بحيث طرح منه الجزء الإضافي من منحنى الترابط الخارجي ، كما ضرب العامل  $\mu$  بالقيمة 0.9 .

### 3-1 السعة المحورية للأعمدة المغلفة:

تم حساب قيم  $N_u$  المقاومة القصوى للعمود، و  $\lambda$  نسبة نحافة العمود المغلف بالبيتون المستخدم للتطبيق في هذا البحث، وذلك وفق الكودات الثلاثة.

يقارن المنحنى المرسوم في الشكل (3) ما بين المقاومات المحورية الاسمية للأعمدة المركبة والمحسوبة باستخدام هذه الكودات، وذلك بتغيير نسبة الطول الفعال إلى عرض المقطع.



الشكل (3)

### السعة المحورية للأعمدة المركبة المغلفة

تظهر في الشكل اختلافات واضحة في قيم السعة المحورية المحسوبة للأعمدة المغلفة وفق الكودات الثلاثة. وقد لوحظ أنه عند نسب نحافة منخفضة يعطي EC4 القيمة الأعلى ، بعده يأتي LRFD ومن ثم BS 5400 على التوالي.

❖ يعزى وجود الجزء المستوي من المخطط التابع للكود BS 5400 إلى استخدام

عامل التخفيض 0.85 الذي يفرضه هذا الكود للأعمدة المحملة مركزياً، أي أن

$$\text{النسبة } l_{ex}/h \text{ and } l_{ey}/b \leq 12$$

أما من أجل الأعمدة النحيفة، ( $l_{ex}/h$  or  $l_{ey}/b > 12$ ) فإن الكود BS 5400 يتطلب

أن تطبق الحمولة المحورية مع لامركزية قدرها  $0.03b$  حيث  $b$  عرض المقطع.

❖ كما يلاحظ أنه عند نسبة نحافة مساوية 15 يصبح تأثير التحميل الطويل الأمد

هاماً في طريقة EC4 وبالتالي تنقص سعة العمود المحورية.

❖ يبين الشكل أن السعة المحورية وفق الكود LFRD تصبح أكبر من الكودين

EC4 و BS 5400 كلما ارتفعت نسبة النحافة وهذا قد يكون ناتجاً عن

طبيعة ونوع المنحنيات (strut) المستخدمة ، وأيضاً نتيجة للاختلافات في

المعادلة المستخدمة في حساب النحافة وفق طريقة LFRD.

### 2-3 منحنيات الترابط: (M-N)

تظهر تناقضات معتبرة بين الطرق الثلاثة في المقاطع المغلفة للأعمدة المركبة ويكون

هذا التناقض أكثر تميزاً من أجل انعطاف محور ثانوي. يبين الشكل (4) منحنيات

الترابط ما بين الحمولة المحورية والعزم في الأعمدة المغلفة المعرضة لانعطاف حول

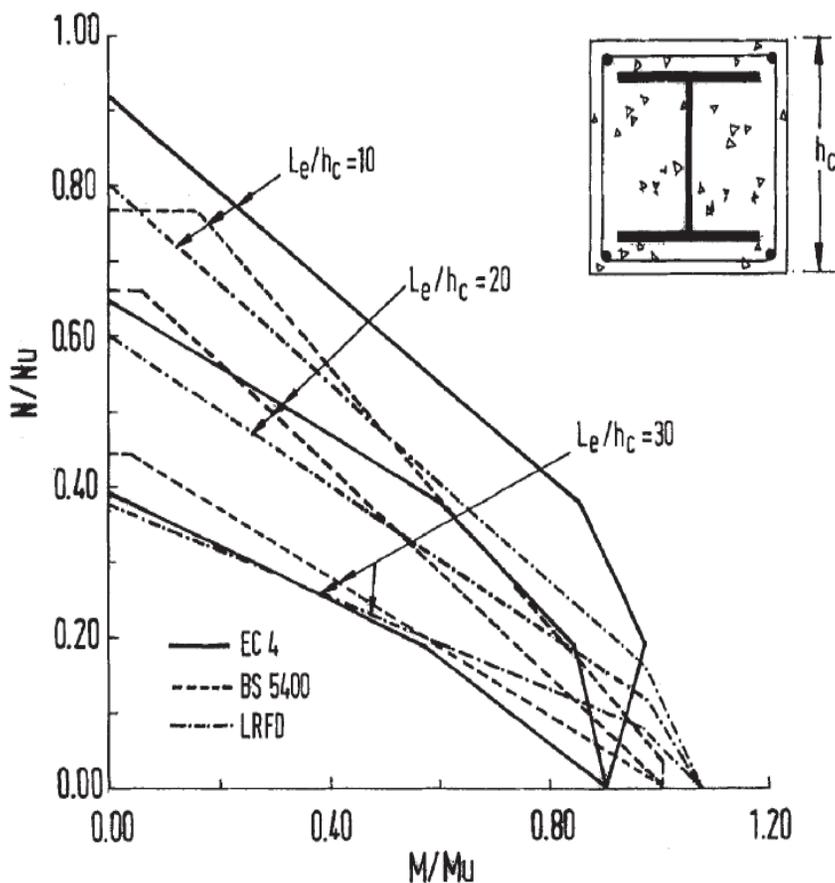
محور رئيسي.

• يلاحظ أنه عند نسب نحافة منخفضة يعطي الكود EC4 السعة الأعظمية،

وكما ارتفعت نسبة النحافة تتخفف السعة وذلك تبعاً لتأثير التحميل الطويل

الأمد.

- كما يلاحظ أنه عندما ترتفع نسبة النحافة فإن السعة وفق الكود LRFD تتخفض ولكن بشكل أقل أهمية بالمقارنة مع الكودين EC4 و BS 5400.

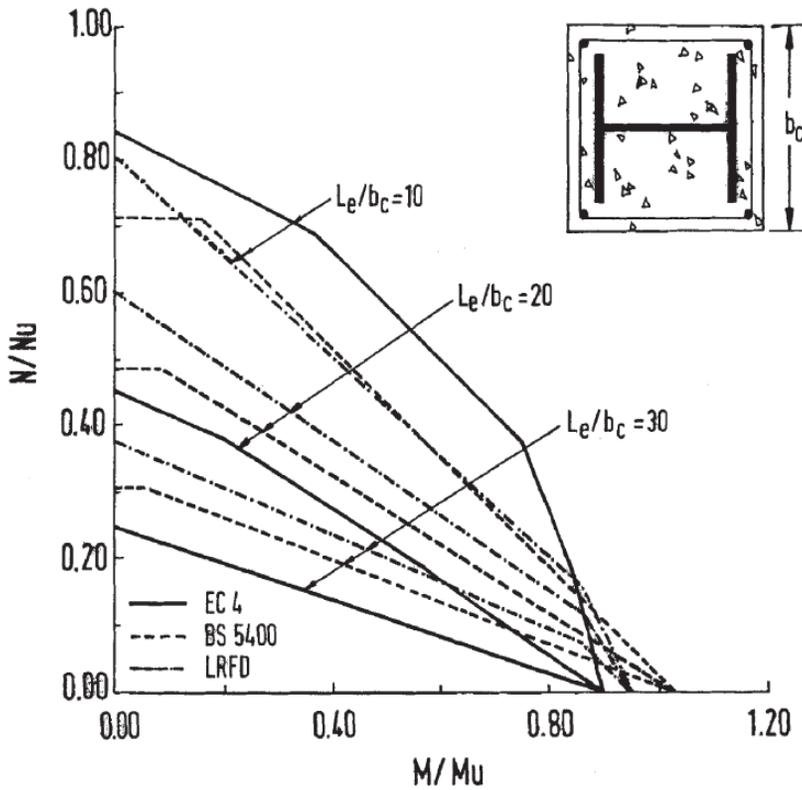


الشكل (4)

منحنيات الترابط للأعمدة المركبة المغلفة المعرضة لانعطاف محور رئيسي

وفي الشكل (5) تظهر منحنيات التفاعل لأعمدة مغلفة معرضة لانعطاف حول محور ثانوي. ويبين هذا الشكل بوضوح أنه من أجل انعطاف المحور الثانوي تكون السعة وفق

الكود LRFD أكبر منها وفق الكودين EC4 و BS 540 ، والشرح الوحيد الممكن لهذه الحالة هو بسبب استخدام منحنيات (strut) مختلفة، حيث أن كلا الكودين EC4 و BS 5400 يستخدمان المنحني  $b$  للانعطاف حول المحور الرئيسي، والمنحني  $c$  من أجل الانعطاف حول المحور الثانوي، أما مواصفات LRFD تستخدم منحني واحد فقط وهذا المنحني يقع فوق المنحنيات  $b, c$  المبينة في الشكل (2) والمستخدم في الكودات الأخرى.



الشكل (5)

منحنيات الترابط للأعمدة المركبة المغلفة المعرضة لانعطاف محور ثانوي

4- المقارنة مع نتائج الاختبارات:

تمت مقارنة نتائج اختبارات فعلية أجريت من قبل الباحثين [12] ssrc و [11] shakir

مع المقاومات المحسوبة تبعاً للكودات الثلاثة، وتبين الجداول المرفقة هذه النتائج.

في هذه المقارنة درست الأعمدة المغلفة المحملة مركزياً و لامركزياً. مع مراعاة ما يلي:

➤ بهدف الحصول على مقارنة جيدة وعادلة، تم أخذ عوامل الأمان الجزئية للمواد (الفولاذ والبيتون) مساوية للواحد.

➤ في طريقة BS 5400 تؤخذ المقاومة الضاغطة الأعظمية للبيتون مساوية  $0.67 f_{cu}$  بدلاً من  $0.45 f_{cu}$  في حساب حمولة الانهيار ، كما تؤخذ  $0.6 f_{cu}$  بدلاً من  $0.4 f_{cu}$  في حساب العزم الأقصى .

➤ تعطى علاقة معامل مرونة البيتون المستخدمة في حساب النتائج المخبرية في العمود الأخير من الجدول (2) مع عامل أمان جزئي للبيتون مساوٍ للواحد.

➤ تم استخدام معامل مرونة الفولاذ في الحسابات مساوٍ  $200 \text{ KN/mm}^2$  بحسب الاختبارات المنجزة من قبل [12] ssrc، ومساوٍ  $205 \text{ KN/mm}^2$  بحسب الاختبارات المنجزة من قبل [11] shakir .

➤ لم يتم أخذ تسليح البيتون في الحساب حيث أنه لم يذكر في المرجعين السابقين.

➤ يقدر العامل المضخم للعزم ب  $1/(1-P/P_e)$  حيث  $p$  هي الحمولة المطبقة

أما  $p_e$  هي حمولة أولر للعمود، [5] Chen ، حيث يستخدم هذا العامل

المضخم من أجل تحليل عزم من الدرجة الثانية في BS 5400 للأعمدة

المحملة لامركزياً باعتبار أنه لا يوجد في هذا الكود أي توجيه لحساب عزم من

الدرجة الثانية.

➤ أما في الكودين LRFD ، EC4 فقد استخدمت الطرق المعطاة من أجل تحليل عزم من الدرجة الثانية.

#### 1-4 الأعمدة المحملة مركزياً

يظهر الجدول (5) المقارنة ما بين السعات المحورية المقاسة مخبرياً المغلفة للأعمدة المركبة المغلفة والمحسوبة نظرياً وفق الكودات الثلاثة. مع ملاحظة مايلي:

من أجل الأعمدة المحملة مركزياً:

➤ عندما تكون نسبة النحافة  $(lex/h \text{ and } ley/b)$  أقل من 12 يفرض الكود BS 5400 تطبيق معامل تخفيض 0.85 إلى الحمولة القصوى تبعاً للفقرة (11.3.2.1) من الكود BS 5400 .

➤ في الكود EC4 يؤخذ تأثير التحميل الطويل الأمد (الزحف - النقل) بعين الاعتبار. لهذا فإنه عند نسبة نحافة عالية تصبح نسبة المقاومة ( المختبرة / المحسوبة ) أكبر بشكل واضح .

➤ ومن ناحية أخرى لا يؤخذ هذا التأثير الطويل الأمد بعين الاعتبار في طرق الكودين BS 5400 و LRFD.

تظهر المقارنة في الجدول (5) أن النتائج المحسوبة هي أخفض عموماً من نتائج الاختبار.

❖ حيث تبين أن مواصفات LRFD تعطي التوقع الأقرب وسطياً 27% أقل من نتائج الاختبار .

❖ أما BS 5400 يعطي القيمة الأكثر محافظةً أي وسطياً 50% أقل من نتائج الاختبار.

Section (mm×mm)	$h_c$ (mm)	$b_c$ (mm)	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	$L_e$ (m)	Test (kN)	EC4 (kN)	BS 5400 (kN)	LRFD (kN)
127×114UB 29.76	177.8	165.1	248	C18/22.5	0.229	1566	1332(1.18)	1127*(1.39)	1215(1.29)
	-	-	-	-	1.168	1370	1228(1.12)	1038*(1.32)	1182(1.16)
	-	-	-	-	2.083	1366	1023(1.34)	1013(1.35)	1111(1.23)
	-	-	-	-	2.997	1281	697(1.84)	779(1.64)	1008(1.27)
203×152 UB 52.09	-	-	-	-	3.886	1027	500(2.05)	593(1.73)	886(1.16)
	254.0	203.2	248	C18/22.5	2.134	2544	1964(1.30)	1657*(1.54)	2054(1.24)
	304.8	254.0	-	-	-	3229	2453(1.32)	2077*(1.55)	2331(1.39)
	355.6	304.8	-	-	-	3807	3010(1.26)	2545*(1.50)	2674(1.42)
					Average	3807	3010(1.26)	2545*(1.50)	2674(1.42)
							(1.43)	(1.50)	(1.27)

<sup>a</sup> \* Denotes values multiplied by 0.85 according to BS 5400, Clause 11.3.2.1. Figures in brackets represent test/predicted load ratio.

## الجدول ( 5 )

المقارنة ما بين السعات المحورية المقاسة مخبرياً للأعمدة المركبة المغلفة والمحسوبة نظرياً وفق الكودات الثلاثة

### 2-4 الأعمدة المحملة بشكل لامركزي:

يظهر الجدول ( 6 ) المقارنة ما بين المقاومات المقاسة مخبرياً لأعمدة مركبة مغلفة بالبيتون محملة لامحورياً، مع قيم المقاومات المحسوبة نظرياً وفق الكودات الثلاثة، مع ملاحظة أنه في هذه الدراسات تم استخدام تحليل الدرجة الثانية لحساب العزم الأعظمي في حساب مقاومة الأعمدة المحملة لامركزياً.

يبين الجدول (6) أن:

❖ طريقة الكود LRFD للمقاطع المغلفة تعطي التوقع الأقرب وبشكل وسطي أقل

بحوالي 23% من نتائج الاختبار.

❖ تأتي بعدها طريقة الكود EC4 بمعدل 28% أقل من نتائج الاختبار.

❖ ثم طريقة الكود BS 5400 بمعدل 34% أقل من نتائج الاختبار.

إجمالاً تظهر القيم الوسطية (المختبرة/ المحسوبة) في الجداول السابقة أن

المقاومات المحسوبة للأعمدة باستخدام الطرق الثلاثة هي في الجانب المحافظ وهي

متوافقة بشكل مقبول مع نتائج الاختبار.

Section (mm×mm)	$h_c$ (mm)	$b_c$ (mm)	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	$L_e$ (m)	$\epsilon_s$ (cm)	Test (kN)	EC4 (kN)	BS 5400 (kN)	LRFD (kN)
127×114UB 29.76	177.8	165.1	232	C19.3/24.1	2.083	1.91	716	585(1.22)	525(1.36)	595(1.20)
					0.726	2.03	747	566(1.32)	511(1.46)	580(1.29)
						1.91	898	876(1.03)	801(1.12)	660(1.36)
						2.03	1014	856(1.18)	779(1.30)	642(1.58)
						2.54	738	740(1.00)	698(1.06)	578(1.28)
					1.156	1.27	996	932(1.07)	863(1.15)	753(1.32)
							729	701(1.04)	647(1.13)	566(1.29)
					2.083	2.54	627	504(1.24)	458(1.37)	524(1.20)
					2.997	1.27	716	479(1.49)	464(1.54)	612(1.17)
						2.54	529	367(1.44)	364(1.45)	469(1.13)
					3.886	2.54	440	285(1.54)	285(1.54)	408(1.08)
						3.81	347	236(1.47)	244(1.42)	340(1.02)
						5.08	329	205(1.60)	215(1.53)	293(1.12)
							Average	(1.28)	(1.34)	(1.23)

<sup>a</sup> Figures in brackets represent test/predicted load ratio.

## الجدول ( 6 )

المقارنة ما بين السعات اللامركزية المقاسة مخبرياً المنجزة من قبل ssrc [13]،  
للأعمدة المركبة المغلفة والمحسوبة نظرياً وفق الكودات الثلاثة

### 5- النتائج

بمقارنة طرق التصميم في الكودات المدروسة LRFD و EC4 و BS 5400 نجد  
مايلي:

1- تظهر اختلافات واضحة في قيم السعة المحورية المحسوبة للأعمدة المغلفة  
وفق الكودات الثلاثة.

2- عند نسب نحافة منخفضة تعطي طريقة الكود EC4 القيمة الأعلى بين قيم  
السعة المحورية، بعدها تأتي طريقة LRFD ومن ثم طريقة BS5400 على  
التوالي.

3- السعة المحورية المحسوبة وفق طريقة LRFD تصبح أكبر من المحسوبة وفق  
الكودين EC4 و BS 5400 كلما ارتفعت نسبة النحافة.

4- تظهر تناقضات معتبرة بين الطرق الثلاثة بما يخص منحنيات الترابط للمقاطع  
المغلفة ويبدو التناقض أكثر تميزاً من أجل انعطاف محور ثانوي.

5- عند نسب نحافة منخفضة يعطي EC4 السعة الأعظمية. وكلما ارتفعت نسبة  
النحافة تتخفّض السعة تبعاً لتأثير التحميل الطويل الأمد .

6- عندما ترتفع نسبة النحافة فإن السعة وفق طريقة LRFD تنخفض ولكن بشكل أقل أهمية بالمقارنة مع طريقتي EC4 و BS 5400 .

7- من أجل انعطاف المحور الثانوي تكون السعة وفق LRFD أكبر من السعة وفق EC4 و BS 5400.

وبمقارنة الحسابات في الكودات المدروسة السابقة مع نتائج الاختبارات المتوفرة نجد مايلي:

8- مقاومات العمود المحسوبة باستخدام الطرق الثلاثة هي في الجانب الآمن وهي في توافق منطقي مع نتائج الاختبار المتوفرة.

9- من أجل الأعمدة المركبة المغلفة بالبيتون المحملة مركزياً وعند مقارنة السعات المحورية المقاسة مخبرياً مع المحسوبة من الكودات للمقاطع المغلفة تبين أن مواصفات LRFD تعطي التوقع الأقرب وبشكل وسطي أقل بحوالي 27% أقل من نتائج الاختبار، أما الكود EC4 يعطي توقع بمعدل 43% أقل من نتائج الاختبار، والكود BS 5400 يعطي القيمة الأكثر محافظةً أي (بمعدل) وسطياً 50% أقل من نتائج الاختبار.

10- من أجل أعمدة مركبة مغلفة بالبيتون محملة لامحورياً، وعند المقارنة بين المقاومات المحسوبة والمختبرة، تظهر النتائج أن طريقة LRFD للمقاطع المغلفة تعطي التوقع الأقرب وبشكل وسطي أقل بحوالي 23% من نتائج الاختبار ، بعدها طريقة

EC4 بمعدل 28% أقل من نتائج الاختبار، ثم طريقة BS5400 بمعدل 34% أقل من نتائج الاختبار.

11- ينصح بطريقة EC4 لأنها تغطي مجالاً واسعاً من نتائج الأبحاث الحديثة التي تهتم بمقاومة الأعمدة المركبة. طريقة EC4 في تقديم أو عرض منحنى التفاعل ( M- N ) هي طريقة مباشرة وهذا ما يمكن من القيام بالحساب اليدوي.

## 6- المراجع

- [1] ACI Committee 318. Building code requirements for reinforced concrete. Detroit, MI: American Concrete Institution, 1992.
- [2] Basu AK, Sommerville W. Derivation of formulae for the design of rectangular composite columns. Proceedings of the ICE, supplementary volume, 1969:233–80.
- [3] Beer H, Schulz G. The theoretical basis of the new column curves of the European Convention for Constructional Steelwork (in French). Construction Me´tallique, No 3, September 1970.
- [4] BS 5400. Steel, concrete and composite bridges: Part 5: Code of practice for design of composite bridges. London: British Standards Institution, 1979.
- [5] Chen WF, Lui EM. Structural stability: theory and implementation. New York: Elsevier,
- [6] Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures, Part 1.1: General rules and rules for buildings. Brussels: Commission of European Communities, March 1992.
- [7] European Convention for Constructional Steelwork (ECCS). European recommendations for steel construction. Construction Press, 1981.
- [8] Furlong RW. Strength of steel-encased concrete beam columns. Journal of the Structural Division, ASCE 1976;93(5):113–24.

- [9] Load and resistance factor design specification for structural steel buildings. Chicago, IL: American Institution of Steel Construction (AISC), 1993.
- [10] Roik K, Bergmann R. Eurocode 4: Composite columns. Report EC4/6/89, University of Bochum, June 1989.
- [11] Shakir-Khalil H, Mouli M. Further tests on concrete-filled rectangular hollow-section columns. Structural Engineer 1990;68(20):405–12.
- [12] SSRC Task Group 20. A Specification for the Design of Steel-Concrete Composite Columns. AISC Engineering Journal, Fourth Quarter, 1979:101–15.
- [13] Viridi KS, Dowling PJ. The ultimate strength of composite columns in biaxial bending. Proceedings of the ICE 1973;55(2):251–72.

#### 7- أبحاث مستقبلية:

- 1- دراسة الأعمدة المركبة في الأبنية المتعددة الطوابق المعرضة لعزوم ضخمة.
- 2- دراسة تأثير الحمولات الجانبية على الأعمدة المركبة.
- 3- تصميم روابط القص عندما يكون العزم هو القيمة الغالبة.
- 4- تصميم أعمدة مركبة مع أشكال غير منتظمة.
- 5- تصرف وصلة جائز-عمود وألية نقل القص والعزم فيها.

## دراسة واقع عمل الموردين في مشاريع التشييد السورية من حيث تحديات عملهم ومعايير اختيارهم

م. همام محمد شاهين \* د.م. طلال الشهابي

### الملخص

تعاني مشاريع التشييد في سوريا من زيادة التكاليف والمدة الزمنية عن المخطط لها، وإنّ المشاكل المتعلقة بالمواد هي واحدة من الأسباب الأساسية المسببة لهذا الخلل، وباعتبار المورد هو المسؤول عن توريد المواد وطرف في عمليات مشروع التشييد، فإن تحديد دوره وتحدياته سيكون له أهمية كبيرة في توصيف بعض تحديات إدارة المواد والمرتبطة بتوريدها.

يهدف البحث إلى دراسة واقع عمل الموردين ودورهم في تحسين آليات تتبع المواد، من خلال عرض معايير اختيارهم لتوريد المواد إلى مشاريع التشييد، والتحديات التي تواجههم.

أشارت نتائج البحث إلى أن قطاع معظم مراكز التوريد هو القطاع الخاص، ويستخدمون تكنولوجيا المعلومات في عملهم بشكل قليل. يقوم معظم الموردين باختبارات لموادهم، وتساهم سمعتهم في كفاءة جودة موادهم وتسويقها. إنّ مصدر معظم مواد الموردين هو محلي، والطريقة المباشرة في البيع هي الأكثر استخداماً. حددت الدراسة تغييرات الأسعار كأكثر التحديات التي تواجه عمل الموردين. بالنسبة لمعايير اختيار المورد فإن **مصداقية المورد** هي المعيار الأهم لاختياره من قبل شركات التشييد، إضافة للعديد من المعايير المتعلقة بمواد المورد وأدائه وأسلوب عمله. توصي الدراسة بمزيد من البحث في واقع عمل الموردين، بهدف إيجاد السبل لتحسين عملهم وجعله أكثر مساهمة في تطبيق إدارة فعّالة للمواد في مشاريع التشييد، بما يضمن تحديد الطريقة المثلى لدمج عمل الموردين أكثر بأنظمة عمل الكترونية مستقبلية مقترحة خاصة بتتبع المواد بشركات ومواقع التشييد.

**الكلمات المفتاحية:** الموردين، مشاريع التشييد، معايير اختبار، تحديات عمل، مواد التشييد، إدارة فعّالة

\* طالب ماجستير في إدارة تقانات المعلومات في التشييد في كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق  
\*\*أستاذ مساعد في قسم الإدارة الهندسية والتشييد في كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق

## Study the suppliers' work reality in the Syrian construction projects related to their work challenges and selection criteria

\*Eng. Hummam Shaheen

\*\*Dr. Talal Al-Shihabi

### Abstract

Syrian construction projects suffer from increasing the cost and time more than planned. The materials issues are one of the main reasons of this gap. Since the suppliers, as construction project stakeholders, are responsible of supplying construction materials, so defining their role and challenges will have significant importance in determining the materials management challenges, especially supply-related ones. The research aims to study the suppliers' work reality and role in improving materials tracking mechanisms, through presenting their selection criteria by construction companies, and the faced challenges.

The research indicates that the work sector of most supply centers is the private one, and there is a lack in using IT in the suppliers' work. Most supply centers conduct materials tests and rely on their reputation in markets to guarantee their materials' quality, and market those materials. The source of most suppliers' materials is local and the usual purchasing method is the direct one.

This study defines the price changes as the most challenge facing the suppliers' work. The supplier's credibility is the most important selection criterion by the construction companies, in addition to many related criteria to the supplier's materials, performance, and behavior.

Additional researches are recommended about suppliers' work reality, to improve their work and make it applicable on effective materials management, thus, more merging suppliers' work in future suggested IT systems to track materials in construction companies and sites.

**Key words:** Suppliers, Construction projects, Selection Criteria, Work Challenges, Construction Materials, Effective Management

\* Master student in Management of IT in Construction at the Faculty of Civil Engineering - Damascus University.

\*\* Professor (Associate) in the Department of Engineering Management and Construction at the Faculty of Civil Engineering - Damascus University.

**1- المقدمة:**

من المفروض أن تكون عمليات تتبع المواد متزامنة مع كل مرحلة من مراحل المشروع حسب ضرورة كل مرحلة. لذلك فإن مراحل تتبع المواد تبدأ من مرحلة تصميم المشروع حيث يتم تحديد المواد اللازمة للمشروع، ومن ثم مرحلة اختيار الموردين، ثم التنفيذ، وتكرر هذه المراحل في كل مرة يتم فيها طلب المواد لمواقع البناء.

تعتبر مشاريع التشييد مكلفة وتحتاج وقتاً طويلاً للتنفيذ، كما أنها تتأثر بالبيئة المحيطة، ويشترك في إنجازها مجموعة من الفرق العاملة والأطراف المختلفة، والذين قد لا يكون قد سبق لهم أن تعاملوا أو عملوا سوياً قبل الاشتراك في تنفيذ هذه المشاريع، كما أنه قد تكون هي المرة الأخيرة التي يعملون فيها سوياً، وهو ما يفرض صعوبات بالتنسيق وإدارة العمليات في المشروع [1]. وباعتبار أن مجموعة الموردين هي طرف خارجي من أطراف المشروع، وبالتالي فإن اختلاف أنظمة العمل بين شركات التشييد وشركات الموردين، قد يشكل تحدياً في إدارة مشروع التشييد وفي تحديد نوع العلاقة فيما بينهما، وبالتالي فإن طبيعة هذه العلاقة هي علاقة ذات أهمية كبيرة وتأثير كبير على سير عمل المشروع، حيث من المفترض أن تتصف بالتعاون المشترك والثقة المتبادلة والتنظيم [5]. وبالتالي فإن دور إدارة مشروع التشييد هي وضع ضوابط للعلاقة بين الشركات الإنشائية والموردين أطراف المشروع، بحيث تضمن جودة المواد المقدمة والالتزام بمواعيد التوريد المتفق عليها مسبقاً، خاصة أن كلفة المواد التي يعتبر المورد مسؤول عن توريدها، تشكل حوالي 50-60% من تكلفة المشروع [2] و [3]، وبالتالي تظهر هنا ضرورة تطبيق مفهوم إدارة جودة الموردين (SQM) *Supplier quality management* وهي عبارة عن مجموعة من العمليات والإجراءات التي يتم تطبيقها من قبل شركة التشييد للتأكد من مطابقة المواد الموردة من قبل شركة التوريد، للمواصفات والكميات المطلوبة [5].

**أثرت الأزمة الحاصلة في سوريا على جوانب الحياة المختلفة، وبالتالي فإن المواد اللازمة لأعمال البناء قد تأثرت أيضاً من حيث الوفرة والأسعار والجودة، وبما أن عمل الموردين يعتمد على توافر المواد لديهم والقدرة على تحمل تكاليفها، فقد تأثر عملهم أيضاً بشكل مباشر بهذه الأزمة. نظراً لأن الموردين هم من أصحاب المصلحة الرئيسيين في مشاريع البناء، لذا فإن أي تأثير سلبي على عملهم يمكن أن يكون سبباً من أسباب تأخر المشروع، وزيادة التكاليف أكثر من المخطط لها. بحسب (Alves et al., 2013) [24] لا يوجد ما يشجع الموردين على تغيير طرقهم التقليدية للتعامل مع مشاريع التشييد، بالرغم أن تطور عملهم هو جزء من تطور عمل التشييد، وذلك بسبب الطبيعة المتغيرة لمشاريع التشييد مع تغير ظروف الموقع والمشروع.**

تبدأ مرحلة اختيار الموردين بعد الانتهاء من تحديد كميات المواد المطلوبة مع خطة الجدول الزمني المخطط لاستلامها، وتنتهي هذه المرحلة ببدء عمليات الشراء وتوريد المواد اللازمة للمشروع إلى موقع التشييد. يؤكد (Al-Maian et al., 2015) [5] أنه لا يوجد نظام ثابت لاتخاذ القرار الخاص باختيار الموردين في صناعة التشييد، كما توجد عدة معايير لهذا الاختيار، ووجد (Topcu, 2004) [6] خلال دراسته للمشاريع العامة في تركيا إلى أن المعيار الأساسي والوحيد لاختيار المورد هو القيمة المالية للعرض الذي يقدمه، حيث يتم اختيار المورد صاحب العرض الأدنى قيمة. ولا يختلف الأمر في مشاريع التشييد التشيكية والبولندية بحسب (Hanak et al, 2015) [7] في حين أضاف (Ulubeyli et al, 2010) [8] العلاقات الشخصية كمعيار آخر لاختيار الموردين. أكد (Hanak et al, 2020) [9] على أن اختيار المورد المناسب لتوريد المواد هو أحد المتطلبات الأساسية لإكمال مشروع التشييد بشكل كامل، وذلك بسبب أهميته في تأمين مواد المشروع بالجودة المطلوبة ووفق الزمن المطلوب.

## 2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة واقع عمل الموردين في مشاريع التشييد والتحديات التي يواجهونها، إضافة لتحديد أبرز معايير اختيارهم من قبل الشركات الهندسية، بما ينعكس على تحسين عمليات التوريد وبالتالي المساهمة في تحسين آليات تتبع المواد في موقع التشييد.

## 3- مواد وطرق البحث:

عينة البحث هم من الموردين الذين يزودون مشاريع التشييد بالمواد، ويتنوع هؤلاء الموردين من كونهم عبارة عن مجرد متاجر بيع صغيرة إلى شركات توريد خارجي أو داخلي كبيرة، حيث يؤثر نوع وحجم عمل المورد على إدارة المواد في مشاريع التشييد، كما يتم تحديد نوع مراكز التوريد المطلوب التعامل معها لتوريد المواد إلى المشروع بناءً على حجم مشروع التشييد وكمية المواد المطلوبة له. تم اختيار عينة البحث بشكل عشوائي وبطريقة snowball، باعتبار عدم وجود إحصائيات حكومية كاملة للموردين العاملين في مجال توريد المواد لمشاريع البناء. أعدّ الباحث قائمة بالموردين بالاعتماد على قوائم مأخوذة من موظفي شركات المقاولات والمكاتب الهندسية، بالإضافة إلى مساعدة الموردين أنفسهم خلال القيام بزيارتهم للدلالة على غيرهم من الموردين العاملين في السوق شركات كانوا أم محال تجارية.

تصميم الاستبيان: باتباع المنهجية التي استخدمها (Kannan and Tan, 2002) [26]، اللذين أعدا استبياناً لتحديد العناصر الأكثر أهمية لتقييم عمل الموردين، حيث تم توجيه هذا

الاستبيان إلى شركات التشييد لتقييم مجموعة من المعايير التي طرحها الباحثين، على مقياس من واحد وهو الأقل تقييم إلى خمسة، الأعلى تقيماً.

الخطوات التي تم اتخاذها لتصميم الاستبيان هي كالتالي:

- استنتاج أسئلة للاستبيان من دراسة المراجع العلمية السابقة، وإضافة مجموعة من الأسئلة باستخدام العصف الذهني.
- مناقشة الأسئلة المطروحة في الاستبيان مع بعض الخبراء، مهندسين وموظفي شركات توريد، لأخذ ملاحظاتهم وتعليقاتهم.
- تصنيف أسئلة الاستبيان وتصميمه بشكل مبسط للمستجيب.
- إعداد ملف Excel لإدخال البيانات وتحليلها.
- إجراء الاستبيان مع عينة تجريبية للتحقق من صحة الأسئلة المطروحة فيما يتعلق بالمعلومات والتصميم.

تضمن الاستبيان أسئلة مفتوحة وأخرى مغلقة، ذات خيارات متعددة أو تعتمد على ملئ معلومات معينة. صمّم الاستبيان على عدة أقسام اعتماداً على أهداف البحث، كما يلي:

- **المعلومات الشخصية للمستجيب**، والتي تشمل معلومات الاتصال الخاصة به، ومؤهلاته، ونوع عمل مركز التوريد الخاص به، وسنوات خبرته.
- **معلومات شركة أو مركز التوريد** والتي تشمل قطاع العمل وموقعه وموقع مستودعاته.
- **معلومات نوعية عن مركز التوريد المستهدف بالبحث**، وسنوات الخبرة العملية لدى المركز، ومعايير موثوقيته، بالإضافة إلى التحقق من بعض المؤشرات المتعلقة بمستودع المورد ومواده.
- **المعلومات الكمية المتعلقة بمواصفات مواد المورد**، وطرق كفالتها، والفترة القصوى لتوفير المواد غير المتوفرة لديه، ومصادر هذه المواد، واستدامتها.
- **المعلومات الكمية حول عمل مركز المورد** من حيث آليات الدفع وطرق الشراء المتبعة، وامتلاكه مستندات إثبات لجودة ومواصفات مواد وقوائم بأسعارها. كما تتضمن طرق نقل المواد، والتقنيات وبرامج الحاسب المستخدمة لدى المورد وطرق التسويق لمواده.
- **معلومات نوعية عن رأي المستجيبين فيما يتعلق بعمل موردي البناء في سوريا**، من حيث العوامل المؤثرة في اختيارهم، والتحديات التي تواجه عملهم.

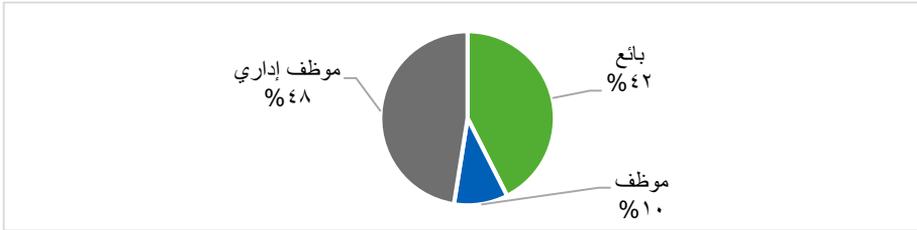
اعتماداً على القائمة التي تم إعدادها الخاصة بشركات التوريد والمحلات التجارية، قام الباحث بزيارات عشوائية لتلك الشركات، وتمت مقابلة الموظفين والبائعين في محلات التوريد. بالنسبة لنفس الاستبيان، يجيب المستجيبون على المعلومات الشخصية الخاصة

بهم، وتلك الخاصة بمراكز التوريد التي يعملون فيها (شركات أو متاجر)، إضافة للأسئلة المعتمدة على رأيهم، وبالتالي، يمكن لكل مستجيب أن يستجيب لمركز إمداد واحد.

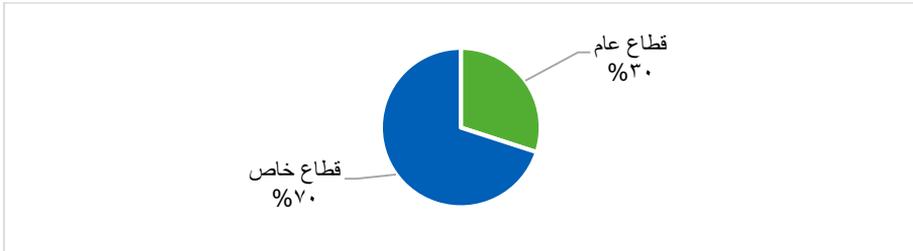
هناك العديد من أنواع المقابلات، والتي يمكن استخدامها لجمع البيانات والمعلومات المتعلقة بالبحث، كالمقابلة غير المنظمة، والمقابلة شبه المنظمة، والمقابلة المنظمة. في هذا البحث، تم استخدام المقابلات المنظمة، باستبيان يحوي أسئلة مغلقة ومفتوحة.

#### 4- خلفية المستجيبين ومراكز التوريد:

تمت مقابلة 40 شخصاً، يمثل كل منهم مركز توريد أو متجرًا أو شركة أو فرعًا للشركة أو معرضاً مخصصاً لبيع منتجاتها. كان 17 منهم بائعين في متاجرهم الخاصة، و4 موظفين في شركات للتوريد، و19 منهم كانوا إداريين في شركات التوريد الخاصة بهم. حوالي 5% منهم لديهم خبرة عمل أقل من سنتين، بينما حوالي 78% منهم لديهم خبرة عمل تزيد عن 10 سنوات في أعمال التوريد للمشاريع الإنشائية.



الشكل 1: النسبة المئوية للمقابلة للمستجيبين بالنسبة لطبيعة عملهم كموردين أو عاملين في شركات توريد



الشكل 2: نسبة المستجيبين تبعاً لقطاع عمل مركزهم الخاص بالتوريد

وبالتالي فإن 23 من المستجيبين يمثلون شركات توريد، أي حوالي 58% من مجموع العينة، بينما 42% الباقية يمثلون محلات تجارية. استمرت جميع مراكز التوريد التي تمثلها عينة البحث لأكثر من 10 سنوات في عملها في تزويد مشاريع التشييد بالمواد اللازمة. حوالي 30% من مراكز التوريد هي عبارة عن شركات عامة حكومية مثل شركة عمران الحكومية، في حين أن حوالي 70% منهم هي مراكز خاصة تتضمن شركات ومحلات

تجارية للتوريد. إنّ جميع الشركات في العينة هي شركات توريد داخلية تحصل على موادها من خلال تصنيعها محلياً، أو من خلال شراء هذه المواد من مصانعها المحلية في سوريا، وبيعها لتنفيذ مشاريع تشييد مختلفة ضمن البلد. بما يخص تخزين المواد في مراكز التوريد، فإنّ كل مركز توريد يحتفظ بمواده في مستودعاته أو داخل المركز كما في حالة المتاجر، وحوالي 83% من مراكز التوريد الممثلة من قبل عينة البحث لديها مستودعات مجهزة لحفظ المواد. قد يحتاج حجم وطبيعة عمل مركز التوريد، أن يكون لديه العديد من الفروع والمعارض الخاصة بعرض منتجاته، ووفقاً للعينة المستهدفة، فإن حوالي 48% من مراكز التوريد لها فروع في نفس مدينة المركز أو في مدن أخرى.

### 5- واقع عمل مراكز التوريد:

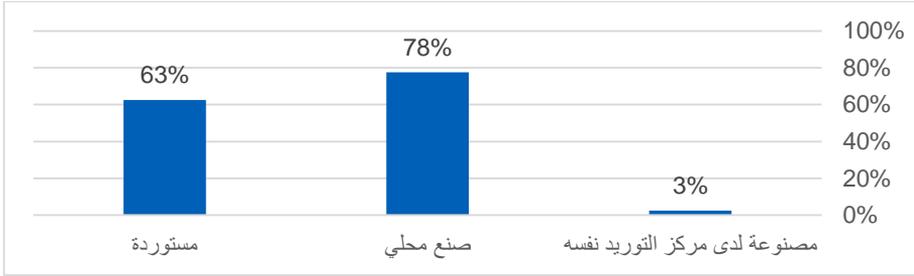
تنزايد الحاجة إلى تحقيق تكامل بين عمليات شركات التشييد وعمليات الموردين كما أشار (Schmidt et al, 2001) [10]، ولمعرفة كيفية تحقيق هذا التكامل فإنّه من الضروري دراسة واقع عمل مراكز التوريد وخاصة ما يتعلق بالمواد الموردة إلى مواقع التشييد.

هناك العديد من العوامل التي تحدد طبيعة ونوع عمل المورد، وتكون أحد أسباب اختياره من قبل شركات التشييد أو المكاتب الهندسية لتوريد المواد لمشاريع البناء، كالموثوقية، التي تتحدد بطرق مختلفة، حيث إنّ حوالي 3% من المستجيبين لديهم شهادات تؤكد موثوقيتهم وهي عبارة عن شهادات تصنيف من مؤسسات حكومية، وحوالي 5% منهم لديهم وثائق دولية مثل ISO، بينما حوالي 83% منهم ليس لديهم أي معايير معينة لموثوقيتهم، ويعتمدون على سمعتهم في الأسواق. اعتماداً على نتائج تقييم عمل الموردين، يتخصص حوالي 70% من عينة الموردين بتوريد مواد محددة، ممّا يبني للموردين سمعة أفضل في الأسواق، ويزيد من خبرتهم في التعامل مع نوع معين من المواد، بالإضافة إلى أنّ حوالي 63% من العينة يقومون بتصنيف المواد في متاجرهم أو مستودعاتهم. لضمان جودة المواد، ويقوم حوالي 80% منهم بإجراء اختبارات للمواد، وهو ما يزيد من فرص اختيارهم للتوريد. حوالي 68% من مراكز التوريد تكفل موادها لمدة سنة أو أكثر، بحسب نوع هذه المواد.

في بعض الحالات التي يقل فيها توفر بعض المواد اللازمة لمشروع التشييد في الأسواق، فقد يحتاج مركز التوريد إلى وقت إضافي لتوفيرها، مما يتسبب في بعض التأخير في دورة مشروع البناء، خاصة إذا كانت هذه المواد غير موجودة في خطة التوريد.

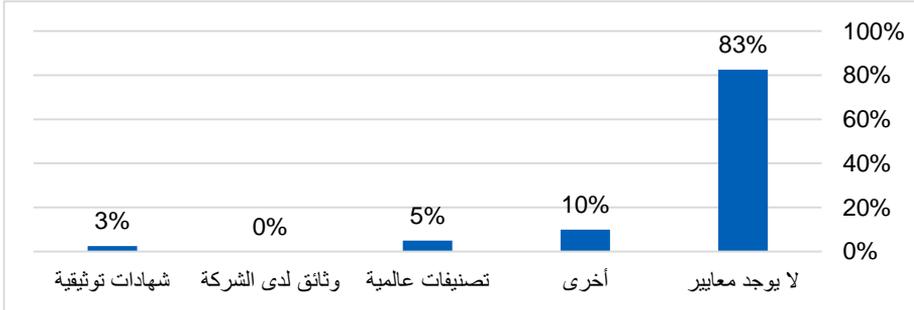
يمكن لمراكز التوريد الحصول على المواد من عدة مصادر، وبحسب نتائج الاستبيان ومع أخذ العلم أنّه من الممكن أن يكون لدى المورد مواد من مصدر واحد أو أكثر، فإنّ حوالي 63% من الموردين المستجيبين للاستبيان يستوردون بعض أو كل موادهم من خارج سوريا، وحوالي 78% منهم يقومون يحصلون على بعض موادهم من مصانع وورشات محلية متخصصة، وحوالي 3% منهم يقومون بتصنيع موادهم في مراكز توريدهم نفسها.

تختلف طريقة الشراء التي تستخدمها شركات البناء لشراء المواد من الموردين حسب كمية المواد المطلوبة والتكلفة ونوع المواد، واعتماداً على تقييم الموردين، ذكر حوالي 15% من المستجيبين أن المناقصة هي أحد طرق الشراء التي تستخدمها الشركات معهم، بينما ذكر حوالي 28% عروض الأسعار، وذكر جميع المستجيبين الشراء المباشر، بالإضافة إلى أن الشركات تدفع للموردين بعدة طرق حسب مدة فترة السداد المتفق عليها. وأشار حوالي 3% من المستجيبين إلى أنهم يدفعون عن طريق التسيط، وحوالي 60% من المستجيبين يحصلون على مستحقاتهم في بداية تنفيذ خطة التوريد، في حين أن حوالي 65% يحصلون عليها في نهاية تسليم المواد إلى مشاريع التشييد.



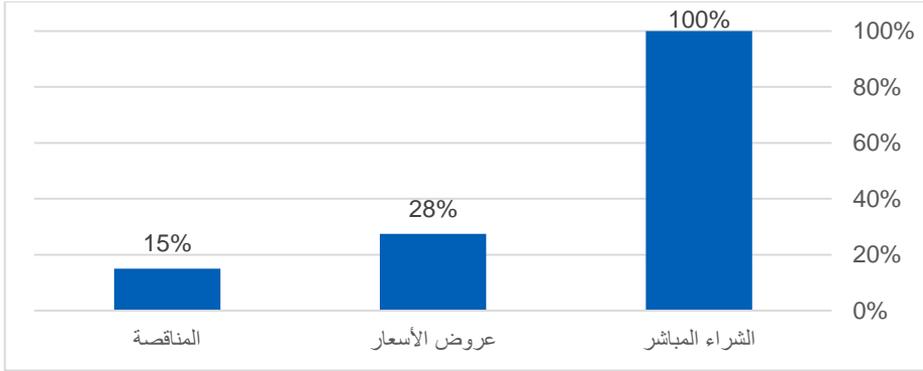
**الشكل 3: نسبة المستجيبين عن مراكز توريدهم بحسب مصدر بعض أو كل المواد المتوفرة لديهم (حيث يمكن أن يكون لدى المورد مواد من أكثر من مصدر واحد)**

إن وجود وثائق تثبت جودة المواد التي يسلمها المورد يزيد من فرصة اختياره من قبل شركات البناء، وإن حوالي 63% من الموردين لديهم مستندات تثبت جودة موادهم، وحوالي 35% منهم لديهم وثائق توضح المواصفات العلمية لموادهم وذلك حسب نوع هذه المواد.



**الشكل 4: نسبة المستجيبين حسب نوع الإثباتات التي تملكها مراكز التوريد خاصتهم لجودة موادها**

يقوم المورد بنقل المواد من مستودعاته الخاصة إلى مشاريع البناء بواسطة مركباته أو على نفقة شركات المقاولات، حيث إن حوالي 90% من مراكز التوريد لديها سيارات خاصة بها لنقل المواد.



الشكل 5: نسبة المستجيبين حسب طرق الشراء الأكثر اتباعاً في مراكز التوريد الخاصة بهم

فيما يتعلق بتسويق المواد، تمتلك حوالي 48% من مراكز التوريد التي تم تقييمها موقعاً إلكترونيًا خاصًا بها لتسويق منتجاتها وموادها، مما يزيد من فرص اختيارها من قبل شركات التشييد لتوفير المواد لمشاريعها.

إنّ استخدام مراكز التوريد للتقنيات التكنولوجية في عملها يؤدي إلى تحسين هذا العمل، وبالتالي تطور من تعاملاتها مع شركات التشييد والذي يعود بتأثيره الإيجابي على مشاريع هذه الشركات، ووفقاً لحوالي 50% من الموردين المشمولين في الدراسة، فإنهم يستخدمون التقنيات وبرامج الكمبيوتر في عملهم لتتبع موادهم، والقيام بالعمليات المالية، كاستخدام برامج مثل Excel، و (Enterprise Resource Planning) ERP، وبرامج الكمبيوتر المحاسبية، والهندسية، بالإضافة إلى استخدام كاميرات IP، والباركود، وغيرها.

لقد أشار (Schmidt et al, 2001) [10] في دراستهم لسلسلة التوريد الخاصة بمشاريع التشييد ضمن مجال بحثهم في البرازيل، أنها تعتبر غير متطورة ومازالت قديمة، ويرجعون ذلك إلى ضعف التطور التكنولوجي ضمن بعض أجزاء هذه السلسلة، وخاصة عندما يتعلق ذلك بموقع التشييد.

#### 6- معايير اختيار الموردين:

اقترح (Hanak et al, 2020) [9] مجموعة من المعايير لاختيار الموردين وهي: سعر المواد لديه، وكفالته لثبات أسعاره، وضماناته لجودة المواد لديه، وتوافر السيولة المالية لديه، والخدمات اللوجستية التي يقدمها، وطبيعة علاقته مع الشركة وتاريخ التواصل بينهما، وضمانه لالتزامه بتاريخ تسليم المواد وفق الخطة الزمنية. وأضاف (Dickson, 1966) [11] إلى هذه المعايير معايير أخرى تتعلق بقدرة المورد على تحقيق التنافسية من حيث أسعاره وجودة خدماته فكانت عدد المعايير المقترحة لاختيار الموردين ثلاثة وعشرين

معياريًا. وبحسب (Hanak et al, 2020) [9] فقد فضل المقاولون الرئيسيون الموردين الذين تعاملوا معهم منذ مدة طويلة، والذين يضمنون التزامهم بتاريخ توريد مواد متوافق مع الخطة الزمنية للمشروع، وأسعار موادهم ثابتة نسبياً. في حين أن المقاولين الثانويين والذين يتعاملون مع المقاولين الرئيسيين بشكل أساسي، فقد شاروا إلى أهمية معيار جودة المواد المقدمة من قبل الموردين، وذلك باعتبارهم المسؤولون المباشرين عن ضمان جودة مواد المشروع.

استعرض الباحث (Taherdoost et al, 2019) [12] طرق متعددة في اختيار الموردين ومنها تحليل ملف المورد وهي نسخة معدلة من طريقة النقاط الموزونة لتقييم المورد (Vendor profile analysis)، ونظرية المنطق الضبابي (Theory of fuzzy logic) التي اقترحت أولاً من قبل Zadeh في عام 1965 وهي قادرة على التعامل مع المعايير في حالة عدم اليقين، ذكر (Fatima, 2018) [13] طريقة (Analytic Hierarchy) AHP (Process) وهي عملية التحليل الهرمي والتي تكون على درجات، حيث معايير الدرجة الأولى هي سعر المواد، وتوريدها، والخدمات المقدمة، وجودة المواد، وأما معايير الدرجة الثانية فهي امتدادات لمعايير الدرجة الأولى، فعلى سبيل المثال، تشمل امتدادات توريد المواد زمن التوريد وتكلفته. تتمثل الدرجة الثالثة بالموردين المتاحين. وقد وسع (Saaty, 2005) [14] مفهوم AHP وطرح طريقة عملية الشبكة التحليلية (Analytic Network) (Process) (ANP) التي استبدلت الطريقة الهيكلية لترتيب المعايير بطريقة الشبكة.

اقترح (De Boer et al, 2001) [15] طريقة التكلفة الإجمالية التي تهتم بالتكلفة المعروضة من قبل الموردين، وأما TOPSIS فهي طريقة تستهدف البحث عن الحل الأمثل، وعليها تم بناء طريقة برمجة رياضية فكانت تقنية البرمجة الخطية التي تعتمد التكلفة والجودة والتسليم [16]. درس الباحث (Farhad et al, 2009) [17] طريقة الذكاء الاصطناعي، وهي التي تعتمد تزويد صانعي القرار بمعلومات ونواتج وتجارب من تقييم أداء الموردين السابقين، ليتم اختيار موردين في مشاريع حالية.

يقترح (Schramm et al, 2012) [18] في دراسته نموذج قرار متعدد المعايير لاختيار الموردين لمشاريع التشييد، إضافة إلى إجراء تقييم فعال للموردين المختارين. يعتمد النموذج على طريقة (Simple Multi-Attribute Rating Technique Exploiting) SMARTER (Ranking)، والتي وضعها (Edwards, 1977) [19] وهي عبارة عن أسلوب مبسط يقدم تقييم للقيم والمعايير المساهمة في عمليات صنع القرار وتصنف الخيارات من الأفضل إلى الأسوأ، وتهدف هذه الطريقة إلى وضع سياسات استراتيجية واضحة ليعتمد عليها نظام إدارة الشركة في عمليات اختيار الموردين.

بالرغم من توافر عدة طرق ومعايير لاختيار الموردين فإن نتائج بحث ( Verma et al, 1998) [20] أشارت إلى أنه وعلى الرغم من تعدد الطرق وأن الشركات في الغالب تعتبر الجودة السمة الأهم لاختيار المورد، ولكن في الواقع يتم اختيار المورد بشكل أساسي استناداً إلى سعر المنتج والالتزام بالتسليم. في حين يرى (Wu et al, 2010) [21] أنه لا يمكن أن يعتمد قرار اختيار المورد فقط على سعر منتجاته أو جودتها. خلص ( Schramm et al, 2012) [18] إلى أنه في كثير من الحالات يعتمد اختيار المورد على حدس وخبرة المشرفين وصانعي القرار في المشروع. ذكر الباحث (Jobim Filho, 2002) [22] معايير أخرى يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار الموردين وهي:

- عدد المواد التي تدخل في عملية التنفيذ والذي يكون في العادة كبيراً.
- تنوع المواد الداخلة في التنفيذ.
- قلة المعلومات حول جميع الموردين المتوافرين.
- صعوبة دمج وإدارة العمليات بين الموردين وشركات التشييد.

لتحسين مراقبة جودة الموردين، يجب زيادة التواصل والشفافية بين شركات التشييد والموردين أنفسهم، كما أنه من المفترض اعتبار الدروس المستفادة من تجارب العمل بين الطرفين في أعمالهم المشتركة. لأن هذا التعاون بين الشركة والموردين من شأنه أن يتضمن إنجاز مشاريع التشييد المشتركين بها بتكاليف أقل وجودة أكبر كما أشار إلى ذلك (Alves et al., 2016) [25] ووجد الباحثون أن أهم خمس معايير لتقييم المورد واختياره هي جودة مواده، التزامه بالترتيب الزمني لعمله، خبرته، تكلفة مواده المقدمة، وقدرته على العمل. يؤكد ( Hanak et al, 2020) [9] أن اختيار المورد المناسب هو أحد أهم المتطلبات لإكمال مشروع التشييد بشكل مكتمل وجودة عالية.

سيتم في هذه الدراسة تحديد المعايير من وجهة نظر الموردين. تنقسم معايير الاختيار إلى تلك المتعلقة بالمواد وأخرى متعلقة بأداء المورد وطبيعة عمله.

فيما يتعلق بـ **مواد الموردين**، وبحسب المستجيبين، فإن **جودة المواد** هي المعيار الرئيسي للاختيار، ولكن هذا يعتمد على نوع وأهمية وكمية المواد المطلوبة، حيث إن حوالي 48% من الموردين -عينة البحث- أكد على أن الجودة لها أهمية كبيرة كمعيار. كما أن سعر المواد لدى المورد هو عامل آخر لاختياره، حيث يؤثر على التكلفة العامة للمشاريع، وتحاول شركات المقاولات اختيار الموردين الذين يمكنهم توفير المواد بجودة عالية ولكن بأسعار تتناسب مع الخطة المالية للمشروع، مما يعني أن شركات المقاولات تعتمد على التوازن بين جودة وتكلفة المواد لاختيار الموردين، والأهمية العالية لأسعار المواد كأحد معايير الاختيار، قد أشير إليه من قبل حوالي 65% من المستجيبين.

مهما كانت جودة المواد وتكلفتها، فإن **توفر تلك المواد** هو عامل مهم آخر، ومن المنطقي أن تقوم شركات البناء بتوجيه اختيارها للموردين الذين يمكنهم توفير المواد في الوقت المحدد، على الرغم من أي ظروف يمكن أن تحدث في الأسواق المحلية أو الدولية، قد تؤثر على عمل هؤلاء الموردين، وتم تأكيد هذه الأهمية العالية لتوافر المواد من قبل حوالي 68% من المستجيبين.

كما أشار حوالي 78% من المستجيبين إلى الأهمية الكبيرة لتوفر نشرات علمية لدى المورد خاصة بمواده، كأحد معايير اختياره من قبل شركات المقاولات، حيث يعطي ذلك للشركات الثقة في المواد والمواصفات المقدمة، وهذا يؤكد احترافية المورد في عمله. يؤكد حوالي 50% من المستجيبين أهمية وجود **كفالات للمواد** لدى المورد، ولكن وبما أنه لا حاجة في العموم للالتزام بوجود كفالات خاصة بمواد البناء، إضافة إلى صعوبة الحصول على هذه الكفالات من الموردين، لذا فإن النسبة السابقة من المستجيبين تؤكد أن هذا العامل أقل أهمية من العوامل الأخرى المتعلقة بالمواد.

أعطى الباحث للموردين المستهدفين الفرصة للتعبير عن تجربتهم حول **كيفية إثبات جودة موادهم**، وقد أكد بعضهم أنه يجري تجارب واختبارات على مواد ولديه شهادات لهذه الاختبارات، ونشرات علمية، إضافة إلى أن بعض المواد تكون أساساً من ماركات تجارية شهيرة. أكد أحد المستجيبين أنه شركته الخاصة بالتوريد لا تقوم بتوريد المواد لمشاريع البناء قبل توفير شهادات اختبار لهذه المواد. بشكل عام، إن إثبات جودة المواد لدى المورد يعتمد على آراء شركات التشييد الأخرى حول المورد ومواده المقدمة عادة، وبالتالي سمعته.

فيما يتعلق بأداء الموردين وطريقة العمل، يعتبر حوالي 65% من المستجيبين أن التزام المورد بالتوريد نوع معين من المواد له أهمية متوسطة في اختيار الموردين، بينما أكد حوالي 65% من المستجيبين أن **المسافة بين موقع المورد** ومشروع التشييد الذي سيتم توريد المواد إليه هو أكثر أهمية في معايير الاختيار، حيث تفضل شركات البناء أقرب الموردين لمشاريعهم، مما يقلل من تكلفة النقل وبالتالي التكاليف الخاصة بالمواد.

فيما يتعلق باستخدام التقنيات، أكد حوالي 75% من المستجيبين أن استخدام التقنيات الحديثة والبرامج الإلكترونية، له أهمية متوسطة أيضاً، حيث بشكل عام لا يوجد اعتماد كامل وأساسي من قبل مراكز التوريد وشركات التشييد على التقنيات في عملهم، وحتى لو كان اعتماد المورد على استخدام التقنيات الحديثة جيداً، فإن ذلك يساهم في تسهيل عمله ورفع كفاءته، ولكن لا يؤثر على عمل شركات المقاولات، خاصة أنه لا يوجد تكافؤ بالاعتمادية على التقنيات الحديثة بين شركات المقاولات وشركات التشييد، كما لا يوجد ربط بين الشركات، ويكون الاعتماد على التقنيات الحديثة وما تحققة من رفع لكفاءته فرصة إضافية له ليتم اختياره من قبل شركات التوريد.

وفي سؤال للمجيبين حول أهمية تطبيق تقنيات المعلومات على أعمال المورد، أكدوا أن تقنيات المعلومات تساهم في ضبط الحسابات المالية، ومنع السرقة، والتواصل مع شركات المقاولات، وتسويق المنتجات، وزيادة الالتزام بالمواعيد، وسرعة توريد المواد، وتتبع المواد، وغيرها من جوانب العمل الأخرى. وفقاً لبعض المستجيبين، يعد تطبيق تكنولوجيا المعلومات على عمل المورد أمراً مهماً ولكنه صعب كما الحال بالنسبة لأي شركة، بسبب الاتصال السيئ بالإنترنت وخدمات تكنولوجيا المعلومات التي تحتاج المزيد من التطوير والدمج بيئة العمل في سوريا، في حين وجد أحد المستجيبين أنه لا توجد حاجة لتطبيق تكنولوجيا المعلومات على عمل المورد.

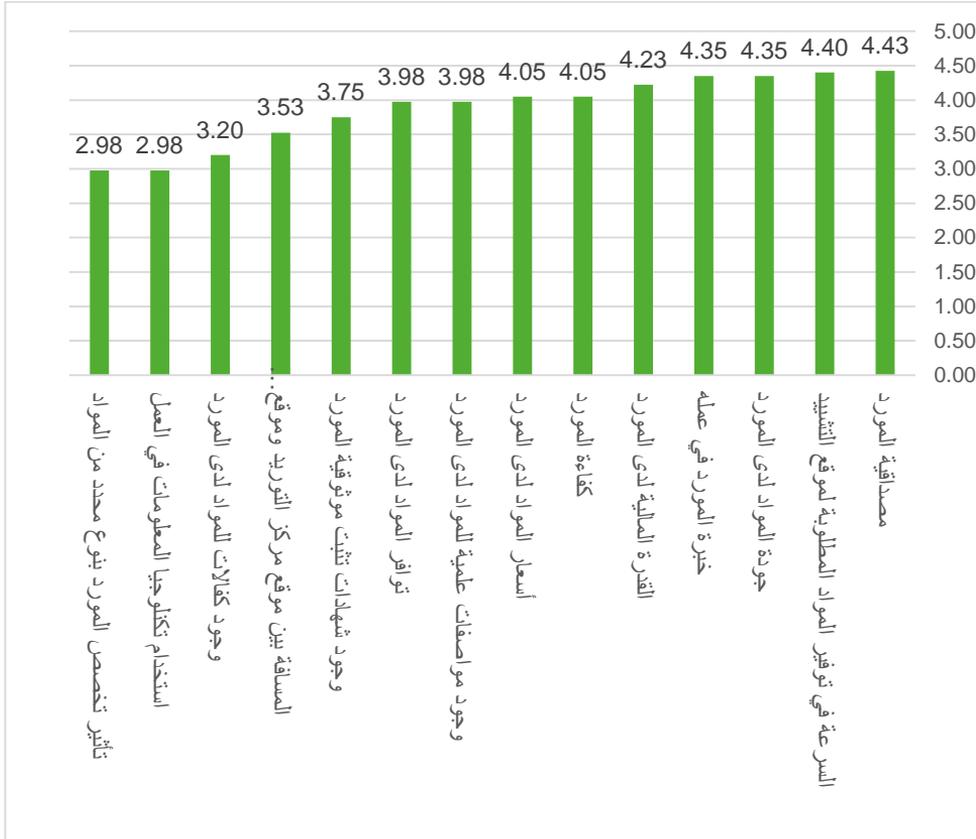
تفضل شركات التشييد الموردين الذين يمكنهم الالتزام بأوقات التوريد المخطط لها، ويعتقد حوالي 55% من المستجيبين أن هذه النقطة لها تأثير كبير على اختيار المورد، مما يمنح المورد سمعة جيدة بين أقرانه.

مع سنوات عديدة من العمل، يجب أن يتمتع المورد بسمعة طيبة بين عملائه، وهذه السمعة مرتبطة بقدرته المالية ومصداقيته وموثوقيته بالإضافة إلى مستوى خبرته. أكد حوالي 63% من المستجيبين أن زيادة القدرة المالية للمورد تزيد من فرصة اختياره، حيث إنها تزيد من ثقة الشركات به، ومن العوامل الأخرى التي تخص المورد، هناك المصداقية والتي أكد على أهميتها حوالي 48% من المستجيبين، في حين أن خبرة المورد، قد أجمع على أهميتها حوالي 60% منهم.

سئل الموردون المستهدفون عن طريقتهم في إثبات موثوقيتهم ومصداقيتهم، فأشاروا إلى أنهم يبنون سمعتهم مع شركات المقاولات من خلال محاولة الامتثال للعقود على الرغم من الظروف، مما يعني الالتزام بالمواعيد في تسليم المواد للمشاريع. بالإضافة إلى ذلك، فإن رأي الشركات الأخرى أو السمعة الجيدة للموردين هو العامل الرئيسي في إثبات الموثوقية، والتي يمكن أن تدعمها الخبرة أو الأداء أو الشهادات الدولية. أضاف المستجيبون للاستبيان من الموردين إلى طرق إثبات موثوقيتهم، ضمان وجود كفالات للمواد وتوافرها وأن تكون أسعارها معقولة، حيث أن تعامل شركات التشييد مع هؤلاء الموردين الذي يحرصون على توافر هذه الميزات في أدائهم وموادهم، يحسن من أعمال التشييد ويمنع التأخير في تنفيذ مشاريع التشييد، الذي من الممكن أن يكون ناجماً عن التعامل مع موردين غير موثوق بهم أو ذوي المصداقية المنخفضة. أكد أحد المستجيبين أنه لا صلة بين امتلاك المورد للشهادات وزيادة موثوقيته أو مصداقيته، حيث إن سمعة هذا المورد ورأي شركات المقاولات حوله، هي عامل أكثر إثباتاً للمصداقية من توافر الشهادات.

اعتماداً على المقارنة بين متوسط مستوى الأهمية التي حددها المجيبون لكل معيار من معايير اختيار الموردين، على مقياس من 1 إلى 5، فإن مصداقية الموردين لها متوسط

مرتفع وهو 5 / 4.43 ، في حين أن المتوسط الأقل كان لتأثير استخدام تكنولوجيا المعلومات في عمل الموردين، وهو 5 / 2.98، حيث لا يوجد رابط بين استخدام تكنولوجيا المعلومات في عمل المورد والتحسين الذي يمكن توفيره لواقع مشاريع التشييد من قبل المورد، كما أن تخصص المورد بنوع معين من المواد له أيضاً نفس متوسط الأهمية القليل 5 / 2.98، وهذا ما تم توضيحه في الرسم البياني التالي:



الشكل 6: متوسط درجة الأهمية على مقياس من 1 إلى 5 لكل معيار من معايير اختيار الموردين

#### 7- تحديات عمل الموردين:

يواجه عمل الموردين لمواد مشاريع التشييد العديد من التحديات التي لها تأثير سلبي على سير العمل في مشروع التشييد، وتتعلق هذه التحديات بتكلفة المواد وتوفرها بالإضافة إلى تحديات أخرى يمكن أن تؤثر على جودة المواد وأزمة توريدها لمشاريع التشييد. طُلب من

المستجيبين تحديد أهمية المشكلات المقترحة من قبل الباحث، والتي يمكن أن تواجه عمل الموردين في توفير المواد لمشاريع التشييد.

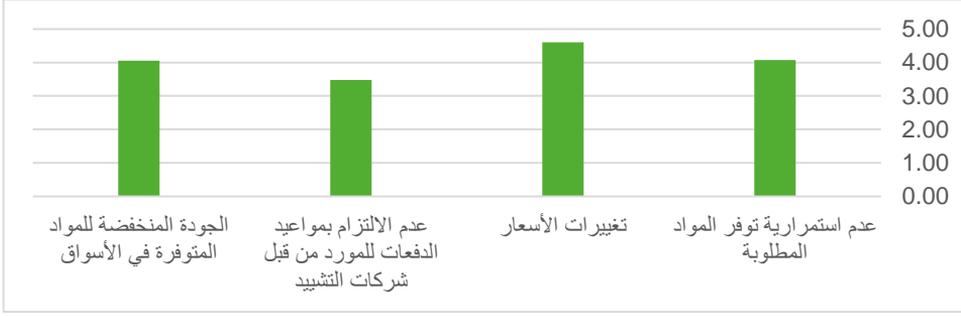
اقترح الباحث **انخفاض جودة المواد** المتاحة في الأسواق، كواحدة من التحديات التي تواجه عمل المورد، ووفقاً لحوالي 55% من المستجيبين، فإن هذه المشكلة لها تأثير كبير على عمل الموردين بما يؤثر على تقدم مشاريع التشييد التي يتعاملون معها، حيث لا يستطيع المورد تقديم نفس الجودة المتفق عليها مع شركات التشييد، مما قد يؤدي إلى تأخير تسليم المواد للمشاريع، حتى يجد الموردون المواد بالجودة المطلوبة.

تتغير **أسعار المواد** بتزايد متسارع منذ بداية الأزمة السورية، مما يزيد من العقبات أمام عمل الموردين ويخلق المزيد من العقبات في توفير المواد لمشاريع التشييد، مما يشكل جانباً يؤثر على اختيار المورد وتحسين عمله، وقد أكد حوالي 65% من المستجيبين ارتفاع مخاطر تغير الأسعار على عمل المورد.

كما يعاني الموردون من **عدم التزام شركات المقاولات** بجدول السداد بسبب تغيرات الأسعار أو الضعف المالي لشركات المقاولات، وقد أكد حوالي 63% من المستجيبين ذلك، حيث إنه يؤثر على التعامل بين المورد وشركات المقاولات وقد تتسبب في تأخير المشاريع التشييد.

كما ذكر أعلاه فإن **عدم توفر المواد** يعدّ تحدّ كبير لعمل المورد في توفير المواد لمشاريع البناء، وهو ما يؤدي إلى توريد مواد بديلة بجودة منخفضة ومختلفة عن المواد المطلوبة بالخطّة، وذلك ينعكس على طريقة عمل المورد وسمعته. يمثل عدم توفر مواد معينة مطلوبة بالخطّة، أحد المخاطر ذات الاحتمال العالي على عمل الموردين هذه الأيام بعد بدء الأزمة في سوريا، وقد أكدها حوالي 63% من المستجيبين.

ذكر حوالي 45% من المستجيبين مخاطر أخرى، منها ما يتعلق باستيراد المواد، والتي تأثرت كثيراً بالأزمة السورية، حيث يوجد عدم قدرة على استيراد بعض المواد خاصة مع تغيرات الأسعار، إضافة إلى الأسعار العالية للمواد المستوردة، مما يقود للاعتماد على المواد الوطنية كبديل يمكن أن يكون بجودة منخفضة. وقد ذكر هؤلاء المستجيبون أيضاً المنافسة غير العادلة بين الموردين، والتي تتسبب في زيادة غير منطقية في الأسعار وتقليل جودة المواد للحصول على مزيد من الربح.



الشكل 7: متوسط درجة الأهمية على مقياس من 1 إلى 5 لكل تحدي من تحديات عمل الموردين

كما هو موضح في الشكل، فإن تغير السعر هو ذو الأهمية القصوى كتحدٍ يواجهه عمل الموردين، والذي يمكن أن يؤثر أيضًا على تقدم مشروع التشييد، ومتوسط أهميته اعتمادًا على تقديرات المستجيبين هو 4.6 / 5، في حين أن عدم الالتزام بمواعيد الدفع للمورد من قبل شركات التشييد هو الأقل أهمية، من بين التحديات الأخرى، ويبلغ متوسط أهميته 3.48 / 5.

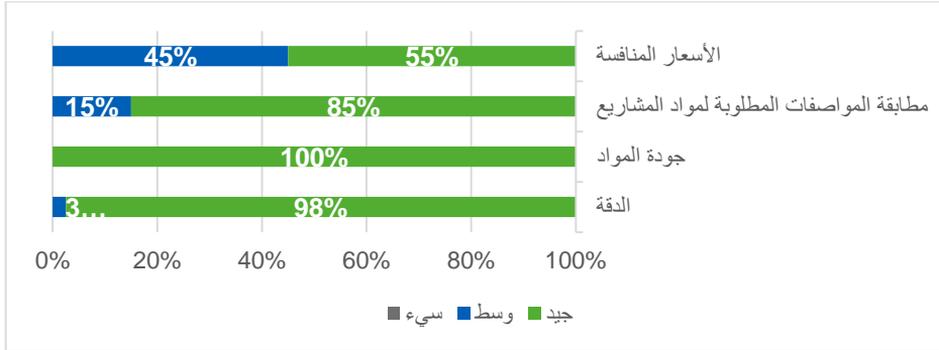
#### 8- التقييم الذاتي للموردين:

بهدف مزيد من الرصد لتأثير التحديات التي يواجهها الموردون على أدائهم الشخصي فيما يتعلق بمجموعة من المعايير سئل المستجيبون (الموردون المستهدفون) عن تقييمهم لعملهم فيما يتعلق ببعض المعايير المقترحة من قبل الباحث.

أكد حوالي 98% من المستجيبين أنهم يلتزمون بمواعيد تسليم المواد لمشاريع التشييد، وجميعهم أشار إلى الجودة الجيدة لمواده التي يقوم بتوريدها إلى هذه المشاريع، وحوالي 85% من المستجيبين أشاروا إلى التزامهم بمواصفات المواد المطلوبة من قبل شركات المقاولات، بينما حوالي 15% من هؤلاء المستجيبين أكدوا أنهم لا يمكنهم دائمًا توفير المواد بنفس المواصفات المطلوبة.

إن محاولة توفير المواد بجودة عالية واستيفاء المواصفات بحسب حوالي 45% من المستجيبين، أدى إلى تقليل اهتمامهم بجعل أسعارهم تنافسية، حيث توفير مواد بجودة أعلى يترتب عليه زيادة أسعار هذه المواد، وهذا ما قلل نسبة المستجيبين الذين لديهم أسعار تنافسية إلى حوالي 55% من المستجيبين.

أضاف حوالي 13% من المستجيبين مرونة المورد كأحد عوامل تقييم عمله، وذلك يعتمد على طريقة تعامله مع شركات المقاولات، وتوافر مواده، وقدرته المالية.



الشكل 8: نسبة المستجيبين حسب تقييمهم لأداء مراكز توريدهم حسب المعايير المطروحة من الباحث

### 9- الاستنتاجات والتوصيات:

يعتبر الموردون أحد أصحاب المصلحة الرئيسيين في مشاريع التشييد، الذين يشاركون في عمليات إدارة المواد، وخاصة في تتبعها، حيث إنّ عملهم له تأثيره المباشر من ناحية جدولة استلام المواد والتحقق من جودتها. بما أن الأزمة السورية قد أرخت بظلمها على عمل شركات التشييد كما القطاعات الأخرى فقد تأثر عمل الموردين أيضاً بهذه الأزمة، مما زاد من التحديات التي تواجه شركات التشييد والمكاتب الهندسية.

وفقاً لنتائج البحث فيما يخص واقع عمل الموردين في مشاريع التشييد:

- معظم الموردين متخصصون في نوع محدد من المواد، ويقومون بإجراء تصنيفات واختبارات لموادهم، وبعضهم لديه مستندات تثبت جودة موادهم، وكفالات لفترات زمنية معينة خاصة بهذه المواد بحسب نوعها، ولكن بشكل عام، يعتمد ضمان جودة المواد على سمعة المورد.
- معظم المواد المتوفرة لدى مراكز التوريد مصنوعة محلياً، والمواد المستوردة إن وجدت فتكون أقل جودة مما يجب، والذي يفسر عدم توفر جودة عالية من بعض المواد المطلوبة أحياناً.
- تعتبر كميات المواد وحجم مشاريع التشييد، من العوامل التي تحدد طرق شراء المواد، وكما ورد في النتائج، فإن الشراء المباشر هو الطريقة الأكثر استخداماً في مشاريع التشييد السورية، حيث إنّ أغلبها مشاريع صغيرة ومتوسطة، مما يعكس ضعف عمل الموردين.
- يعتمد تحديد مصداقية المورد بشكل عام على سمعته بين الشركات الأخرى، ولا يلعب وجود مستندات تؤكد موثوقيتهم وجودة موادهم دوراً كافياً في تحديد هذه مصداقيتهم في التعامل مع شركات التشييد.

- تؤدي قلّة استخدام تكنولوجيا المعلومات في عمل المورد إلى صعوبات في دمج عملهم مع عمل شركات المقاولات، وخاصة فيما يتعلق بتتبع المواد في موقع التشييد.

وأما فيما يتعلق بمعايير اختيار الموردين، فهناك العديد من المعايير لاختيار المورد، بحسب أدائه، وكفاءته في التعامل مع العملاء، والمواد الخاصة به، ويظهر البحث أنّ مصداقية المورد هي المعيار الأهم لاختياره من قبل شركات التشييد.

بناءً على نتائج البحث، يبدأ دور المورد من نقطة اعتماد طريقة الشراء إلى استلام المواد في المستودع، وأي تحد يؤثر على عمل المورد يمكن أن يكون له تأثير مباشر على توفر، وتكلفة، وجودة المواد.

يعتبر تغيير الأسعار تحدياً لجميع أعمال الصناعة، نظراً لارتباطه بالمواد وتوافرها، ويظهر البحث أنّه أكثر التحديات تأثيراً على عمل الموردين، حيث يؤدي إلى صعوبات في توفير المواد بالجودة المطلوبة.

إنّ دراسة واقع عمل الموردين في سوريا بما فيها التحديات التي يواجهونها ومعايير اختيارهم، تحدّد القدرة على دمج عمل الموردين في نظام معلومات لتتبع المواد، ويمكن أن تقود إلى مزيد من الأبحاث حول كيفية تحسين عمل الموردين وجعله أكثر قابلية للمساهمة في تطبيق إدارة فعالة للمواد في مشاريع التشييد باستخدام أنظمة وتطبيقات عمل الكترونية.

## 10- المراجع:

[1] AIMAIAN, R. LASCOLA NEEDY, K. ALVES, T., and WALSH, K. 2016 Analyzing Effective Supplier-Quality-Management Practices Using Simple Multiattribute Rating Technique and Value-Focused Thinking, Journal of Management in Engineering, Vol. 32, No. 1, 04015035.

[2] SONG, J., 2005 - Tracking the location of materials on construction projects. Doctoral dissertation, University of Texas, Austin, United States.

[3] KASIM, N., LIWAN, S.R., SHAMSUDDIN, A., ZAINAL, R., and CHE KAMARUDDIN, N. 2012 Improving on-site materials tracking for inventory management in construction projects, Proceedings International Conference of Technology Management, Business and Entrepreneurship 2012 (ICTMBE2012), December 18th – 19th, 447 – 452.

- [4] AIMAIAN, R., NEEDY, K., WALSH, K., and ALVES, T., 2015 Supplier Quality Management Inside and Outside the Construction Industry. Engineering Management Journal, Vol. 27, No. 1, 11-22.
- [5] MONCZKA, R. M., HANDFIELD, R. B., GIUNIPERO, L. C., and PATTERSON, J. L. 2016 Purchasing and Supply Chain Management, Cengage Learning, 6th Edition, UK, 285-321.
- [6] TOPCU, Y.I., 2004 A decision model proposal for construction contractor selection in Turkey, Building and Environment, Vol. 39, No. 4, 469-481.
- [7] HANAK, T., KORYTAROVA, J., KOZIK, R., and RADZISZEWSKA-ZEILINA, E., 2015 Exploration of Contractor Evaluation Process in the Management of Public Works Contracts, Project Management as a Spectrum of Scientific Problems in Engineering and Management, WSOWL, Wroclaw, Poland, 55-66.
- [8] ULUBEYLI, S., MANISALI, E., and KAZAZ, A., 2010 Subcontractor Selection Practices in International Construction Projects, Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 16, No. 1, 47-56.
- [9] HANAK, T., and NEKARDOVA, I., 2020 Selecting and evaluating suppliers in the Czech construction sector, Periodica Polytechnica Social and Management Sciences, Vol. 28, No. 2, 155-161.
- [10] SCHMIDT, A. S., JOBIM FILHO, H., JOBIM, M. S. S., DA SILVA, V., GOBUS, L., SCAPIN, J., and BIEGER, F., 2001 Integração das cadeias produtivas: Sistema de avaliação de fornecedores de materiais e componentes na indústria da construção civil 'Integrating production chains: Evaluating system of materials and components' suppliers in the civil construction industry', Relatório de Pesquisa, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
- [11] DICKSON, G. W., 1966 An analysis of vendor selection systems and decisions, Journal of purchasing Vol. 2, No. 1, 5-17.

- [12] TAHERDOOST, H., and BRAD, A., 2019 Analyzing the process of supplier selection criteria and methods, Procedia Manufacturing, 32,1024-103.
- [13] FATIMA, A., 2018 Determine the impact of the concurrent advantage on the suppliers' selection criteria in the project activities framework, Moasker university, Algeria. **In Arabic**
- [14] SAATY, T. L., 2005 Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks, RWS publications.
- [15] DE BOER, L., LABOR, E., and MORLACCHI, P., 2001 A review of methods supporting supplier selection, European journal of purchasing & supply management, Vol. 7, No. 2, 75-89.
- [16] TZENG, G. H., and HUANG, J., 2011 Multiple attribute decision making: methods and applications, CRC press.
- [17] FARHAD, F., GHODSYPOUR, S. H., and O'BRIEN, C., 2009 Vendor selection and order allocation using an integrated fuzzy case-based reasoning and mathematical programming model, International Journal of production economics, Vol. 121, No. 2, 395-408.
- [18] SCHRAMM, F., and MORAIS, D. C., 2012 Decision support model for selecting and evaluating suppliers in the construction industry, Pesquisa Operacional 32, 643-662.
- [19] EDWARDS, W., 1977 How to use multi-attribute utility measurement for social decision making, IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, Vol. 7, No. 5, 326-340.
- [20] VERMA, R., and PULLMAN, M. E., 1998 An analysis of the supplier selection process, Omega, Vol. 26, No. 6, 739-750.
- [21] WU, D. D., ZHANG, Y., WU, D., and OSOLON, D. L., 2010 Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modeling: A possibility approach, European Journal of Operational Research, Vol. 200, No. 3, 774-787.

- [22] JOBIM FILHO, H. 2002 Cadeias de suprimentos da construção civil: uma proposta para avaliação e seleção de fornecedores de materiais e componentes 'Construction supply Chains : A proposal to evaluate and select suppliers of materials and component', PhD diss, Dissertação de Mestrado.
- [23] MONCZKA, R. M., HANDFIELD, R. B., GIUNIPERO, L. C., and PATTERSON, J. L., 2011 Purchasing and Supply Chain Management, Cengage Learning, 5th Edition, UK, 238-274.
- [24] ALVES, T. d., WALSH, K. D., NEUMAN, Y., NEEDY, K., and ALMAIAN, R., 2013 Supplier Quality Surveillance Practices in Construction, In 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil, 833-842.
- [25] ALVES, T., RAVAGHI, K., and LASCOLAS NEEDY, K., 2016 Supplier Selection in EPC Projects: An Overview of the Process and Its Main Activities, American Society of Civil Engineers, Construction Research Congress, 209-218.
- [26] KANNAN, V. R., and TAN, K. C., 2002 Supplier Selection and Assessment: Their Impact on Business Performance, The Journal of Supply Chain Management, Vol. 8, No. 3, 11-21.
- [27] MUYA, M., PRICE, A., and THORPE, T., 1999 - Contractors' supplier management: construction materials supply chain management. Loughborough University, Loughborough, UK.
- [28] NIKINNOSHERI, R., and STAXANG, F., 2016 - Contractor-supplier relationships in the construction industry-A case study. Master's thesis, Department of Technology Management and Economics, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- [29] HEGWOOD, A., 2016 - Effective Supplier Quality Practices in the Construction Industry. University of Arkansas, Fayetteville, United States.
- [30] MOKHLESIAN, S., 2014 How do contractors select suppliers for greener construction projects? The case of three Swedish companies, Sustainability, Vol. 6, No. 7, 4133-4151.

[31] KHALFAN, M.M., MCDERMOTT, P., and KYNG, E., 2006 - Procurement Impacts on Construction Supply Chains: UK Experiences, In CIB World Building Congress publications, 322-331.

[32] DEY, P.K., 2001 Re-engineering materials management: A case study on an Indian refinery, Business Process Management Journal, Vol. 7, No. 5, 394-408.

[33] PAPADOPOULOS, G.A., ZAMER, N., GAYIALIS, S.P., and TATSIPOULOS, I.P., 2016 Supply chain improvement in construction industry, Universal Journal of Management, Vol. 4, No. 10, 528-534.

[34] AFESA, A., 2017 Multiple-Criteria Selection of the Suppliers by Using the Fuzzy AHP Process, Journal of Economics, Management and Commercial Sciences, Vol. 18, No. 44, 210-218. **In Arabic**

[35] SHATWAN, A., ISSA, S., and BATI, I., 2018 Select the Best Supplier in the Industrial Companies by Using the Multi-Criteria Selection, The International Journal of Engineering and Information, Vol. 4, No. 2, 73-80. **In Arabic**

## تطبيق نظام التهوية للكائنات الحية

### في المباني العامة

طالبة الماجستير: م. نور حسين كلية الهندسة المعمارية – جامعة البعث  
إشراف الدكتور: أ.د طالب ديوب

#### الملخص:

سيتناول هذا البحث استقصاء استراتيجيات تنظيم الهواء في الطبيعة من أجل تنفيذها في أنظمة التهوية لبناء أغلفة المباني، حيث تقوم العديد من الكائنات الحية في الطبيعة بتبادل الهواء لتزويد أنسجتها الحيوية بالأكسجين، عن طريق وسائل مباشرة أو غير مباشرة. تطورت أنظمة وهياكل مختلفة من الجهاز التنفسي لأداء وتسهيل عمليات تبادل الهواء. سوف يتم التحدث عن بعض الاستراتيجيات المختارة لتبادل الهواء وحركته في الطبيعة للكائنات الحية، مع التركيز على انتشار الهواء والحمل الحراري (انتقال الحرارة) وفرق الضغط. يتم تلخيص الوظائف والعمليات والعوامل التي تم بحثها في نماذج استكشاف الحلول. تم الاعتماد في أدوات البحث على الدراسات السابقة و المراجع عن استراتيجيات التهوية و التجارب المعتمدة لتحليل و دراسة اساليب التهوية المتبعة للكائنات الحية، ثم استنباط طرق و أساليب التهوية و إمكانية اتباعها في التصاميم البشرية، ثم تحليل مباني اتبعت النهج القائم على الحلول من تلال النمل الأبيض لتسليط الضوء على استراتيجيات يمكن تطبيقها في المباني للحصول الى مباني أكثر استدامة.

الكلمات المفتاحية: أنظمة التهوية للكائنات الحية، تلال النمل الأبيض، النهج القائم على الحل.

## Application of ventilation system for living organisms in public buildings

#### Abstract:

Air regulation strategies in nature will be investigated for implementation in ventilation systems for building envelopes, as

many organisms in nature exchange air to supply their vital tissues with oxygen, by direct or indirect means. Various systems and structures of the respiratory system have evolved to perform and facilitate air exchange processes. Some selected strategies for air exchange and movement in nature for living organisms will be discussed, with emphasis on air diffusion, convection (heat transfer) and pressure difference. The functions, processes, and factors considered are summarized in solutions exploration models.

The research tools depended on previous studies and references on ventilation strategies and experiments adopted to analyze and study the ventilation methods used by living organisms underground. Then devising the methods and methods of ventilation and the possibility of adopting them in human designs, then analyzing the buildings that followed the solutions-based approach from the termite mounds to highlight strategies that can be applied in the buildings to obtain more sustainable buildings.

Keywords: incubation systems for living organisms, termite mounds, solution-based approach

## المقدمة:

لتطبيق التصميم الحيوي للكائنات الحية تحت الأرض يجب تحديد المشكلة الموجودة في المبنى التي نريد حلها وذلك وفقاً للنهج القائم على حل المشكلة. تركز تطورات نظام التهوية الحالية على تقليل مشاكل جودة الهواء الداخلي بأقل استخدام للطاقة [2].<sup>1</sup>

يعد تبادل الهواء وحركته من الوظائف المهمة في الطبيعة، حيث تحتاج الكائنات إلى الأكسجين للبقاء على قيد الحياة. إن الحلول الفعالة ذات التأثير الهام في الطبيعة قد تعزز تصميم أنظمة التهوية الهجينة المبتكرة لبناء أغلفة المباني، وتؤدي إلى جودة هواء داخلية أفضل مع استهلاك أقل للطاقة.

سوف يتم استقصاء استراتيجيات تنظيم الهواء في الطبيعة من أجل تنفيذها في أنظمة التهوية لبناء أغلفة المباني، بناءً على منهجية التصميم الحيوي التي سيتم ذكرها، حيث تقوم العديد من الكائنات الحية في الطبيعة بتبادل الهواء لتزويد أنسجتها الحيوية بالأكسجين، عن طريق وسائل مباشرة أو غير مباشرة. تطورت أنظمة وهياكل مختلفة من الجهاز التنفسي لأداء وتسهيل عمليات تبادل الهواء. سوف يتم التحدث عن بعض الاستراتيجيات المختارة لتبادل الهواء وحركته في الطبيعة للكائنات الحية، مع التركيز على انتشار الهواء والحمل الحراري (انتقال الحرارة) وفرق الضغط. سوف يتم تلخيص الوظائف والعمليات والعوامل التي تم بحثها في نماذج استكشاف الحلول.

مثال على نشوء مفهوم التصميم من أجل نظام تهوية هجين معتمد على المبادئ المستمدة من نموذج الاستكشاف ومصفوفة مسار التصميم قد بينت في القسم التالي.

يعمل مكون التهوية الفعال (active) كوسيلة للتنفس ولديه القدرة على التحكم في كمية الهواء التي تدخل وتخرج من خلاله.

هذا النظام عبارة عن مزيج من التهوية الطبيعية والميكانيكية حيث تخلق مكونات هذا النظام اختلافات في الضغط والتي تقوم بسحب وامتصاص الهواء من خلال الغلاف البنيوي. يعتمد مكون التهوية المنفصلة (passive) على مبادئ القوانين الفيزيائية الموجودة في تلال النمل الأبيض وما يسمى الجهاز القصي أو الرغامي أو ما يشابهه في الحشرات. تم تكييف السمات المعمارية للأنظمة البيولوجية مع هذا النظام لتسهيل تبادل الهواء بشكل منفعل [1] <sup>2</sup>.

1-Addington, D 2000-The history and future of ventilation.

2- ASHRAE, S 2004-The Standards for Ventilation and Indoor Air Quality. Atlanta, GA, 62p

## تطبيق نظام التهوية للكائنات الحية في المباني العامة

**أولاً: إشكالية البحث:** افتقار الحقل المعماري إلى طرق واضحة يمكن الاعتماد عليها في تطبيق نظام التهوية للكائنات الحية لتعزيز الحول المستدامة لتصميم مباني أكثر استدامة.

**ثانياً: هدف البحث:** شرح كيفية تطبيق نظام التهوية للكائنات الحية على تصميم المباني العامة للحصول على مباني أكثر استدامة وكفاءة.

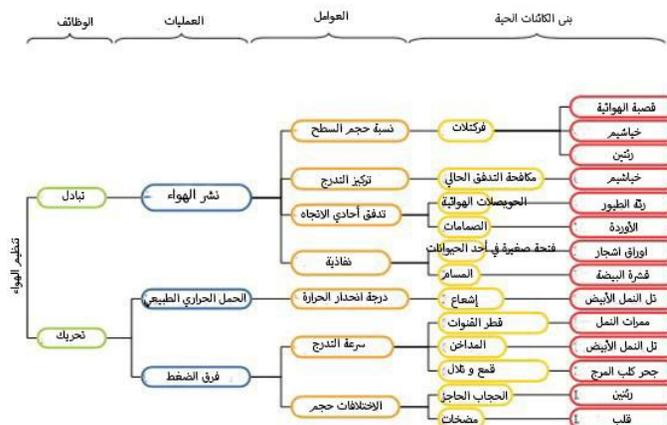
**رابعاً: منهجية البحث:** يعتمد البحث على المنهجين التجميعي والتحليلي، حيث تم الاعتماد في الدراسة النظرية على الأسلوب التجميعي للقاعدة النظرية القائمة على التعريف بالتصميم الحيوي للكائنات الحية والتصنيفات في مستوى التصميم الحيوي للكائنات الحية، ودراسة كيفية تطبيق التصميم الحيوي للكائنات الحية بالطريقة القائمة على الحل، وفي الدراسة التحليلية تم الاعتماد على تحليل مباني عامة عالمية اتبعت الطريقة القائمة على الحل البيولوجي من تلال النمل الأبيض للحصول على مباني بيئية أكثر استدامة.

**1- طرق تنظيم الهواء في الطبيعة:** تتم عملية تبادل الهواء عن طريق الانتشار، وتم توضيحها في القسم التالي حيث طورت الكائنات الحية استراتيجيات متنوعة للحفاظ على مستويات تركيز الهواء المطلوبة سواء في أجسامها أو في البيئة المحيطة المباشرة (مثل تلك الموجودة في منازلهم أو هياكلهم). لتنظيم الهواء ثلاث طرق:

أ- تبادل الهواء عبر الانتشار. ب- حركة الهواء عبر الحمل الحراري الطبيعي. ج- حركة الهواء عن طريق الضغط.

**2- نموذج استكشاف لتنظيم الهواء في الطبيعة:** يستند استكشاف تنظيم الهواء في الطبيعة إلى وظيفتين: تبادل الهواء وحركة الهواء الشكل (2). تتضمن كل وظيفة عمليات مختلفة، حيث يشار إلى بعضها في نموذج الاستكشاف لتنظيم الهواء الشكل (2) يتم تصنيف نموذج الاستكشاف على أساس أربعة مستويات. على المستوى الأول، يتم تحديد الجوانب الوظيفية: تبادل الهواء وحركة الهواء. يصنف المستوى الثاني من الاستكشاف العمليات التي تؤثر على الجوانب الوظيفية المحددة، على سبيل المثال الحمل الحراري الطبيعي. على المستوى الثالث، يتم استكشاف العوامل المؤثرة التي تؤثر على تلك العمليات في المستوى السابق على سبيل المثال تدرج درجة الحرارة. تؤدي هذه العوامل

إلى المستوى الرابع من الاستكشاف، حيث تمثل كل بنية وظيفة معينة.



الشكل (2) نموذج استكشاف لتنظيم الهواء. [3] 3.

## 2-1-1-4 الخطوات المتبعة في تطبيق نظام التهوية للكاننات الحية في مجال البناء:

إن النظر في مبادئ التهوية المنفصلة إلى جانب مكونات التهوية الميكانيكية للتحكم بمثابة نهج واعد لتحقيق الكفاءة وزيادة رضا ساكني المبنى. يمكن تحقيق ذلك من خلال التبادل المنفعل للهواء دون المرور عبر الأنظمة الميكانيكية المعقدة، وتعزيز حركة الهواء عبر الوسائل الميكانيكية عندما يكون التبادل الهوائي المنفعل غير كافٍ. توضح الأقسام التالية مثالاً لتوليد مفهوم التصميم. تستند خطوات توليد المفاهيم إلى المنهجية السابقة التي تم شرحها. وذلك وفق ما يلي:

**أولاً: التعريف بمشكلة التصميم:** تتمثل المشكلة المحددة في التصميم الحالي في توفير جودة مناسبة للهواء الداخلي من خلال غلاف المبنى باستخدام مبادئ التهوية المنفصلة والاستراتيجيات النشطة المختارة لتعزيز معدلات تبادل الهواء مع معدلات تدفق هواء مقبولة.

**ثانياً: تحديد الحلول المثالي:** "التهوية المنفصلة" هي في الأساس نقل الهواء من الداخل إلى الخارج واستبداله بهواء نقي من الخارج دون استخدام أنظمة ميكانيكية. وبالتالي، فإن حركة الهواء هي الوظيفة ذات الصلة التي يجب اختيارها من نموذج الاستكشاف.

العمليات المشابهة هي: (1) الحمل الحراري الطبيعي، حيث يكون التدرج الحراري ضروريًا لتنفيذ عملية التهوية، و (2) فرق الضغط، حيث تؤثر التدرجات السريعة وتغيرات الحجم على هذه العملية. "تعزيز تبادل الهواء" هو في الأساس لزيادة كفاءة تبادل الهواء. وبالتالي، فإن تبادل الهواء هو الوظيفة ذات الصلة التي يجب اختيارها من نموذج الاستكشاف (الشكل 2). العملية المقابلة هي الانتشار، حيث يشار إلى أربعة عوامل مختلفة. أن الشكل يعرض المسارات المستخرجة من نموذج الاستكشاف المناسب لمشكلة



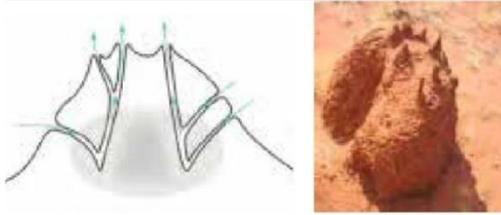
3- Badarna, L 2012-Towards the LIVING envelope: biomimetics for building envelope الشكل(3) مسارات التصميم التي تم استكشافها. [3]

التصميم [3] 4.

### ثالثاً: تحليلات البنى المختارة:

حددت مشكلة التصميم عدة حلول من نموذج الاستكشاف لتنظيم الهواء: (1) تل النمل الأبيض، وجحر كلب البراري، ورثة الكائن في تحريك الهواء. (2) القصب الهوائية والصمامات لتبادل الهواء، يتم استكشاف الحل، على أساس المنشورات ذات الصلة بعلم الأحياء، لتحديد الخطوط العريضة للهياكل المورفولوجية وخصائص عملية تبادل الهواء لتحديد التصميم الحالي. ويرد ملخص التحليل في القسم التالي.

أ- الحل: تل النمل الأبيض: هناك طريقتان متميزتان للتهوية، أكواخ ذات مداخن تهوية وفقاً لمبدأ بيرنولي (الشكل 4)، وتلال ذات ممرات هوائية قريبة من السطح دون مداخن تقوم بالتهوية من خلال الحمل الحراري الطبيعي. وبالتالي، فإن التلة توازن بين تنظيم درجة الحرارة والتهوية. تحد مساحة السطح الصغيرة في الغابة من تبادل الغاز عبر التلة، وتحدث في الغالب عند قمة التل. [6] 5.



الشكل (4) التهوية من خلال المداخن. اليسار (المقطع العرضي): المداخن تخلق ضغطاً أقل، وبالتالي تطرد الهواء للخارج، ونتيجة لذلك، يمتص الهواء من الجانبين. إلى اليمين: كومة من النمل الأبيض مع عدة مداخن. [3] 6

ب- الحل: جحر كلاب البراري: كلاب البراري تشغل البيئات القاحلة، وتفضل المناطق الخالية من الغطاء النباتي وحواجز الرياح. وهم يعيشون في جحور طويلة وضيقة يبلغ قطرها حوالي 12 سم وطولها 10-30 متر وعمق 1-5 متر، مع 2-3 مداخن. على الرغم من كون الجحر طويلاً وضيقاً، حيث يبدو انتشار الهواء غير كافٍ، فلا يزال هناك تهوية مناسبة. نظراً لهذا الإنجاز، تُعتبر كلاب البراري كحالة مميزة من بين الحفارين [11] 7. تستند آلية تحقيق هذه التهوية المناسبة إلى مبدأ برنولي: حيث

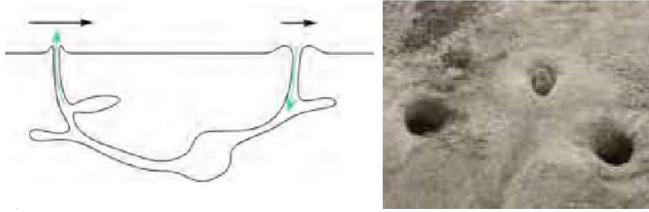
4- Badarna, L 2012-Towards the LIVING envelope: biomimetics for building envelope adaptation.

5 -Linsenmair, E 2000 Ventilation of termite mounds: new results require a new model Behavioral Ecology, Vol. 11.5, 486-494p.

6 -Badarna, L 2012-Towards the LIVING envelope: biomimetics for building envelope adaptation.

7-Vogel, S 1973 Wind-induced ventilation of the burrow of the prairie-dog, Cynomys Laodiceans Behavioral Physiology, Vol.85.1, 1-14p.

تتدفق الرياح فوق سطح الأرض، يتم إنشاء تدرج سرعة يوفر مصدرًا محتملاً لانتشار الهواء. يولد كلب البراري تدرجات للضغط على سطح الأرض من خلال تشكيل فتحتين طرفيتين للجحر الواحد أحدهما مع تل حاد (الشكل، الفتحة اليسرى: ضغط منخفض؛ طرد الهواء) والثانية مع تل دائري (الشكل5، الفتحة اليمنى: أعلى الضغط؛ تمتص الهواء للداخل).



الشكل (5)

المقطع عرضي من جحر كلب البراري حيث يُظهر فتحتين بأشكال مختلفة للتهوية التي تسببها الرياح. تولد الفتحة اليسرى ذات الكومة الحادة سرعة أعلى على السطح وتؤدي إلى خلق ضغط أقل، وبالتالي طرد الهواء إلى الخارج. الفتحة اليمنى وتكون ذات تلة قبة الشكل لها سرعة أقل من الكومة الحادة وينتج عنها ضغط أعلى، وبالتالي تمتص الهواء. يميناً: يمكن تمييز أنواع الفتحات المختلفة؛ يمثل الوسط التلة الحادة، والفتحتان عند الحواف التي تمثل تل القبة. [4] 8

**ج- الحل الثالث: رتي الكائنات الحية:** يمكن التمييز بين نوعين من انتشار الهواء في الرئتين: انتشار الهواء في الرئتين دون أي جهد والتهوية الرئوية بالتنفس. تم العثور على النوع الأول في الحيوانات الصغيرة نسبياً (مثل القواقع والعقارب وبعض متساويات الأرجل). تعتبر التهوية الرئوية بالتنفس أمراً شائعاً في الفقاريات، حيث يحدث الضخ النشط للهواء لإحداث تدفق الهواء للداخل والخارج (الشهيق والزفير). إن نشاط الشفط يسبب الاستنشاق، والذي يساعده الانقباض العضلي (الحجاب الحاجز)، ويتبعه الزفير بشكل منفعل من أجل تقليل العمل المطلوب للتنفس (مثل النشاط العضلي)، يظهر العديد من الثدييات والطيور التزامن بين التنفس والحركة. على سبيل المثال، لدى الخفافيش اقتران دقيق 1:1 بين ضربات الجناح والتنفس. كما في الشكل التالي (7). ينتهي هذا النظام المتفرع بأكياس صغيرة رقيقة غنية بالأوعية الدموية - الحويصلات الهوائية (حوالي 300 مليون حويصلة). يحدث تبادل الغازات في أغشية الحويصلات الهوائية، والتي تبلغ مساحتها الإجمالية 120-140 م<sup>2</sup> لتبادل الغازات. استناداً إلى قانون Hess-Murray، يمكن توقع متوسط قطر المسالك الهوائية في كل فرع [12] 9.

الشكل (6) اليسار: أثناء الاستنشاق - ينقبض الحجاب الحاجز ويتسطح مع امتلاء الرئتين بالهواء. إلى اليمين: أثناء الزفير -

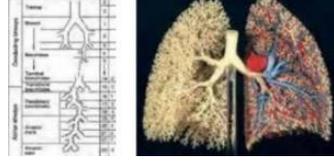


8- Debrester, D 2007-Prairie Dog Baby, <http://www.flickr.com/>

9- Weibel, E 1963- Architecture of the human lungs, 585-577p.

يرتاح الحجاب الحاجز ويتحرك لأعلى مع إطلاق الهواء. [4].<sup>10</sup>

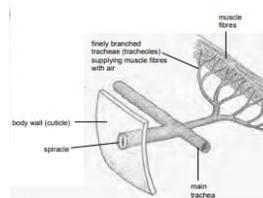
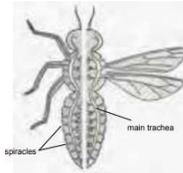
الشكل (7) اليسار: "نموذج من مجرى الهواء المتفرع في الرئة البشرية عن طريق الانقسام المنتظم من القصبة الهوائية، يمينًا: "تظهر تفرع قالب مجرى الهواء البشري الثنائي التفرع للقصبات الهوائية من لقصة الهوائية والتقليل المنتظم لقطر وطول مجرى الهواء مع التفرع التدريجي [4].<sup>11</sup>



د- الحل الرابع: القصبة الهوائية: تغصنات وتفرعات لنقل الغاز بكفاءة: توجد أنظمة القصبة الهوائية في جميع الحشرات ومعظم سداسي الأرجل. ينقسم النظام إلى الكثير من الأنابيب الصغيرة التي تكون على اتصال مباشر بالعضلات والأعضاء. يعمل هذا النوع من النظام في أجسام يقل طولها عن 5 سم. يحدث تبادل الغازات في نظام القصبة الهوائية فقط عن طريق انتشار الهواء في الرئتين دون أي جهد، حيث يمكن أن تزيد حركات الجسم من انتشار الغازات في الداخل. المسام الصغيرة الموجودة على سطح الجسم، والتي تسمى الفتحات التنفسية، تربط نظام القصبة الهوائية بالجو كما الشكل (8).

الفتحات التنفسية (حتى 12 زوجًا) هي هياكل تفتح وتغلق استجابة لمتطلبات تبادل الغازات. تستجيب بشكل مستقل لتركيزات ثاني أكسيد الكربون، وتسمح باختراق كميات متغيرة من الغاز. بالإضافة إلى ذلك، لديهم تحكم دقيق في إدارة فقدان الماء لا تمنئى الشعيرات الدموية الدقيقة في نظام القصبة الهوائية بالماء، بسبب جدرانها الداخلية الكارهة للماء والتي لها زاوية تلامس أكبر من 90 درجة (التعريف في الشكل التالي 8). لذلك، يتم إخراج المياه من الأنابيب بالقوة بدلاً من سحبها [10].<sup>12</sup>

للأنبوب  
[7].<sup>13</sup>



الشكل (8) المقطع العرضي  
الشعري بداخله سائل

المصدر السابق 8-10

المصدر السابق 8-11

12 - Schmidt-Nielsen, K 2007-Animal physiology: adaptation and environment, New York: Cambridge University Press, 57-58p.

13 -Mackean, D G 2011-Insect structure and function, 5 p.

**ه- الحل الخامس: الأوردة - تدفق أحادي الاتجاه:**

تحمل الأوردة الدم غير المؤكسد باتجاه القلب. يتحرك الدم في الأوردة تحت ضغط منخفض، حيث يوفر وجود الصمامات تدفقاً أحادي الاتجاه ويمنع تدفق الدم مرة أخرى. الصمامات عبارة عن أغشية مرنة، يكون متصلة من أحد حافتيه بالوريد، والحافة الأخرى تكون حرة للسماح بالاتصال الكامل عند زيادة الضغط، وبالتالي منع عودة تدفق الدم في الأوردة [3] 14.

**تحليل البنى:** يرد في الجدول التالي ملخص لتحليل البنى الست المستخرجة من نموذج الاستكشاف، والذي يوفر دليلاً وظيفياً لعملية التصميم. حيث تمثل تلال النمل الأبيض، جحر كلب البراري، ورتتي الكائنات الحية بعض آليات حركة الهواء، وتمثل القصبه الهوائية بعض آليات تبادل الهواء، وتمثل الأوردة آلية التدفق أحادي الاتجاه.

الجدول (1) ملخص تحليل البنى للكائنات الحية المختارة [الباحثة].

الميزة الأساسية	المبدأ الرئيسي	آلية	استراتيجية الحل
المداخن والممرات الهوائية	الحمل الحراري الطبيعي	السمات الهيكلية للاحتفاظ أو تبديد الحرارة: التغيرات في سمك الجدار، ومادة السطح، و بروز النتوءات، والتوجيه، والمداخن، وممرات الهواء، والمسامية.	تلال النمل الأبيض: نمل التلة يعدلون التهوية وفقا للتغيرات البيئية للتوازن
فتحات قمع وشكل قمع	مبدأ برنولي	إنها تخلق تدرجات سرعة على سطح الأرض من خلال تشكيل الفتحتين الطرفيتين للجحر، واحدة ذات حافة حادة والثانية مع قمة مستديرة، مما يؤدي إلى إحداه الرياح من خلال الجحر على الرغم من اتجاه تدفق الرياح	جحر كلاب البراري بينون هياكل ذات ميزات معمارية خاصة للحث على تدفق الهواء إلى جحورهم الضيقة الطويلة
هيكل الحجاب الحاجز والتغصنات القصبية- قانون موراي	تهوية فعالة	توليد ضغط متدرج عن طريق التمدد والانكماش للحث على تدفق الغاز. التخفيض المنتظم لحجم مجرى الهواء (التشكل الكسوري)، وبالتالي زيادة مساحة السطح للتبادل	رتتي الكائنات الحية تخلق اختلافات في الحجم لنقل الغاز داخل وخارج الرنة. تبادل الغازات في الجدران السنخية الرقيقة الغنية بالشعيرات الدموية.
التغصنات	الهندسة الكسورية- تفرع النظام على أساس التسلسل الهرمي لنقل الغاز بكفاءة	إن سلسلة صغيرة من الأنابيب تكون القصبه الهوائية، حيث إن التخفيض المتتالي في نهايات قطر الأنابيب لتصبح رقيقة الجدران لنشر الغاز عبر الأنسجة من أجل التبادل المباشر مع الأعضاء.	نظام القصبه الهوائية في الحشرات ينتشر الهواء من خلال الفتحات التنفسية في نظام القصبه الهوائية (التي تتفرع بشكل متكرر) وتصل إلى جميع أعضاء الجسم لتزويد

## تطبيق نظام التهوية للكانئات الحية في المباني العامة

عبر الانتشار.	عبر الانتشار.	الأكسجين المباشر
الصمامات	تدفق أحادي اتجاه	يتكون من صمامات لمنع التدفق العكسي. تلتصق الحافة الحرة للأغشية المرنة ببعضها البعض عند زيادة الضغط
		الأوردة تدفق أحادي الاتجاه لتحسين التبادل

رابعاً: مصفوفة مسار التصميم: في المثال الحالي، يعد تبادل الهواء وتحريك الهواء هو المشكلة الذي يجب إيجاد حل لها، الجدول (2). يتم تقديم تسع تصنيفات لكل مشكلة، على سبيل المثال، المعالجات، التدفق، التكيف، المقياس، إلخ. تدل إشارات الضرب إلى السمات المتشابهة لكل حل في كل تصنيف. يتم تسليط الضوء على الخصائص المشتركة لتبادل وتحريك الهواء باللون الأخضر والأحمر في الجدول، والتي تمثل حل مبدئي لكل وظيفة. في المثال المذكور، هناك ثلاث حلول للمشكلة. يقدم المثال توضيحاً للتقنية للحصول على الميزات المشتركة للمشكلة. في هذا الصدد، من الجدير بالملاحظة أن زيادة حجم عينة الحل سيؤدي إلى ميزات مسيطرة أكثر موثوقية.

تمثل مصفوفة مسار التصميم الشكل التالي تراكب البنى المتخيلة لمشاكل تبادل الهواء وحركته من أجل تحديد الميزات المشتركة التي سيتم تناولها في مفهوم التصميم المتكامل.

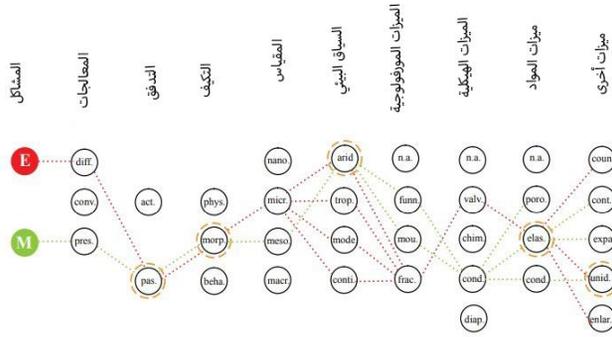
الميزات المشتركة (العقد البرتقالية) هي الميزات التي تحتوي على العدد الأكبر من الاشتراكات للبنى المبدئية المختلفة، حيث كلما زاد عدد الاتصالات كلما أصبحت الميزة أكثر قابلة للتطبيق.

المسألة	الحلول	المعالجات	تدفق الهواء	التكيف	المقياس	المساح البيئي		السمات المورولوجية		السمات الهيكلية		مكونات الهواء		مكونات أخرى	
						الغطاء	الداخل	السمات	السمات	مكونات	مكونات	تدفق	تدفق		
تبادل الهواء	القصة الهوائية	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	الخيائصير	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	الأوردة	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
حركة الهواء	تلال التمل الأبيض	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	جحور كلاب البراري	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	رقتي الكائن الحي	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

الجدول (2) مصفوفة مسار التصميم [3].15

تشير مصفوفة مسار التصميم لتبادل الهواء وحركته إلى عدة خصائص من مختلف التصنيفات ذات الصلة بمفهوم التصميم:

- انتشار الهواء ينجم عنه تبادل الهواء، أما فرق الضغط فينجم عنه حركة للهواء.
- تدفق الهواء المنفعل من أجل تبادل الهواء وحركته.
- يؤثر التكيف المورفولوجي على وظيفة تبادل الهواء ووظيفة حركة الهواء، الأمر الذي يتطلب الانتباه إلى السمات المورفولوجية ذات الصلة لكل بنية متبعة.
- تحدث حركة الهواء على نطاق متوسط (meso scale)، بينما يحدث تبادل الهواء على نطاق صغير (micro scale).
- تشترك البنيتين المتبعيتين في السياق البيئي الجاف.
- الصمامات والبنية التغصنية تسهل عملية تبادل الهواء.
- القنوات / التلال تسهل عملية حركة الهواء.
- إن مرونة المادة والتدفق أحادي الاتجاه هما المسيطران في ميزات المواد وفئة الميزات الأخرى، على التوالي.



توفر الميزات السابقة التي تم الحصول عليها إرشادات لمفهوم التصميم.

كلا البنيتين المتصورتين تشتركان في التكيف المورفولوجي، ولكن لا

الشكل (10) مصفوفة مسار التصميم [3].<sup>16</sup>

يتم مشاركة السمات المورفولوجية النوعية. وبالتالي، لا يوصى بالتكامل المادي أو الفيزيائي لهذه الحالة بالذات. توضح الخطوة التالية الترجمة الرسومية المجردة لمصفوفة مسار التصميم، يمثل كل عمود رأسي فئة وميزاتها المختلفة. تشير الخطوط الحمراء إلى مسار تبادل الهواء، بينما تشير الخطوط الخضراء إلى مسار حركة الهواء، بينما تشير العقد البرتقالية إلى الميزات المشتركة التي تمثل مسار التصميم.

### خامساً: اقتراح مفهوم للتصميم الأولي:

تتضمن الترجمة الرسومية المجردة الخصائص المختلفة المستخرجة من الخطوات السابقة لمصفوفة تحليل البنى ومصفوفة مسار التصميم، وينبغي لتهوية المغلف الحيوي دمج عدة مبادئ: نتذكر استراتيجية التهوية المنفصلة لجر كلب البراري، حيث التلال على سطح الأرض تولد انخفاض الضغط، حيث الترجمة الرسومية لتهوية الغلاف البنيوي مبنية على مبدأ بيرنولي، حيث يوجد العديد من الفتحات فوق سطح السقف ومن ثم تولد ضغطاً منخفضاً وبالتالي يتم طرد الهواء خارجاً (الشكل 11).

الشكل (11) رسم تخطيطي يوضح مبدأ تبادل الهواء من خلال غلاف المبنى [3].17

ترتبط هذه الفتحات بممرات هوائية بتشكيل محدد مشابه للقنطرة الهوائية. يتم امتصاص الهواء الدافئ الصاعد (الحمل الحراري الطبيعي) ضمن الفضاء إلى داخل الممرات الهوائية بسبب الضغط المنخفض ومن ثم يتم توجيهه إلى الخارج. يدخل الهواء النقي إلى الداخل، في الجزء السفلي من غلاف المبنى، من خلال وسط محيطي نفوذ للهواء. يسمح الوسط النفوذ للهواء بالانتشار بداخله بشكل منفعل، وفي حالات عدم كفاية دوران الهواء، يتم تنشيط غرف ضخ الهواء الموجودة في هذا الوسط النفوذ لتوليد تدفق أحادي الاتجاه.

### 3- الدراسة التحليلية:

في المشاريع التي تمت دراستها في الدراسة التحليلية توجد نقاط مشتركة و هي:

**هدف المشاريع:** الحصول على مبنى مبرد ذاتياً كما تلال النمل الأبيض.

**مستوى المحاكاة:** يحاكي المبنى مستوى سلوك النمل الأبيض في بناء تلالهم.

**منهجية المحاكاة الحيوية:** النطاق الحيوي لدى الكائن الحي: لدى تلال النمل الأبيض عدة استراتيجيات للتحكم في التهوية منها بناء مدخنة مركزية مرتفعة الهدف منها التشتت الحراري كما قام ببناء عمود مركزي، كما قام ببناء قنوات تهوية جانبية تهدف أيضاً إلى الضياع الحراري.

النطاق التصميمي لدى الانسان: تم تطبيق استراتيجية المدخنة في المبنى عند الانسان من خلال وضع فتحات تستخدم كمداخن، كما تم تطبيق استراتيجية العمود مركزي عند الإنسان و ذلك من خلال أفنية هدفها تحريك الهواء، و تم تطبيق استراتيجية قنوات التهوية الجانبية من خلال وضع منافذ في أعلى الجدران للتخلص من الهواء الساخن.

من مصفوفة مسار التصميم لتنظيم الهواء لدى الكائنات الحية تم الوصول إلى عدة استراتيجيات يمكن تطبيقها لدى تصميم الإنسان و التي تم ذكرها سابقاً.

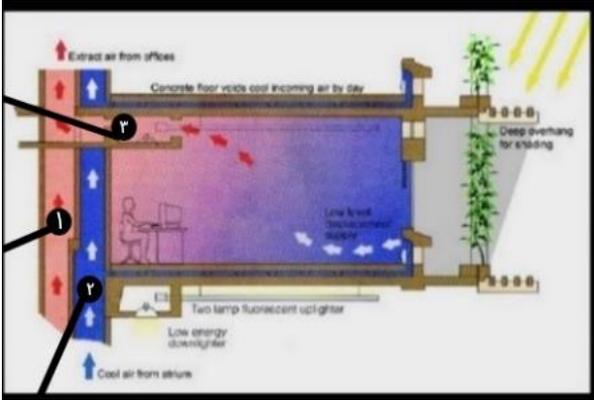
### 1-3 مبنى EastGate في هراري زيمبابوي:



**وصف المشروع:** يعتبر أكبر مجمع تجاري ومكاتب في هراري-زيمبابوي فهو أعجوبة معمارية في استخدامه لمبادئ التقليد الحيوي، أنشأ في عام 1996 بتكلفة 35 مليون دولار، يتألف مبنى EastGate من مبنين جنباً إلى جنب مرتبطين ببعضهما بسقف زجاجي. صورة (1) صورة مبنى EastGate [9] 18

المبنى متوسط الارتفاع 8 طوابق، صممه المهندس المعماري ميك بيرس بالتعاون مع مهندسي Arup، لا يحتوي على تكييف أو تدفئة تقليدية، ومع ذلك يظل منظماً طوال العام مع استهلاك أقل للطاقة بشكل كبير باستخدام أساليب تصميم مستوحاة من التلال ذاتية التبريد و هي تلال النمل الأبيض الأفريقي.

شرح الأداء البيئي للمشروع من خلال الاستراتيجيات التي تم وضعها والتي تحاكي تلال النمل الأبيض:



تم عكس استراتيجيات تلال النمل الأبيض في المبنى من خلال اقتراح مفهوم أولي للتصميم وذلك وفق الشكل التالي، حيث تم تطبيق عدة استراتيجيات:

يوجد إلى جانب طوابق المكاتب غرفة نباتات نصفية

تقع خلف غطاء الشكل(12) عكس استراتيجيات تلال النمل الأبيض في مبنى East Gate.  
[19g]

الشفيرون متقاطع الشكل حيث يوجد 32 مروحة من المراوح مختلفة الحجم الصغيرة والكبيرة تعمل على سحب الهواء من الأرتيوم من خلال الفلاتر.

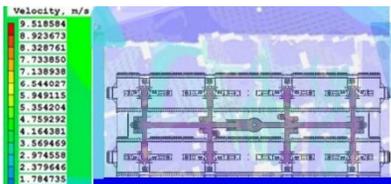
يتم دفع هذا الهواء للأعلى من خلال القنوات الرأسية داخل العمود المركزي لكل مكتب.

ومن القناة يتم تمرير الهواء من خلال الأرضيات المجوفة إلى شبكات معدنية منخفضة المستوى تحت النوافذ. عندما يتم تسخين الهواء من خلال النشاط البشري، يرتفع إلى السقف حيث يتم سحبه عبر منافذ في نهاية السقف إلى المداخل الرأسية المركزية. ان السقف والأرضية المفرغة أعلاه يعملان كمبادل حراري. كما يعمل الهواء الليلي البارد الذي يمر عبر الفراغ المدعم بمسننات خرسانية على إزالة حرارة اليوم السابق، وفي اليوم التالي يتم تبريد الهواء الخارجي الدافئ حوالي 3 درجات مئوية بنفس المسننات قبل دخول الغرفة. وعادةً ما تعمل المراوح ذات الحجم الكبير في الليل لإعطاء تغييرات في سرعة حركة الهواء، كما تعمل المراوح ذات الحجم المنخفض أثناء النهار في إجراء تغييرين في سرعة حركة الهواء.

يوضح الجدول التالي العناصر التي يتكون منها المبنى مع الوظائف البيئية التي تقوم بها العناصر:

العنصر	الوظيفة البيئية
مداخل داخلية	تسحب الهواء العادم من الطوابق السبعة للمكاتب.
غرف نباتية	ترطيب الفراغات.
مراوح مختلفة الحجم	سحب الهواء من الأرتيوم عبر الفلاتر.
العمود المركزي (القناة المركزية)	لدفع الهواء للأعلى.
منافذ في نهاية كل سقف	التخلص من الهواء العادم و الساخن.
السقف و الأرضية المفرغة	مبادل حراري.

الجدول(3) توضح العناصر البيئية للمبنى. [الباحثة]



الشكل (13) حركة الرياح في المبنى وفق

برنامج Ecotect. [الباحثة]

تقييم الأداء البيئي للمبنى: لقد تمت دراسة المبنى وفق برنامج الAutodesk Ecotect تبين أن

المبنى يتعرض لسرعات رياح عالية بفضل الأقفية الشاقولية التي تم وضعها حيث يستخدم المبنى أقل من 10% من الطاقة في حال اعتبر مبنى مكتب نموذجي.

#### الجدول(4) أبعاد العناصر المستخدمة في المبنى. [الباحثة]

أبعاد الفتحات	الفتحات
8 طوابق	
عرض 70 سم بارتفاع الطابق	أقفية شاقولية على شكل مداخن
عرض 60 سم بارتفاع الطابق	قناة فرعية
ارتفاع 50 سم	فتحات (منافذ)
الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم	الأقفية ضمن البلاطات

قام المهندسون، Ove Arup & Partners، بتركيب مسجل بيانات يسجل باستمرار درجة حرارة الهواء في خمسة مواقع مختلفة. وجدوا أن شركة Eastgate تستخدم إجمالي طاقة أقل بنسبة 35% من متوسط استهلاك ستة مبانٍ تقليدية أخرى مزودة بنظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء الكامل في هراري. كان التوفير في تكلفة رأس المال مقارنة مع التدفئة والتهوية وتكييف الهواء الكامل 10 ٪ من إجمالي تكلفة البناء. خلال فترات انقطاع التيار الكهربائي المتكرر أو التدفئة والتهوية وتكييف الهواء بسبب سوء الصيانة في المباني الأخرى، تستمر Eastgate في العمل ضمن مستويات راحة مقبولة مع تشغيل نظامها بالحمل الحراري الطبيعي.

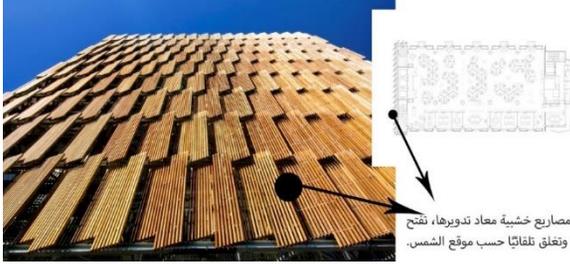
#### 3-2 مبنى CH2 في ملبورن، استراليا:



**وصف المشروع:** صممه المهندس المعماري ميك بيرس في ملبورن، استراليا، و هو مبنى مكاتب يتكون مبنى ال CH2 من 10 طوابق، والذي تبلغ مساحته 135000 متر مربع، في أبريل 2005 أصبح أول مبنى مكاتب يحقق الحد الأقصى من تصنيف six Green Star المعتمد من قبل مجلس المباني الخضراء في استراليا، تم افتتاحه رسمياً في أغسطس

2006 اعتمد المبنى على أكوام الصخور السفلية كمخزن صورة(3) مبنى CH2 [8].

حراري للتبريد المجاني في مبنى مصمم لمحاكاة تل النمل الأبيض .

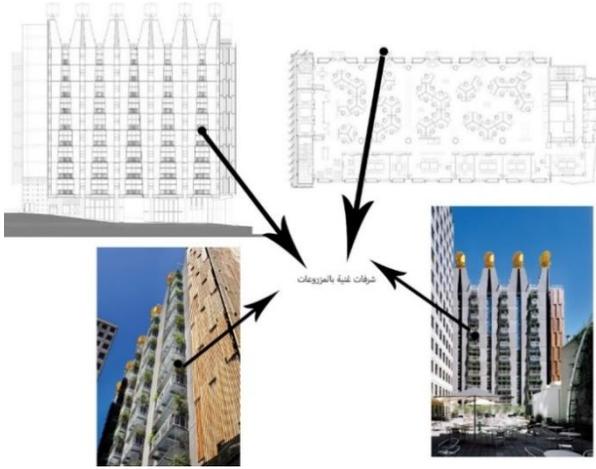


### شرح الأداء البيئي للمبنى:

يتميز المبنى بواجهات حركية ذات نهج استدامي رائع، حيث يحتوى المبنى على العديد من الاستراتيجيات المستدامة حيث تنقل الواجهات الثلاث الأكثر صورة (4) توضح المصاريع الخشبية المعاد تدويرها [8]<sup>21</sup>

شيوغاً في CH2 هذه الرسالة البيئية: 1- مصاريع خشبية عمودية معاد تدويرها يتم التحكم فيها هيدروليكيًا في الجانب الغربي حيث تفتح وتغلق تلقائيًا حسب موقع الشمس، و

يمكن التحكم في حركتها أوتوماتيكياً بواسطة حساسات موجوة على الغلاف الخارجي للمبنى.



2- شرفات غنية بالمزروعات على النوافذ الشمالية.

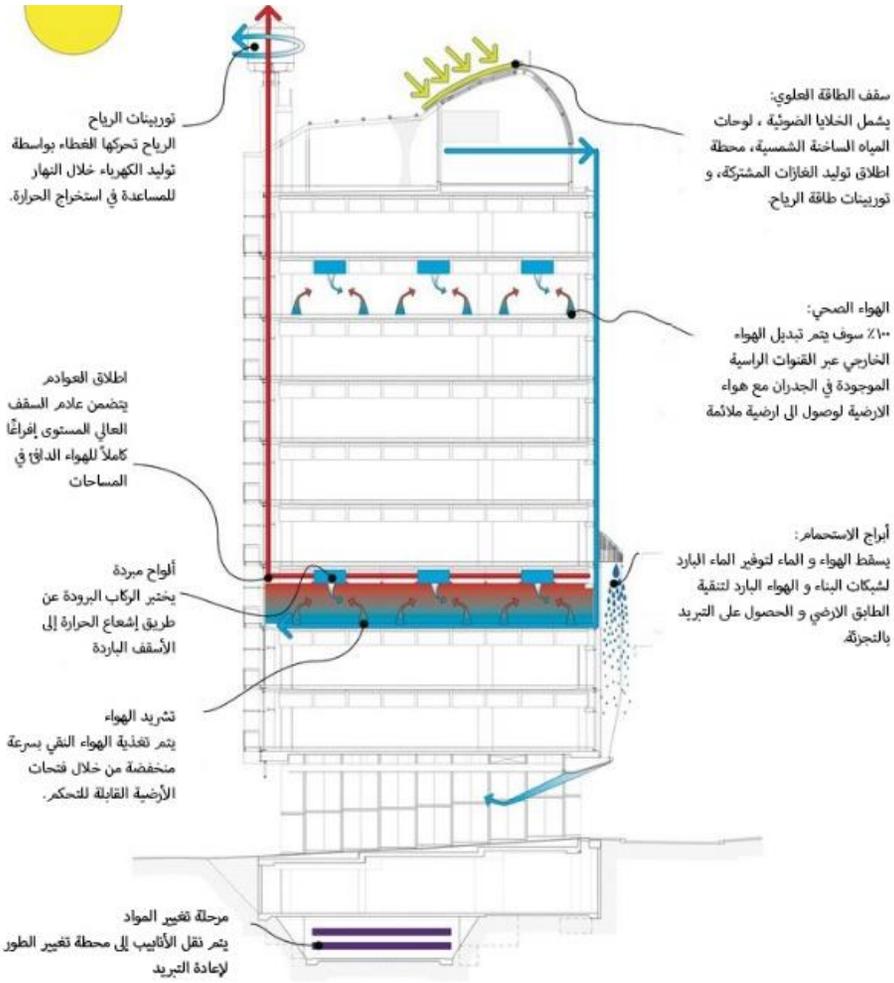
3- يتم التعرف على الواجهة الجنوبية من خلال مهوي للهواء النقي المدمجة من السقف صورة(5) توضح الشرفات الغنية بالمزروعات[8]<sup>22</sup>

20 - Pearce, M 2003 COUNCIL HOUSE 2 MELBOURNE, <http://www.mickpearce.com/CH2.html>

المصدر السابق 20 - 21

المصدر السابق 20 - 22

## إلى الأسفل، وخلفها ما يسمى بـ "أبراج التبريد



الشكل (14) آلية عمل المبنى في وضع النهار. [الباحثة]

تبرد ألواح السقف الخرسانية مسبقة الصنع الفراغ عندما تفتح النوافذ تلقائياً من الساعة 1 إلى 6 صباحاً للسماح بالهواء الليلي للدخول. هذا يخفض درجة حرارة المكتب من 4 إلى 5 درجات وهو مسؤول بشكل مباشر عن توفير 14٪ من الطاقة للتبريد. السقف مموج لسببين: الأول، زيادة مساحة سطح، والثاني لإنشاء تجاويف تستخدم للهواء العادم.

بمجرد وصول العمال في الصباح، تبدأ وحدات معالجة الهواء على السطح بالعمل ويتم تشغيل الفلاتر، يخرج الهواء بنسبة 100% إلى القنوات من الخرسانة المصبوبة التي تكون مرتفعة على مستوى ارتفاع الواجهة الجنوبية. ترتبط القنوات بتجويف مضغوط بحجم 6 انش من الأرضية المرتفعة في كل مستوى. يدخل الهواء المعالج بالرطوبة إلى

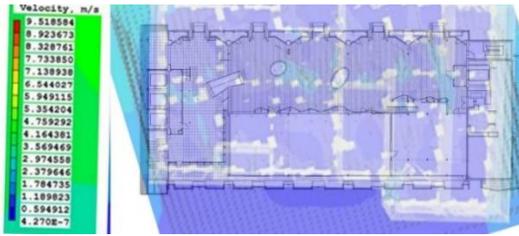
## تطبيق نظام التهوية للكاننات الحية في المباني العامة

الفراغ عبر أجهزة نشر مثبتة على الأرض والتي يتحكم بها المستخدم. هذا الهواء البارد يسخن ويصعد عبر الفراغ، ويتم تحريكه بفعل تأثير المدخنة، ويتم سحبه إلى فتحات على طول ألواح السقف حيث يتم خروجه في مهاوي مصممة في الواجهة الشمالية.

يوضح الجدول العناصر البيئية المكونة للمبنى ووظيفتها في المبنى:

العنصر	الوظيفة
فتحات من الخرسانة المصبوبة	تمرير الهواء من الخارج إلى داخل الأرضية.
مهاوي على الواجهة الشمالية	سحب الهواء الساخن إلى الخارج.
أبراج التبريد	للتبريد الهواء
أكوام الصخور السفلية	مخزن حراري للتبريد
الهيكل الخرساني للمبنى	يبرد الفراغ عند فتح النوافذ تلقائياً من 1-6 صباحاً
ألواح السقف الخرسانية السمكية	يدخل الهواء الليلي.
السقف المموج	زيادة مساحة سطح الكتلة الحرارية
ناشرات (تويست)	لانشاء تجاويف تستخدم للهواء العادم
فتحات على طول ألواح السقف	و هي مثبتة على الأرض، يدخل الهواء المعالج بالرطوبة عبرها وفقاً لدرجة حرارة الهواء الرطب في الهواء الخارجي إلى الفضاء.
مهاوي مصممة في الواجهة الشمالية	وظيفة تسخين الهواء البارد و صعوده عبر الفضاء و يتم تحريكه عبر الهواء المكس من فتحات على طول ألواح السقف.

الجدول(5) عناصر المبنى ووظائفها. [الباحثة]



تقييم الأداء البيئي للمبنى: لقد تمت دراسة المبنى وفق برنامج ال Autodisk Ecotect تبين أن المبنى يتعرض لسرعات رياح عالية بفضل

الشكل (15) حركة الرياح في المبنى

وفق برنامج Ecotect. [الباحثة]

الأقنية الشاقولية التي تم وضعها حيث زادت أنتاجية الموظفين بنسبة 10.9% بالإضافة إلى ذلك حقق المبنى نتائج ملحوظة في الأداء البيئي، مع انخفاض بنسبة 85% في استهلاك الكهرباء مقارنة بالمبنى السابق عام 1970، و انخفاض الانبعاثات بنسبة 13% فقط. يتجاوز النظام الحركي المطبق على الواجهة الغربية 95% من التظليل خلال النهار ويوفر تهوية طبيعية في الليل عن طريق فتح النوافذ تلقائياً والسماح للهواء الليلي بتبريد

المبنى. حيث إن آلية أعمال الواجهة الغربية تعتمد على نظام حساسات يشتغل تلقائياً لتتبع موقع الشمس و توفير التظليل في فترة ما بعد الظهر.

جدول يبين أبعاد العناصر المستخدمة في المبنى:

أبعاد الفتحات	الفتحات
10 طوابق	
عرض 80 سم بار تفاع الطابق	أقنية شاقولية على شكل مداخن
عرض 70 سم بار تفاع الطابق	قناة فرعية
ارتفاع 55 سم	فتحات (منافذ)
الأرضية المفرغة بار تفاع 12 سم	الأقنية ضمن البلاطات

الجدول (6) أبعاد العناصر المستخدمة في المبنى. [الباحثة]



### 3-3 فندق Breeze hotel:

**وصف المشروع:** فندق Breeze و هو مبنى صفري الطاقة في أمستردام، فاز فندق Hotel Breeze بجائزة EZK Energy.

صورة (7) فندق Breez Hotel [5]<sup>23</sup>

حيث يحاكي مفهوم المحاكاة الحيوية هذا تكييف الهواء الطبيعي لتل النمل الأبيض. الاستخدام الأمثل مصنوع من الرياح والمياه والشمس والأرض، وهي عناصر طبيعية تضمن تكييف الهواء الطبيعي في جميع أنحاء المبنى. إنها تقنية بيئية رائدة ورائدة يتم فيها دمج العناصر الطبيعية بذكاء مع التكنولوجيا المتكثرة ذات التقنية العالية. استخدم المطور قوة العناصر الطبيعية، أحدث ما توصلت إليه التكنولوجيا الحديثة والبيئية لبناء هذا الفندق الفريد من نوعه، والذي ينعلم فيه استهلاك الطاقة.



CAPITALISES ON THE SUN Sustainable

الشكل(16) شرح آلية عمل العناصر البيئية في المبنى [5]<sup>24</sup>

**شرح الأداء البيئي للمبنى:** من مصفوفة مسار التصميم لتنظيم الهواء لدى الكائنات الحية تم الوصول إلى عدة استراتيجيات يمكن تطبيقها لدى تصميم الإنسان وهي: المهوى الساقط هو محور عمودي يعمل كمبادل حراري، المدخنة الشمسية التي تسهل التهوية والتدفئة بالطاقة الشمسية، لإعادة استخدام التدفئة المستخرجة، نظام تخزين الطاقة الحرارية في الأرض، الطاقة الشمسية في السقف والواجهة الأمامية مع بناء مدمج به لوحات كهروضوئية مخصصه له وعزل عالي الجودة لواجهة المبنى مكون عن ثلاث طبقات من الزجاج. يتدفق هواء التهوية عبر المهوى الساقط عبر فتحات التهوية، وذلك بفضل شدة الرياح على الجانب المعرض للرياح من المبنى، بمجرد دخول الهواء إلى المهوى الساقط، تسخن قطرات الماء الهواء وترطبه في الشتاء وتبرده في الصيف يقع المهوى الساقط في مركز المبنى. التيار الهوائي الهابط في المهوى الساقط ينشر الهواء النقي المكيف في الهواء المحيط والموجود في المرافق والغرف. يتدفق الهواء المستخدم من الطابق الأرضي خلال فتحة سقف عبر المدخنة الشمسية الحرارية الخارجية متكاملة مع وحدة تجميع الطاقة الشمسية بجانب الجدار الجنوبي الغربي الخارجي للمبنى.

هذا هو المكان الذي يتم فيه تجميع الحرارة الشمسية في الجدار الخلفي حيث يتم تسخين الهواء، مما يتسبب في ارتفاع حرارة التيار الهوائي، يتم استخراج الحرارة من الهواء بواسطة مبادل حراري في الجزء العلوي الذي يجمع الحرارة لاستخدامها بواسطة مضخة حرارة الهواء التي يتم إنتاج الماء الساخن من خلالها أو تخزينه تحت الفندق لإعادة استخدامها. يوفر نظام تخزين الطاقة الحرارية تدفئة إضافية او تبريد عند الحاجة. يضمن العزل المثالي والواجهات الثلاثية أن يكون EPC الخاص بالمبنى صفرًا.

يحتوي سطح الواجهة والمظلة والحائط الخلفي للمداخل الشمسية على حوالي 2000 متر مربع من الطاقة الشمسية. يبلغ إنتاج الطاقة الشمسية حوالي 200000 كيلو واط ساعة في السنة. علاوة على ذلك، من المحتمل جدًا أن يتم توليد طاقة أكثر مما هو مطلوب في أوقات معينة. كما يتم تطبيق العديد من تقنيات الاستدامة المتطورة في غرف الفندق، تطبيق نظام استرجاع الحرارة ينظم استخدام الماء الساخن، كما يقلل نظام الأتمتة الرقمية الذكي من استهلاك الطاقة. يخلق هذا المبنى ذو التقنية العالية "المدعوم من الطبيعة" بيئة صديقة للبيئة مريحة وصحية جديدة بفضل التقنيات القابلة للاستدامة وتم تكريمها بتصنيف BREEAM Excellent.

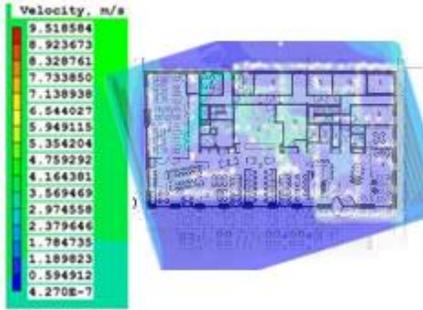
والعناصر البيئية التي يتكون منها المبنى ووظائفها في المبنى:

العنصر	الوظيفة
فتحات تهوية	يتم من خلالها دخول الهواء الى المبنى

المهوى الساقط	بتكيف الهواء الداخل و نشره إلى الطوابق
فتحة السقف في كل طابق	مرور الهواء من الطابق الى المدخنة الشمسية
المدخنة الشمسية	مرور الهواء من خلالها باتجاه المبادل الحراري
الالواح الشمسية	تقوم بتسخين الهواء في المدخنة
المبادل الحراري	امتصاص حرارة الهواء واستخدام الحرارة في انتاج الماء الساخن
نظام تخزين الطاقة	توفير طاقة عند الحاجة
الزجاج الثلاثي والعازل	توفر EPC طاقة صفرية خاصة بالمبنى.

الجدول (7) عناصر المبنى البيئية ووظيفتها. [الباحثة]

**تقييم الأداء البيئي للمبنى:** تبلغ مساحة السطح الإجمالية للخلايا الكهروضوئية لتوليد الطاقة الشمسية حوالي 2000 متر مربع. يبلغ إنتاج الطاقة الشمسية من الطاقة "الخضراء" حوالي 200000 كيلوواط ساعة في السنة. هذا يعني أن إجمالي استهلاك الطاقة في غرف الفندق البالغ عددها 195 غرفة طاقة طبيعية. ومن المتوقع أن يتم توفير ما يقرب من ثلاثة أرباع إجمالي احتياجات الفندق من الطاقة، بما في ذلك المرافق الإضافية المعتمدة على المستخدم مثل المطعم والبار الجوي واللباقة البدنية والعافية، بهذه الطريقة. يتوافق عزل السقف والواجهة والأرضيات في جميع أنحاء المنشأة مع متطلبات الاستدامة الأكثر صرامة، بما في ذلك الزجاج الثلاثي على الواجهات. بالإضافة إلى ذلك، تم تنفيذ العديد من الأنظمة عالية التقنية في الفندق مثل



الشكل (17) حركة

الرياح في المبنى وفق برنامج Ecotect [الباحثة]

المبادلات الحرارية في الحمامات ونظام أتمتة المبنى الذكي ونظام مراقبة الطاقة الذكي لضمان توفير إضافي للطاقة. والنتيجة هي مبنى ذكي تم فيه تطبيق التكنولوجيا البيئية لخلق مناخ داخلي مريح وصحي. إجمالاً، هذا يعني أن المبنى حاصل على تصنيف EPC-0 وسيحصل على شهادة BREEAM الممتازة.

لقد تمت دراسة المبنى وفق برنامج الAutodesk Ecotect تبين أن المبنى يتعرض لسرعات رياح عالية بفضل الأقفان الشاقولية التي تم وضعها وفق الشكل التالي:

جدول يبين أبعاد العناصر المستخدمة في المبنى:

أبعاد الفتحات	الفتحات
10 طوابق	
عرض 80 سم بارتفاع الطابق	أقفان شاقولية على شكل مداخن

## تطبيق نظام التهوية للكاننات الحية في المباني العامة

قناة فرعية	عرض 70 سم بارتفاع الطابق
فتحات (منافذ)	ارتفاع 55سم
الأقنية ضمن البلاطات	الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم

الجدول (8) أبعاد العناصر المستخدمة في المبنى. (الباحثة)

### نتائج الدراسة التحليلية:

1- نستنتج مما سبق أن التصميم الحيوي يولد لدينا شبكة و هي: أقنية على شكل أسطوانة مركزية و أسطوانة فرعية و قنوات ضمن البلاطات و فتحات (منافذ).

2- جدول يبين الأبعاد المستنتجة من خلال الأمثلة المستخدمة للتصميم الحيوي:

الجدول (9) يبين الأبعاد المستنتجة من خلال الأمثلة المستخدمة للتصميم الحيوي. (الباحثة)

أبعاد الفتحات			الفتحات
5 طوابق	8 طوابق	10 طوابق	
عرض 60 سم بارتفاع الطابق	عرض 70 سم بارتفاع الطابق	عرض 80 سم بارتفاع الطابق	أقنية شاقولية على شكل مداخن
عرض 50 سم بارتفاع الطابق	عرض 60 سم بارتفاع الطابق	عرض 70 سم بارتفاع الطابق	قناة فرعية
ارتفاع 45سم	ارتفاع 50سم	ارتفاع 55سم	فتحات (منافذ)
الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم	الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم	الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم	الأقنية ضمن البلاطات

- 3- تبين من خلال الدراسة التحليلية إن المباني المستخدمة للتصميم الحيوي تقلل من استخدام الطاقة، حيث أدى استخدام الشبكة التي تم وضعها إلى انخفاض ملحوظ في درجة الحرارة من 3 درجات مئوية إلى 3.7 درجة مئوية.
- 4- كما إنه عند تطبيق استراتيجيات التصميم الحيوي في المباني فإنه يتم تخفيض التكلفة بحدود ال 35 بالمائة.
- 5- إن الاستخدام الصحيح لقطر المجاري المستنتجة من التصميم الحيوي يساهم في تحريك الهواء وزيادة تدفق الهواء وبالتالي زيادة الاستدامة.

### النتائج:

- 1- لفت أثبت البحث أن استراتيجيات العمارة الحيوية للكائنات الحية من أهم الاستراتيجيات التي تعمل على تحسين أنظمة بناء الطاقة المتعلقة بأنظمة التهوية في تصميم قطاع البناء.
- 2- تم التوصل إلى نتائج تصميمية نذكر منها:
  - يفيد مفهوم وضع المداخل في تلال النمل الأبيض في تبديد الحرارة، يمكن تحقيق ذلك في التصميم المعماري بوضع أقبية شاقولية تستخدم كمدخن.
  - يفيد مفهوم القنوات الطرفية الموجودة على مساحة سطح التلة الكبير في الحصول على مزيد من أشعة الشمس مما يعزز تدفق الهواء في القنوات الطرفية و بالتالي يعزز الحمل الحراري، يمكن تحقيق ذلك في التصميم المعماري بوضع قنوات لإمداد الهواء النقي و قنوات لسحب الهواء الملوث.
- 4- استلهم المعماريون من استراتيجيات النمل الأبيض حلول تصميمية، حيث تم التوصل إلى شبكة و هي مكونة من الأسطوانة المركزية و الفرعية و القنوات، يوفر تطبيق هذه الشبكة إلى مزيد من الاستدامة في المباني.
- 5- إن التصميم الحيوي للكائنات الحية يساعد في حل المشاكل المعمارية حيث يوفر قاعدة بيانات هائلة من التصاميم التي يمكن أن تلهم الأفكار البيئية.

- 7- فتحت حالات التصميم الحيوي آفاقاً جديدة للحلول التقنية الممكنة الجديدة لبناء أغلفة تحقق راحة حرارية داخلية، وإمكانية تحقيق فئة جديدة من الابتكار ووضع أساس وظيفي في الهندسة المعمارية: مستوحى من الحيوية، ومتكيف مناخياً، ومراعياً للبيئة.
- 8- إن تطبيق التصميم الحيوي للكائنات الحية يقلل من التأثير السلبي للبناء على كل من الإنسان وبيئته المحيطة باستخدام طاقات الطبيعة.
- 9- إن المزيد من الدراسات والأبحاث على مستعمرات ومسكن الحيوانات المقامة في الطبيعة واليات عمل الكائنات الحية يمكن أن يمنح أفكاراً للمصممين لاستلهاام المزيد من الأفكار التصميمية الصديقة للبيئة، والتي يمكن تطبيقها عند تصميم المباني المعاصرة.

المراجع:

1. ASHRAE, S 2004-The Standards for Ventilation and Indoor Air Quality. Atlanta, GA, 62p
2. Addington, D 2000-The history and future of ventilation.
3. Badarna, L 2012-Towards the LIVING envelope: biomimetics for building envelope adaptation.
4. Debrester, D 2007-Prairie Dog Baby, <http://www.flickr.com/photos/debster248/1316482851/>.
5. Heirbaut, J 2019 AMSTERDAM HOTEL CAPITALISES ON THE SUN Sustainable sleeping, Vol.22.25, 34-36p.
6. Linsenmair, E 2000 Ventilation of termite mounds: new results require a new model Behavioral Ecology, Vol. 11.5, 486-494p.
7. Mackean, D G 2011-Insect structure and function, 5 p.
8. Pearce, M 2003 COUNCIL HOUSE 2 MELBOURNE, <http://www.mickpearce.com/CH2.html>
9. Pearce, M 2003 East Gate Building Harare, <http://www.mickpearce.com/Eastgate.html>
10. Schmidt-Nielsen, K 2007-Animal physiology: adaptation and environment, New York: Cambridge University Press, 57-58p.
11. Vogel, S 1973 Wind-induced ventilation of the burrow of the prairie-dog, *Cynomys Laodiceans* Behavioral Physiology, Vol.85.1, 1-14p.
12. Weibel, E 1963- Architecture of the human lungs, 585-577p



## اقتراح نموذج رياضي برمجي لإيجاد خطة النقل الأقل

### كلفة بحال وجود مستودعات

طالبة الماجستير: م. منار حسن جهجاه كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

إشراف الدكتور: علي دياب

#### ملخص

تعد مشكلة النقل حالة خاصة من البرمجة الخطية وأهم مشاكلها، حيث تتعامل مع نقل البضائع وتوزيعها بين مراكز الطلب والعرض وذلك بأقل كلفة ممكنة. ويعتبر المخزون أصلاً من أصول المنشأة ويمكنه أن يغير من الوضع المالي للمنشأة ويحقق أرباحاً كبيرة أو يوقعها بخسائر فادحة.

إن عملية اتخاذ القرار في وضعنا الحالي في ظل مشكلة تقلب الأسعار من أصعب المشاكل التي تواجه المهندس، حيث تعتبر عملية شراء المواد بسعر ثم انخفاضه أو ارتفاعه من أهم العوامل التي تؤثر على تكاليف البناء.

من الممكن أن تؤدي عملية إدخال المستودعات إلى مسألة النقل العادية، حيث تعمل المخازن كمصادر طلب إضافية ومصادر عرض إضافية أيضاً وذلك حسب مدة وكلفة التخزين، إلى الحماية من زيادة الأسعار أو التغلب عليه في بعض الأحيان.

يساهم هذا البحث في إعطاء نظرة عامة لأصحاب المشاريع باتخاذ القرار في استخدام المستودعات وتخزين المواد أو عدم استخدامها.

في هذه الدراسة قمنا ببرمجة مسألة النقل العادية وحلها وفق الطرق المعروفة والحصول على الحل الأمثل وأيضاً إلى اقتراح نموذج رياضي لحل مسألة النقل بوجود مستودعات حيث تقوم باستقبال وتخزين وتوزيع المواد وذلك باستخدام برنامج Visual

studio 2017 مكتوب بلغة (C#) Sharp .C

الكلمات المفتاحية: مسألة النقل، المستودعات، تخزين، البرمجة بلغة C Sharp.

# Suggesting a Software Mathematical Model to Find the Least Expensive Transportation Plan With Warehouses Case

Eng. Manar Jahjah

Dr. Ali Diab

## **Abstract**

The transportation problem is a special case of linear programming and its most important problem, as it deals with the transportation and distribution of goods between demand and supply centers at the lowest possible cost. Inventory is considered an asset of the facility and it can change the financial position of the facility and achieve great profits or inflict huge losses on it. The decision-making process in our current situation in light of the problem of price volatility is one of the most difficult problems facing the engineer, as the process of purchasing materials at a price and then dropping or increasing it is one of the most important factors that affect construction costs. It is possible that the process of introducing warehouses to the issue of normal transportation, where the stores act as additional sources of demand and additional sources of supply as well, depending on the duration and cost of storage, to protect against or sometimes overcome price increases.

This research contributes to giving an overview of project

owners to make the decision to use warehouses and store materials or not to use them.

In this study, we programmed the problem of regular transportation and solved it according to known methods and obtained the optimal solution, and also proposed a mathematical model to solve the transportation problem in the presence of warehouses where you receive, store and distribute materials using Visual studio 2017 written in C Sharp (C#).

**KEYWORDS:** Transportation Problem, Warehouses, Storage, The C Sharp Program.

## 1. المقدمة:

تتعامل مسألة النقل مع توزيع البضائع من عدة نقاط من الموردين (مصدر العرض) إلى عدة نقاط من المستوردين (وجهة الطلب). ويمكن أيضاً استخدام نماذج النقل عندما تريد شركة أن تقرر موقع منشأة جديدة.

كان لمشاكل النقل قديماً وحديثاً دوراً مهماً في عملية اتخاذ القرار من قبل صناع القرار في المنشآت الانتاجية والصناعية، من أجل إيصال السلع الى المستهلك في الوقت والمكان المحددين والذي يعتبر من الفعاليات الاقتصادية المهمة لأنه مكماً للعملية الإنتاجية. وعليه تسعى المنشآت بأنواعها الى استخدام الطرق الحديثة المتطورة من أجل تخفيض التكاليف المخصصة للنقل والتي بدورها تساهم في اتخاذ القرار المناسب وفق المبادئ الاقتصادية الصحيحة. [1]

يتعين على المؤسسات أن تتوقع تغير السوق وعليها أن تحتفظ بمخزون المواد تحسباً لعدم توافر المواد أو الزيادة المفاجئة في الأسعار، فعادة ما يتم شراء كميات مخزون كبيرة للاستفادة من ميزة خصم الكمية لانخفاض سعر الشراء إذا كانت الكميات كبيرة أو لتقادي الزيادة المستقبلية المتوقعة في الأسعار. ولذلك أصبحت المشاريع اليوم تهتم بالمخزون وذلك لدوره المهم والمتزايد في تحقيق الربح والاستقرارية. [2]

وبالتالي فإن ادخال المستودعات إلى مسألة النقل يرتبط بعدة عوامل تؤثر على عملية اتخاذ القرار في تخزين المواد أو عدم تخزينها.

## 2. الهدف:

يهدف هذا البحث إلى إيجاد نموذج رياضي لاستخدام المستودعات في مسألة النقل ومن ثم إيجاد برنامج يساعد المهندسين والمختصين في اتخاذ القرار باستخدام المستودعات لتخزين المواد أو عدم استخدامها بحيث يتم تحقيق أقل كلفة ممكنة لنقل المواد.

## 3. مواد وطرق البحث:

تتألف منهجية البحث من المراحل الآتية:

1. مرحلة دراسة المراجع ذات الصلة بالموضوع.
2. مرحلة صياغة المسألة: أي إيجاد النموذج الرياضي لمسألة النقل في حال وجود مستودعات.
3. مرحلة البرمجة: أي تحويل النموذج الناتج إلى برنامج حاسوبي مكتوب بلغة C Sharp (C#) وذلك باستخدام برنامج Visual studio 2017.
4. مرحلة استخلاص النتائج والتوصيات.

## 4. الأعمال السابقة:

- يهدف البحث [3] إلى بناء نموذج رياضي لحل مشكلة النقل لشركة الرافيدين التي تكون فيها تكاليف النقل بين مخازن الشركة والجهات الطالبة لها مبهمة أي غير معروفة بشكل دقيق، وذلك لإيجاد أقل تكاليف لعملية النقل وبيان الحد الأدنى والحد الأعلى لمجموع هذه التكاليف، وذلك من خلال استعمال خوارزميات جديدة للحل الأولي (طريقة الركن الشمال الغربي وطريقة اقل الكلف) والحل الأمثل (طريقة توزيع العوامل).  
تم استخدام دالة الرتب Rank function وتم تطبيق هذه الطريقة على احدى شركات القطاع الخاص وتم توضيحها من خلال مثال تطبيقي.

- قام الباحث في البحث [4] ببناء نموذج برمجة خطية لمشكلة النقل ذات المرحلتين حيث أن طرق النقل التقليدية تعجز عن حل مشكلة النقل لأكثر من مرحلة (يمكن تعميم النموذج لمشكلة نقل متعددة المراحل).
- في هذا البحث تم التنبؤ بكمية الطلب بالاعتماد طريقة الأسي الموسمي (طريقة ونترز) ومن ثم تحويل نموذج النقل الى نموذج برمجة خطية حيث تم إيجاد الحل الامثل باستخدام البرنامج الجاهز WinQSB لإيجاد الكميات المثلى المنقولة وبأقل كلفة كلية ممكنة. تم تطبيق النموذج في شركة المها التجارية المحدودة لاستيراد المواد الغذائية والتي تعتبر من أكبر الشركات الخاصة الموجودة في العراق.
- في البحث [1] تم اقتراح طريقة جديدة تسمى ASM-Method لإيجاد الحل الأمثل لمجموعة واسعة من مشاكل النقل، تتطلب هذه الطريقة حلاً حسابياً ومنطقياً بسيطاً جداً، ولهذا السبب فهي سهلة جداً حتى بالنسبة إلى الشخص العادي لفهمها واستخدامها. ستكون هذه الطريقة مربحة للغاية بالنسبة لصانعي القرار في التعامل مع القضايا المتعلقة بالخدمات اللوجستية وسلسلة التوريد، وبسبب بساطة هذه الطريقة يمكن للمرء بسهولة تبنيه من بين الأساليب الحالية.
- تحتوي الورقة [2] على خوارزميات وبرمجيات لتنفيذ طرق الحل المذكورة في شكل قاعدة البيانات MS Access، ومكتوبة بلغة البرمجة Visual Basic. حيث تم وصف نموذج عام لمشكلة النقل، وكذلك بعض الطرق لتحديد ما يسمى بالحلول الأساسية الأولية وتحسين برامج النقل. وبالتالي سيمثل أداة برمجية كاملة وشاملة تحل مشكلة النقل تماماً.
- يقدم البحث [3] حل لمشكلة النقل باستخدام النمذجة الحاسوبية. حيث تم تطوير نموذج رياضي باستخدام جدول نقل معين، ووفقاً لهذا النموذج الرياضي يتم تطوير خوارزمية موحدة وتنفيذها كبرنامج برمجي يحسب طريقة رياضية

مختلفة لإيجاد الحلول المثلى لمشكلة النقل. تم تصميم البرنامج واختباره مع حالات مختلفة حيث كانت نتائجه دقيقة ومبررة عند مقارنتها بالحساب اليدوي.

- البحث [4] يدرس مشكلة النقل بحسابها بكود ماتلاب باستخدام البرمجة الرياضية. النموذج طور طريقة الزاوية الشمالية الغربية، طريقة أقل كلفة، طريقة تقريب فوجيل، وطريقة Modi لحل مشكلة النقل. إن طريقة كود الماتلاب أفضل من الطريقة التحليلية لحل مشكلة النقل، هذا النموذج يعطينا نتيجة جيدة في مشكلة النقل.

نلاحظ أن الدراسات السابقة عالجت مسألة النقل بطرق مختلفة وباستخدام خوارزميات جديدة ولكن لم يتطرق أي منها إلى تخزين المواد ومن ثم نقلها.

في دراستنا سيتم اقتراح نموذج رياضي لوجود المستودعات في مسألة النقل وبرمجتها بلغة C Sharp (C#) واختباره في حالات تغير الأسعار والتكلفة.

##### 5. مسألة النقل:

مشكلة النقل هي أسلوب رياضي يتم بواسطته حل المشاكل الاقتصادية والإنتاجية بمساعدة الموارد والامكانيات المتاحة من البيانات والأدوات والطرائق التي يستخدمها صناع القرار لمعالجة المشاكل، كما أصبحت المشكلة موضع اهتمام الباحثين والمختصين لإيجاد الحلول المناسبة والفاعلة للوصول إلى القرار الصائب في العملية الإنتاجية كونها مكملة للعملية الإنتاجية.

إن فكرة نموذج النقل هو إيجاد خطة مثلى لنقل كميات متجانسة من أماكن تصنيعها إلى مراكز استهلاكها، وبالتالي فإن نموذج النقل هو نموذج كمي يهدف إلى تحديد خطة مثلى لنقل كميات مثلى من منتج ما من مصادرها إلى عدد من جهات طلبها بأقل كلفة

نقل ممكنة، بشرط أن تكون طاقات العرض وكميات الطلب وكلفة الواحدة من المصدر إلى جهة الطلب معروفة ومحددة. [1]

## 1.5 مسألة النقل العادية:

### 1.1.5 النموذج العام لمشكلة النقل:

نموذج النقل هو نوع خاص من مشاكل الشبكات لشحن المواد من المصدر إلى جهات الطلب ويعتمد على الافتراضات الأساسية الآتية:

1. جميع المواد المنقولة بين المصادر ومناطق الطلب متجانسة.
2. عدم وجود عوائق للنقل بين أي مصدر وأي موقع للطلب.
3. إن مجموع كمية المواد المتوفرة لدى المصدر يساوي مجموع كمية المواد المطلوبة في المواقع.
4. إن تكاليف نقل المواد بين أي مصدر وأي موقع للطلب معروفة ولن تتغير في الامد القريب.
5. إن كلفة النقل بين أي مصدر وأي موقع طلب لا تتغير بتغير كمية المواد المنقولة.

وبافتراض نقل إحدى المواد من مراكز الإنتاج أو التخزين إلى مراكز الاستهلاك، ولنفتراض أنه يوجد  $m$  مركزاً للإنتاج (أو التخزين) وأن المادة المفروضة متوفرة فيها بكميات محددة تساوي:

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, \dots, a_m$$

ويوجد  $n$  مركزاً استهلاكياً وأن الكميات المعينة التي يحتاجها من تلك المادة تساوي:

$$b_1, b_2, b_3, \dots, b_j, \dots, b_n$$

وأن تكلفة نقل الواحدة من المركز الإنتاجي  $a$  إلى المركز الاستهلاكي  $z$  تساوي  $C_{ij}$ ، والكمية التي يجب نقلها من المركز الإنتاجي  $a$  إلى المركز الاستهلاكي  $z$  تمثل بالرمز  $X_{ij}$ .

وبالتالي الهدف الرئيسي هو تحديد حجم عمليات النقل  $X_{ij}$  من المراكز الإنتاج إلى مراكز الاستهلاك بحيث تكون تكلفة النقل الاجمالية أقل ما يمكن. يمكن تمثيل نموذج مسألة النقل في شكل جدول موجز مع كل المعلومات الضرورية وهذا الجدول يسمى بجدول النقل كما في الشكل (1).

بعد تطبيق طريقة البرمجة الخطية لحل مشكلة النقل نحدد قيمة دالة الهدف التي تقلل كلفة النقل، وتحديد عدد الوحدات المنقولة ( $X_{ij}$ ) فإن نموذج البرمجة الخطية لمشكلة النقل يكون:

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

وضمن الشروط الآتية:

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = a_i$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = b_j$$

كما يجب أن يكون:

$$X_{ij} \geq 0, (i: 1,2,3 \dots m), (j: 1,2,3 \dots n)$$

Destinations →	$B_1$		$B_2$		...		$B_n$		$\Sigma$
	Sources ↓								
$A_1$	$c_{11}$	$x_{11}$	$c_{12}$	$x_{12}$	...	$c_{1n}$	$x_{1n}$	$a_1$	
$A_2$	$c_{21}$	$x_{21}$	$c_{22}$	$x_{22}$	...	$c_{2n}$	$x_{2n}$	$a_2$	
...	...		...		...	...		...	
$A_m$	$c_{m1}$	$x_{m1}$	$c_{m2}$	$x_{m2}$	...	$c_{mn}$	$x_{mn}$	$a_m$	
$\Sigma$		$b_1$		$b_2$	...		$b_n$		$S$

الشكل 1 جدول النقل

إن خوارزمية النقل مستندة على فرضية أن النموذج متوازن (النموذج مغلق) أي أن الطلب الكلي يساوي العرض الكلي. في بعض الأحيان، قد يكون مجموع العرض عند مراكز الإنتاج ومجموع الطلب عند مراكز الاستهلاك غير متساويين، فالنموذج يكون غير متوازن (النموذج مفتوح)، ونلاحظ الحالتين الآتيتين:

$$1- \text{ إذا كان الطلب أكبر من العرض } \sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j :$$

نضيف مركزاً إنتاجياً وهمياً  $(m+1)$  بحيث نجعل مقدار ماينتجه يساوي الفرق بين الإجماليين، أي نجعل  $a_{m+1}$  مساوياً لـ:  $a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i$ .

$$2- \text{ إذا كان الطلب أصغر من العرض } \sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j :$$

نضيف مركزاً استهلاكياً وهمياً بحيث نجعل مقدار استهلاكه يساوي الفرق بين الإجماليين، أي نجعل استهلاكه مساوياً لـ:  $b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$ .

وإن كلفة نقل الوحدة الواحدة من هذه المراكز الانتاجية أو لهذه المراكز الاستهلاكية الوهمية تكون مساوية للصفر:

$$C_{i,n+1} = 0 \text{ أو } C_{m+1,j} = 0 ; (i: 1,2,3, \dots, m), (j: 1,2,3, \dots, n)$$

### 2.1.5 الطرق المستخدمة في البحث:

إن الهدف من طرق الحل التي تعطي حلاً أولياً مقبولاً لمشكلة النقل، هو الحصول على حل ممكن لمشكلة النقل لا يتعارض مع طبيعة القيود التي تفرض على المشكلة ومنه الوصول إلى الحل الأمثل. ويمكننا إيجاد الحل القاعدي الأول بعدة أساليب أو طرق، قمنا ببرمجة أهمها وأكثرها استخداماً، وهم: [4]

#### 1) أسلوب الزاوية الشمالية- الغربية لإيجاد الحل القاعدي الأول:

تعتبر هذه الطريقة أبسط الطرق إذ تبدأ بتعيين أعلى كمية مسموح بها من بين العرض والطلب للمتغير  $X_{11}$  في أقصى الركن الشمالي الغربي من الجدول.

#### 2) أسلوب العنصر ذي التكلفة الأقل لإيجاد الحل القاعدي الأول:

يعتمد هذا الأسلوب على مبدأ اشباع الحجر ذات التكلفة الأقل في كل سطر أو عمود قبل غيرها من الحجر حسب الكميات المطلوبة والمتوفرة، ثم نترك كل سطر أصبح مشبعاً وننتقل إلى السطر الذي يليه.

#### 3) أسلوب تقريب فوجيل (Vogel) لإيجاد الحل القاعدي الأول أو المثالي:

ويعتمد هذا الأسلوب على حساب الفرق بين أقل قيمتين للتكلفة في كل سطر وفي كل عمود، وذلك لمعرفة مدى الخسارة التي تلحق بتابع الهدف إذا لم نشبع الحجر ذات التكلفة الأقل.

إن أسلوب فوجيل غالباً ما يعطينا حلاً قاعدياً يكون هو الحل المثالي المطلوب، أو الحل الذي يسبقه مباشرة ولا يخرج عن هذه القاعدة إلا في الحالات التي يتساوى فيها عنصران أو أكثر من العناصر الكبرى في عمود وسطر الفروقات.

- يتم استخدام أسلوب الدرج ( طريقة التخطي Stepping Stone ) لاختبار ولتحسين الحل القاعدي الأول وصولاً للحل الأمثل والذي تكون عنده قيمة دالة الهدف لكلفة النقل أقل مايمكن، وذلك بعد تحقق الشرط الأساسي: عدد الخلايا الأساسية يساوي  $m+n-1$ .

## 2.5 مسألة النقل بوجود المستودعات:

تحتفظ المشروعات بمواد مختلفة تساعد في استمرارية العملية الإنتاجية بلا توقف حسب برامجها الإنتاجية المخطط لها، الأمر الذي يستدعي وجود مخزون، وتظهر أهمية هذا المخزون في كونه يمثل حلقة الوصل بين طلبات العملاء ومنتجات المشروع.

يحقق المخزون مجموعة من المنافع للمشروع، فإذا كان هناك توقع لارتفاع الأسعار وكانت المادة قابلة للتخزين، تكون الكمية الكبيرة من المخزون والتي تم شراؤها بأسعار منخفضة قادرة على تغيير الوضع المالي للمنشأة وتحقيق لها أرباحاً كبيرة من خلال بيعها أو عدم شراء مواد جديدة.

### 1.2.5 النموذج الرياضي المقترح:

تتطلب إدارة المخزون أن يكون لديها نظام معلوماتي متطور يتجاوب بسرعة في تلبية الطلبات، ويساعد مدير المشروع في اتخاذ القرار بشكل أسرع.

النموذج المقترح سيفترض أن كل ورشة ستقوم بتخزين المواد فيها وذلك حسب عدد الأشهر المفروضة للتخزين، والكمية المطلوبة لكل شهر تكون محددة ومعروفة، وبالتالي ستتفرع إلى عدة مراكز طلب.

الكمية المتوفرة في مراكز العرض الأساسية معلومة، سيضاف إليها مراكز إضافية يعبر كل منها عن مصدر البضاعة وأين تم تخزينها وفي أي شهر. الكمية المتوفرة في المراكز الإضافية إما تساوي الكمية المطلوبة الكلية مطروحاً منها الكمية التي تم استهلاكها في

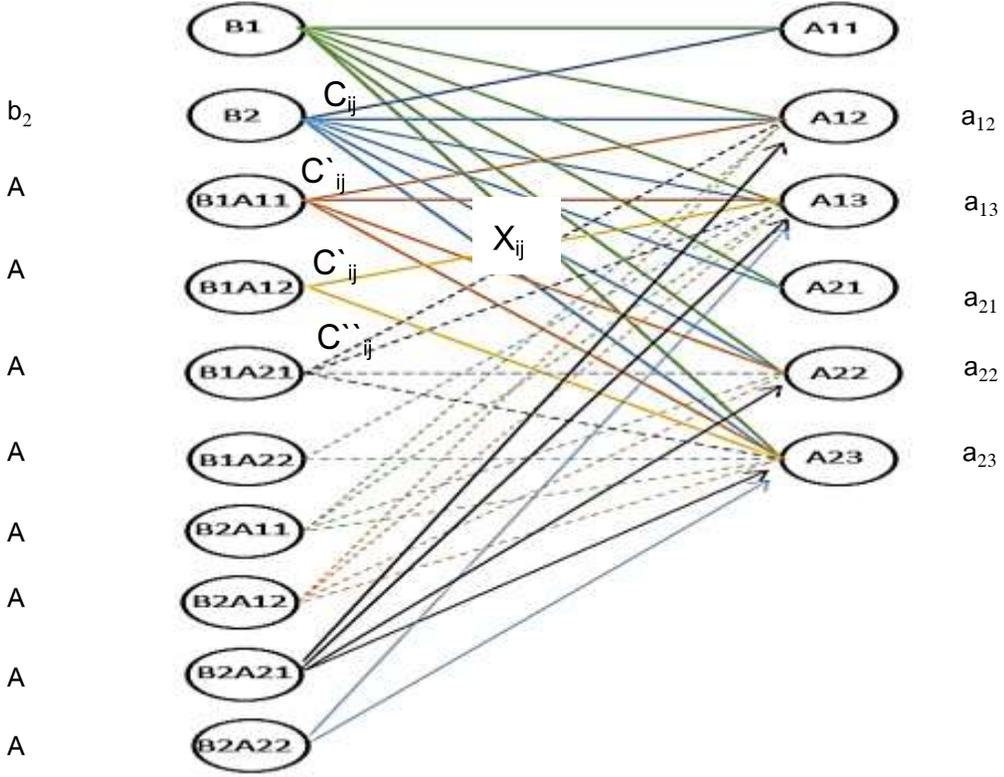
الورشات أثناء الشهر المدروس وقبله، أو يمكن أن تكون الكمية المتوفرة هي مجموع كل الكميات المطلوبة.

بافتراض أنه يراد نقل إحدى المواد من مراكز الإنتاج إلى مراكز الاستهلاك، ولنفتراض أنه يوجد لدينا مركزين للإنتاج B1,B2 وأن المادة المفروضة متوفرة فيها بكميات محددة تساوي:  $b_1, b_2$ .

ويوجد مركزين استهلاكيين A1,A2 وأن عدد الأشهر المفروضة للتخزين (du) هي ثلاثة أشهر (du=3) والكميات المطلوبة التي يحتاجها من تلك المادة في كل شهر محددة وتساوي:  $a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{21}, a_{22}, a_{23}$ ، كما في الشكل (2).

- $C_{ij}$ : تكلفة نقل الوحدة من المركز الإنتاجي الأساسي  $i$  إلى المركز الاستهلاكي  $j$ .
- $C_{j\ stg}$ : كلفة التخزين الوحدة الواحدة من المادة في الورشة  $j$ .

الكمية المتوفرة	مراكز الإنتاج		مراكز الاستهلاك	الكمية المطلوبة
$b_1$		$C_{ij}$		$a_{11}$



الشكل 2 مسألة النقل بوجود مستودعات

- $C_{jk}^{trans}$ : كلفة نقل الوحدة الواحدة للمادة من الورشة  $i$  إلى الورشة  $k$ .
- $C'_{ij}$ : تكلفة نقل الوحدة من المراكز الإضافية التابعة للمركز  $A_i$  إلى المراكز الاستهلاكية التابعة للمركز  $A_i$  وتساوي إلى كلفة النقل من المركز الاستهلاكي الأساسي مضافاً إليها تكلفة التخزين.

$$C'_{ij} = C_{ij} + C_{j\ stg}$$

- $C''_{ij}$ : تكلفة نقل الوحدة من المراكز الإضافية التابعة للمركز  $A_i$  إلى المراكز الاستهلاكية التابعة للمركز  $A_j$  و تساوي تكلفة النقل من المركز الاستهلاكي

الأساسي مضافاً إليها تكلفة التخزين وكلفة النقل من المركز الاستهلاكي  $Z$  إلى المركز الاستهلاكي  $k$  ( $j \neq k$ ).

$$C''_{ij} = C'_{ij} + C_{jk \text{ trans}}$$

- $X_{ij}$ : الكمية التي يجب نقلها من المركز الإنتاجي  $i$  إلى المركز الاستهلاكي  $j$ .
- عدد مراكز العرض الإضافية يساوي (مدة التخزين - 1) مضروباً بعدد مراكز العرض وعدد مراكز الاستهلاك أي لدينا:  $(du-1) \times D \times S = (3-1) \times 2 \times 2 = 8$  مركزاً اضافياً.

- الكمية المتوفرة في المراكز الإضافية تساوي مجموع كل الكمية المطلوبة أي
- $$.A = a_{11} + a_{12} + a_{13} + a_{21} + a_{22} + a_{23}$$

الهدف الرئيسي هو تحديد حجم عمليات النقل  $X_{ij}$  من مراكز الإنتاج إلى مراكز الاستهلاك بحيث تكون تكلفة النقل الاجمالية أقل ما يمكن. يمكن تمثيل نموذج مسألة النقل بوجود مستودعات في شكل جدول موجز كما في الشكل (3):

	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{21}$	$A_{22}$	$A_{23}$	Supply
B1	$C_{ij}$	$C_{ij}$	$C_{ij}$	$C_{ij}$	$C_{ij}$	$C_{ij}$	b1
B2	$C_{ij}$	$C_{ij}$	$C_{ij}$	$C_{ij}$	$C_{ij}$	$C_{ij}$	b2

$B_1A_{11}$	___	$C'_{ij}$	$C'_{ij}$	___	$C''_{ij}$	$C''_{ij}$	A
$B_1A_{12}$	___	___	$C'_{ij}$	___	___	$C''_{ij}$	A
$B_1A_{21}$	___	$C''_{ij}$	$C''_{ij}$	___	$C'_{ij}$	$C'_{ij}$	A
$B_1A_{22}$	___	___	$C''_{ij}$	___	___	$C'_{ij}$	A
$B_2A_{11}$	___	$C'_{ij}$	$C'_{ij}$	___	$C''_{ij}$	$C''_{ij}$	A
$B_2A_{12}$	___	___	$C'_{ij}$	___	___	$C''_{ij}$	A
$B_2A_{21}$	___	$C''_{ij}$	$C''_{ij}$	___	$C'_{ij}$	$C'_{ij}$	A
$B_2A_{22}$	___	___	$C''_{ij}$	___	___	$C'_{ij}$	A
Demand	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	

الشكل 3 جدول النقل بوجود مستودعات

$B_1A_{11}$ : هي الكمية المنقولة من المركز B1 إلى المركز الاستهلاكي A1 في الشهر الأول والمخزنة فيها ويمكن النقل إلى الأشهر التي تلي الشهر المخزنة فيه فقط.

$B_1A_{12}$ : هي الكمية المنقولة من المركز B1 إلى المركز الاستهلاكي A1 في الشهر الثاني والمخزنة فيه ويمكن النقل إلى الأشهر التي تلي الشهر المخزنة فيه فقط أي لا يمكن أن تعطي  $A_{11}$  و  $A_{12}$ .

فإن نموذج البرمجة الخطية المقترح لمشكلة النقل بوجود مستودعات يكون:

$$1. \text{ عدد مصادر العرض الجديدة } m' : m' = m + [(du - 1) \times n \times m]$$

$$2. \text{ عدد مصادر الاستهلاك الجديدة } n' : n' = du \times n$$

وبالتالي دالة كلفة النقل الكلية:

$$\min Z = \sum_{i=1}^{m'} \sum_{j=1}^{n'} C_{ij} X_{ij}$$

وذلك ضمن الشروط الآتية:

$$\sum_{j=1}^{n'} X_{ij} = b_j$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = a_i \quad , \quad \sum_{i=m+1}^{m'} X_{ij} = A$$

النموذج المقترح يحل مسألة النقل من خلال افتراض إمكانية التخزين في الورشات وذلك حسب عدد الأشهر المفروضة للتخزين مع إمكانية إعادة نقل المواد إلى ورشات أخرى بحيث يعطي صورة عامة لتكاليف النقل الكلية وقدرة للمهندس باتخاذ القرار ومعرفة التغيرات التي تطرأ على مسألة النقل في حال استخدام التخزين.

#### 6. البرنامج الحاسوبي لحل المسألة المطروحة:

تم برمجة مسألة النقل باستخدام برنامج Visual Studio 2017 وكتابة الكود البرمجي بلغة C Sharp (C#).

ينقسم البرنامج إلى قسمين، القسم الأول يحل مسألة النقل العادية بالطرق الثلاث (الشمالية-الغربية، أقل كلفة، فوجيل) وطريقة الدرج لإيجاد الحل المثالي. أما القسم الثاني يحل مسألة النقل بوجود مستودعات كما في المثال التالي:

- يراد نقل مادة البلوك نوع 15cm من المركزين B1 و B2 إلى الورشتين A1 و A2 مع إمكانية تخزين المادة لثلاثة أشهر، ويوضح الجدول التالي كلفة نقل وشراء الوحدة الواحدة (بلوكة) من البلوك من المركزين إلى الورشتين. الكمية المطلوبة في الورشة ولمدة ثلاثة أشهر معلومة، وكلفة نقل مع الشراء بعد شهر وبعد شهرين محددة بشكل تقريبي. علماً أن كلفة النقل  $m^3$  من البلوك من الورشة A1 إلى الورشة A2 وبالعكس هي 50000 ل.س وذلك باستخدام شاحنة ذات حجم  $m^3$  4.

اقتراح نموذج رياضي برمجي لإيجاد خطة النقل الأقل كلفة بحال وجود مستودعات

	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	الكمية المتوفرة
B1	670	1250	1900	710	1300	2000	1500
B2	680	1400	2000	700	1200	1950	2000
الكمية المطلوبة	100	200	400	700	600	400	

سيتم تخزينها في مستودع مأجور ضمن الورشة حيث أن حجم المستودع في الورشتين يساوي 200m<sup>3</sup> وبافتراض أنه سيتم استخدام 0.8 من حجم المستودع لوجود ممرات لنقل المادة. يوضح الجدول التالي كلفة تخزين المادة لشهر:

المستودع في الورشة	كلفة التخزين
A1	100000 ل.س
A2	90000 ل.س

يتم حساب عدد البلوكات ذات الأبعاد (15, 20, 40) cm في 1m<sup>3</sup> كما يلي:

$$1/(0.15*0.2*0.4)= 83.33 \approx 83 \text{ بلوكة}$$

وبالتالي سيتم حساب كلفة تخزين البلوكة الواحدة في m<sup>3</sup> كما يلي:

$$625/83=7.5 \rightarrow \text{ل.س } 625 / (0.8 \times 200) = 625$$

$$\text{ل.س } 8 = 8$$

$565/83=6.8=7 \rightarrow$  ل.س  $90000/(0.8 \times 200) \approx 565$  : في الورشة الثانية  
ل.س

يتم حساب كلفة نقل البلوكة الواحدة في  $m^3$  من البلوك بين الورشتين  $A_1$  و  $A_2$  كما يلي:

$$4/(0.15 * 0.2 * 0.4) = 333.33 \rightarrow 300 \text{ بلوكة}$$

$$50000/300 = 166.67 = 167 \text{ ل.س}$$

**المدخلات:** يتم ادخال عدد مراكز الإنتاج وعدد مراكز الاستهلاك ونوع المادة المخزنة. ويمكن اختيار نوع المادة المخزنة (اسمنت، رمل، بلوك، بحص... ) أو يمكن إضافة مادة جديدة وتحديد مدة تخزينها.

أولاً يتم ادخال كلف النقل من مراكز الطلب إلى مراكز الاستهلاك والكميات المطلوبة والمتوفرة كما في الشكل 4:

	Dest 11	Dest 12	Dest 13	Dest 21	Dest 22	Dest 23	Supply
Source	670	1250	1900	710	1300	2000	1500
Source	680	1400	2000	700	1200	1950	2000
Deman	100	200	400	700	600	400	

الشكل 4 كلفة النقل بين مراكز الإنتاج ومراكز الاستهلاك

ثم يتم ادخال كلفة التخزين وكلفة النقل بين الورشات كما في الشكل 5 و6:

Transportation Problem with Storage

numSources: 2  
numDestination: 2  
storage Material: Bricks  
Duration of Storage: 3

Enter Data  
save  
close

Transportation Table    Transportation Cost    Storage Cost    Final Table

	Dest 1	Dest 2
Dest 1	-	167
Dest 2	167	-

الشكل 5 كلفة النقل بين مراكز الاستهلاك

Transportation Problem with Storage

numSources: 2  
numDestination: 2  
storage Material: Bricks  
Duration of Storage: 3

Enter Data  
save  
close

Transportation Table    Transportation Cost    Storage Cost    Final Table

	Duration
Dest 1	8
Dest 2	7

الشكل 6 كلفة التخزين في مراكز الاستهلاك

يقوم البرنامج بحساب جدول النقل النهائي موضحاً كلف النقل بين مراكز الطلب والاستهلاك والمستودعات حيث أن مراكز العرض الإضافية تكون الكمية المطلوبة فيها مساوية لمجموع الكميات المطلوبة كما في الشكل 7:

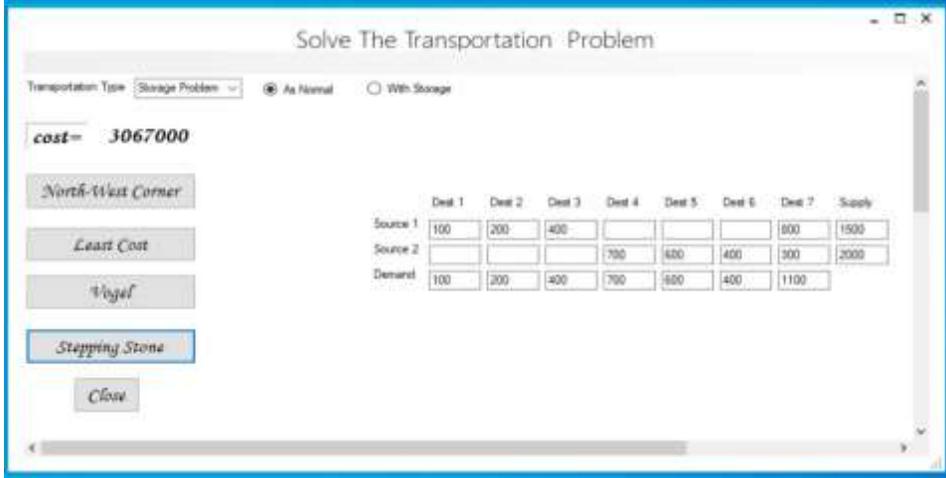
	Dest 11	Dest 12	Dest 13	Dest 21	Dest 22	Dest 23	Supply
Source	670	1250	1900	710	1300	2000	1500
Source	680	1400	2000	700	1200	1950	2000
Src 1Dest 11	big	678	686	big	845	853	2400
Src 1Dest 12	big	big	1256	big	big	1425	2400
Src 1Dest 21	big	884	891	big	717	724	2400
Src 1Dest 22	big	big	1474	big	big	1307	2400
Src 2Dest 11	big	688	696	big	855	863	2400
Src 2Dest 12	big	big	1408	big	big	1575	2400
Src 2Dest 21	big	874	881	big	707	714	2400
Src 2Dest 22	big	big	1374	big	big	1207	2400
Demand	100	200	400	700	800	400	

الشكل 7 جدول النقل النهائي

### المخرجات:

عند اختيار حل المسألة تظهر نافذة يتم من خلالها اختيار نوع المسألة المطلوب حلها (عادية أو مع وجود مستودعات)، ووفقاً للاختيار تظهر الطرق المعروفة للحل ثم جدول النقل النهائي مع الكميات المنقولة وكلفة النقل الكلية.

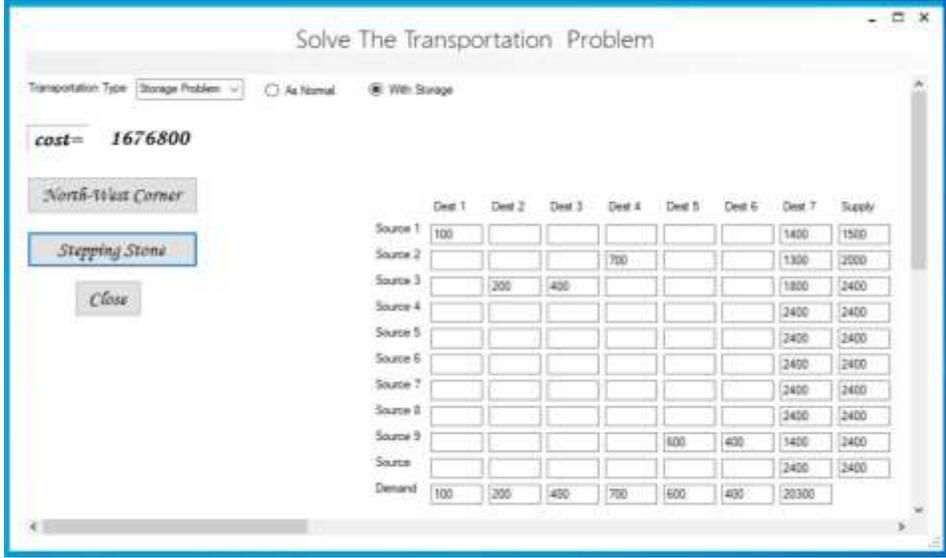
مسألة النقل مع وجود مستودعات يمكن للبرنامج حلها كمسألة نقل عادية أو مع وجود مستودعات، الشكل 8. تم الاعتماد عند حل المسألة بوجود مستودعات على طريقتين (الطريقة الشمالية الغربية، طريقة الدرج للوصول إلى الحل المثالي).



الشكل 8 حل مسألة النقل بوجود مستودعات كمسألة نقل عادية

لم يتم اعتماد طريقة الأقل كلفة وفوجيل في حل المسألة بوجود مستودعات لأنه عند تطبيقها دخل البرنامج بحلقة لا نهائية وذلك بسبب وجود خلايا لا يمكن النقل إليها وبالتالي هناك حجرات لم يتم اشباعها ولا يمكن الحصول على الحل القاعدي الأول. يظهر الحل للمثال المقترح أنه يفضل استخدام التخزين حيث يقترح نقل البلوك من المركز الأول B1 إلى الورشة الأولى A1 واستخدامها بعد تخزينها لمدة شهرين في نفس الورشة.

ونقل البلوك من المركز الثاني B2 إلى الورشة الثانية A2 واستخدامها بعد تخزينها لمدة شهرين في نفس الورشة، كما في الشكل 9.



الشكل 9 حل مسألة النقل بوجود مستودعات

#### 7. اختبار النموذج المقترح:

- تظهر النتائج للمثال المقترح أن استخدام التخزين خفض الكلفة بنسبة 45% تقريباً حيث أن كلفة النقل في الحالة العادية كانت 3067000 بينما أصبحت في حال استخدام المستودعات 1676800.
- سنقوم في هذا القسم عرض ومناقشة نتائج اختبار البرنامج في الحالات الآتية:  
**الحالة الأولى: تغير سعر المادة فقط:**

يبين الجدول 1 قيم كلف النقل في حالة زيادة سعر مادة البلوك خلال فترتي تخزين (3 أشهر، 6 أشهر):

نسبة الزيادة	التخزين لمدة 3 أشهر		التخزين لمدة 6 أشهر	
	كلفة النقل العادية	كلفة النقل بوجود مستودعات	كلفة النقل العادية	كلفة النقل بوجود مستودعات
1%	1675400	1675400	3097500	3096600
2%	1692000	1676800	3164900	3101800

اقتراح نموذج رياضي برمجي لإيجاد خطة النقل الأقل كلفة بحال وجود مستودعات

3%	1709200	1676800	3233200	3101800
10%	1829600	1676800	3750400	3101800

جدول 1 كلفة النقل العادية ووجود مستودعات في حالة تغير سعر المادة فقط

نلاحظ من الجدول أنه يفضل استخدام المستودعات للحصول على أقل كلفة ممكنة عند زيادة الأسعار فقط بنسبة 2% وأكثر مع تخزين المادة لمدة 3 أشهر وزيادة الأسعار فقط بنسبة 1% وأكثر مع تخزين المادة لمدة 6 أشهر.

**الحالة الثانية: تغير سعر المادة مع تغير كلفة التخزين:**

يبين الجدول 2 قيم كلف النقل في حالة زيادة سعر مادة البلوك يرافقه تغير في كلفة التخزين بنفس النسبة خلال فترتي تخزين (3 أشهر، 6 أشهر):

نسبة الزيادة	التخزين لمدة 3 أشهر		التخزين لمدة 6 أشهر	
	كلفة النقل العادية	كلفة النقل بوجود مستودعات	كلفة النقل العادية	كلفة النقل بوجود مستودعات
1%	1675400	1675400	3097500	3096600
2%	1692000	1676800	3164900	3102800
3%	1709200	1676800	3233200	3103800
10%	1829600	1677600	3750400	3108900

جدول 2 كلفة النقل العادية ووجود مستودعات في حالة تغير سعر المادة وكلفة التخزين بنفس النسبة

نلاحظ من الجدول أن عند زيادة الأسعار وكلفة التخزين بنسبة 2% وأكثر مع تخزين لمدة 3 أشهر وعند زيادة الأسعار وكلفة التخزين بنسبة 1% وأكثر مع تخزين لمدة 6 أشهر وأكثر، يفضل استخدام المستودعات للحصول على أقل كلفة ممكنة.

الجدول 3 يوضح قيم كلف النقل في حالة زيادة سعر مادة البلوك يرافقه تغير في كلفة التخزين بنسب مختلفة خلال فترتي تخزين (3 أشهر، 6 أشهر):

نسبة زيادة سعر المادة	نسبة زيادة كلفة التخزين	التخزين لمدة 3 أشهر		التخزين لمدة 6 أشهر	
		كلفة النقل العادية	كلفة النقل بوجود مستودعات	كلفة النقل العادية	كلفة النقل بوجود مستودعات
1%	10%	1675400	1675400	3097500	3096600
2%	10%	1692000	1677600	3164900	3108900
3%	20%	1709200	1678000	3233200	3117900
10%	30%	1829600	1678400	3750400	3126600

جدول 3 كلفة النقل العادية وبوجود مستودعات في حالة تغير سعر المادة وكلفة التخزين باختلاف نسبة الزيادة

نلاحظ من الجدول أنه يفضل استخدام المستودعات عند زيادة الأسعار بنسبة 2% وأكثر وذلك مهما زادت كلفة التخزين، وعند التخزين لمدة 6 أشهر وأكثر خزنت المادة لعدة أشهر فقط وذلك مع زيادة الأسعار 1% وأكثر مع اختلاف كلفة التخزين.

## 8. النتائج والتوصيات:

- تبدو نتائج النموذج المقترح لمسألة النقل بوجود المستودعات متقاربة بشكل كبير من أجل جميع حالات تغير الأسعار، وعلى الرغم من تقارب النتائج نلاحظ بشكل عام أن البرنامج كان قادر على اعطاء صورة عامة عن خطة وكلفة النقل في حال استخدام المستودعات.
- تعتبر هذه الدراسة الخطوة الأولى للحصول على نموذج يحل مسألة النقل مع إمكانية تخزين المواد ليتم بعدها برمجة هذا النموذج واختباره وهذا يقودنا إلى الخطوة الأهم وهي الوصول إلى برنامج قادر على حل النموذج.

- النموذج المقترح وطرق الحل المعتمدة هي حاصل دراسة مرجعية، ويمكن أن يتغير جزء منها تبعاً لتغير النموذج واللغة البرمجية المستخدمة. ولكن الدراسة المقدمة تقدم نواة بحثية يمكن الاستعانة بها لتطوير مسائل النقل في مجال التغلب على تضخم الأسعار.
- يمكن اقتراح نموذج آخر للمسألة واستخدام المستودع في تخزين أكثر من مادة في نفس الورشة، بالإضافة إلى إمكانية إيجاد حل للمسألة بطرق جديدة.
- يمكن أيضاً ربط البرنامج بشبكة خرائط لمراكز العرض وتحديد أماكن الورشات ليقوم البرنامج بتحديد المراكز القريبة والتي تحقق أقل كلفة نقل بين مراكز العرض والطلب.

## 9. المراجع العربية:

- [1] حمادة، عفراء 2018 حل مشكلة النقل بالطرق المباشرة لإيجاد الحل الأمثل لبعض مستودعات النفط في بغداد - حالة دراسية، مجلة المثنى للعلوم الادارية والاقتصادية.
- [2] أحلام، دريدي 2018 دور استخدام أساليب بحوث العمليات في تحسين أداء المؤسسات الجزائرية، جامعة محمد خيضر-بسكرة (كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلم التسيير).
- [3] م. ح. ب. م. ز. ج. أم.د. عبد الجبار خضر بخيت 2018 "استخدام خوارزمية الرنك (AI-Rank) لاتخاذ القرار المثل لنماذج النقل الضبابية"، pp. 486-501.
- [4] العلي، إبراهيم 2003-2004 مدخل إلى بحوث العمليات، جامعة تشرين (كلية الاقتصاد).
- [5] فريد، بن ختو 2016 مطبوعة في تقنيات تسيير المخزون، جامعة قاصدي مرباح-ورقلة (كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير).

10. المراجع الاجنبية:

- [1] S. J. M. K. Abdul Quddoos, 07July 2012 "**A New Method for Finding an Optimal Solution for Transportation Problems**",pp. 1271-1274.
- [2] L. S. M. B. Vladica Stojanovic , September 2014 "**Software Application for Solving the Transportation Problem** ",  
*https://www.researchgate.net* ,pp. 23-26 .
- [3] A. M. M. H. S. I. E. H. A. Moh'd Ishaq Abu Halawa 2016 ,  
"**An Optimal Solution for Transportation Problem Using Computing Modelling**," ResearchGate.
- [4] Dr.J.Sengamalaselvi 06January 2017 ."**SOLVING TRANSPORTATION PROBLEM BY USING MATLAB** ",  
*http:// www.ijesrt.com* ,pp. 374-381.