الفتحات الزجاجية والعزل الحراري في المملكة العربية السعودية: دراسة مقارنة

خالد عسكر الشيباني، و فارس عبدالله المزيد، و محمد يوسف نعمان،

و إبراهيم عبدالله المفيز

كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك فيصل، ص ب ٢٣٩٧، الدمام ٣١٤٥١،

المملكة العربية السعودية

المستخلص. تهدف هذه الدراسة إلى إظهار أثر المساحة والخواص الفيزيائية للفتحات الزجاجية (النوافذ والأبواب) على أداء العزل الحراري فيما يخص استهلاك الكهرباء وحجم المكيف. وشملت الدراسة خمسة مناطق مناخية في المملكة العربية السعودية، هي: الرياض، والدمام، وجدة، وتبوك، وخميس مشيط. وأكدت النتائج أهمية العزل الحراري في التقليل من الاستهلاك الكهربائي، حيث يمكن أن يصل الخفض إلى أكثر من ٢٠٪، وذلك حسب نسبة مساحة الفتحات الزجاجية. وأظهرت النتائج أن التغير في أداء العازل مع التغير في مساحة الفتحات الزجاجية ظل متشابهاً في أدائه في معظم المناطق فيما عدا منطقة خميس مشيط، حيث بدأت تقل أهمية زيادة العازل أكثر تسارعا من غيره في المناطق الأخرى. وأظهرت الدراسة أهمية مساحة الفتحات الزجاجية وخواصها الفيزيائية وأثرها على أداء العزل الحراري، مما يستوجب أخذ الفتحات الزجاجية في الاعتبار للحصول على أداء أفضل للعزل الحراري.

الكلمات المفتاحية: العزل الحراري، النوافذ، الفتحات الزجاجية، الطاقة في المباني، تخفيض استهلاك الطاقة

١. مقدمة

قد تستهلك المباني في المملكة العربية السعودية ما يقارب ٧٦٪ من الطاقة الكهربائية المنتجة، وتصل نسبة استهلاك المباني السكنية إلى ما يقارب ٥٠٪ من إجمالي هذه الطاقة المنتجة^[١-٣]. وتطرق العديد من الدراسات إلى تحليل الأداء الحراري في المباني ومؤثراته، وتم تحديد العوامل الرئيسية في زيادة الأحمال الحرارية للمباني. وتختلف مساهمات مكونات المبنى في هذه الأحمال الحرارية باختلاف فئات المباني والنشاطات الممارسة، وتشير هذه الدراسات إلى أن مساهمات الغلاف الخارجي تصل إلى أكثر من ٧٥٪ من إجمالي الأحمال الحرارية للمباني السكنية^[٤-٦].

من هذا المنطلق، فإن سبل المحافظة على الطاقة في المباني تبدأ من الغلاف الخارجي ومكوناته الرئيسية، والتي تشمل العديد من العناصر: كالشكل الهندسي للمبنى واتجاهه، والخواص الحرارية لمواد الغلاف الخارجي، وتصميم النوافذ ومساحاتها، وخواص الزجاج الحرارية.

وتبرز مساهمة الفتحات الزجاجية في المناطق المدارية بشكل فاعل بفعل تأثير أشعة الشمس الداخلة إلى المبنى عبر الزجاج، وضعف المقاومة الحرارية لمادة الزجاج، والتي تسمح بانتقال الحرارة بشكل أكبر. ولذلك تلعب مساحة الزجاج في الغلاف الخارجي دورًا كبيرًا في المساهمة في الأحمال الحرارية للمبنى. كما تتناسب مساحة الحوائط المصمتة عكسياً مع مساحة الزجاج في الغلاف الخارجي، فكلما زادت مساحة الزجاج فإن مساحة الحوائط المصمتة تقل وبالتالي مساهمتها في الأحمال الحرارية.

شكل ١. نسبة مساهمة مكونات المبنى في الأحمال الحرارية السنوية لفئات المباني المختلفة^[٤].

تركز هذه الدراسة على أداء الفتحات الزجاجية (للنوافذ والأبواب) وأثرها على أداء العوازل الحرارية في المباني السكنية في المملكة العربية السعودية. وتشمل الدراسة أداء الفتحات الزجاجية في خمس مناطق مناخية من المملكة، هي: الرياض، والدمام، وجدة، وتبوك، وخميس مشيط.

٢. الأداء الحراري للفتحات الزجاجية

إن انتقال الحرارة من خلال الفتحات الزجاجية يحدث نتيجة للفرق بين درجتي الحرارة للداخل والخارج، فهي تصبح عاملاً ناقلاً للحرارة للداخل خلال فترة الصيف وللخارج خلال فترة الشتاء (في حال التدفئة في الداخل). ويحدث هذا الانتقال من خلال ثلاث طرق:

أ- انتقال الحرارة من خلال الإشعاع الشمسي المباشر

ويحدث هذا الانتقال نتيجة لنفاذ أشعة الشمس المباشرة من خلال الزجاج. ويمكن الحماية ضد هذا النوع من الانتقال الحراري عن طريق الاستخدام الجيد لكاسرات الشمس، ويعتبر التظليل أحد العوامل المهمة في استراتيجيات المحافظة على الطاقة في المناطق الحارة. فالحماية من أشعة الشمس المباشرة تساعد على أداء أفضل لأنظمة التكييف.

ب- انتقال الحرارة عن طريق التوصيل

ويحدث نتيجة التسخين المباشر للزجاج وإطار النافذة وانتقال الحرارة من أسطح النافذة إلى الداخل. ويمكن التعامل مع هذا النوع من الانتقال عن طريق استخدام أنظمة نوافذ تعتمد على استخدام أكثر من حائط زجاجي توفر انتقالية منخفضة للحرارة إلى الداخل. إضافة إلى استخدام نافذة ذات معامل تظليل منخفض.

ج- الانتقال عن طريق الحمل (التسرب)

وهنا تنتقل الحرارة نتيجة التسرب من خلال الفراغات الموجودة في إطار النافذة وحول حائط الزجاج.

٣. منهجية الدراسة

تم خلال هذه الدراسة استخدام برنامج محاكاة أداء الطاقة (Visual Doe) في تحليل أداء الفتحات الزجاجية، وتم استخدام مادة البوليسترارين المتمدّد كمادة مرجعية بسماكات مختلفة للعزل الحراري للحوائط، وذلك لما تمثله هذه المادة من النسبة الأعلى لمواد العزل المستخدمة في المملكة.

وستتم الدراسات لتشمل المساحة ومعامل التوصيلية الحرارية ومعامل الاكتساب الحراري الشمسي للفتحات الزجاجية. وسيشمل البحث في تأثير مساحة وخواص الفتحات الزجاجية والعلاقة بينها وبين:

- ١- أداء العازل الحراري للحوائط بسماكات مختلفة (١-١٠ سم)، وسيمثل بالاستهلاك الكهربائي الإجمالي السنوي واستهلاك الكهرباء من التكييف.
- ٢- حجم أجهزة التكييف، وستشمل بالقدرة على التكييف (طن لكل متر^٢).

٤. تأثير مساحة الفتحات الزجاجية

للبحث في أثر مساحة الفتحات الزجاجية، تم إجراء العديد من الدراسات التمثيلية التي شملت أداء العازل بسماكات مختلفة مع متغيرات في مساحة الفتحات الزجاجية وحالة المناخ. فالشكل ٢ يوضح أداء استخدام عوازل حرارية بسماكات مختلفة لمساحات مختلفة من الفتحات الزجاجية لمنطقة الدمام. فالتأثير الأكبر للعازل الحراري يظهر عندما تكون مساحة الفتحات الزجاجية في حدودها الدنيا (٥٪ من مساحة المبنى)، فتصل نسبة الخفض في الاستهلاك السنوي الإجمالي للكهرباء إلى أكثر من ١٨٪ مقارنة بأداء مبنى غير معزول حرارياً. وتتناقص هذه النسبة لتصل إلى خفض قدره ما يقارب الـ ١١٪ لمبنى بمساحة نوافذ تساوي ٢٠٪ من مساحة المبنى.

شكل ٢. العلاقة بين سماعة العازل الحراري للحوائط ومساحة الفتحات الزجاجية وأثرها على استهلاك الكهرباء السنوي لمنطقة الدمام.

ويمكن أيضا ملاحظة أن أداء العازل الحراري يقدم أداءً مقبول إجمالاً، حيث إن استخدام عازل حراري ذي سماعة ٤ سم يمكن أن يوفر تخفيضاً في الاستهلاك الإجمالي للكهرباء يتراوح بين ما يقارب ٩٪ إلى ١٦٪، وذلك حسب نسبة مساحة الفتحات الزجاجية إلى مساحة المبنى.

أما بالنسبة لأداء العازل الحراري على استهلاك الكهرباء في التكييف فإن الصورة تتحسن قليلاً. فتصل نسبة الخفض في استهلاك الكهرباء في التكييف أكثر من ٢٨٪ مقارنة بأداء مبنى غير معزول حرارياً. وتتناقص هذه النسبة لتصل إلى خفض يقارب قدره ١٦٪ لمبنى بمساحة نوافذ تساوي ٢٠٪ من مساحة المبنى (شكل ٣).

شكل ٣. العلاقة بين سمكة العازل الحراري للحوائط ومساحة الفتحات الزجاجية وأثرها على استهلاك الكهرباء في التكييف لمنطقة الدمام.

ولتحليل أثر التغير في مساحة النافذة على العازل، يوضح الشكل ٤ أداء زيادة سمكة العزل الحراري لمبنى ذي نوافذ تساوي مساحتها ١٠٪ من مساحة المبنى في المناطق المناخية الخمسة (الدمام، والرياض، وجدة، وخميش مشيط، وتبوك). فالتغير في أداء العازل ظل متشابهاً في أدائه في معظم المناطق فيما عدا منطقة خميس مشيط، حيث بدأت تقل أهمية زيادة العازل أكثر تسارعاً من غيره في المناطق الأخرى.

شكل ٤. أداء سماكة العزل الحراري للمدن المختلفة (مساحة النوافذ = مساحتها ١٠٪) على الاستهلاك الكهربائي السنوي.

واستمر هذا التشابه في الأداء مع تغير المساحة إلى ما يساوي ٢٠٪ من مساحة المبنى (شكل ٥) إلا أن تطور أداء العازل في منطقة خميس مشيط أصبح أقل أهمية من غيره في المناطق الأخرى.

وتشير النتائج إلى تقارب الأداء بين بعض مناطق المملكة. ويصبح هذا التقارب أكثر وضوحاً مع تناقص مساحة الفتحات الزجاجية، فالشكل ٦ يوضح أداء العازل الحراري للمناطق المختلفة محل الدراسة لفتحات زجاجية مساحتها تساوي ٥٪ من مساحة المبنى، حيث يتضح تشابه في الأداء بين منطقتي خميس مشيط وجدة وتشابه أكبر في الأداء بين منطقتي الرياض وتبوك.

شكل ٥. أداء سمائة العزل الحراري للمدن المختلفة (مساحة النوافذ = مساحتها ٢٠٪) على الاستهلاك الكهربائي السنوي.

ولفهم العلاقة بين التغير في مساحة الفتحات الزجاجية وأداء العازل الحراري تم إجراء الدراسات التمثيلية لمقارنة التغير في أداء العازل الحراري لكافة المناطق المختارة مع التركيز على سمائة العازل الأقل من ٦ سم، وذلك لقلّة أهمية الزيادة في سمائة العازل بعد مستوى ٦ سم، كما هو واضح من الأشكال السابقة. وتوضح الأشكال ٧-١٠ أن هذه العلاقة يمكن أن تمثل خطياً. وباستخدام التحليل الإحصائي يمكن تبني النموذج الرياضي التالي:

$$ص = ٠,٠٠٤٣ (س) + ع, \quad ر^٢ = ٠,٩٧$$

حيث:

ص = استهلاك الكهرباء السنوي (٪).

س = الفرق بين نسبة مساحة الفتحات الزجاجية إلى مساحة المبنى.

ع = استهلاك الكهرباء السنوي (%) قبل زيادة مساحات الفتحات الزجاجية.
ويمكن تبسيط النموذج الرياضي المقترح ليصبح: تبني النموذج.

$$ص = ٠,٠٠٥ (س) + ع$$

شكل ٦. أداء سمائة العزل الحراري للمدن المختلفة (مساحة النوافذ = مساحتها ٥%) على الاستهلاك الكهربائي السنوي.

٤-١ تأثير مساحة الفتحات الزجاجية على أداء حجم المكيف

تم البحث في العلاقة بين التغير في مساحة الفتحات الزجاجية وأداء حجم المكيف، وسيمثل أداء حجم المكيف بمعيار الطن لكل متر مربع. وشملت الدراسة كافة المناطق الخمس: الدمام، والرياض، وجدة، وتبوك، وخميس مشيط.

شكل ٧. أثر تغير مساحة الفتحات الزجاجية على أداء العازل الحراري لمبنى معزول حراريا بعازل بسماكة ٢ سم.

شكل ٨. أثر تغير مساحة الفتحات الزجاجية على أداء العازل الحراري لمبنى معزول حراريا بعازل بسماكة ٣ سم.

شكل ٩. أثر تغير مساحة الفتحات الزجاجية على أداء العازل الحراري لمبنى معزول حرارياً بعازل بسماكة ٤ سم.

شكل ١٠. أثر تغير مساحة الفتحات الزجاجية على أداء العازل الحراري لمبنى معزول حرارياً بعازل بسماكة ٥ سم.

وبداية، فإن أثر مساحة الفتحات الزجاجية لها أثر مهم على أداء حجم المكيف، فتشير الدراسات التمثيلية أن زيادة مساحة الفتحات الزجاجية يصاحبها زيادة مهمة في أداء حجم المكيف، حيث إن زيادة مساحة الفتحات الزجاجية من نسبة ٥٪ من مساحة المبنى إلى ٢٠٪ من مساحة المبنى أدى إلى أن يتناقص أداء حجم المكيف بحدود ٣٠٪. فنلاحظ من الشكل ١١ أن زيادة الفتحات الزجاجية إلى نسبة ٢٠٪ من مساحة المبنى لمنطقة الدمام أدى إلى تناقص المساحة لكل طن من التكييف. فمع استخدام عازل ذي سماكة ٥ سم تتناقص أداء حجم المكيف من ما يقارب ٢٧ طن/م^٢ إلى ٢٠ طن/م^٢.

شكل ١١. أثر مساحة الفتحات الزجاجية على أداء حجم المكيف لمنطقة الدمام.

ويبرز بصورة أكثر أثر المناخ على أداء حجم المكيف، حيث يختلف من منطقة إلى أخرى حجم المكيف (شكل ١٢) حيث يمكن ملاحظة الفرق بين منطقة خميس مشيط وبقية المناطق. وتقارب كبير بين منطقتي الدمام والرياض.

شكل ١٢. أثر مساحة الفتحات الزجاجية على أداء حجم المكيف لمبنى بفتحات زجاجية بمساحة تساوي ١٠٪ من مساحة المبنى.

ولإيجاد العلاقة بين مساحة الفتحات الزجاجية وأداء حجم المكيف تم عمل الدراسات التمثيلية لكافة المناطق الخمس مع متغيرات مساحة الفتحات الزجاجية. ويشير الشكل ١٣ إلى تشابه في الأداء لمبنى بعازل حراري ذي سماكة ٥ سم. ويستمر الأداء بنفس الطريقة تقريبا للسماكات المختلفة من العازل الحراري. وتشير النتائج (الشكلان ١٣ و ١٤) أن هناك علاقة خطية تمثل العلاقة بين مساحة الفتحات الزجاجية وأداء حجم المكيف، ويمكن أن تمثل بالمعادلة التالية:

$$\text{ص} = ٠,٤٩٣٦ - (\text{س}) + ٣٣,٦٨$$

شكل ١٣. أثر مساحة الفتحات الزجاجية على أداء حجم المكيف (سماكة العازل = ٥ سم).

شكل ١٤. أثر مساحة الفتحات الزجاجية على أداء حجم المكيف (سماكة العازل = ٣ سم).

٢-٤ أثر خواص الفتحات الزجاجية

سيتم من خلال هذا الجزء دراسة تأثير خواص الفتحات الزجاجية، والتي تشمل معامل الموصلية الحرارية (U-factor) ومعامل الاكتساب الحراري الشمسي (SHGC) على أداء العزل الحراري وعلى أداء حجم المكيف. وستتم الدراسة مقارنة بخواص الفتحات الزجاجية المستخدمة في الحالة الأساس، وهي:

- معامل الموصلية الحرارية = ٦,١٧٢

- معامل الاكتساب الحراري الشمسي = ٠,٨١٥

١-٢-٤ معامل الاكتساب الحراري الشمسي (SHGC)

يؤثر معامل الاكتساب الحراري على أداء الفتحات الزجاجية، حيث تشير الدراسات التمثيلية التي أجريت لتحليل أثر هذا العامل وأهميته على الاستهلاك الكهربائي السنوي كمتغير لمبنى الأساس (مساحة الفتحات الزجاجية = ١٠٪، معامل الموصلية الحرارية = ٦,١٧٢) لمعظم المناطق، و يبرز أيضا الفرق بين منطقة تبوك وباقي المناطق. ويوضح الشكل ١٥ أن مناطق جدة والدمام والرياض وخميس مشيط يصل إلى ما يقارب ٤٪ عندما يحسن معامل الاكتساب الحراري الشمسي إلى ٠,٣ ويصل إلى أكثر من ١٠٪ من نسبة الاستهلاك الكهربائي للتكييف لمنطقة جدة (شكل ١٦).

وتتضح أكثر أهمية هذا العامل مع زيادة مساحة النافذة، حيث يرتفع أثره ويصل إلى أكثر ١٣٪ لمبنى ذي نسبة مساحة تساوي ٢٠٪ من مساحة المبنى الشكل ١٧.

شكل ١٥. تأثير معامل الاكتساب الحراري الشمسي على الاستهلاك الكهربائي السنوي.

شكل ١٦. تأثير معامل الاكتساب الحراري الشمسي على الاستهلاك الكهربائي السنوي للتكييف لمبنى الأساس.

شكل ١٧. تأثير معامل الاكتساب الحراري الشمسي على الاستهلاك الكهربائي السنوي لمنطقة جدة (مساحة الفتحات الزجاجية ١٠٪ و ٢٠٪ من مساحة المبنى).

ولمعرفة تأثير معامل الاكتساب الحراري الشمسي على أداء حجم المكيف يوضح الشكل ١٨ أن التأثير يمكن أن يصل إلى ١٠٪ في التغيرات القصوى. أي أننا إذا أردنا الحصول على نتيجة تصل إلى ما يقارب ١٠٪ في تحسين أداء حجم المكيف يجب أن نسعى لتقليل الموصلية الحرارية إلى أقصى حد ممكن (٢, ٠، تقريباً). وهذا التأثير مهم ويستحق أن يأخذ في الحسبان عند تصميم واجهات المباني.

٤-٢-٢ معامل الموصلية الحرارية

بداية، تمت إجراءات الدراسات التمثيلية لتحليل أثر الموصلية الحرارية على الاستهلاك الكهربائي السنوي على مبنى الأساس (مساحة الفتحات الزجاجية = ١٠٪) لكافة المناطق.

شكل ١٨. تأثير معامل الاكتساب الحراري الشمسي على أداء حجم المكيف (طن/متر^٢).

شكل ١٩. تأثير معامل الموصلية الحرارية على الاستهلاك الكهربائي لمبنى الأساس.

ويوضح الشكل ١٩ أن أداء الموصلية الحرارية (كنسبة) أكثر وضوحاً في منطقة تبوك من باقي المناطق. وأن أهمية معامل الموصلية الحرارية للفتحات الزجاجية يبدو معدوماً لمبنى ذي فتحات زجاجية تساوي ١٠٪ من مساحة المبنى في منطقة خميس مشيط. فيصل الخفض في استهلاك الكهرباء السنوي إلى ٥٪ في حالة تخفيض الموصلية الحرارية من ٨ إلى ١ لمنطقة تبوك و ٢٪ لمنطقة الدمام.

وينطبق هذا التحليل بصورة مقاربة على أثر معامل الموصلية الحرارية على الاستهلاك السنوي للتكييف من الكهرباء. حيث يمكن أن يساهم تحسن معامل الموصلية الحرارية في التقليل من استهلاك الكهرباء السنوي للتكييف بما يقارب ٦٪ لمنطقة تبوك و ٣٪ لمنطقة الدمام وأقل من ١٪ لمنطقة خميس مشيط.

شكل ٢٠. تأثير معامل الموصلية الحرارية على الاستهلاك السنوي للتكييف لمبنى الأساس.

شكل ٢١. تأثير معامل الموصلية الحرارية على الاستهلاك الكهربائي لمبنى الأساس (معامل الاكتساب الحراري للزجاج = ٠,٨١٥) في منطقة خميس مشيط مع تغير في نسبة الفتحات الزجاجية.

ولمعرفة تأثير الموصلية الحرارية على أداء حجم المكيف، يوضح الشكل ٢٢ أن التأثير أقرب أن يكون دائماً أقل من ١٪ في التغيرات القصوى. أي أننا إذا أردنا الحصول على نتيجة تصل إلى ما يقارب ١٪ في تحسين أداء حجم المكيف يجب أن نسعى لتقليل الموصلية الحرارية إلى أقصى حد ممكن.

٥. الخلاصة

ركزت هذه الدراسة على أداء العازل الحراري بسماكات مختلفة مع متغيرات في مساحة وخواص الفتحات الزجاجية وحالة المناخ. وأظهرت النتائج أهمية مساحة الفتحات الزجاجية في التأثير على أداء العزل الحراري، حيث أن نسبة الخفض في الاستهلاك السنوي الإجمالي للكهرباء إلى أكثر من ١٨٪ مقارنة بأداء مبنى غير معزول حرارياً. وتتناقص هذه النسبة لتصل إلى خفض قدره ما يقارب

الـ١١٪ لمبنى بمساحة نوافذ تساوي ٢٠٪ من مساحة المبنى. كما أظهرت النتائج أن التغير في أداء العازل مع التغير في مساحة الفتحات الزجاجية ظل متشابها في أدائه في معظم المناطق فيما عدا منطقة خميس مشيط، حيث بدأت تقل أهمية زيادة العازل أكثر تسارعا من غيره في المناطق الأخرى.

شكل ٢٢. تأثير معامل الموصلية الحرارية على أداء حجم المكيف (طن/متر مربع).

وبالنسبة لأداء حجم المكيف فإن أثر مساحة الفتحات الزجاجية لها أثر مهم على أداء حجم المكيف، حيث إن زيادة مساحة الفتحات الزجاجية من نسبة ٥٪ إلى ٢٠٪ من مساحة المبنى أدى إلى أن يتناقص أداء حجم المكيف بحدود ٣٠٪.

كما أكدت الدراسة على أهمية معامل الاكتساب الحراري على أداء الفتحات الزجاجية ذات المساحات الأكبر، حيث تشير الدراسات التمثيلية أن أثره في تغيير

الاستهلاك الكهربائي السنوي يصل إلى أكثر ١٣٪ لمبنى ذي نسبة مساحة تساوي ٢٠٪ من مساحة المبنى لمنطقة جدة.

وأظهرت الدراسات التمثيلية لتحليل أثر معامل الموصلية الحرارية أن أداء الموصلية الحرارية (كنسبة) أكثر وضوحاً في منطقة تبوك من باقي المناطق. وأن أهمية معامل الموصلية الحرارية للفتحات الزجاجية يبدو معدوماً لمبنى ذي فتحات زجاجية تساوي ١٠٪ من مساحة المبنى في منطقة خميس مشيط. فيصل الخفض في استهلاك الكهرباء السنوي إلى ٥٪ في حالة تخفيض الموصلية الحرارية من ٨ إلى ١ لمنطقة تبوك و ٢٪ لمنطقة الدمام. وبالنسبة لتأثير هذا المعامل على أداء حجم المكيف أوضحت الدراسات أن التأثير أقرب أن يكون دائماً أقل من ١٪ في التغييرات القصوى.

شكر وتقدير: هذا البحث هو جزء من دراسة جارية ومدعومة من قبل وزارة المياه والكهرباء (دراسة رقم: و م ك - ك ٤٠٠٦).

المراجع

[١] Al-Ajalna, S. A. and Others, Developing sustainable energy policies for electrical energy conservation in Saudi Arabia. *Energy Policy*, 34:1556-1565 (2006).

[٢] Alsaggaf, H., Effect of residential buildings consumption on total power demand at SEC-ERB, *The First Symposium on Energy Conservation & Management in Buildings* (223-237), King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran (2002).

[٣] العواجي، صالح وآخرون، جهود وزارة الصناعة والكهرباء في مجال ترشيد الاستهلاك وإدارة الأحمال الكهربائية، الندوة الأولى عن ترشيد وإدارة الطاقة في المباني (١٣-٢٤)، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، الظهران، (١٤٢٢هـ).

[٤] Numan, M. Y. F., Al-Maziad, A. and Al-Khaja, W.A., Architectural and Urban Design Potentials for Residential Building Energy Saving in The Gulf Region, *Applied Energy*, 64(1-4) Sept-Dec.: 401-410 (1999).

[٥] Numan, M.Y.; Al-Naim, M.A.; Alshaibani, K. A. and Al-Maziad, F.A., The Impact of Dynamic cultural Changes of the Design and Energy Performance of Residential Buildings in Saudi Arabia. *Mediterranean Conference COMPLEX'2k, Energy and Environment*. Beirut - Lebanon. 16 -18 Nov (2000).

Ahmad, A. and Elhadidy, M., Effect of residential buildings consumption on total power demand at SEC-ERB, *The First Symposium on Energy Conservation & Management in Buildings (31-42)*, King Fahd University of Petroleum and Mierals, Dhrhan, 2002 (2002). [٦]

Glazing Openings and Thermal Insulation in Saudi Arabia: A Comparative Study

**Khalid Alshaibani, Faris Al-maziad, Mohammed Y. Numan and
Ibraheem Almofee**

*Architecture Dept., Faculty of Environment Design, King Abdulaziz University, Jeddah,
Saudi Arabia*

Abstract. This study investigates the effect of glazing openings (windows and doors) on the performance of thermal insulation on energy consumption in residential buildings. The study covers five different regions in Saudi Arabia: Riyadh, Dammam, Jeddah, Tabuk and Khamis Mushait. The study demonstrates the importance of the use of thermal insulation in reducing energy consumption in Saudi Arabia. Findings showed that saving in energy consumption can reach up to 20% of the total electrical consumption. The importance of glazing area and its properties on the performance of wall's insulation was also demonstrated.

Keywords: Energy consumption, Fenestrations, Wall insulation, Energy in buildings.