المنشآت السكنية فى جمهورية مصر العربية من واقع إستهلاك الطاقة إلى إمكانية حصادها من خلال تطبيق الطاقة الميكانيكية

سارة فوزى مصطفى [١] *

[١] * مدرس بقسم التصميم الداخلى والأثاث - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان - مصر

Submit Date: 2023-07-01 10:04:53 | Revise Date: 2023-10-17 22:37:35 | Accept Date :2023-11-06 20:04:49

DOI: 10.21608/jdsaa.2023.220527.1304

ملخص البحث:-

تعد الحيزات الداخلية للمنشآت السكنية فى جمهورية مصر العربية مصدر استهلاك وإستنزاف للطاقة، نتيجة الزيادة السكانية والتوسع المستمر فى تشييد المدن والمباني، مع إغفال تطبيق المعايير البيئية فى التصميم والبناء. ويهدف البحث إلى طرح إمكانية تحويل الحيز الفراغي الداخلي للمنشآت السكنية فى مصر من مصادر لاستنزاف الطاقة الى مصدر لحصاد الطاقة النظيفة، وذلك من خلال تطبيق التقنيات المعتمدة على الطاقة الكامنة والحركية للأجسام كمصادر بديلة لتوليد الطاقة. لذا سوف يسبق مرحلة التصميم مرحلة الدراسة التحليلية للحيز الفراغي الداخلي للمنشآت السكنية والمستخدم لتلك الفراغات، وسوف تتم تلك الدراسة من خلال ثلاث مراحل لضمان كفاءة التطبيق. وحيث أن تطبيق هذا النوع من الطاقة يعتمد على الأداء الحركي للمستخدم، والطاقة الكامنة للعناصر المحيطة به، فإن تلك التقنية سوف تساهم فى تقليل الطلب على الموارد الطبيعية، وخفض الأثر البيئي للانبعاثات الضارة المرتبطة بتوليد الطاقة، وهو ما يطرح إمكانية إضافة الطاقة الميكانيكية لمزيج الطاقة فى مصر، حيث لم تُصنف بعد من قِبَل وكالة الطاقة المتجددة الدولية كطاقة مستحدثة بديلة.

الكلمات المفتاحية:-

التصميم الداخلي، الطاقة الميكانيكية، حصاد الطاقة، الطاقة البديلة، الطاقة الحرة.

المقدمة :

تعد المنشآت السكنية احد ابرز مصادر استهلاك الطاقة فى مصر، سعيا لتحقيق وظائفها المتعددة وتلبية لاحتياجات المستخدم مثل ممارسات التدفئة والتبريد والإضاءة ...، وقد وصل معدل استهلاك الكهرباء للقطاع السكني فقط ما يزيد عن ٤٥٪ من اجمالى الاستهلاك عام ٢٠١٦، وفى عام ٢٠١٩-٢٠٢٠ تجاوزت نسبة الطاقة المباعة من شركات توزيع الكهرباء لتتخطى الخمسين بالمائة (Egyptian Electricity Holding Company, 2019-2020)، ما نتج عنه ارتفاع فى اسعار الكهرباء حيث زيادة الطلب عليها.

وقد ظهر مفهوم حصاد الطاقة فى العقد الماضي ليصبح ارض خصبة لتطبيق العديد من التقنيات الحديثة لدعم مجال الطاقة، إلا أن تاريخ تطبيق تقنيات حصاد الطاقة من مصادر مختلفة مثل الطاقة الشمسية، الميكانيكية، الحرارية وترددات الراديو، يعود الى تاريخ معرفة البشرية للفيزياء الكامنة، والتى تعد اساس تقنيات حصاد الطاقة المتعارف عليها الان. على سبيل المثال، منذ اكثر من ١٠٠ عام وضع تسلا "Tesla" تصور النقل اللاسلكي للطاقة، كما بدأ غوليلمو ماركوني "Guglielmo Marconi" تجاربه فى انشاء نظام التلغراف اللاسلكي القائم على الموجات الراديوية، وقد تطورت تقنيات حصادات الطاقة لتشمل امكانية الجمع بين مخططين مختلفين لحصاد الطاقة فى نظام واحد، ليظهر مصطلح حصاد الطاقة متعدد الوسائط "Multimodal energy harvest" (Apostolos Georgiadis، ٢٠٢١) (Priya and Inman, 2008).

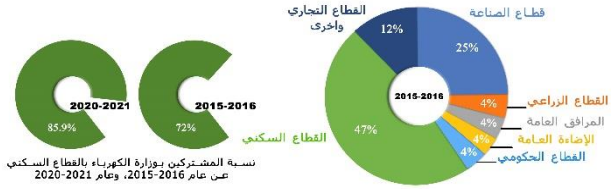
ومن ثم كان من الضروري السعي خلف مصادر جديدة للطاقة المستدامة وتطبيقها فى مجال التصميم الداخلي، الذي يعد أحد الوسائل الإيجابية فى انتشار تطبيق الإتجاهات البيئية الحديثة لدعم الإتجاه العالمي للحفاظ على البيئة وتوفير الطاقة.

١- المنشآت السكنية واثر استهلاك الطاقة على البيئة:

لوحظ ارتفاع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الطاقة من المباني بين عامي ٢٠١٣ و ٢٠١٦. وفى عام ٢٠١٩ ارتفعت الانبعاثات المباشرة وغير المباشرة من الكهرباء والحرارة التجارية المستخدمة في المباني لتصل إلى ١٠ جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون، وهو أعلى مستوى تم تسجيله على الإطلاق. حيث زيادة الطلب على استخدام مصادر التدفئة والتبريد مع زيادة ملكية مكيفات الهواء، بجانب تغير الظواهر الجوية القاسية مما ادى الى زيادة استهلاك الطاقة. ولا تزال إمكانات الحد من الانبعاثات غير مستغلة بسبب الاستخدام المستمر للوقود الأحفوري، والافتقار إلى سياسات فعالة على مستوى العالم لدعم كفاءة الطاقة، هذا بجانب الاستثمار غير الكافي في المباني المستدامة (Abdallah and El-Shennawy, 2020)، (Delmastro, 2020).

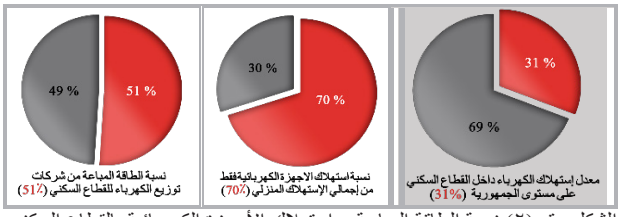
كما تم بناء أكثر من ٥ مليارات متر مربع فى عام ٢٠١٩، لم يتم الزامهم بتحقيق اى متطلبات أداء للمبنى، حيث يفتقر ما يقرب من ثلثي البلدان إلى الزام قوانين للحد من طاقة البناء. ولكي يتحقق الحد من طاقة البناء مع سيناريو التنمية المستدامة (SDS)[١] بحلول عام ٢٠٣٠، يستدعي هذا ضرورة وضع قوانين إلزامية بجميع البلدان، حيث يحتاج البناء الجديد عالي الأداء إلى اكثر من ٢٧٥ مليون متر مربع من الطاقة تقريبا لتغطية ما يقرب من ٥ مليارات متر مربع؛ ويجب أن تتضاعف التخفيضات في كثافة الطاقة التي يتم تنفيذها حاليًا من ١٥٪ إلى ٣٠-٥٠٪ على الأقل من خلال تجديدات كفاءة استخدام الطاقة لمخزون المبنى الحالي (Delmastro, 2020)، (Abergel and C.D., 2020).

وتواجه مصر ارتفاع فى معدلات استهلاك الطاقة حيث نجد ان معدل استهلاك الكهرباء فى جمهورية مصر العربية لقطاع المنازل فقط وصل الى نسبة ٤٧٪ عن عام ٢٠١٥-٢٠١٦ شكل(١)، حيث بلغ عدد المشتركين ٧٢٪ مقارنة بالقطاعات الاخري، ويزداد عدد المشتركين كل عام ليصل الى ٣٢٥٥٢ ألف مشترك بنسبة ٨٥,٩٪ مقارنة بالقطاعات الأخري عن عام ٢٠٢٠-٢٠٢١ وهو ما أقرته وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (Egyptian Electricity Holding Company, 2018; 2019; 2020; 2021)



الشكل رقم (١) استهلاك الكهرباء حسب القطاع فى جمهورية مصر العربية
Egyptian Electricity Holding Company, 2015-2016

كما بلغت كمية الطاقة المباعة من شركات توزيع الكهرباء فى مصر إلى قطاع المنشآت السكنية فقط (٦٦٨٠٩ مليون ك.و.س) ما يعادل ٥١٪ من كمية الطاقة عن عام (٢٠١٨/٢٠١٧) (Egyptian Electricity Holding Company, 2018). ويمثل استهلاك الأجهزة الكهربائية فقط، بالقطاع السكني ٧٠ % من إجمالي الإستهلاك المنزلي، ليصل معدل الإستهلاك على مستوى الجمهورية ما يعادل ٣١٪ من إجمالي الإستهلاك شكل(٢) (مركز معلومات وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، ٢٠١٨-٢٠٢٠).



الشكل رقم (٢) نسبة الطاقة المباعة، واستهلاك الأجهزة الكهربائية بالقطاع السكني
مركز معلومات وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، ٢٠١٧-٢٠١٨

ويتجه العالم الآن إلى الطاقة المتجددة التى تعد أحد أبرز مصادر الطاقة الصديقة للبيئة، فنجد على سبيل المثال وليس الحصر أن معدل استهلاك الإنسان للطاقة المتجددة بالولايات المتحدة ١٠٪ مقارنة بمصادر الطاقة الغير متجددة وذلك عن عام ٢٠١٦، وقد تزايد معدل استخدام الطاقة المتجددة ليصل إلى ١١,٥٪ عن عام ٢٠١٨، استهلك خلالها القطاع السكني نسبة تعادل ٠,٨٪ من

[١] سيناريو التنمية المستدامة (Sustainable Development Scenario "SDS") تابع لوكالة الطاقة الدولية، يوضح التحول في نظام الطاقة العالمي ويضع رؤية عملية لكيفية تطور قطاع الطاقة العالمي من أجل تحقيق أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالطاقة.

اجمالي الاستهلاك، وفى عام ٢٠١٩ شكلت مصادر الطاقة المتجددة حوالي ١١٪ من إجمالي استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة حتى ابريل ٢٠٢٠ (EIA.gov, 2021).

ووصل معدل انتاج جمهورية مصر العربية من الطاقة المتجددة ما يعادل ٧,٢٪ عن عام (٢٠١٧- ٢٠١٨)، وتتمثل فى طاقة الرياح، الطاقة الشمسية والطاقة الكهرومائية، وتسعى مصر إلى تحقيق نسبة ٤٢٪ بحلول عام ٢٠٣٥، لتشمل القطاع السكني والصناعي والزراعي...، سعيا إلى الحد من استهلاك الكهرباء (New & Renewable Energy Authority, 2020). وقد تم تغذية ٣٥٠٠٠٠ منزل بالطاقة النظيفة فى مصر خلال عام ٢٠١٧ سعيا الى خفض الانبعاثات الضارة، ويمثل القطاع السكني وحده حوالي ٤٠ %من استخدام الطاقة الحيوية، ومعظمها للطهي والتدفئة (IRENA, 2018). لذا يتناول البحث امكانية تحويل الفراغات الداخلية للمنشآت السكنية الى وسيلة لحصاد الطاقة من خلال تطبيق الطاقة البديلة.

٢- الطاقة البديلة المستخدمة فى القطاع السكني فى جمهورية مصر العربية:

تُستخدم الطاقة المتجددة بالقطاع السكني فى مصر فى تطبيقات مباشرة لأغراض التدفئة والتبريد أو الطهي أو فى صورة كهرباء منتجة من مصادر متجددة، وتتمثل الطاقة البديلة المستخدمة حاليا فى القطاع السكني بجمهورية مصر العربية فى ثلاث مصادر أساسية أقرتها وكالة الطاقة المتجددة الدولية فى التالي (IRENA, 2018):

- الطاقة الشمسية الحرارية "Solar Energy"
- الطاقة الحرارية الأرضية "Geothermal Energy"
- الطاقة الحيوية (التقليدية/ الحديثة) "Bioenergy"

ويشهد قطاع المباني زيادة فى حصته من الطاقة المتجددة من نسبة تقل عن ١٪ الى نسبة ١,٥٪ بسبب النمو فى الطاقة الشمسية الحرارية المستخدمة فى تسخين المياه، والغاز الحيوي المستخدم فى عمليات طهى الطعام، ويستثنى من ذلك حصة الكهرباء المستخدمة، اذ ترتفع حصة الطاقة المتجددة نظرا لارتفاع نسبة الطاقة المتجددة فى توليد الكهرباء بنسبة ٢٥٪ مقارنة بالوقود المتجدد (IRENA, 2018).

وقد اوضحت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية "OECD[2]" أن العديد من الدول غير الأعضاء والتى من ضمنها مصر، هم من أكبر مستخدم لإمدادات الطاقة المتجددة في القطاع السكني نظرًا الى تزايد النمو السكاني بها. وقد اوضح التحليل الذى أجرته وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة والوكالة الدولية للطاقة المتجددة "IRENA" أن قطاع المباني يشهد بالفعل نموا متزايدا فى الطلب على الطاقة بنسبة تصل الى ١٣٥ % خلال الفترة ٢٠١٤-٢٠٣٠ بسبب النمو في استهلاك الكهرباء، واظهرت تقارير الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء فى مصر ان الزيادة السكانية خلال عام واحد بلغت ١,٦٢٩,٨٦١ مليون، ليصبح عدد سكان مصر ١٠١,٤٧٨,٥٨١ مليون فى يناير ٢٠٢١ مقارنة بيناير ٢٠٢٠، لذا من المتوقع استمرار نمو الطلب على الكهرباء والطاقة المتجددة فى مصر. وقد وقَعت حكومة جمهورية مصر العربية مذكرة تفاهم مع منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية "OECD" فى اكتوبر ٢٠٢١ سعيا للانضمام الى البلدان الاعضاء وبدء برنامج مدته ثلاث سنوات لتنفيذ استراتيجية التنمية المستدامة (Egyptian Survey Authority, 2020)، (Bosman, 2009)، (OECD, 2021).

وبالرغم من أن معظم الموارد المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، منتشرة نسبيًا، الا أن الإعتماد عليها وتطبيقها على نطاق واسع سوف يتطلب مساحات كبيرة من الأرض، مما قد يتعارض مع الأنشطة البشرية الأخرى والنظم البيئية المحلية (Jaffe and Taylor, 2018). وتنتشر فى مصر المدن والمنشآت المقامة منذ عشرات السنين والتى لم يؤخذ فى الإعتبار عند تخطيطها متطلبات تطبيق الطاقة المتجددة المتاحة فى العصر الحالي وهو ما يشكل عائق عند تطبيقها صورة (١).

صورة رقم (١) معظم المباني السكنية فى مصر منشأة بشكل متجاورة لا يسمح بإنشاء محطات لتوليد الطاقة المتجددة لتغذيتها بالكهرباء
(شارع الثلاثيني- حى العمرانية- جيزة- جمهورية مصر العربية)
تصوير الباحثة (٢٠٢٣/٥/٢٠)

وتعد الطاقة الميكانيكية احد تلك المصادر الحديثة لحصاد الطاقة فى هذا العصر، إلا أنها تعتمد فى تطبيقها على حركة واداء الانسان، والتى يمكن دمجها فى العديد من عناصر التأثيث الداخلي مثل الأثاث، وبالتالي لا تحتاج عند تطبيقها إلى توفير مساحات من الأراضي فى حال كانت المنشآت مقامة بالفعل، لذا كان لها الأفضلية فى تناولها بالبحث كأحد مصادر الطاقة البديلة وتطبيقها داخل الحيزات الفراغية الداخلية للمباني مثل المنشآت السكنية.

٣- الطاقة الميكانيكية والطاقة الكامنة:

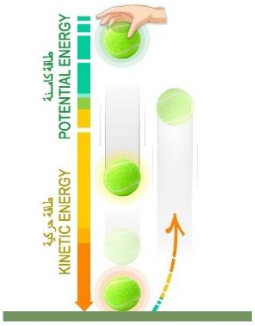
الطاقة على مر التاريخ تعد مورد قيم للبشرية حيث يمكن تحويلها من صورة الى اخرى من خلال مجموعة من العمليات الفيزيائية المتنوعة، وتسعى مختلف التخصصات العلمية إلى ابتكار مصادر جديدة مستدامة لا ينتج عنها اثر بيئي ليصبح بذلك توجه عالمي، للحد من آثار انبعاثات الكربون، من اجل مواجهة تحديات التلوث البيئي وتغيرات المناخ.

وتعد الطاقة الميكانية احد صور تلك الطاقة، حيث تنشأ من حركة الاجسام او إهتزازها وكذلك الاجسام الثابتة، حيث أن تلك الاجسام

[2] منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية The Organisation for Economic Co-operation and Development "OECD"، هي منظمة دولية تهدف الى وضع معايير دولية قائمة على الأدلة بمساعدة الحكومات وصانعي السياسات والمواطنين وإيجاد حلول لمجموعة من التحديات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية بهدف العمل على تحسين الأداء الاقتصادي وخلق فرص عمل وتعزيز التعليم ومكافحة التهرب الضريبي.

تخزن داخلها طاقة ميكانيكية تعرف بالطاقة الميكانيكية الكامنة، لذا تعد الطاقة الميكانيكية للجسم هى محصلة الطاقة الحركية والطاقة الكامنة له (Kaźmierski and Beeby, 2011).

فالطاقة الكامنة قد ينشأ عنها طاقة من خلال تأثير قوة الجاذبية، او من خلال الطاقة الكامنة المرنة التى يتوقف تخزينها فى الجسم على حالة الجسم ومادته. على سبيل المثال؛ عند اسقاط كرة من المعدن فإن لديها طاقة وضع جاذبية اكبر من كرة من المطاط اخف وزنا، فى حين ارتداد كرة المطاط عن الارض بعد سقوطهما يكون اكبر نتيجة الطاقة الكامنة المرنة بسبب مادتها المطاطية. لذا يمكن الحصول على طاقة ميكانيكية حركية من خلال تحويل الطاقة الكامنة المخزنة بالجسم الى طاقة حركية بفعل القوة المؤثرة على الجسم شكل (٣)، ومن ثم تحويل تلك الطاقة الحركية الى طاقة كهربية (Jaffe and Taylor, 2018) (Heitkamp, 2018).

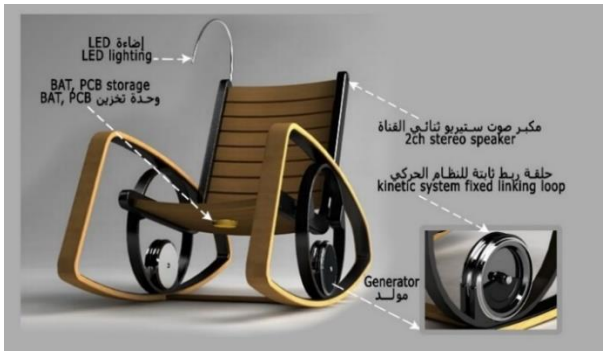


الشكل رقم (٣) تحويل الطاقة الكامنة المخزنة بالجسم الى طاقة حركية والعكس
(تصميم الباحثة)

الطاقة الحرارية الكامنة فى الاجسام يمكن تحويلها ايضا الى طاقة ميكانيكية وطاقة كهربائية، حيث امكانية انتقال الحرارة فى المواد وتحويل تلك الطاقة الى صورة اخرى من صور الطاقة والتى قد تتمثل فى الطاقة الكهربائية (Jaffe and Taylor, 2018). وتعد الطاقة الميكانيكية هى الشكل الوحيد للطاقة الذى يمكنه أن يُسخِّر الطاقة الكامنة والطاقة الحركية مع إمكانية التغيير ذهابا وإيابا بين كل منهما. لذا يعتمد التحويل الميكانيكي على الطاقة الكامنة التى يمتلكها الجسم والطاقة الحركية التى يمكن انتاجها (Gunner, 2022).

٤- نماذج تطبيقات الطاقة الميكانيكية الكامنة فى مجال التصميم الداخلي:

ابتكر المصمم "Shawn Kim" كرسي هزاز مستدام تم تنفيذه من مواد معاد تدويرها وقابل لإعادة التدوير، وقد تم استخدام الفولاذ المقاوم للصدأ والألياف الكربونية فى تصنيعه صورة (٢). يحول الكرسي الطاقة الحركية المستمدة من حركة الاهتزاز للخلف والأمام إلى طاقة إلكترونية. يشتمل الكرسي على مولد ونظام حركي لتسخير طاقته الحركية لإنتاج الكهرباء المتجددة التى يتم تخزينها كطاقة كامنة فى بطارية لإستخدامها فى شحن الهواتف المحمولة واجهزة "PMP"، وتشغيل وحدة إضاءة LED مدمجة بالكرسي وسماعة استريو ثنائية القناة يمكن للمستخدم تشغيلها أثناء الجلوس والاستماع إلى الموسيقى (Hines, 2010) (Kim, 2009).



صورة (٢) كرسي هزاز يحول الطاقة الحركية الى كهربائية
(Kim, 2009)

قام المصمم "Ryan Klinger" بابتكار تصميم كرسي متأرجح، يحول حركة التأرجح الى طاقة كهربائية صورة (٣)، حيث يتصل الكرسي بمولد طاقة وبطارية ليثيوم أيون تخزن الطاقة الناتجة عن حركة التأرجح ليعاد استخدامها كمصدر لشحن الأجهزة التى يتم توصيلها به كأجهزة الحاسب والهاتف الجوال، اذ يمكن الحصول على كهرباء تصل الى ١١٠ فولت، ومزود بإضاءة LED منخفضة الطاقة تعمل كمؤشر لمقدار الطاقة المتاحة به، الكرسي مصنوع من مواد قابلة لإعادة التدوير ويمكن طيه بشكل مسطح تمامًا ليسهل شحنه (Vallas, 2011)، (Yoneda, 2010)، (Burns, 2009).

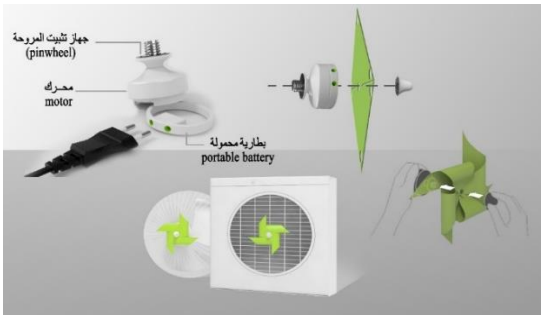
صورة (٣) كرسي متأرجح يحول الطاقة الحركية الى كهربائية
(Yoneda, 2010), (Burns, ٢٠٠٩)

المصمم السويدي "Eddi Törnberg" ابتكر مساحة عمل مستدامة تحول الطاقة الناتجة عن الحرارة الكامنة لجسم الانسان عند جلوسه على الكرسي، وحرارة الاجهزة الالكترونية التى تلامس سطح المكتب الى كهرباء صورة (٤)، حيث استغلال الوقت المخصص للجلوس والعمل على الاجهزة الالكترونية لفترات طويلة وتحويله الى مصدر طاقة مستدام وصديق للبيئة. حيث تنبعث طاقة نتيجة الفرق فى درجات الحرارة بين السطح العلوي المعرض للحرارة نتيجة الاستخدام، والسطح السفلي ذات الحرارة المنخفضة، وهو ما يطلق عليه تأثير سيبيك "Seebeck"، كما ابتكر المصمم سجادة تعتمد على الضغط الميكانيكي من خلال حركة الاشخاص عليها معتمدة على فكرة الكهرباء الانضغاطية لتوليد الطاقة، بهدف تشغيل الاجهزة الالكترونية (Young, 2012) (Gutiérrez, 2012).

صورة (٤) مساحة عمل مستدامة تحول الحركة والحرارة وعملية البناء الضوئي للنبات الى طاقة كهربائية
(Gutiérrez, 2012)

وقد تم تطبيق تقنية الكهرباء الانضغاطية على نطاق واسع فى صورة بلاطات يتم تثبيتها على مساحات كبيرة من الارضيات بالاماكن العامة كوسيلة لحصاد اكبر قدر ممكن من الطاقة من حركة الاشخاص، مثل المطارات، المحلات التجارية، مترو الانفاق، الارصفة والمدارس... الخ، ليس هذا فقط بل اثبتت تلك التقنية كفاءتها كوسيلة فعالة فى توفير الطاقة ومراقبة وتقييم اداء البيئة، كما انها لا تؤثر على البنية التحتية وتصميم المبنى ويسهل تركيبها وصيانتها (Fawzy, 2021).

وكأحد الوسائل لحصاد الطاقة من الاجهزة الالكترونية المولدة للهواء ما تم ابتكاره من قِبَل المصمم الكوري "Junyeong Jang" حيث قام بتصميم مروحة يتم تثبيتها على الاجهزة الكهربائية مثل المراوح بهدف الحصول على طاقة كهربائية صورة (٥)، يتسم هذا الابتكار بخفة وزنه والخامات القابلة لإعادة التدوير (Jang, 2009). حيث اعتمد على فكرة تحويل طاقة الرياح الى طاقة ميكانيكية بهدف توليد الكهرباء، والتى تتم من خلال تدوير شفرات دوارة مثبتة بعمود، والذي يقوم بتدوير مولد لتوليد الكهرباء. وتحقيقا لأعلى كفاءة عند التطبيق كلما كانت الشفرات الدوارة مواجهة للهواء كلما زادت فاعليتها وقدرتها على توليد الطاقة (Jaffe and Taylor, 2018). يمكن الدمج بين الطاقة الميكانيكية ومصادر اخري للطاقة مثل تلك المعتمدة على الطاقات المتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية وغيرها.



صورة (٥) مروحة تعمل على تحويل الهواء الصادر عن الاجهزة الالكترونية الى طاقة كهربائية
(Jang, 2009)

وقد تم ابتكار جهاز هجين يتحكم فى أجهزة المنزل ويعمل ايضا كوسيلة لحصاد الطاقة، حيث يتم حصادها من المولدات النانوية الكهربية من خلال الحركة الميكانيكية الناتجة عن النقر على الجهاز، هذا بجانب حصاد الطاقة من خلال خلايا شمسية تحصد الضوء الطبيعي أو الصناعي لتشغيل الدوائر الالكترونية، ويمكن تخزين تلك الطاقة إما فى مكثف فائق أو بطارية قابلة لإعادة الشحن، بهدف استخدامها فى تشغيل بعض الاجهزة الالكترونية الاخري (Qiu et al, 2020).

مما سبق عرضه من تطبيقات للطاقة الميكانيكية فإنه يمكن تصنيف صور حصادها للطاقة فى مجال التصميم الداخلي كما يلى:

- الطاقة الناتجة عن الاهتزاز أو التأرجح
- التقنية الكهربائية الانضغاطية
- الطاقة الحرارية الكامنة فى الاجسام/ الأسطح
- الطاقة الميكانيكية نتيجة الحركة الدوارة
- الطاقة الميكانيكية الناتجة عن نقر الاسطح

م	الاداء الحركي للمستخدم		التقنية المستخدمة
١		الحركة (سيرا- قفزا- هرولة- ركضا)	تقنية الكهرباء الانضغاطية
٢		الوقوف	تقنية الكهرباء الانضغاطية
٣		الجلوس	تقنية الكهرباء الانضغاطية الطاقة الحرارية الكامنة فى الاجسام/ الاسطح الطاقة الناتجة عن الاهتزاز أو التأرجح
٤		الاستلقاء	تقنية الكهرباء الانضغاطية الطاقة الحرارية الكامنة فى الاجسام/ الاسطح

الجدول رقم (١) اختيار التقنية المستخدمة لحصاد الطاقة تتوقف على نوع الأداء الحركي للمستخدم (تحليل الباحثة)

تطبيق الطاقة الميكانيكية داخل الحيزات الفراغية المختلفة بالمسكن سوف يساهم فى تحويل بيئة المسكن من الاستهلاك المستمر للطاقة الى مصدر لإنتاج الطاقة، على سبيل المثال؛ توفر التقنية المعتمدة على خاصية الانضغاط ما يعادل ٥ وات من الطاقة المنتجة كحد ادنى، وذلك من خلال حركة انضغاطية واحدة على السطح المستخدم سواء كان فى حالة الجلوس او الحركة خلال اليوم (Fawzy, 2021)، لذا فإنه فى حالة تحقيق ١٠٠ ضغطة خلال اليوم الواحد فقد تصل الطاقة الناتجة الى ٥٠٠ وات/يوم، أى ما يعادل ١٥ كيلووات فى الشهر. وهو ما يعادل تقريبا الطاقة المستهلكة من جهاز حاسب آلي محمول بقدرة تشغيل ٦٥ وات/ساعة ويعمل لمدة ٨ ساعات يوميا، حيث تقدر الطاقة المستهلكة له بـ ١٥,٦ كيلووات فى الشهر.

الطاقة الميكانيكية تخضع لقانون حفظ الطاقة، حيث تظل ثابتة لن تتغير ما لم تتعرض لأى عوامل خارجية تبدد تلك الطاقة (Newton, 2012)، والحفاظ على ناتج تحويل الطاقة الميكانيكية يحقق كفاءة تشغيل الأنظمة من حيث السرعة والحد من هدر الطاقة أثناء عملية التحويل، مما يساعد على حصاد تلك الطاقة وإعادة استخدامها مرة أخرى. قد تنتج ترددات منخفضة الطاقة ناتجة عن الحركة الميكانيكية للأجسام، والمشي، حركة الامواج، الاهتزازات، الرياح، والحركة الدوارة للاطارات، تلك الترددات يمكن حصادها من خلال المولدات النانوية الكهربية (TENG) وهى اختصار " Triboelectric nanogenerator"، وهى تعد أحد الانظمة المبتكرة لحصاد الطاقة من الترددات المنخفضة الطاقة، وقد اثبتت تلك الأنظمة كفاءتها من

حيث كثافة الطاقة الناتجة والتى قد تصل الى ٥٠٠ وات/م٢، وتعد خفيفة الوزن ومنخفضة التكلفة ويتم تصنيعها من مواد عضوية (Wang et al, 2016).

٥- تحديات تطبيق الطاقة الميكانيكية داخل المسكن المصري:

أولا: الأداء الحركي المستمر:

يتطلب تطبيق الطاقة الميكانيكية كوسيلة لحصاد الطاقة إلى توفير عنصر الحركة أو الاستخدام المستمر لعناصر التأثيث المولدة للطاقة، لذا تعد الأماكن العامة التى يتردد إليها الأفراد بشكل مستمر خلال اليوم مصدر فعال لتطبيق هذا النوع من التقنيات، على عكس بيئة المسكن التى قد تواجه بعض التحديات من حيث عدد أفراد الأسرة، حيث نجد على سبيل المثال بعض الدول تصل معدلات الزيادة الطبيعية لمعظمها إلى أقل من ١٠ بالألف، نذكر منها اليابان، واستراليا، ونيوزيلاندا، والولايات المتحدة الامريكية، وكندا، والدول الأوربية (عبد الله البوبي، ٢٠١٢).

إلا أن الإحصائيات أثبتت أن المسكن المصري قد يعد بيئة خصبة يتوافر بها الظروف والمقومات التى تساهم فى تطبيق الطاقة الميكانيكية، فقد اظهرت الدراسات أن عدد أفراد الأسرة المصرية فى تزايد مستمر نتيجة ارتفاع معدلات الزيادة السكانية، حيث وصل عدد الأسر المصرية داخل قطاع الوحدات السكنية المتمثلة فى (شقة) فقط إلى ١٨,٢٩٣,١٦٦ مليون أسرة، بعدد أفراد ٧٢,٧٦٨,٤٣٦ مليون وذلك على مستوى الجمهورية عن إحصائية عام ٢٠١٧، والتى وصل التعداد السكاني حينها ٩٢,١ مليون عن نفس العام (CAPMAS, 2017). وأظهرت إحصائيات الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء أ ن التعداد السكاني فى مصر عن ٢٠٢٢ وصل الى ١٠٢,٨٧٨,٧٤٩ مليون نسمة (CAPMAS, 2022).

وبطبيعة الحياة الاجتماعية فى مصر فإن الأبناء البالغين المقيمين مع أسرهم قد يتجاوز أعمارهم الثلاثين عاما ولا يلجأون إلى الانتقال بعيدا عن أسرهم، إلا اذا أقدموا على الزواج وإنشاء حياة أسرية مستقلة، وتظل الأسر فى مصر فى حالة ترابط مع عائلات الأبناء بعد الزواج من خلال التزاور الاسري المستمر، وهو ما يضمن توفير عنصر الحركة وتنوع الأداء الحركي داخل الحيزات الفراغية. بعكس المجتمعات الغربية حيث إستقلال الابناء البالغين بعيدا عن مسكن أسرهم تمهيدا لحياة الاستقلال الكامل، مثل أوربا وامريكا الشمالية واستراليا، فالغالبية العظمى من الشباب البالغين يستقلون عن أسرهم قبل عامهم الخامس والثلاثين، ومعظم الدول الأجنبية يغادر الأبناء قبل عامهم الثلاثين (Furlong, 2009). لذا تختلف فاعلية تطبيق حصاد الطاقة الميكانيكية من بيئة إلى أخرى ومن بلد الى اخرى نتيجة اختلاف الثقافة، والعادات والتقاليد، والتعداد السكاني بها.

ثانيا: البعد الحسي والإقتصادي للمنتج الحاصد للطاقة:

التكلفة والشكل الجمالي من التحديات التى قد يواجهها الاثاث المولد للطاقة، حيث قد يفقد الاثاث الحاصد للطاقة جزء من الجوانب الحسية بسبب التقيد بالخامات المستخدمة والمعدات المدمجة من اسلاك، وأنظمة حركة وبطاريات شحن لتوليد الطاقة...إلخ، ويعد ذلك من العوامل الرئيسية فى ارتفاع سعره، إلا أن نشر الوعي البيئي وخطورة ما يتعرض له العالم من مشكلات بيئية، قد يساهم فى إعادة تقييم المشتري المصري للجانب الحسي والاقتصادي لتلك الفئة من الأثاث. حيث اصبح البحث عن وسائل بديلة لتوليد الطاقة الان متطلب عالمي واساسي لمواجهة أزمة الطاقة، وهو ما يتيح امكانية تبني الدولة للاقتراحات المطروحة من مختلف المجالات. بالأخص القضايا التى تخص المسكن المصري الذى يعد مصدر رئيس لإستنزاف الطاقة، وهو ما أظهرته الدراسات والإحصائيات المطروحة سابقا.

ويشهد البحث العلمي وبراءات الاختراع فى مجال الهندسة الميكانيكية والكهرباء والاتصالات فى مصر تميز ملحوظ، وهو ما يتيح إمكانية تصنيع المعدات اللازمة لتطبيق الطاقة الميكانيكية داخل مصر لخفض التكلفة العامة للمنتج، وقد أوضح مكتب البراءات المصري أن عدد براءات الاختراع الممنوحة للمصريين وفقا لمجال التخصص والتصنيف الدولي للبراءات قد وصل الى ٥٦٤ براءة اختراع ما بين عام ٢٠١٦-٢٠٢٠ وذلك فى مجالات التخصص المختلفة، منهم ٦٢ اختراع فى الهندسة الميكانيكية، ٢١ اختراع فى مجال الكهرباء والاتصالات عن نفس الفترة (Egyption Patent Office, 2022). مما يطرح إمكانية تطبيق حصاد الطاقة الميكانيكية فى مصر، وتصنيفها كطاقة حرة لا تضر بالبيئة مع إمكانية توفُّرها وعدم دفع رسوم للطاقة الكهربائية الناتجة من خلالها.

ثالثا: الوعى البيئي:

على الرغم من توافر المقومات التى تساهم فى تطبيق الطاقة الميكانيكية داخل بيئة المسكن فى جمهورية مصر العربية، إلا أن المسكن يواجه تحدي ثقافة تطبيق حصاد الطاقة، منها عدم انتشار الوعي البيئي بين أفراد المجتمع المصري فيما يخص أزمة الطاقة والمناخ، حيث يقتصر على فئة من أفراد المجتمع التى تعمل على البحث عن أو دراسة المشكلات البيئية. إلا أن مجهودات الدولة مستمرة سعيا للترويج الى المشكلات البيئية، مثل الترويج المكثف عن انعقاد مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي ٢٠٢٢ "cop27" الذى أُقيم فى مدينة شرم الشيخ بجمهورية مصر العربية فى الفترة من ٧ إلى ١٨ نوفمبر، ويعد ذلك مبادرة فعالة لنشر الوعي على مستوى الجمهورية. هذا بجانب حملات التوعية المستمرة من خلال حملة "التحضر للاخضر" التى تدعوا لها الدولة من خلال وسائل الدعاية المختلفة.

لذا الوعى البيئي لقطاع المنشآت السكنية قد يتطلب توجه على مستويين، المستوى الأول يكون من خلال سَنْ قوانين جديدة للبناء تُلزِم الشركات والجهات المسؤلة عن المراحل المبدئية للبناء، بتحقيق على الأقل نسبة محددة من متطلبات أداء المبنى للحد من الطاقة.

والمستوى الثاني يدخل فى نطاقه الأفراد ساكني الوحدات السكنية، حيث الترويج لمزايا الحد من استهلاك الطاقة وسبل تحقيق ذلك، ويتم ذلك من خلال تكامل جميع أطراف المنظومة من مؤسسات وشركات البناء وجهات تهتم تخصصاتها بمجال البيئة والطاقة. من خلال ذلك يجب الترويج لثقافة التعامل مع الجهات المختصة سواء فى الطاقة أوالتصميم أو...الخ، وتوفير سبل التواصل المختلفة وتقديم التسهيلات فى المعاملات أو التنفيذ.

رابعا: اللجوء إلى الجهات المختصة:

المدن الجديدة الآن فى مصر تتجه إلى ثقافة الإستدامة وتطبيق التقنيات الحديثة التى تهدف إلى الحد من استهلاك الطاقة، لذا تلجأ بعض الشركات المتخصصة فى مجال البناء إلى التعاون مع

الشركات والمكاتب العالمية المتخصصة فى تطوير المدن الذكية، ليس بهدف الحد من الطاقة فقط لكن ايضا الحد من استهلاك المياه وتوجيه مياه الأمطار وغير ذلك من الإتجاهات البيئية الأخرى.
إلا أن بعض الأفراد قد يتجه إلى تطبيق الطاقة النظيفة بشكل فردي، وبالرغم من ان ذلك يعد مبادرة إيجابية من تلك الأفراد فى حل أزمة الطاقة، إلا أنها قد تعود بالسلب على تخطيط بيئة المسكن واشتراطات البناء، لأن معظم المباني المنشأة لم يُؤخذ فى اعتبارها مقومات تطبيق التقنيات الحديثة لتوليد الطاقة النظيفة قبل مرحلة الإنشاء.
لذا حددت وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة الإشتراطات اللازمة لتطبيق هذا النوع من التقنيات، على سبيل المثال؛ تطبيق الألواح الشمسية لإنتاج الكهرباء أعلى المنازل، ونذكر منها بعض الإجراءات كما فى التالي؛ (Electric Utility Regulatory Authority, 2020)

- للإشراف على أعمال التركيب يجب مخاطبة شركة الكهرباء.
- التوجه لهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة للحصول على شهادة التأهيل الخاصة بالشركة المنفذة للمحطة.
- إعداد الرسم التخطيطي الخاص بالخلايا الشمسية للمشروع، وعليه أن يكون مُعتمد من مهندس نقابى.
- تقديم نسخة من المواصفات الفنية للمشروع ونسخة من الكتالوجات الخاصة بالوحدة .
- توافر شهادات الإختبار الخاصة بمشروع المحطة الشمسية.
- مخطط كهربائى عن المحطة الشمسية ونقطة الربط المقترحة.
- إقرار بعدم مخالفة المشروع لقانون البناء الموحد وتحمل المسئولية المدنية والجنائية لمخالفة إشتراطات البناء إن وُجِدت.

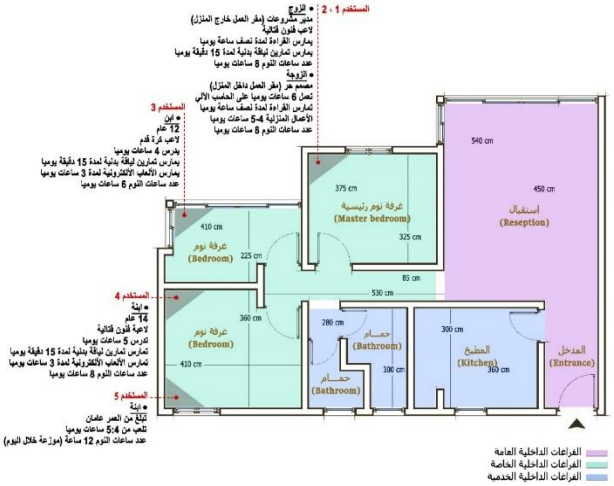
تلك الإجراءات تؤكد ضرورة التكامل بين الوزارات والشركات والأفراد، وتُلزم كلاً فى تخصصه باللجوء إلى الجهات المختصة. لذا كان لابد من طرح إمكانية توجيه الدولة لسن قوانين للجوء إلى الجهات المختصة لإرشاد الأفراد إلى الكيفية التى تساعده فى تطبيق الإتجاهات البيئية بعيدا عن المفهوم العشوائي للتخطيط والحفاظ على البيئة من سيطرت العشوائيات.

٦- آلية تطبيق حصاد الطاقة الميكانيكية من الحيزات الداخلية للمسكن (دراسة حالة فى جمهورية مصر العربية):

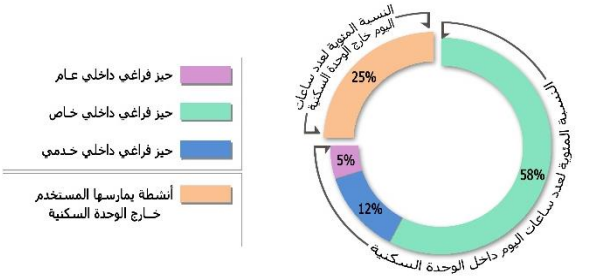
يعد الانسان والانشطة التى يمارسها احد اهم المصادر التى يمكن استغلالها وتطويعها لحصاد الطاقة الميكانيكية، ويعد المسكن المصري مصدر متنوع لتوليد الطاقة نتيجة تعدد الانشطة التى يمارسها الانسان بداخله.
سوف يتطلب تطبيق التقنيات الحاصدة للطاقة الميكانيكية داخل الحيز الفراغي الى دراسة أولية خاصة بالانسان (المستخدم) والنشاط المبذول داخل كل حيز فراغي، بهدف تعيين الأداء الحركي وبالتالي تحديد الوسيلة الانسب لحصاد الطاقة الميكانيكية. وسوف يتم تطبيق ذلك من خلال دراسة حالة بأحد الوحدات السكنية فى جمهورية مصر العربية.
الوحدة السكنية موضوع الدراسة:
وحدة سكنية (شقة) مساحة ٩٠م٢، مكونة من استقبال، ثلاث غرف نوم، مطبخ وعدد ٢ حمام، يقطن بها اسرة مكونة من خمسة أفراد.
سوف تتناول الدراسة مراحل التطبيق كما هو موضح فى الآتي؛

أولا: دراسة المستخدم والوحدة السكنية:

تنقسم الوحدة السكنية الى فراغات عامة تتمثل فى المدخل والاستقبال، وفراغات خاصة تتمثل فى غرف النوم، وفراغات أخرى خدمية تتمثل فى المطبخ والحمام شكل (٤).
تتركز معظم الأنشطة التى يمارسها أفراد الأسرة خلال اليوم داخل الفراغات الخاصة شكل (٥)، حيث تمثل تقريبا نسبة ٥٨٪ من عدد ساعات اليوم، ثم تليها الفراغات الخدمية ١٢٪، حيث تقضي الزوجة ما لا يقل عن ٣ ساعات يوميا داخل فراغ المطبخ، هذا بجانب استخدام باقي أفراد الاسرة لتلك الفراغات. وأخيرا الفراغات العامة وتمثل أقل استخدام خلال اليوم بنسبة ٥٪ فقط، حيث تقتصر على جلوس الزوج لممارسته هواية القراءة أو استقبال الأسرة للأفراد.



الشكل رقم (٤) القطاع الافقي للوحدة السكنية (موضوع الدراسة) وموضحا عليها دراسة المستخدم والأنشطة التى يمارسها داخل الحيزات الفراغية الخاصة (تصميم الباحثة)



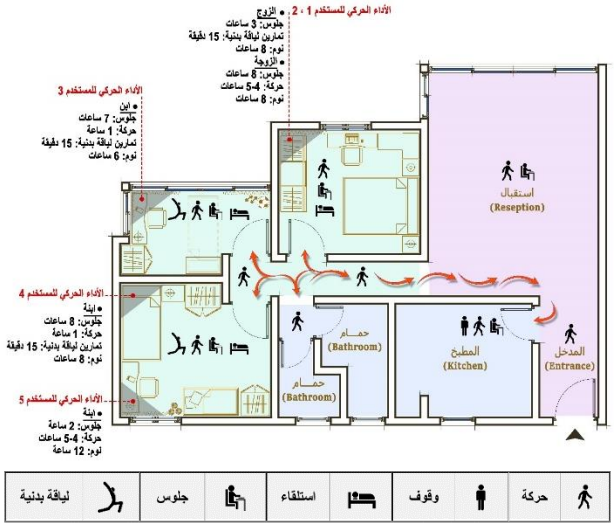
الشكل رقم (٥) حساب النسبة المئوية لعدد الساعات التى يقضيها الاشخاص داخل وخارج الوحدة السكنية
(تصميم الباحثة)

اجمالي عدد الساعات التى تقضيها الأسرة داخل المنزل ١٨ ساعة تقريبا والتى تمثل نسبة ٧٥٪ من عدد ساعات اليوم، أما نسبة ٢٥٪ المتبقية فهى تمثل الوقت الذى تقضيه الأسرة يوميا خارج المنزل حيث الذهاب للعمل أو الزيارات العائلية أو ممارسة التمارين الرياضية أو ... الخ.

ثانيا: دراسة الأداء الحركي للمستخدم داخل الحيز الفراغي:

من خلال دراسة المستخدم والأنشطة التى يمارسها، تم تصنيف الأداء الحركي الممارس داخل الوحدة السكنية الى أداء حركة، جلوس، استلقاء (نوم)، وأداء متنوع يتمثل فى ممارستهم للّياقة البدنية، ويختلف الوقت المستغرق لكل اداء باختلاف المستخدم شكل (٦). حيث نلاحظ شكل (٤) أن إجمالي عدد الساعات التى يقضيها

الزوج فى وضع الجلوس داخل الوحدة السكنية ثلاث ساعات يوميا، فى حين تجلس الزوجة ثمانية ساعات يوميا، وذلك نظرا الى أن الزوجة تعمل داخل المنزل مدة لا تقل عن ست ساعات أمام الحاسب يوميا، فى حين يعمل الزوج خارج المنزل فترة اطول من التى يقضيها داخل المنزل.



الشكل رقم (٦) دراسة الاداء الحركي للمستخدم داخل الوحدة السكنية (تصميم الباحثة)

ثالثا: تطبيق مصادر حصاد الطاقة داخل الحيز الفراغي:

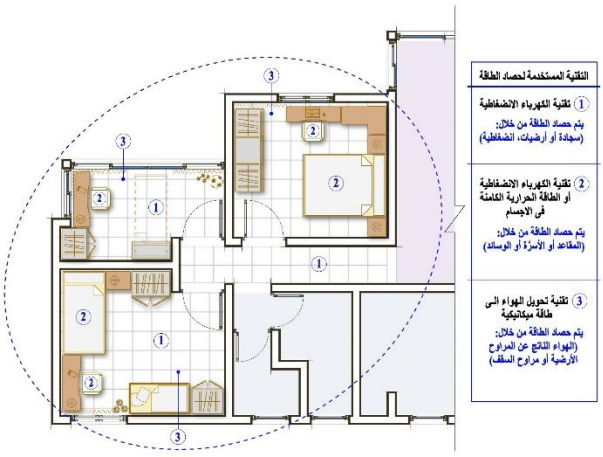
من خلال دراسة المستخدم والاداء الحركي داخل الوحدة السكنية نلاحظ الآتي؛

١- عدد الساعات التى تقضيها الاسرة داخل الحيزات الفراغية الخاصة تمثل النسبة الأكبر مقارنة مع الحيزات الفراغية الأخرى شكل(٥).

٢- يتنوع الأداء الحركي داخل الحيزات الفراغية الخاصة المتمثلة فى غرف النوم نتيجة النشاط المكثف داخلها شكل (٦).

لذا تعد غرف النوم والممرات الداخلية هى الأنسب لتطبيق التقنية الميكانيكية داخلها. وسوف يتم توزيعها داخل الحيز الفراغي تبعا لنشاط المستخدم شكل(٧)، حيث يتم استبدال المقاعد التقليدية بمقاعد حاصدة للطاقة من خلال الحرارة الكامنة او التقنية الإنضغاطية. ويتم استبدال الأرضيات التقليدية إلى أرضيات انضغاطية، وسوف يتم استبدال الأسرَّة الى أسرَّة تعتمد على التقنية الإنضغاطية أو الحرارة الكامنة.

يعتمد المستخدم داخل الغرف على المراوح المعلقة بالأسقف والمراوح الأرضية، لذا سوف يتم استغلال الهواء الناتج عنها فى حصاد الطاقة من خلال تركيب جهاز ذات الشفرات لتحويل الهواء الى طاقة ميكانيكية.



الشكل رقم (٧) توزيع التقنية الميكانيكية الحاصدة للطاقة داخل الحيزات الفراغية الخاصة (تصميم الباحثة)

وكمثال توضيحي سوف يتم حساب كمية الطاقة التى يتم حصدها فى اليوم نتيجة تطبيق أحد التقنيات السابق ذكرها شكل(٧)، والمتمثلة فى تقنية الكهرباء الإنضغاطية التى تم تطبيقها فى الأرضيات، وذلك من خلال حساب متوسط حركة الأفراد داخل الوحدة السكنية، حيث أن كل ضغطة تقابل مقدار من الطاقة المتولدة تعادل ٥ وات، وسوف يتم حساب نسبة الطاقة التى يمكن توفيرها خلال الشهر من الإستهلاك العام للكهرباء قبل تطبيق الطاقة الميكانيكية جدول (٢).

متوسط استهلاك الوحدة السكنية للكهرباء فى الشهر (بدون تطبيق الطاقة الميكانيكية) ٤٥٩,٢٥ كيلووات	**التقنية المستخدمة**
	تقنية الكهرباء الإنضغاطية
	(عدد ٦٤٣ ضغطة فى المتوسط) خلال اليوم الواحد، من جميع أفراد الأسرة. ٦٤٣ ضغطة x ٥ وات = ٣٢١٥ وات/ اليوم
	مقدار الطاقة الناتجة
	٩٦,٥ كيلووات/ الشهر
	٣٢١٥ وات/ يوم ← ٩٦٤٥٠ وات/ شهر ٣,٢١٥ **كيلووات/يوم** ← ٩٦,٥ **كيلووات/ شهر**
	نسبة التوفير فى الطاقة
	٢١٪ تقريبا من مقدار الإستهلاك (بعد تطبيق تقنية الكهرباء الانضغاطية فقط)

الجدول رقم (٢) مقدار إستهلاك الوحدة السكنية للكهرباء، ومقدار التوفير الذى يمكن تحقيقه من خلال تطبيق أحد تقنيات الطاقة الميكانيكية (تحليل الباحثة)

وسوف يتم توضيح مدى مساهمة نسبة ٢١٪ التى توفرها الطاقة الميكانيكية جدول(٢)، فى دعم الفراغات الخاصة من الكهرباء، والتى تتمثل فى (ثلاث غرف نوم وممر داخلي) والتى يقضى فيها أفراد الأسرة عدد ساعات تصل إلى نسبة ٥٨٪ مقارنة بالفراغات الأخرى شكل(٥).

تحتوى الغرف الثلاث على مجموعة من الاجهزة الكهربائية، وهم عبارة عن جهاز حاسب آلى محمول وعدد ثلاث شاشات تلفاز، بالإضافة إلى إضاءة عامة لإضاءة كل غرفة.

الشكل رقم (٨) الطاقة الناتجة عن تطبيق الكهرباء الإنضغاطية خلال اليوم وإمكانية مساهمتها فى تشغيل الأجهزة داخل الوحدة السكنية (موضوع الدراسة) (تحليل الباحثة)

يتضح من خلال شكل(٨) مقدار الطاقة التى تساهم بها الطاقة الكهروضغطية لتلبية إحتياجات الغرف الثلاث يوميا من الكهرباء لتشغيل الأجهزة والإضاءة العامة الخاصة بكل غرفة.

نتائج البحث:

١- من خلال دراسة الحالة السابقة فإنه يمكن تحويل المنشآت السكنية فى جمهورية مصر العربية من مصدر لإستهلاك الطاقة، الى مصدر لتوليد الطاقة النظيفة تعتمد على الطاقة الكامنة والحركية للمستخدم، وذلك من خلال تطبيق الطاقة الميكانيكية.

٢- تطبيق الطاقة الميكانيكية فى جمهورية مصر العربية لن يتطلب إعادة تأسيس البيئة الداخلية المنشأة بالفعل، أو توفير مساحات من الأراضي حول البيئة الخارجية للمبنى، أو تجهيز أسطح المباني لتشغيل هذا النوع من التقنيات.

٣- تعتمد كفاءة تطبيق حصاد الطاقة من الطاقة الميكانيكية داخل المنشآت السكنية على؛
أولا: وظيفة الحيزات الفراغية.
ثانيا: عدد الافراد داخل الوحدة السكنية.
ثالثا: الأنشطة التى يمارسها الأفراد داخل الحيزات الفراغية المختلفة.

مراجع البحث:

أولا: المراجع العربية:

١- عبد الله البوبي، حنان خمش، على بدوى و عصام منصور, (٢٠١٢). *الإنسان والبيئة دراسة اجتماعية تربوية*, الثالثة, المملكة الأردنية الهاشمية: دار المأمون للنشر والتوزيع.

٢- مركز معلومات وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، (٢٠١٨). الخطة الوطنية لتحسين كفاءة الطاقة الكهربائية (٢٠١٨-٢٠٢٠)، *وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة*. مصر: مركز معلومات وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة.
[online] Available at: http://www.moee.gov.eg/test_new/plan.aspx (Accessed: 24 April 2021)

ثانيا: المراجع الأجنبية:

References

[1] Abdallah, L. and El-Shennawy, T. (2020) 'Evaluation of CO2 emission from Egypt's future power plants', *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration,* ٥(49), pp. 3-6. Doi: (10.1007/s41207-020-00184-w). Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s41207-020-00184-w#cite (Accessed: 20 November 2022)

[٢] Bosman, L. (2009), *Renewable Energy Sources: A Chance to Combat Climate Change*. New York: Kluwer Law International.

[٣] CAPMAS. (2017; 2022), *Number of Egyptian Households and Individuals According to Type of Housing Unit 2017,* Egypt: Central Agency for Public Mobilization And Statistics. [Online] Available at: https://www.capmas.gov.eg/Pages/StatisticsOracle.aspx?Oracle_id=1913&page_id=5109&YearID=23346 (Accessed: 29 November 2022)

[٤] Egyptian Electricity Holding Company. (2018; 2021), *Annual Report.* Egypt: Ministry of Electricity & Renewable Energy. [Online] Available at: http://www.moee.gov.eg/english_new/EEHC_Rep/2017-2018en.pdf (Accessed: 24 April 2021) Available at: http://www.moee.gov.eg/english_new/EEHC_Rep/REP2021-2022en.pdf (Accessed: 19 September 2022)

[٥] Egyptian Electricity Holding Company. (2019; 2020), *Annual Report.* Egypt: MOEE - Information Center. [Online] Available at: http://www.moee.gov.eg/english_new/EEHC_Rep/2018-2019en.pdf (Accessed: 26 April 2021). Available at: http://www.moee.gov.eg/english_new/ EEHC_Rep/finalaEN19-20.pdf (Accessed: 20 October 2022)

[6] Egyption Patent Office. (2022), *Egypt in figures-Scientific Research & Invention Patents.* Egypt: Central Agency for Public Mobilization And Statistics. Available at: https://www.capmas.gov.eg/Pages/StaticPages.aspx?page_id=5035 (Accessed: 19 June 2023)

[7] Egyptian Survey Authority. (2020), *Average household size,* Egypt: Central Agency for Puplic Mobilization And Statics. [Online] Available at: https://www.capmas.gov.eg/Pages/IndicatorsPage.aspx?page_id=6156&ind_id=4575 (Accessed: 10 May 2021)

[8] Fawzy, S. (2021) 'Applying Piezoelectric Tiles as a Sustainable Design Solution to Reduce Energy

/www.yankodesign.com/2009/02/05/do-it-yo urself-pipe-and-plastic-chair/ (Accessed: 23 March 2022)
[21] Delmastro, C. (2020), *Building Envelopes* [Online]. Paris: Internationa Energy Agency. Available at: https://www.iea.org/reports/building-envelopes (Accessed: 4 August 2021)
[22] EIA.gov ،(2021), *U.S. Energy Information Administration* [Online]. Available at :https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/ (Accessed: 2 May 2022)
[23] Electric Utility Regulatory Authority. (2020), *Connecting A Customer-Owned Solar Power Plant* [Online]. Available at :http://egyptera.org/ar/SolarStation.aspx# (Accessed: 28 March 2023)
[24] Gunner, J. (2022), *Examples of Mechanical Energy at Home and in Daily Life* [Online]. Available at :https://examples.yourdictionary.com/examples-of-mechanical-energy-at-home-and-in-daily-life.html (Accessed: 9 March 2022)
[25] Gutiérrez, C. (2012), *Escritorio Unplugged / Eddi Törnberg* [Online]. Available at :https://www.archdaily.mx/mx/02-185042/estacion-de-trabajo-unplugged-eddi-tornberg (Accessed: 6 April 2022)
[26] Hines, M. (2010), *Rocking Chair Chargers* [Online]. Available at :https://www.trendhunter.com/trends/shawn-kim (Accessed: 16 March 2022)
[27] Jang, J. (2009), *Generpin* [Online]. Available at :https://www.designboom.com/project/generpin/ (Accessed: 24 May 2022)
[28] Kim, S.Y. (2009), *UNI work - ECO Design Practice* [Online]. Available at :https://www.coroflot.com/Shawn_Kim/2009-UNI-work-ECO-Design-Practice (Accessed: 16 March 2022)
[29] OECD. (2021), *OECD and Arab Republic of Egypt inaugurate three-year programme to support key reforms* [Online]. Available at :https://www.oecd.org/countries/egypt/oecd-and-arab-republic-of-egypt-inaugurate-three-year-programme-to-support-key-reforms.htm (Accessed: 14 December 2021)
[30] Vallas, P. (2011), *Ryan Klinger's Empower Rocking Chair Helps Charge Your Gadgets* [Online]. Available at :https://www.trendhunter.com/trends/ryan-klinger (Accessed: 29 March 2022)
[31] Yoneda, Y. (2010), *EMPOWER: The Energy Generating Rocking Chair* [Online]. Available at : https://inhabitat.com/empower-the-energy-generating-rocking-chair/ (Accessed: 23 March 2022)
[32] Young, M. (2012), *Eddi Tornberg Harnesses Power From Office Spaces* [Online]. Available at : https://www.trendhunter.com/trends/eddi-tornberg (Accessed: 2 April 2022)

Consumption in Egypt', *The International Journal of Environmental Sustainability*, 17(2), pp. 33-46. Doi: (10.18848/2325-1077/CGP/v17i02/33-46.)
[9] Furlong, f. (2009), *Handbook of Youth and Young Adulthood: New Perspectives and Agendas* .London and New York: Routledge.
[10] Heitkamp, K.L. (2018), *What Is Mechanical Energy?*. First edition. New York: Britannica Educational Publishing.
[11] IRENA. (2018), *Renewable Energy Outlook: Egypt.* United Arab Emirates: International Renewable Energy Agency. [Online] Available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA_Outlook_Egypt_2018_En.pdf (Accessed: 14 December 2021)
[12] Jaffe, R.L. and Taylor, W. (2018), *The physics of energy.* Cambridge: Cambridge University Press. Doi: (10.1017/9781139061292)
[13] Kaźmierski, T.J. and Beeby, S. (2011), *Energy Harvesting Systems: Principles, Modeling and Applications* .New York: Springer Science+ Business Media, LLC. Doi: (10.1007/978-1-4419-7566-9).
[14] Meghan New & Renewable Energy Authority. (2020), *Annual Report 2020.* Cairo: Ministry of Electricity & Renewable Energy. [Online] Available at:http://www.nrea.gov.eg/Content/reports/Annual%20Report%202020%20En.pdf (Accessed: 25 April 2021)
[15] Newton, R.G. (2012), *The Science of Energy* . USA: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
[16] Priya, S. and Inman, D.J. (2008), *Energy Harvesting Technologies* .New York: Springer Science+Business Media, LLC. Doi: (10.1007/978-0-387-76464-1)
[17] Qiu, C. Wu, F. Lee, C..and Yuce, M.R. (2020) 'Self-powered control interface based on Gray code with hybrid triboelectric', *Nano Energy,* 70(2211-2855) [Online]. Available at: https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.104456 (Accessed: 4 June 2022)
[18] Wang, Z.L. Lin, L. Chen, J. Niu, S. and Zi, Y. (2016), *Triboelectric Nanogenerators* .Swizerland: Springer International Publishing Swizerland. Doi: (10.1007/978-3-319-40039-6)

ثالثا : مواقع أنترنت:

[19] Abergel, T. and C. D.(2020), *Tracking Buildings 2020* [Online]. Report, Paris: Internationa Energy Agency. Available at :https://www.iea.org/reports/tracking-buildings (Accessed: 14 June 2021)
[20] Burns, C. (2009), *DO IT YOURSELF PIPE AND PLASTIC CHAIR* [Online]. Available at :https:/