فاعلية استخدام الاقتصاد الدوار والإنتاج الانظف في تصميم المنتجات

The effectiveness of utilizing circular economy and cleaner production in products design

ا.د/ السيد أنور محمد الملقي

استاذ، قسم المنتجات المعدنية والحلى، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بنها.

Prof. Alsaid Anwar Mohamed Almalky

Professor

Metal Products & Jewelry Dpt.- Faculty of Applied Arts - Benha University

elsaid.elmalky@fapa.bu.edu.eg

م.د/ نهلة حسن على

مدرس، قسم المنتجات المعدنية والحلى، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بنها.

Dr. Nahla Hassan Ali

Lecturer Metal Products & Jewelry Dpt.- Faculty of Applied Arts - Benha University

Nahal.hassan@fapa.bu.edu.eg

الباحثة.بسمة السيد عبد اللطيف عبد المنعم

مصمم حر

Researcher.Basma Elsayed Abd Ellatif Abd Elmonem

Freelancer

Basmaelsayed1417@gmail.com

الملخص

الاقتصاد الدوار والإنتاج الأنظف هي اتجاهات تهدف إلى الحد من الهدر وتحقيق استفادة مستمرة من الموارد والمخلفات. وتتميز بتصميم المنتج بجودة عالية لاستخدامه لفترة أطول والاستعانة بمصادر طاقة متجددة للحفاظ على موارد الكوكب. يتضمن الاقتصاد الدوار استراتيجية بيئية متكاملة تشمل تغيير أنماط العمل أثناء تنفيذ المشاريع الصناعية، بالإضافة إلى تحسين العملية الإنتاجية والمنتج نفسه وتقليل التلوث وتحسين الصحة وتخفيض التكاليف للأفراد والشركات وخلق فرص عمل وتعزيز الاقتصادات المحلية. حيث يتبع مجموعة من الإستراتيجيات تتجاوز إعادة التدوير مرتكزاً على المنتجات طويلة الأمد. وتتلخص مشكلة البحث في كيفية الحد من الاثار السلبية على البيئة وتقليص الهدر والانبعاثات الغازية السامة الناتجة عن توسع صناعات المنتجات المعدنية، ويهدف إلى زيادة الوعي بأهمية الاقتصاد الدوار والإنتاج الأنظف. حيث افترض البحث أن اتباع مبادئ الاقتصاد الدوار في مختلف مراحل تصميم وتصنيع المنتج المعدني يقضي على الهدر ويساهم في خفض التكاليف لكل من المنتجين والمستخدمين. وقد اتبع المنهج الوصفي التحليلي لنماذج من المنتجات المعدنية ومدى تطابق استراتيجيات واعتبارات التصميم الدوار والإنتاج الأنظف عليها. ومن أهم النتائج التي توصل لها البحث تعتبر المنتجات المعدنية بناء على طبيعة الخامة منتجات طويلة الأجل قابلة لإعادة التصنيع والتدوير مما يسهل على المؤسسات الصناعية المتخصصة في إنتاجها بتبني نموذج الاقتصاد الدوار وتكوين حلقة مغلقة بدون هدر ينتج عنها منتجات مستدامة صديقة للبيئة. كما يتم تحديد التأثير البيئي للمنتجات في المراحل الأولى من عملية التصميم. ويوصي البحث بالمزيد من الدعم والتوجيه للمصانع المصرية المتخصصة في مختلف مجالات المنتجات المعدنية لتبني نموذج الأعمال للاقتصاد الدوار ودوره الفعال في خفض التكاليف وزيادة النمو الاقتصادي، والحد من التأثير السلبي على البيئة.

الكلمات المفتاحية

الاقتصاد الدوار، الموارد المتجددة ، الإنتاج الأنظف استراتيجيات التصميم

Abstract

Circular economy and cleaner production are concepts aimed at minimizing waste and obtaining sustainable benefits from natural resources and industrial wastes. They involve designing high-quality products with longer lifespans and utilizing renewable energy sources to preserve the planet's natural resources. These strategies aim to improve the production process, reduce pollution, enhance health, reduce costs, create job opportunities, and support local economies. The problem of this research can be summed up in how to minimize the negative impacts on the environment and reduce waste and hazardous gas emissions caused by the expansion of metal products industries. The research aims to increase the awareness of circular economy and cleaner production and their importance as it presumes that following the concepts of circular economy in all stages of metal product design and manufacture should minimize waste and help reduce costs for the producers and users. It uses an analytical-descriptive methodology to study metal product models and their application to the circular economy and cleaner production concepts. The research concludes that metal products are long-term, recyclable, and reused due to their raw materials. These can help industrial enterprises adopt the circular economy work model and create a zero-waste closed loop, producing sustainable, eco-friendly products. The research recommends providing more support and guidance for Egyptian factories to adopt the circular economy work model, benefiting from its effective role in cost reduction, economic growth, and limiting negative environmental impacts.

Keywords

Circular Economy,، Renewable Resources ،Cleaner Production

المقدمة

نتيجة للتلوث الصناعي الناتج عن الثورة الصناعية والتقدم العلمي والتكنولوجي الذي تميز باستنزاف غير رشيد للموارد الطبيعية بفعل تطلعات الدول للتطور السريع واندفاع الانسان وراء البيئة لدرجة النفاذ أو الاتلاف العام مما ترتب عليه من كم هائل ومنوع من المخلفات والنفايات، لذلك لابد من توافر معلومات لدي المصممين والمصنعين بالمعايير والاعتبارات الخاصة بالاقتصاد الدوار والإنتاج الأنظف لتصميم وتصنيع منتجات معدنية طويلة الأمد وقليلة الهدر تكاد تكون صفر من خلال استثمار إيجابي للموارد والطاقة وإدارتها بكفاءة. مما يحتم علينا التحول إلى نظام يستخدم التحسينات البيئية والمجتمعية كمقاييس أساسية للنجاح والنمو.

تعزز هذه الدراسة تطوير تصميم المنتجات من خلال الاقتصاد الدوار والإنتاج الأنظف، حيث يتم تطبيق هذه الأساليب في جميع مراحل دورة حياة المنتج ، وبالتالي تلعب دورًا رئيسيًا في تزويد المصممين ومطوري المنتجات بالمبادئ والاعتبارات والاستراتيجيات التوجيهية العملية للمساهمة بشكل كبير في خفض معدلات التلوث في مختلف القطاعات الصناعية وخفض التكاليف للمنتجين والمستخدمين، وتحسين جودة كل من المنتج وعمليات الإنتاج، وإطالة عمر المنتج، وإدارة الموارد بكفاءة من خلال الاستخدام الرشيد للموارد، وإغلاق تدفقات المواد، واستبدال الموارد.

مشكلة البحث: تتلخص مشكلة البحث فيما يلي:

- كيفية الحد من الاثار السلبية على البيئة وتقليص الهدر والمخلفات الصناعية والانبعاثات الغازية السامة الناتجة من التطور التكنولوجي وتوسع صناعات المنتجات المعدنية.
- القصور في المعلومات لدى المصممين والمُصنّعين بخصوص التلوث الناتج عن عمليات تصنيع المنتجات المعدنية وعدم الوعي الكافي بأهمية الاقتصاد الدوار والإنتاج الأنظف وما يتبعها من الاستراتيجيات والاعتبارات اللازمة لتحقيقها.

أهداف البحث:

- العمل على التوعية بضرورة تقليل التلوث البيئي خلال دورة حياة المنتج في جميع مراحله من خلال الاستعانة باستراتيجيات الاقتصاد الدوار والإنتاج الأنظف.
- تحديد مبادئ واعتبارات الإنتاج الأنظف اللازمة لتصميم وتصنيع منتج معدني.
- التوصل إلى معايير تصميم وإنتاج (تنفيذ) منتج معدني يحقق ثلاثة أبعاد وهي البعد البيئي (الحفاظ على البيئة الطبيعية) والاقتصادي (الاستثمار الإيجابي للموارد) والاجتماعي (تلبية احتياجات المجتمع الحالية والمستقبلية)

أهمية البحث

- المساهمة في حماية البيئة من التلوث الصناعي الناتج عن تصميم وتصنيع المنتجات المعدنية وتقليل التلوث والمخلفات وتحسين فعالية الإنتاج وتقليل التكاليف، أي توقع التلوث ومنع حدوثه، من خلال استعراض نماذج لتبني مؤسسات عالمية نموذج الاقتصاد الدوار والإنتاج الأنظف.
- رفع مستوى الوعي للمصممين والمصنعين باعتبارات ومعايير تصميم المنتج الدوار والإنتاج الأنظف وأهميتهم.

فرض البحث

- اتباع مبادئ الاقتصاد الدوار في مختلف مراحل تصميم وتصنيع المنتج المعدني يقضي على الهدر ويساهم في خفض التكاليف لكل من المنتجين والمستخدمين من خلال الاستغلال الدائم والأمثل للموارد والنفايات.
- الالتزام باستراتيجيات الإنتاج الأنظف في التصميم ينتج منتجات معدنية مستدامة وصديقة للبيئة.

منهجية البحث

- تتبع الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لنماذج من المنتجات المعدنية ومدى تطابق استراتيجيات واعتبارات التصميم الدوار والإنتاج الأنظف عليها.

مصطلحات البحث

الاقتصاد الدوار:

هو نظام إنتاج مصمم لتقليل استخدام الموارد في الإنتاج وتقليل العوامل والمؤثرات الخارجية السلبية غير المرغوب فيها من عمليات التصنيع بما في ذلك النفايات والانبعاثات وتسرب الطاقة. ويختلف هذا النهج عن مناهج الإنتاج الخطية المبنية على فرضية "خذ - صنع - استهلك وتخلص" التي تفترض وفرة وإتاحة الموارد وإمكانية التخلص منها بسهولة. ويمكن تحقيق الاقتصاد الدائري من خلال إعادة تصنيع الموارد وتجديدها وإعادة استخدامها وإعادة تدويرها وإصلاح السلع أو المنتجات والموارد التي تم استهلاكها في الإنتاج أو الاستخدام، وبالتالي حماية البيئة الطبيعية. فالاقتصاد الدائري في الأساس هو نظام خدمة منتج ذو حلقة مغلقة طويلة الأمد. (Camilleri, Sheehy and Fraser 2023) أي إنه نظام يوازن بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة والموارد، يؤدي إلى كفاءات تشغيلية أعلى من خلال سلوكيات الإنتاج والاستهلاك المسؤولة (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، ٢٠٠٦).

الإنتاج الأنظف:

يعرف برنامج الأمم المتحدة للبيئة الإنتاج الأنظف بأنه "التطبيق المستمر لإستراتيجية بيئية متكاملة تطبق على عمليات الإنتاج، والمنتجات والخدمات وذلك لزيادة الفعالية الاقتصادية وتقليل المخاطر على الإنسان والبيئة".

الموارد المتجددة:

هي موارد عادة ما تكون غير محدودة بطبيعتها، تتجدد ذاتيًا خلال فترة زمنية دورية، ولا يمكن استنفادها بالكامل. يتم تجديدها بسهولة بمعدل يكاد يكون مساويًا أو أسرع من المعدل الذي يستخدمه البشر. هذه الموارد متاحة باستمرار للاستخدام، ونادرًا ما تتأثر بالاستهلاك البشري بسبب دورة حياتها المتجددة، وتشمل الأمثلة البارزة الشمس والرياح والمياه والطاقة الحرارية الأرضية والتربة والكتلة الحيوية. (Matemilola 2022, 1)

الطاقة:

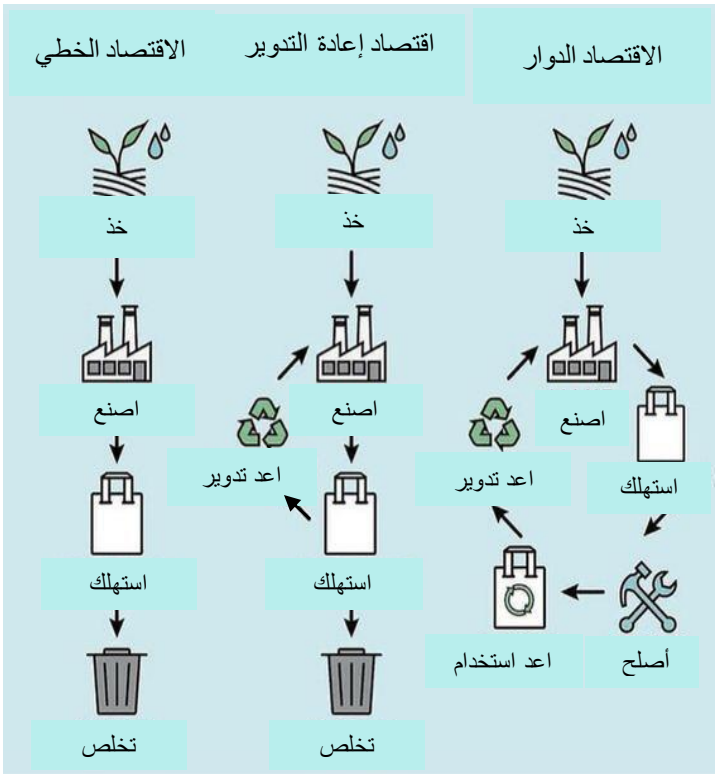
"إن التعريف السائد للطاقة هو القدرة على القيام بعمل(نشاط) ما، وتعرف أيضا بأنها قدرة المادة على إعطاء قوى قادرة على إنجاز عمل معين. او هي كمية فيزيائية تظهر على شكل حرارة أو شكل حركة ميكانيكية أو كطاقة ربط في أنووية الذرة بين البروتون والنيترون." (علي و رشيد، ٢٠١٦، صفحة ٨٩)

الطاقة المتجددة:

هي طاقة ناتجة عن مصادر طبيعية تتجدد بمعدل يفوق ما يتم استهلاكه، على سبيل المثال، أشعة الشمس والرياح من المصادر التي تتجدد باستمرار. وإن مصادر الطاقة المتجددة وفيرة وموجودة في كل مكان حولنا. والانبعاثات الناجمة عن توليد الطاقة المتجددة، أقل بكثير من تلك الناجمة عن حرق الوقود الأحفوري (مصادر طاقة غير متجددة). وتعتبر حالياً أقل تكلفة في معظم البلدان، وهي توفر وظائف أكثر بثلاث مرات من الوقود الأحفوري. (المتحدة، ٢٠١٦)

الاقتصاد الدوار والاقتصاد الخطي

بدأ الاهتمام بالاقتصاد الدوار في أواخر ستينيات القرن الماضي بغرض توفير بديل أفضل لهيمنة النماذج الاقتصادية الخطية على الصناعة، والتي نتج عنها استنزاف الموارد الطبيعية وتدهور البيئة (البكل و مطاوع ٢٠٢٣)، فهو منهج اقتصادي هدفه القضاء على الهدر وتحقيق استفادة دائمة ومستمرة للموارد والمخلفات، والذي يختلف تماما عن النظام الخطي المعروف؛ الذي ينتهي بالتخلص من المنتج بعد استعماله، ويختلف عن نظام إعادة التدوير أيضا؛ لأنه في إعادة التدوير بعدما يستخدم المنتج ويعاد تدويره مرة أو أكثر من مرة نهايته تكون بالتخلص منه. أما الاقتصاد الدوار يبدأ من تصميم المنتج نفسه بحيث يتم تصنيعه بجودة عالية تتيح استخدامه فترة أطول وفي نفس الوقت يتيح التصميم تحليل المنتج بسهولة لعناصره الأساسية، فيدخل بعد ذلك كمادة خام في صناعة أخرى، وبالتالي تكون حلقة مغلقة يتحول فيها هادر منتج ما إلى منتج أخر جديد. أي تعمل مخرجات عملية واحدة كمدخلات لعمليات أخرى لخلق قيمة إضافية، ويستخدم في هذا النظام مصادر طاقة متجددة للمحافظة على موارد الكوكب، وبالتالي يهدف إلى التجدد ويخلو من النفايات. والشكل التالي يوضح الفرق بين الاقتصاد الخطي وإعادة التدوير والاقتصاد الدوار.



شكل 1 مقارنة بين الاقتصاد الخطي وإعادة التدوير والاقتصاد الدوار (TEAM SFD 2020)

الفرق بين الاقتصاد الخطي وإعادة التدوير والاقتصاد الدوار.

○ أهمية الاقتصاد الدوار

إن الهدف الرئيسي للاقتصاد الدوار هو تحقيق مستويات الاستهلاك والإنتاج المستدامين (SPC) من خلال الإنتاج الأنظف (CP) وإدارة دورة حياة المنتج (PLC)، من أجل خلق الانسجام بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة. (Gupta, Kumar and Wasan 2021)

- التنوع الحيوي: عن طريق تجنب الأنشطة التي تعامل الطبيعة كمكب للنفايات الخاصة بنا.

- الحد من النفايات: من خلال تطوير منتجات تؤكد على استخدام وإعادة استخدام مواد مستدامة، وبالتالي يمكن أن تصبح النفايات غير القابلة للتحلل الحيوي (والمكبات المنبعثة للكربون) شيئاً من الماضي.
- تقليل التلوث: مع تخلي العالم عن الوقود الأحفوري والبلاستيك السام والمواد الكيميائية الخطرة، يمكن أن يتقلص التلوث الناتج عنها.
- تحسين الصحة: نتيجة لتحسن الظروف البيئية وانخفاض التلوث ستتحسن صحة الإنسان وتنخفض تكاليف الرعاية الصحية.
- تخفيض تكاليف المستخدمين: مع انخفاض تكلفة إنتاج المنتجات، ستنخفض تكلفة استخدام هذه المنتجات أيضاً.
- تخفيض تكاليف الأعمال التجارية: بدلاً من شراء مزيد من المواد الخام باستمرار، يمكن للشركات الاحتفاظ بالمواد لإعادة التدوير المستمر دون تكلفة.
- التخلص من التقادم المتعمد: التحول نحو نموذج لمنتج يؤكد على إمكانية الإصلاح وإعادة استخدام المواد وتعدد أجزائه ومكوناته بدلاً من نموذج الشراء الحالي والاستخدام حتى يتعطل ويتم التخلص منه للحصول على النموذج الجديد وتحفيز الشركات لصنع منتجات أقوى وأكثر متانة.
- خلق فرص عمل: هذه الأشكال الجديدة للإنتاج والتصنيع تخلق صناعات جديدة كاملة، وزيادة كبيرة في عدد الوظائف. علاوة على ذلك، التركيز على استخدام المواد المحلية.
- تعزيز للاقتصادات المحلية: مع توفير كميات كبيرة من المواد الخام، وزيادة قيمة الموارد من خلال إعادة الاستخدام، وزيادة فرص عمل محلية جديدة في القطاعات المرتبطة بالاقتصاد الدوار، وانخفاض تكاليف إدارة النفايات، ستستفيد الاقتصادات الوطنية بشكل كبير .(Flannigan 2021)

- **تصميم المنتجات ومبادئ الاقتصاد الدوار:**

دعا كوبر (٢٠٠٠) إلى التصميم الذي يتبنى مبادئ (١) المتانة، (٢) القابلية للصيانة والإصلاح، (٣) القابلية للتطوير، (٤) تحسين استهلاك الطاقة والمواد، (٥) قابلية إعادة التدوير. (Mestre and Cooper, Tim 2017, S1623).

1. المتانة: قدرة المنتج على التحمل لفترة طويلة من الزمن دون تلف أو تأثر بالعوامل الخارجية، فيحتاج إلى صيانة أقل، مما يؤدي إلى تقليل النفايات، فيكون المنتج أكثر اقتصادية على المدى الطويل، حيث لا يحتاج المستخدمون إلى شراء منتجات جديدة بشكل متكرر نتيجة لجودة المنتجات، وبالتالي رضا العملاء عنها.
2. قابل للصيانة والإصلاح: في حالة تعرض المنتج للتلف أو الضرر وبالتالي يؤدي إلى تقليل النفايات والتلوث الناتج عن التخلص من المنتجات التي لا يمكن إصلاحها، بالإضافة إلى توفير المال للمستخدمين، حيث من الممكن إصلاح المنتجات وصيانتها بدلاً من شراء منتجات جديدة.
3. قابل للتطوير: قابلية تطوير المنتجات القديمة بدل من إنتاج منتجات جديدة بشكل مستمر مما يحسن جودة المنتج والأداء الوظيفي للمنتج، فنحصل على استفادة قصوى من المنتج.
4. تحسين استهلاك الطاقة والمواد: أي استخدامهم بطريقة فعالة ومستدامة، بحيث يتم استخدام أقل كمية ممكنة من الطاقة والمواد لتحقيق نفس الغرض أو الهدف. ويعدّ تحسين استهلاك الطاقة والمواد مهم جدًا في الوقت الحالي، حيث إن الاستهلاك المفرط للموارد الطبيعية يؤثر سلبًا على البيئة ويزيد من انبعاثات الغازات الدفيئة وتغير

المناخ. وبالتالي، يتطلب الأمر تحسين كفاءة استخدام الطاقة والمواد عن طريق استخدام التكنولوجيا الحديثة والمواد الصديقة للبيئة والطاقة المتجددة وإعادة التدوير وإعادة الاستخدام والتوعية البيئية للمستخدمين.

5. قابلية إعادة التدوير: القدرة على إعادة استخدام المواد الخام المستخدمة (المخلفات) في صناعة المنتجات أي إعادة تحويلها إلى منتجات جديدة بعد انتهاء دورة حياتها الأولى. ويتم ذلك من خلال معالجة المواد المستخدمة وفصلها وتحويلها إلى مواد خام جديدة تستخدم في صناعة منتجات أخرى.

- **التصميم الدوار:**

يلعب التصميم دورا أساسيا في الاقتصاد الحديث والمستقبل الدوار، ويقال إن ٨٠% من التأثير البيئي للمنتجات والخدمات يتم تحديده في مرحلة التصميم. (European Commission 2018) على وجه الخصوص في المراحل الأولى من مرحلة التصميم حيث يتم اتخاذ القرارات الاستراتيجية الرئيسية حول الإطار المفاهيمي والشكل والمواد. (Evans and Münster 2021) وقد تم اقتراح تصميم المنتج الدوار، بالتزامن مع استراتيجيات نموذج الأعمال الدوار، كمساهمة في التفكير والممارسة التصميمية المتوافقة مع الاقتصاد الدوار. فتصميم المنتج الدوار هو رؤية من المتوقع تطويرها في العقود القادمة بشكل متسارع، والتي تسلط الضوء على أهمية تصميم المنتجات بشكل أفضل في الاقتصاد الدوار. (Mestre and Cooper, Tim 2017, S1622)

يتمثل دور التصميم الآن في توسعة شكل ووظيفة المنتجات أو الخدمات ليشمل المزيد من المساهمات في بناء حلول مبتكرة تؤكد على الاستهلاك الرشيد للموارد الطبيعية. وتقع المسؤولية على عاتق المصمم في بناء خطة استراتيجية تأخذ في الاعتبار التأثير البيئي للمنتج والتكامل المسؤول مع النظام البيئي للكوكب. وهو الدور الذي يمكن تحقيقه من خلال التصميم الدوار، وقد تم تقديم الاقتصاد الدوار قبل سنوات قليلة للترويج لاستراتيجية أوسع للاستدامة. حيث يلعب التصميم الدوار دورا أساسيا في هذا الاقتصاد غير الخطي الجديد من خلال عملية (التفكير التصميمي) التي تهدف إلى دفع وقيادة (الدائرية) وبناء نماذج أعمال جديدة تأخذ مستقبل النفايات والمخلفات بعين الاعتبار وبأبعاد متعددة. (Elmansy 2023)

يركز التصميم الدوار على تطوير الأساليب والأدوات التي تمكّن من تصميم المنتجات التي تستخدم أكثر من مرة (أي تمتلك عدة دورات حياة)، كما أنه يتدخل في جميع مراحل دورة حياة المنتج من أجل تحسين استخدام المواد والطاقة، مع تقليل الانبعاثات السامة. وبالتالي يهدف إلى تحقيق الاستدامة الإيكولوجية. بالإضافة إلى أن الهدف منه ليس فقط الحفاظ على السلامة المادية للمنتجات، بل أيضًا الحفاظ على ارتباط المستخدم عاطفيا بالمنتج، وذلك لضمان إمكانية استخدامها وإعادة استخدامها من قبل مستخدمين مختلفين في دورات حياة متعددة. كما يهدف أيضاً إلى استبدال مفهوم "نهاية العمر" إلى مفهوم "من المهد إلى المهد" حيث ينصب تركيز التصميم الدوار على تقليص خسارة القيمة المضمنة في هذه المنتجات والمواد من خلال الإبقاء على تداولها في حلقات مغلقة، تعمل هذه الحلقات مثل (إعادة الاستخدام، أو الإصلاح، أو إعادة التصنيع، أو التجديد، أو إعادة التدوير واستعادة المواد) على إطالة دورة حياة المنتج وتحسين إنتاجية الموارد حتى لا تعتمد على استخراج الموارد البكر من الطبيعة واستنزافها. (Fifield and Medkova 2016).

يعتمد تصميم المنتج الدوار أيضًا على المهارات الجديدة للمصممين المشاركين في تطوير المنتجات، بالإضافة إلى معرفة كيفية إدارة دورات الاقتصاد الدوار والقدرة على ذلك. يحتاج المصممون أيضًا إلى مهارات في تقنيات مثل البيانات الضخمة وتطوير السلع الذكية والتصنيع الإضافي.(Fernandes Aguiar 2021)

○استراتيجيات تصميم المنتج الدوار

هي استراتيجيات تتجاوز إعادة التدوير على أساس المنتجات طويلة الأمد، من أجل الحصول على التخفيض اللازم في حجم الطاقة والمواد. ويتم تحقيق زيادة عمر المنتج من خلال التدخل في نقاط مختلفة من دورة الحياة بحيث يتم إعادة استخدام المنتجات (ومكوناتها) أو تجديدها أو إعادة تدويرها.

كما يمكن تعريف استراتيجيات التصميم الدوار على أنها خطط عامة لتحقيق منتج دوار طويل الأجل ومستدام من خلال تطبيق عوامل تمكين التصميم التي تعمل على تحسين دائرية تصميم المنتج. (Calon 2020)

ولا توجد طريقة واحدة لتصميم منتج أو خدمة لا ينتج عنها أي نفايات أو تلوث أو نموذج عمل يبقي المنتجات قيد الاستخدام لسنوات وسنوات. كما لا تملي مبادئ الاقتصاد الدوار الأساليب التي يجب تحقيقها من خلالها، وبدلا من ذلك فإنها تترك الباب مفتوح لاستراتيجيات وابتكارات لا حصر لها. ومع ذلك، "فإن تحليل دراسات الحالة الناجحة للتصميم الدوار في الممارسة العملية بالإضافة إلى العديد من الدراسات والأبحاث تسلط الضوء على بعض الاستراتيجيات التي تبدو أكثر نجاحا من غيرها."(MacArthur 2022)

والتي من خلالها يمكن تصنيف استراتيجيات التصميم الدوار إلى نوعين أساسيين من الاستراتيجيات كما هو موضح بالجدول رقم (١) ويندرج تحت كل منهما العديد من الاستراتيجيات الأخرى وهما: استراتيجيات الدورة البطيئة، واستراتيجيات الدورة المغلقة. فكلاهما يؤدي إلى تقليل الهدر أو الفاقد في الموارد، ولكن لكل منهما خصائص ووسائل مختلفة.

استراتيجيات الدورة البطيئة:

تشير إلى الاستخدام الموسع والمتكرر للعناصر والمنتجات على مدى فترة طويلة. فمن خلال ابتكار وتصميم منتجات طويلة الأجل وإطالة عمر السلع وتطبيق استراتيجيات مثل التصميم للإصلاح، أو المشاركة، أو إعادة التصنيع، يمكن إطالة فترة وكثافة استخدام المنتج وضمان تحقيق أي مواد مستخرجة أقصى قيمة، مما يؤدي إلى تقليل معدل استهلاك الموارد، وبالتالي إلى تباطؤ تدفق الموارد. (Beniard 2023)

استراتيجيات الدورة المغلقة

بينما تركز استراتيجيات الدورة البطيئة على مرحلة استخدام المنتجات، تحدث استراتيجيات الدورة المغلقة بين ما بعد الاستخدام والانتاج. حيث يتم تحويل نهاية دورة حياة المنتج من خلال التصميم لإعادة التدوير، أو التصميم للتفكيك وإعادة التجميع وغيرها، والتي من خلالها يتم ربط الاتصال بين مرحلة نهاية الاستخدام وعملية التصنيع، مما يؤدي إلى استمرار تداول الموارد في نظام الحلقة المغلقة. (Grinten 2016, 309)

ويندرج تحت استراتيجيات الدورة المغلقة التصميم من أجل دورة تقنية وهو استخدام تقني وتحويل الخامات ومصادر الطاقة وتحسين التصميم بأعلى كفاءة. الهدف هو تقليل المدخلات "المواد والطاقة" والمخرجات "الانبعاثات" طوال دورة الحياة الكاملة للمنتج، مع التركيز على عرض القيمة الأعلى للمستخدم والمجتمع. أما التصميم من أجل دورة بيولوجية تمثل مجموعة من الحلول التي تحدث في (أو مستوحاة) من النظم البيئية الطبيعية، حيث يتم تدوير المواد في الطبيعة بمرور الوقت. فطبيعتها البيولوجية تجعلها تكاد تحقق مستوى من الكفاءة قريبًا من الكمال الجوهري لكفاءة النظام البيئي ذي الحلقة المغلقة للطبيعة (على عكس الدورة التقنية في تقليل التأثير). (Mestre and Cooper, Tim 2017, s1624)

في الدورة التقنية، يتم الحفاظ على المنتجات من خلال الاستمرار في تداولها في الاقتصاد من خلال إعادة الاستخدام، أو الإصلاح، أو إعادة التصنيع، أو التجديد، أو إعادة التدوير، بمعنى أخر من خلال واحدة أو أكثر من الاستراتيجيات R (أي الاستراتيجيات التي تبدأ بحرف ال R كما هو موضح بالشكل رقم (٢). وبهذه الطريقة، يتم الحفاظ على المواد في الاستخدام ولا تتحول إلى نفايات. بينما في الدورة البيولوجية، يتم إعادة المواد القابلة للتحلل الحيوي إلى الأرض وتحللها من خلال عمليات مثل التسميد العضوي والهضم اللاهوائي. ويسمح ذلك للأرض بتجديد المواد المغذية، والتي يمكن استخدامها لإنتاج مواد جديدة قابلة للتحلل الحيوي، وبالتالي ضمان استمرارية الدورة البيولوجية. (Vrzel 2022)

جدول (١) استراتيجيات تصميم المنتج الدوار (GRINTEN 2016, 310,311)

استراتيجيات الدورة البطيئة	استراتيجيات الدورة المغلقة
– **تصميم منتجات طويلة الأجل:** o التصميم من أجل الارتباط والثقة o التصميم من أجل الموثوقية والمتانة	– التصميم لدورة تقنية
– **التصميم لإطالة عمر المنتج:** o التصميم لسهولة الصيانة والإصلاح o التصميم للتطوير والتكيف o التصميم للتوحيد القياسي والتوافق o التصميم للتفكيك والتجميع	– التصميم لدورة بيولوجية
	– التصميم للتفكيك والتجميع – التصميم لإعادة التدوير

شكل (٢) استراتيجيات R (ORKO, ET AL. 2022, 32)

الإنتاج الأنظف

نبذة تاريخية:

شهد مطلع التسعينيات ظهور الإنتاج الأنظف كمصطلح شامل على خلفية الاستعدادات لمؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية لعام ١٩٩٢ (مؤتمر ريو)، حيث تم الإدراك أنه إذا أصبح التصنيع عالميًا، فإن الإنتاج الأنظف يجب أن يحذو حذوه كمشروع عالمي. (UNIDO 2015). شرع العديد من شركاء التنمية، بما في ذلك منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (UNIDO) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، في إظهار إمكانية تطبيق الإنتاج الأنظف والأساليب والتقنيات ذات الصلة في البلدان النامية والبلدان التي تمر بمرحلة انتقالية، بما في ذلك: الصين والهند وبولندا وتشيكوسلوفاكيا والعديد من الدول العربية. وبحلول منتصف التسعينيات، أثبتت هذه المبادرات بشكل مقنع أن الإنتاج الأنظف قابل للتطبيق ومفيد على

الأقل في هذه البلدان النامية والتي تمر بمرحلة انتقالية كما كان الحال في البلدان الصناعية. ومع ذلك فإن المزيد من التكيف والاعتماد الأوسع للإنتاج الأنظف يتطلب قدرة وخبرة وطنية.

ثم تطور الإنتاج الأنظف بشكل أوسع على وجه الخصوص خلال العقد الماضي لوصف مجموعة من الاستراتيجيات التي يمكن أن تساعد المنظمات على معالجة المخاوف المتزايدة للحكومات والمجتمع ككل والقطاعات التكنولوجية والتجارية، بشأن الحاجة إلى تقليل النفايات والانبعاثات الصناعية، والزيادة الاقتصادية والكفاءات المرتبطة، وتحسين أدائنا البيئي العام وتوفير تحسينات مستدامة في ظروف المعيشة في كل من البلدان المتقدمة والنامية. (UNIDO 2015)

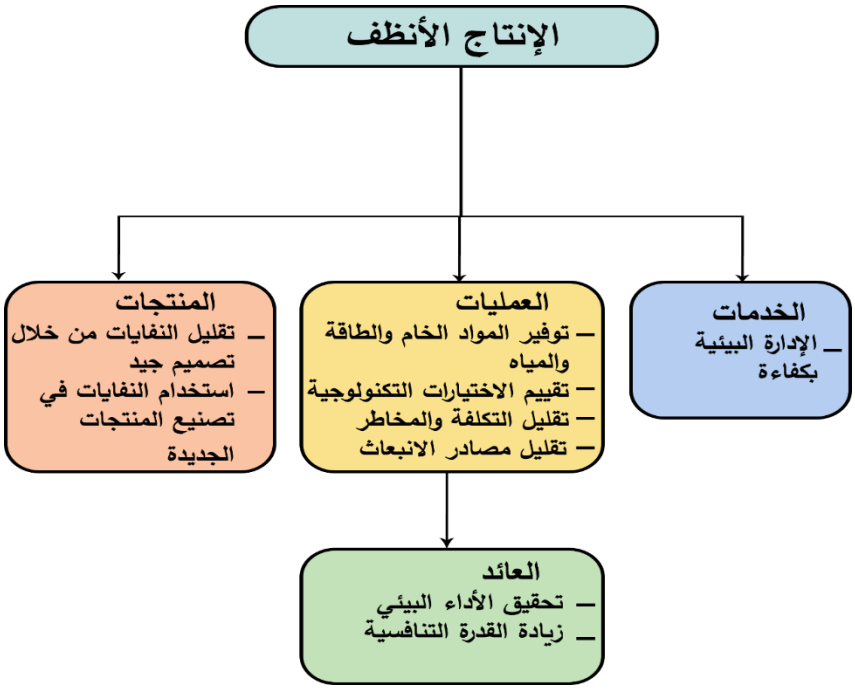
○ تعريف الإنتاج الأنظف:

يركز الإنتاج الأنظف على عملية الإنتاج ككل من أجل الحد من التلوث، يتم التركيز على كفاءة استخدام الموارد والطاقة وإدماج الاهتمام البيئي في عمليات الإنتاج العادية، ويشمل الإنتاج الأنظف أيضا الإجراءات الخاصة باستخدام الطاقة بكفاءة والحفاظ عليها في صناعة المنتجات المعدنية من أجل التحول من استخدام المصادر غير المتجددة إلى المصادر المتجددة.

فلا يقتصر الإنتاج الأنظف على تغيير المعدات والأجهزة فقط وإنما يعني تغيير انماط العمل والسلوك أثناء تنفيذ المشاريع الصناعية والطاقة بما في ذلك تطبيق المعرفة وتحسين العملية الإنتاجية وتحسين المنتج نفسه، في ظل ظروف الأسواق العالمية ويجب على المؤسسات أن تقدم منتجات منافسة في الأسعار وتلبي احتياجات المستخدمين، إضافة الى انتاجها بالاستعانة بطرق تحافظ على البيئة. (NGO 2016)

كما يساعد الإنتاج الأنظف يساعد على حماية البيئة عن طريق التقليل من التلوث والمخلفات من مصدرها مما يؤدي الى تقليل التأثيرات البيئية السلبية، ويحسن فعالية الإنتاج ويقلل التكاليف. فالإنتاج الأنظف يقوم على مبدأ الوقاية أي توقع التلوث ومنع حدوثه. والشكل التالي يوضح مفهوم الإنتاج الأنظف:

- **بالنسبة لعمليات الإنتاج:** يشمل الإنتاج الأنظف الحفاظ على المواد الخام والمياه والطاقة، والقضاء على المواد الخام السامة وتقليل كمية وسمية جميع الانبعاثات والنفايات.
- **بالنسبة للمنتجات**: يركز الإنتاج الأنظف على تقليل الآثار البيئية السلبية خلال دورة حياة المنتج بأكملها، من استخراج المواد الخام إلى التخلص النهائي من المنتج في نهاية العمر الافتراضي.
- **بالنسبة للخدمات**: يركز الإنتاج الأنظف على دمج الاهتمامات البيئية في تصميم الخدمات وتقديمها.



شكل (٣) مفهوم الإنتاج الأنظف (UNIDO 2015)

○ مبادئ الإنتاج الأنظف:

يتطلب الإنتاج الأنظف إدارة الموارد بكفاءة. يتكون هذا من الاستخدام الدقيق للموارد، وإغلاق تدفقات المواد، واستبدال الموارد. من الممكن تحديد خمسة مبادئ عامة للإنتاج الأنظف (Nilson, et al. 2007, 22):

1) إدخال- تبديل

- استخدام مواد خام أو مساعدة أو تشغيلية أقل خطورة.
- استخدام مواد تشغيل ذات عمر أطول.

2) الإدارة الجيدة

- زيادة كفاءة المواد والطاقة في العمليات ومحاولة تحقيق الأهداف القريبة أولا ثم الأهداف البعيدة على سبيل المثال تقليل الخسائر الناتجة عن التسرب - تدريب الموظفين جيدا.

3) التدوير الداخلي

- أغلاق دورة المواد والطاقة بتحويل النفايات إلى طاقة (تحويل المواد الصلبة العضوية إلى بخار لاستخدامه كطاقة في الموقع، تقطير المذيبات - استخدام البخار كطاقة لتشغيل عمليات الاستعادة عن طريق التقطير، يتم إعادة تصنيع المذيبات المستهلكة وبيعها مرة أخرى في الصناعة لخصائصها الأصلية كمذيب. معالجة المياه حيث يتم استخلاص المياه الصالحة للاستخدام من النفايات الصناعية الخطرة بما في ذلك الأحماض والقواعد والمبردات والمياه الزيتية وطلاء اللاتكس. يتم استخدام المياه المعالجة في الموقع لتلبية الاحتياجات الصناعية.
- تعاقب تدفقات المواد والطاقة؛ أي بعد استخدام المواد، يتم استخدام المنتج النهائي مباشرة لأغراض الطاقة، أو يتم استخدام المنتج النهائي مرة أخرى على الأقل كخامات.

4) التحسين / التغيير التكنولوجي

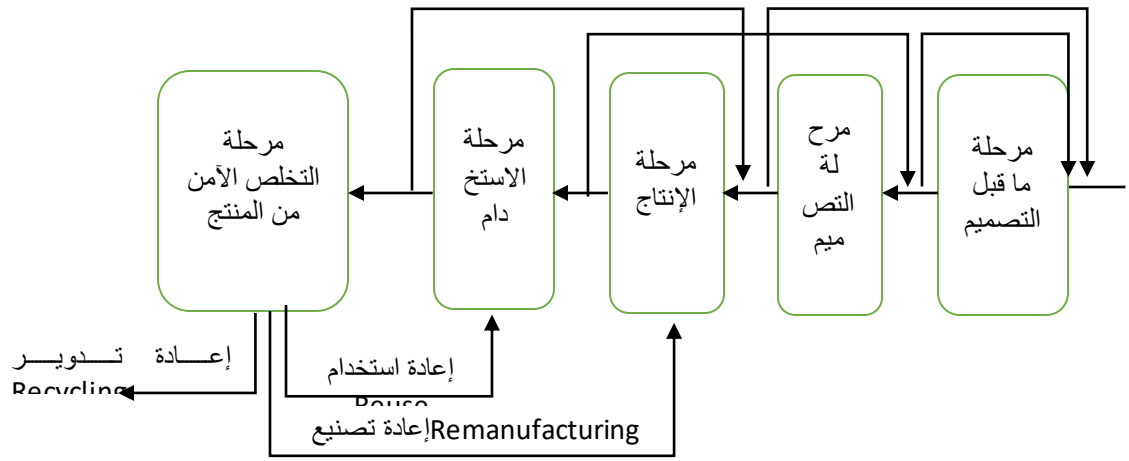
- تطبيق التقنيات الجديدة.
- تحسين التحكم في العملية.
- إعادة تصميم العمليات.
- تغيير أو استبدال العمليات الخطرة.

5) تحسين المنتج

- إطالة العمر.
- إصلاح أسهل.
- سهولة إعادة التصنيع أو إعادة التدوير أو الترسيب.
- استخدام مواد غير خطرة.

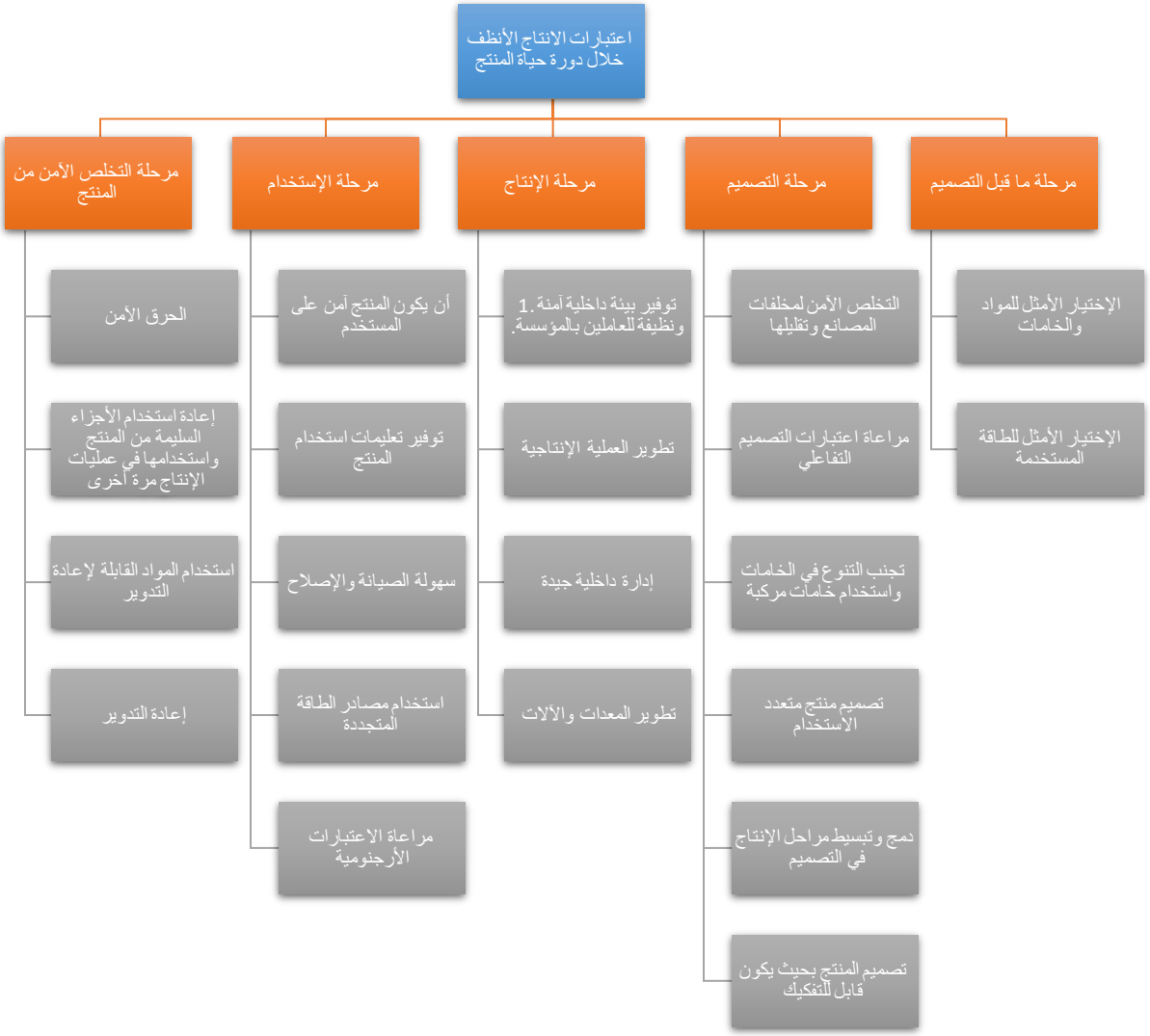
○ اعتبارات الإنتاج الأنظف في تصميم المنتج

هناك مجموعة من الاعتبارات التي يتم تطبيقها من خلال مجموعة من الخطوات المكونة لكل مرحلة من المراحل الخمسة لدورة حياة المنتج (مرحلة ما قبل التصميم – مرحلة التصميم – مرحلة الإنتاج - مرحلة الاستخدام – مرحلة التخلص الآمن من المنتج) التي تعتمد في أساسها على نظام التغذية العكسية كما هو موضح في الشكل التالي. وبالتالي فإن نتائج تطبيقها في كل مرحلة وتأثيرها على المراحل الأخرى وكذلك النتائج المتوقع تحقيقها جميعها تظهر بعد التطبيق بيئياً وتصميمياً وإنتاجياً. (الجزار ٢٠١٥، ١١٩)



شكل (٤) المراحل الأساسية لدورة حياة المنتج (مرجع سابق، ١٢٢)

وفيما يلي مخطط يوضع الاعتبارات الواجب مراعاتها في كل مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج:



شكل (٥) اعتبارات الانتاج الأنظف خلال دورة حياة المنتج (الجزار ٢٠١٥)

○ مميزات الإنتاج الأنظف

- تقليل المخاطر المتعلقة بالبيئة والصحة والحوادث الصناعية.
- التوفير الاقتصادي في استهلاك المواد الخام والمياه والطاقة.
- التوفير في إدارة ومعالجة تدفق النفايات.
- تحسين صورة المؤسسة الصناعية.
- تحسين جودة المنتج.
- تقليل عدد المنتجات التي لا تتوافق مع المواصفات البيئية.
- ترشيد هيكل العمل.

- تحسين العادات الروتينية وإعادة النظر في العمليات والإجراءات.
- تحسين عمليات وموارد الإنتاج.
- الالتزام بمتطلبات المؤسسة البيئية والتزامها بتنمية مستدامة. (SCP/RAC 2010)

أمثلة لتطبيق الاقتصاد الدوار والإنتاج الأنظف في بعض مجالات المنتجات المعدنية

في الاقتصاد الدوار يجب أن تكون المنتجات المخصصة لدورات الحياة الطويلة، مثل الأواني ووحدات الإضاءة، والأثاث المعدني والمجوهرات، متينة ليس فقط من الناحية المادية، ولكن أيضًا من الناحية التصميمية.

○ مجال الحلى والمجوهرات الثمينة:

بالنسبة لمجال صناعة الحلي والمجوهرات، يعتبر الاقتصاد الدوار بشكل ما، مفهومًا قديمًا: فأكثر ما يميز صناعة المجوهرات وخاصة الثمينة منها، هو أن معظم المكونات والخامات التي تدخل في صناعتها قابلة لإعادة التدوير بالكامل. (Aviram 2021) حيث يمكن إعادة تدوير المعادن الثمينة كالذهب والفضة والبلاتين مرارًا وتكرارًا دون أن تفقد جودتها. أما بالنسبة للماس والأحجار الكريمة، فهي بالطبع، لا تبلى أو تتلف قد تتعرض لبعض الضرر بمرور الوقت، ولكن يمكن في كثير من الأحيان إعادة صقلهم أو حتى إعادة تشكيلها وقطعها لجعلها كالجديدة وإعادة استخدامها مرة أخرى (Walker 2019). وهي إحدى المبادئ الأساسية للاقتصاد الدوار.

ومع ذلك هناك مجال دائم للتحسين يتم استخدام الاقتصاد الدوار في قطاع أعمال الأحجار الكريمة والمجوهرات بدأ من مرحلة التصميم، فهي البداية لتطوير المنتج وعملية الإنتاج. ويركز التصميم التقليدي عادةً على جماليات المنتج ورغبات المستهلك. في كثير من الأحيان يكون الغرض من اقتناء المجوهرات الثمينة أن يتم تناقلها كإرث أو ضمان للحفاظ على القيمة. ومع ذلك، فإن مفتاح التصميم الدوار المستدام هو تقليل التأثيرات البيئية للمنتجات، مثل التصميم مع فرضية تقليل استخدام الطاقة التقليدية؛ الالتزام بالعمليات الصديقة للبيئة بدءًا من اكتساب الشفافية من خلال التركيز على استخدام الأحجار الكريمة من المصادر الأخلاقية؛ وتشغيل عمليات الإنتاج مع التركيز على تقليل الفاقد من الطاقة والمخلفات؛ واستخدام عبوات تغليف صديقة للبيئة. كما ينبعث عن المعادن الثمينة المعاد تدويرها تلوث أقل بنسبة ٩٩٪ من عمليات تعدينها. وفى الوقت الحالي، تدير العديد من العلامات التجارية الشهيرة للمجوهرات في العالم أعمالها وفقًا لهذا المفهوم. (GIT Information Center 2021)

ومثال على ذلك العلامة التجارية الشهيرة للمجوهرات بمختلف دول العالم (PANDORA) والتي مقرها الرئيسي بالدنمارك، وقاعدتها التصنيعية في تايلاند حيث وضعت قبل تصدير منتجاتها إلى جميع أنحاء العالم، سياستها للأعمال المستدامة والمسؤولة منذ إطلاقها لأول مرة في عام ١٩٨٢. ويشمل نهج العلامة التجارية على بعض القضايا مثل: (مرجع سابق)

- انبعاثات كربونية صفرية بحلول عام ٢٠٢٥ تغطي مصانعها ومركز توزيع المنتجات وفروع المخازن واستخدام الطاقة المتجددة في مصانعها.
- استخدام أحجار الزركون المكعب والكريستال كمواد أساسية للإنتاج. كما يتم اختيار الأحجار الطبيعية الملونة من مصادر يمكن تتبعها وذات منشأ معلن. الحفاظ على جودة الذهب والفضة وفقًا لمعايير جمعية سوق السبائك في لندن (LBMA).

- زيادة استخدام الذهب والفضة المعاد تدويرهما لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وبحلول عام ٢٠٢٥، تسعى مجوهرات PANDORA لتصنيع منتجاتها بالكامل من الذهب والفضة المعاد تدويرهما.

○ مجال آواني الطهي

في الوقت الحالي تتنوع الخامات المستخدمة في صناعة الأواني المعدنية ويعد من أشهرها وأكثرها استخداما الألومنيوم- الفولاذ المقاوم للصدأ- الحديد الزهر المسبوك كما تتنوع طبقات الطلاء أو العزل لجعل بعضها غير لاصقة للتناسب مع احتياجات الطهي المختلفة، كالسراميك- الجرانيت- التيتانيوم كبدائل صحية وأكثر استدامة من مادة التفلون وهي الأشهر لعقود طويلة رغم التخوفات والمخاطر البيئية والصحية الناتجة عنها وحظر بعض المركبات والمواد التي تدخل في تصنيعها. ومع تنوع الخامات المستخدمة تتنوع أساليب إنتاجها وكذلك الأضرار البيئية المحتملة الناتجة عن عمليات التصنيع والاستخدام، وبشكل عام تستهلك الاواني المعدنية الكثير من الطاقة لإنتاجها – فعند التفكير في مقدار المعادن الخام التي يجب استخراجها من الأرض، يجعل التخلص منها في سلة المهملات بسبب الطلاء غير المستقر أو حدوث تلف ما إهدارًا كبير للموارد.

كما تعد مسألة السمية مصدر قلق أيضا. فحمض البيرفلوروكتانويك، أو PFOA، عبارة عن بوليمر صناعي كان يستخدم حتى وقت قريب في صنع أواني الطهي غير اللاصقة. بعد أن وجد أنه يسبب السرطان والعيوب الخلقية وضررًا كبيرًا بالبيئة، تم حظره عالميًا. في الوقت الحاضر، تعتبر أواني الطهي غير اللاصقة أكثر أمانا حيث يتم تصنيع التفلون مع الجيل الأحدث من PFAS. ولكن إذا تم تسخينها على درجات حرارة عالية جدًا (على سبيل المثال عن طريق ترك وعاء فارغ على الموقد لبضع دقائق)، فلا يزال بإمكانه إطلاق غازات سامة. (Vorley 2020). لذلك تتبنى صناعة آواني الطهي نموذج الاقتصاد الدائري، الذي يهدف إلى تقليل النفايات وتعظيم استخدام الموارد، وتحسين عمر المنتجات، ومنح المستخدمين منتجات أكثر أمانا وطويلة الأجل. ولكن في حالة حدوث تلف لا يمكن إصلاحه في الأنية، وهو أمر بعيد الاحتمال، فإن هذه الأواني خاصة المصنوعة من المعدن بنسبة ١٠٠٪ - يمكن إعادة تدويرها بالكامل أيضًا. ومن خلال اعتماد هذا النموذج، يعمل مصنعو أدوات الطهي على تقليل الضرر البيئي وتوفير مستقبل أكثر استدامة للجميع. (Elrewad 2023)

وتعد (تيفال) Tefal التابعة لمجموعة SEB العالمية من أهم المؤسسات الصناعية الكبرى لإنتاج الأواني الطهي المعدنية غير اللاصقة على مستوى العالم حيث تلعب دورًا هاما في دعم اقتصاد أكثر دائرية، مع تأثير أقل على البيئة ومزيد من الفوائد للمجتمع. حيث تشمل استراتيجياتها على: (Groupe SEB 2022)

- الالتزام بدمج المزيد من المواد والخامات المعاد تدويرها في منتجاتها مع الحفاظ على مستوى جودة وأداء مرتفع، سواء كانت المنتجات مصنوعة من مواد معاد تدويرها أو معتمدة أو ذات أساس حيوي.
- كفاءة أفضل في استخدام الطاقة.
- تصميم المنتجات لتدوم من خلال إطالة العمر الافتراضي والتصميم لجعلها قابلة للإصلاح والصيانة بحيث يسهل إصلاحها بطريقة تبسط أيضًا خطوات التفكيك وإعادة التجميع. علاوة على ذلك، يتم اختبار قابلية إصلاح المنتجات للنظر في التحسينات المحتملة. (Bressanelli, et al. 2020)
- تصميم المنتجات للحد من النفايات وتقليل الهدر.
- تغليف أقل تأثير على البيئة.

وذلك يتضح من خلال الممارسات التالية:

- في عام ٢٠٠٩، كانت مجموعة أواني الطهي Natura أول مجموعة مصنوعة من الألومنيوم المعاد تدويره بنسبة ١٠٠٪ حيث ينتج عنها انبعاثات أقل لثاني أكسيد الكربون بنسبة ٦٠% عن صناعة أواني الألومنيوم التقليدية وبعد ثلاث سنوات، في عام ٢٠١٢، أنشأت تيفال أول نظام لإعادة تدوير أواني الطهي في فرنسا.
- في عام ٢٠١٣، حددت المجموعة لنفسها هدفًا يتمثل في دمج ٢٠٪ من المواد المعاد تدويرها في المنتجات الجديدة والتعبئة والتغليف بحلول عام ٢٠٢٠، وقد تجاوزت هذا الهدف محققة ٣٤٪. ثم تحول الهدف إلى ٥٠% بحلول عام ٢٠٢٣.
- قدمت التزامًا محددًا بشأن المواد البلاستيكية المعاد تدويرها، بهدف مضاعفة الاستخدام السنوي في فرنسا بحلول عام ٢٠٢٥ مقارنة بعام ٢٠١٧.
- معظم الفولاذ المقاوم للصدأ الذي تستخدمه المجموعة هو بالفعل من مصادر معاد تدويرها. هذا المعدل هو ٨٠٪ في أواني الطهي (أواني القلي، القدور، أواني الطبخ، وغيرها). كما أن ٥٠٪ من قدور الضغط من تيفال مصنوعة من ٨٠٪ من الفولاذ المقاوم للصدأ المعاد تدويره.
- في حالة الألمنيوم، تكون نسبة المواد المعاد تدويرها أقل، ولكنها آخذة في الارتفاع. ينتج عن استخدام الألمنيوم المعاد تدويره غازات دفيئة أقل بنسبة ٩٠٪ من الألمنيوم الأساسي ويستهلك طاقة أقل بمقدار ١٦ مرة.
- من أجل الحفاظ على موارد الكوكب، تقوم المجموعة بدمج المزيد والمزيد من المواد المعاد تدويرها في منتجاتها. وهي تركز جهودها على البلاستيك، وخاصة للمنتجات الكهربائية. وهذا يجعل من الممكن تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة تصل إلى ٧٠٪ مقارنة بالبلاستيك الناتج عن الزيوت الخام والمواد النفطية وتحقيق وفورات، حيث تكون تكلفة المواد في المتوسط أقل بنسبة ٢٥٪ من البلاستيك البكر.
- العمل على الوصول إلى ١٣٥٠٠ طن من الألمنيوم المعاد تدويره في المنتجات المصنوعة بفرنسا بحلول عام ٢٠٢٥.
- تعتبر تيفال واحدة من الرواد في استخدام طبقة الطلاء غير اللاصقة الخالية من حمض البيرفلوروكتانويك (PFOA) ذات التأثير الضار على البيئة والصحة، وتستخدم بدلا منها طلاء التيتانيوم ومادة PTFE غير السامة وغير اللاصقة. علاوة على ذلك، تضمن تيفال أيضًا عدم وجود الرصاص والكادميوم في منتجاتها. (KRUK 2022)

○ مجال وحدات ونظم الإضاءة:

تتطلب منتجات الإضاءة، مثل أي منتج صناعي آخر، مواد خام للإنتاج وطاقة للعمل. ففي العشرين عامًا الماضية، وبغض النظر عن التطور التكنولوجي، تستمر مصابيح الإضاءة في إحداث تأثيرات بيئية خطيرة على جودة البيئة وصحة الإنسان. كما تمثل الإضاءة حاليًا ١٤٪ من استهلاك الكهرباء حول العالم، مما يجعلها مصدر قلق كبير يدفعنا للعمل على إيجاد حلول جذرية. حيث يمكن أن ينتج عن استخدام مصابيح LED، التي تستخدم كهرباء أقل، توفيرًا في الطاقة بنسبة ٥٠٪ إلى ٩٠٪ مقارنة بتقنيات الإضاءة التقليدية. (Darsy 2021)

يعني بالاقتصاد الدوار في صناعة الإضاءة، التطوير المستمر لمنتجات وحلول الإضاءة الموفرة للطاقة، وتوفير الموارد من خلال تصميم المنتجات المعمرة والصالحة للاستخدام، وجمع المواد وإعادة تدويرها وتقليل أو تجنب المواد الضارة. ولكي تشارك وحدات ومنتجات الإضاءة في نموذج الاقتصاد الدوار، قبل نهاية عمرها الافتراضي، يجب مراعاة استراتيجيات مثل إعادة الاستخدام والإصلاح والتجديد وإعادة التصنيع وإعادة الاستخدام خلال مرحلة التصميم الأولية. حيث

يجب مراعاة إمكانيات ترقية وتطوير المنتجات وصيانتها، بحيث يمكنها تغطية الاحتياجات المستقبلية المحتملة، وفي النهاية يمكن إطالة عمرها الافتراضي. بهذه الطريقة، يمكن تكييف وحدات الإضاءة مع ظروف الاستخدام الخاصة بها وتجنب استبدالها السريع بأخرى جديدة. (Grigoropoulos, et al. 2022)

تتبنى العديد من الشركات العاملة في مجال الإضاءة بالفعل مبادئ الاقتصاد الدائري، كما يتفق مصممو ومهندسو الإضاءة، في سياق الاستدامة، على ضرورة تطبيق نموذج الاقتصاد الدائري بدأ من التصميم الأولي لمنتجات الإضاءة. نظرًا لأن فوائده يمكن أن تقلل من التأثيرات البيئية والطاقة والانبعاثات وأخيراً تقليل أو حتى التخلص من النفايات. حيث يركز الاقتصاد الدوار في مجال الإضاءة على إدارة المواد وكيفية استخدامها وتجميعها وتفكيكها في عملية تصميم المنتج؛ بالإضافة إلى قرارات التصميم التي يتم اتخاذها لتحديد كيفية استخدام وحدات الإضاءة داخل البيئة. (ARUP 2021) كما يمكن تعزيز الاقتصاد الدوار في تصميم الإضاءة من خلال إجراء تغييرات صغيرة، وتطبيقها باستمرار، والتصميم مع وضع نهاية دورة حياة المنتجات في الاعتبار. يسمى هذا التصميم من أجل التفكيك (DfD)

تبنت شركة (سيجنيفاي) Signify، المعروفة سابقاً باسم (فيليبس) Philips الرائدة عالمياً في مجال الإضاءة، نموذج الاقتصاد الدوار لمؤسسة Ellen McArthur مع أربعة عوامل تمكين "التصميم ونماذج الأعمال واللوجستيات العكسية والتعاون" وأربع حلقات إرجاع "إعادة التدوير، حصاد واستعادة الأجزاء، والتجديد، وحلقة الخدمة". لقد طورت الشركة قواعد تصميم مخصصة لإعداد عمليات تطوير المنتجات الجديدة للاقتصاد الدائري مع التركيز على إمكانية الخدمة وترقية وحدات الإضاءة. (Brummelhuis and Marinelli 2022) كما تقوم بتصميم المنتجات ليسهل استعادة المكونات وأنظمة الإضاءة وتفكيكها وإعادة استخدامها بكفاءة لإطالة عمرها.

كما قدمت خدمة إضاءة دائرية تسمى Light as a Service (LaaS) أي الإضاءة كخدمة. حيث يستأجر العملاء أنظمة الإضاءة، وتحتفظ الشركة بالملكية والمسؤولية عن الصيانة والتحديث وإعادة التدوير في نهاية العمر الافتراضي. يدعم هذا الأسلوب التدوير من خلال تشجيع الاستخدام الفعال للموارد وإطالة عمر المنتج. كما تستفيد الشركة من تدفقات الإيرادات المتكررة والعلاقات طويلة الأمد مع العملاء. وفيما يلي بعض ممارسات الشركة تجاه الاقتصاد الدوار:

- تلتزم الشركة بتصميم المنتجات والخدمات بما يتماشى مع متطلبات واعتبارات التصميم البيئي بنسبة ١٠٠%.
- حققت الشركة حياد الكربون في عام ٢٠٢٠، وتستخدم كهرباء متجددة بنسبة ١٠٠٪ في جميع عملياتها.
- أصبح مكب النفايات بمصنع Bielsko Biala التابع لشركة Signify في بولندا موقعًا خالٍ من النفايات عام ٢٠٢٠ بعد حملة ناجحة لإنشاء نظام جديد لجمع النفايات.
- الاستفادة من أفضل التقنيات المتاحة من خلال صيانة المنتجات وتحديثها. يسمح ذلك بمستوى من رعاية العملاء وضمانات الأداء التي تعتمد إلى حد كبير على الخدمة.
- من المتوقع أن تقلل مصابيح الإضاءة المصنوعة بتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل كبير من البصمة الكربونية لنظام الإضاءة كما يمكن إعادة استخدامها أو إعادة تدويرها بالكامل تقريبًا في نهاية عمر المصابيح. (Verhaar 2021)
- تعيد الشركة تدوير ما يصل إلى ٩٠٪ من نفايات التصنيع وتدر ٨٢,٥٪ من إيراداتها من المنتجات المستدامة.
- اعتبارًا من عام ٢٠١٩، فإن ١٦٪ من إيرادات Signify تأتي من خلال أنشطة الاقتصاد الدوار، وتهدف الشركة إلى مضاعفتها إلى ٣٢% بحلول عام ٢٠٢٥.

- تهدف الشركة إلى تقليل التخلص من النفايات الكهربائية والإلكترونية من المنتجات التي انتهى عمرها في مكب النفايات. وتشجع على إعادة استخدام المواد ذات الصلة واستعادتها وإعادة تدويرها، وبالتالي تحسين الأداء البيئي على مدار دورة حياة المنتج.
- التزمت Signify مؤخرًا بالتخلص التدريجي من العبوات التغليف البلاستيكية أحادية الاستخدام عبر مجموعة منتجات الإضاءة بنهاية عام ٢٠٢١. (ACE Hub 2020)
- تهدف الشركة بحلول عام ٢٠٢٥ تضمين المزيد من الممارسات الدائرية والوصول إلى صفر نفايات.

الجانب التطبيقي

يتم من خلال تحليل لنماذج مختلفة من المنتجات المعدنية وفقا لمبادئ واستراتيجيات التصميم الدوار والإنتاج الأنظف.

- **المنتج الأول:**

وصف المنتج	• أنبوب شراب (ماصة/ قصبة) - ملحق بها فرشاة للتنظيف • يتراوح طولها بين ٢٠,٣- ٣١,٧٥ سم وقطرها بين ٠,٦-١,٢ سم
الخامة	• ٣٠٤ أو ٣١٦ من سبائك الفولاذ المقاوم للصدأ
المميزات	• الاستدامة حيث انها بديل فعال عن الماصات البلاستيكية ذات الاستخدام الواحد • المتانة • إعادة الاستخدام لسنوات دون تلف أو تغير خواصها • سهولة التنظيف • لا تتفاعل مع المشروبات
العيوب	• الطاقة المستخدمة في عمليات الإنتاج والنقل لقصبة معدنية واحدة تعادل انتاج ٩٠ قصبة بلاستيكية. • يجب استخدام القصبة المعدنية ١٤٩ مرة على الأقل لتعويض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالانبعاثات الناتجة عن استخدام البلاستيكية. (Traldi 2019)

استراتيجيات الاقتصاد الدوار	• (Reduce) R2- تقليل الهدر. • (Reuse) R3- إعادة الاستخدام • دورة حياة طويلة (الحلقة المغلقة) • (Recycle) R8 إعادة التدوير: حيث يمكن صنعها من معادن معاد تدويرها أو إعادتها ذاتها للتدوير، حيث يتطلب إعادة تدوير الفولاذ الخردة ٢٥% من الطاقة اللازمة لمعالجة خام الحديد. (Dizon and Cogdell 2019). • (Remanufacture) R6 إعادة التصنيع مره أخرى في صوره منتج مختلف.

المنتج الثاني:

وصف المنتج	• أواني طهي
الخامة	• الحديد الزهر المسبوك
المميزات	• يحتفظ بالحرارة ويوزعها بشكل متساوي • يتحمل درجات الحرارة العالية جداً مع الحفاظ على حرارة ثابتة على مدى فترة طويلة • يمكن استخدامه بنفس الكفاءة على أي مصدر للطاقة (بوتاجاز، فرن، شواية، حطب مشتعل.... وحتى على مواقد الحث الحديثة) • يمكن إعادة تدويره بكل سهولة في حالة حدوث أي كسر يجعله غير قابل للاستخدام • سطحه غير لاصق يتحسن مع الاستخدام • الحديد الزهر طويل العمر مما يحقق الاستدامة
العيوب المحتملة	• يسخن ببطء مما يسبب زيادة نسبية في استهلاك الطاقة • وزنه أثقل من أنواع أواني الطهي المختلفة • تزداد درجة حرارة المقابض أثناء التسخين لذلك لابد من التعامل معها باستخدام عازل للحرارة • غير مناسب لوضعه في غسالة الأطباق

	• قابل للصدأ في حاله عدم اتباع إرشادات الاستخدام
استراتيجيات الاقتصاد الدوار	• منتجات طويلة الأجل قابلة لإعادة التدوير (حلقة مغلقة) • R2 (Reduce) تقليل: ذات كفاءة عالية حيث يستهلك موارد طبيعية أقل. • R3(Reuse) إعادة الاستخدام: إذا وُجد قطعة قديمة مهملة عن طريق التنظيف العميق لإزالة الصدأ والأوساخ يمكن إعادة استخدامها. • R4 (Repair) إصلاح: إذا تعرض للصدأ يمكن إزالته باستخدام عجينة من صودا الخبز والماء، إذا أصبح سطح المنتج لزجًا ، فقد يكون ذلك بسبب زيادة الزيت أثناء الاستخدام لإصلاح ذلك ، يتم فرك المنتج وتنظيفها. • R5 (Refurbish) تجديد: استعادة المنتج القديم وتحديثه. • R8 (Recycle) إعادة تدوير: يتم تصنيعه من الفولاذ المعاد تدويره، و من خردة الحديد، و من مرتجعات عملية الإنتاج ذاتها .... أي أن عملية الإنتاج ذاتها لا يوجد بها أي هدر

- **المنتج الثالث:**

وصف المنتج	• رأس دش يدوي بخمسة درجات مختلفة لاندفاع رذاذ المياه • أبعاده 32.7 x 9.6 x16.7سم
الخامة	بلاستيك مطلي كروم
المميزات	• موفر للمياه منخفض التدفق للحفاظ على المياه أثناء إنتاج رذاذ قوي • معدل التدفق ٦ لتر في الدقيقة، يوفر ما يصل إلى ٣,٨ لتر من الماء في الدقيقة • تحكم حصري في الإيقاف المؤقت عند استخدامه بأطراف الأصابع • يسهل تثبيته على أي ذراع دش قياسي
العيوب المحتملة	• تتكون رواسب معدنية على فتحات الرش فينخفض ضغط الماء • الحامل شديد الصلابة بحيث لا يمكن تغيير الزاوية.
استراتيجيات الاقتصاد الدوار	• R6 (Remanufacture) إعادة تصنيع: استخدام أجزاء من المنتج بعد انتهاء دورة حياته في منتج جديد له نفس الوظيفة. • R7 (Repurpose) إعادة الغرض: استخدام أجزائه في منتج جديد بوظيفة مختلفة.

○ **المنتج الرابع:**

وصف المنتج	• مصباح بابيليو (Papilio) مشروع تخرج أحد الطلاب بجامعة الفنون ببرلين (Hahn 2021)
الخامة	• صفائح معدنية مطوية
المميزات	• على عكس إضاءة الشوارع التقليدية، تقوم بابيليو بتوليد الكهرباء باستخدام مولد رياح مدمج (طاقة متجددة). • بسبب اتجاهه المائل يعمل مع تيارات الهواء الرأسية (الرياح الطبيعية) وكذلك التيارات الهوائية الأفقية (على سبيل المثال، تدفق الهواء الناجم عن حركة المرور). • إضاءته موجهة. • ينبعث منه الضوء فقط لأسفل بزاوية شعاع أقل بكثير من الأفقي. • طيف الضوء المستخدم أقل جاذبية للحشرات بسبب انخفاض المكون الأزرق ودرجة حرارة اللون الدافئة ٢٨٠٠ كلفن. • لتقليل التأثير الضار للضوء الاصطناعي بشكل أكبر، يوفر مصباح الشارع مستشعر الأشعة تحت الحمراء وينشط الضوء فقط عند الحاجة إليه فعليًا. • مزود ببطارية قابلة لإعادة الشحن لتوفير الطاقة في فترات الهدوء وبالتالي توفير نفقات تجهيز بنية تحتية للكهرباء • تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري
العيوب المحتملة	• لم يتم ذكر نوع المعدن المستخدم ومقدار الطاقة والانبعاثات المتوقعة أثناء عمليات الإنتاج والتصنيع.
استراتيجيات الاقتصاد الدوار	• قابل للفك والتركيب مما يسهل الإصلاح والصيانة. • تصميمه مستوحى من الطبيعة (الفراشة) (دورة بيولوجية – دورة مغلقة). • R2 (Reduce) تقليل: ذات كفاءة عالية حيث يستخدم طاقة متجددة.

	• R4 (Repair)إصلاح: يمكن صيانته وإصلاحه لاستخدامه لغرضه الأصلي. • R6 (Remanufacture) إعادة تصنيع: استخدام أجزاء من المنتج بعد انتهاء دوره حياته في منتج جديد له نفس الوظيفة.

النتائج:

- يعد تطبيق نموذج الاقتصاد الدوار بديلا أفضل من الاقتصاد الخطي والاقتصاد لإعادة التدوير على مستوى المؤسسات الصناعية والتأثير الإيجابي على البيئة.
- يجب الفصل بين ارتباط النمو الاقتصادي باستخدام الموارد الطبيعية والتأثير السلبي على البيئة. حيث يدعم الاقتصاد الدوار المؤسسات الصناعية ويساهم في زيادة الأرباح جنبا إلى جنب مع الحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية.
- لتصميم وتصنيع منتجات معدنية طويلة الأمد وقليلة الهدر لابد من توافر معلومات لدي المصممين والمصنعين بالمعايير والاعتبارات الخاصة بالاقتصاد الدوار والإنتاج الأنظف.
- تقنين استهلاك الموارد الطبيعية والمعادن الخام واستخدامها في حلقات مغلقة، يساهم في الحد من النواتج أو المخرجات السلبية، مثل تخفيض استهلاك الطاقة ونسبة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي تقليل تكاليف الإنتاج المرتبطة بها.
- يلعب التصميم دورا أساسيا في الاقتصاد الحديث والمستقبل الدوار، حيث إن ٨٠% من التأثير البيئي للمنتجات والخدمات يتم تحديده في المراحل الأولى من عملية التصميم.
- يهدف الاقتصاد الدوار إلى تحقيق مستويات الاستهلاك والإنتاج المستدامين (SPC) من خلال الإنتاج الأنظف (CP) وإدارة دورة حياة المنتج (PLC)، من أجل خلق الانسجام بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة.
- تعتبر المنتجات المعدنية بناء على طبيعة الخامة منتجات طويلة الأجل قابلة لإعادة التصنيع والتدوير مما يسهل على المؤسسات الصناعية المتخصصة في إنتاجها بتبني نموذج الاقتصاد الدوار وتكوين حلقة مغلقة بدون هدر لتصميم وإنتاج منتجات معدنية مستدامة صديقة للبيئة.
- يمكن دعم الاقتصاد الوطني من خلال إعادة تدوير النفايات وتحويلها لمواد أولية لصناعات أخرى تساهم في انشاء قطاعات إنتاجية جديدة.

التوصيات

- استمرارية العمل على رفع مستوى الوعي للمصممين والمصنعين باعتبارات ومعايير تصميم المنتج الدوار والإنتاج الأنظف وأهمية تأثيرهم على الاقتصاد والبيئة.
- المزيد من الدعم والتوجيه للمصانع والشركات المصرية المتخصصة في مختلف مجالات المنتجات المعدنية لتبني نموذج الأعمال للاقتصاد الدوار ودوره الفعال في خفض التكاليف وزيادة النمو الاقتصادي، والحد من التأثير السلبي على البيئة.
- إجراء المزيد من الدراسات والأبحاث لتحقيق الاستفادة القصوى من الاقتصاد الدوار والإنتاج الأنظف في تنمية الاقتصاد الوطني المصري.

المراجع:

المراجع العربية:

1. أحمد سعيد كرم البكل، و ريهام عبد الغني متولي مطاوع. ٢٠٢٣. "االقتصاد الدائري بين النظرية والتطبيق (دراسة حالة لالقتصاد المصري)." *مجلة الدراسات السياسية واالقتصادية* (كلية السياسة واالقتصاد - جامعة السويس) ١٦٠-١٩٤.

ahmad saeid karam albakl , w riham eabd alghani mutuliyuei. 2023. "aaliqatisad' aldaayiriu bayn alnazariat waltatbiq (dirasat halat lialqatisad almisrii)." majalat aldirasat alaiqtisadiat aljaria (kuliat aldirasat aljamieiat alaiqtisadiat - jamieat alsuwis) .160-194

2. الأمم المتحدة. ٢٠١٦. "تعريف بالطاقة المتجددة." *الأمم المتحدة/ العمل المناخي*. ١٩ يوليو. تاريخ الوصول ٢٥ مايو, ٢٠٢٣. https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-renewable-energy.

al'umam almutahidatu. 2016. "taerif bialtaaqat almutajadidati." al'umam almutahidat / aleamal almunakhi. 19 yulyu. tarikh alwusul 25 mayu 2023. .https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-renewable-energy

3. المنظمة العالمية للطاقة NGO. ٢٠١٦. "الإنتاج الأنظف: مفهومه، أدواته، منهجية تطبيقه." *المنظمة العالمية للطاقة*. ٤ ديسمبر. http://www.ief-ngo.org/ar/service/siminars/43-cleaner-prod.

almunazamat alealamiat liltaaqat munazamat ghayr hukumiatin. 2016. "al'iintaj al'anzafi: mafhumuh, 'adawatuh , manhajiat tatbiqihi." almunazamat alealamiat liltaaqati. 4 disambir. http://www.ief-ngo.org/ar/service/siminars/43-cleaner-prod.

4. بلا تاريخ. *تعريف بالطاقة المتجددة*. https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-renewable-energy.

bila tarikhin. taerif bialtaaqati. https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-renewable-energy.

5. فلاق علي، و سالمي رشيد. ٢٠١٦. "الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة -مع الإشارة لحالة الجزائر وبعض الدول العربية-." *Enssea* ٨٧-١٠٦. https://www.enssea.net/enssea/majalat/2536.pdf.

flaq eali , w salimi rashid. 2016. "altaaqat almutajadidat kamadkhal altanmiat almustadiamati-al'iisharat lihalat aljazayir wabaed alduwal alearabiati-." 'iinsi 87-106. .https://www.enssea.net/enssea/majalat/2536.pdf

6. محمود أحمد جوده الجزار. ٢٠١٥. "تفعيل استراتيجية الإنتاج الأنظف في تصميم المنتج." كلية الفنون التطبيقية، قسم التصميم الصناعي، جامعة حلوان، رسالة دكتوراه.

mahmud 'ahmad judah aljazaar. 2015. "tafeil al'iintaj al'unzaf fi tasmim almuntaji." .kuliyat alfunun altatbiqiat , qism altasmim alsinaeii , jamieat hulwan , risalat dukturah

المراجع الأجنبية:

7. ACE Hub. 2020. "SIGNIFY World-leaders in circular lighting design." Australian Circular Economy Hub. November 19. Accessed August 6, 2023. https://acehub.org.au/knowledge-hub/case-studies/signify.
8. ARUP. 2021. "How can we shift towards circular lighting?" ARUP. Accessed August 5, 2023. https://www.arup.com/perspectives/publications/promotional-materials/section/how-can-we-shift-towards-circular-lighting.
9. Aviram, Danielle Keller. 2021. "3 Things Every Jeweler Can Do to Support the Circular Economy." JCK. December 28. Accessed May 21, 2023. https://www.jckonline.com/article-long/jewelers-and-circular-economy/.
10. Beniard, Henry. 2023. "Circular design: Product design and business model strategies for the circular economy." Rentle. April 12. Accessed July 8, 2023. https://www.rentle.io/blog/sustainable-business/circular-design.
11. Bressanelli, Gianmarco, Nicola Saccani, Marco Perona, and Irene Baccanelli. 2020. "Towards Circular Economy in the Household Appliance Industry: An Overview of Cases." Resources, November 3: 1-23. doi:https://doi.org/10.3390/resources9110128.
12. Brummelhuis, Anton, and Thomas Marinelli. 2022. "How circular design at signify brings economic, environmental, and social value." In Circular Economy and Sustainability, by Alexandros Stefanakis and Ioannis Nikolaou, 335-345. Crete: Elsevier.
13. Calon, Stef Robert-Jan Louise. 2020. "Circular Design Strategies enabling Re-use in High-technology Manufacturing Firms." Master thesis. Eindhoven: Eindhoven University of Technology, August 24.
14. Camilleri, Mark Anthony, Benedict Sheehy, and Kym Fraser . 2023. "Circular Economy." In Encyclopedia of Sustainable Management, by Samuel Idowu, René Schmidpeter, Nicholas Capaldi, iangrong Zu, Mara Del Baldo and Rute Abreu, 1-4. Switzerland: Springer.
15. Darsy, Francois. 2021. "Circular lighting to protect value." he journal of field actions, November 23: 94-99.
16. Dizon, Danielle, and Christina Cogdell. 2019. "The Life Cycle of Reusable Straws - Embodied Energy." Design Life-Cycle. December 14. Accessed June 2023. http://www.designlife-cycle.com/reusable-metal-straws.

17. Elmansy, Rafiq. 2023. "What is Circular Design? And How to Apply It." Designorate. March 26. Accessed July 6, 2023. https://www.designorate.com/the-future-circular-economy-circular-design/.

18. Elrewad. 2023. "Cooking up a sustainable future: Embracing the circular economy in cookware industry." Eco-friendlycookware. July 16. Accessed August 5, 2023. https://eco-friendlycookware.nl/en/cooking-up-a-sustainable-future-embracing-the-circular-economy-in-cookware-industry/.

19. 2018. "European Commission." Sustainable Product Policy. Accessed July 7, 2023. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/scientific-activities-z/sustainable-product-policy_en.

20. Evans, Susan, and Mia Münster. 2021. "Designing for a Circular Economy." With Design: Reinventing Design Modes-IASDR conference 2021. Hong Kong: Springer.

21. Fernandes Aguiar, Marina and Mesa, Jaime A and Jugend, Daniel and Pinheiro, Marco and De Camargo Fiorini, Paula. 2021. "Circular product design: strategies, challenges and relationships with new product development." Management of Environmental Quality 33 (2). doi:10.1108/MEQ-06-2021-0125.

22. Fifield, Brett, and Katerina Medkova. 2016. "Circular Design - Design for Circular Economy." In Lahti Cleantech Annual Review, by Kirsti Cura, 32-47. Lahti: Lahti University of Applied Sciences.

23. Flannigan, Sean. 2021. The beginner's guide to the circular economy. 4 19. https://blog.sendle.com/guide-to-circular-economy.

24. GIT Information Center. 2021. "Circular Economy for Sustainable Gem and Jewelry Industry." GIT Information Center. October 21. Accessed June 22, 2023. https://infocenter.git.or.th/en/article/article-20211029.

25. Grigoropoulos, C J, Stelios C. Zerefos, Aris Tsangrassoulis, and Lambros Doulos. 2022. "Lighting products as part of the circular economy andstrategies that affect it. A literature overview." 3rd International Conference on Environmental Design. Athens: IOP Publishing Ltd.

26. Grinten, Nancy M. P. Bocken and Ingrid de Pauw and Conny Bakker and Bram van der. 2016. "Product design and business model strategies for a circular economy." Journal of Industrial and Production Engineering (Taylor & Francis) 33 (5): 308-320. doi:10.1080/21681015.2016.1172124.

Groupe SEB. 2022. "TEFAL takes action for the circular economy." Groupe .27
SEB - 2022 Yearbook 35. Accessed August 5, 2023.
https://www.groupeseb.com/en/circular-revolution.

Gupta, Himanshu, Ashwani Kumar, and Pratibha Wasan. 2021. "Industry 4.0, .28
cleaner production and circular economy: An integrative framework for
evaluating ethical and sustainable business performance of manufacturing
organizations." Journal of Cleaner Production.
doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126253.

Hahn, Jennifer. 2021. Papilio is a wind-powered street lamp that reduces light .29
pollution. May 18. https://www.dezeen.com/2021/05/18/papilio-street-light-
tobias-trubenbacher-design/.

KRUK, COURTNEY. 2022. "Enter The Quality (And Environmentally Friendly) .30
Cookware Phase Of Adulthood With Us." RIISE. November 15. Accessed July
22, 2023. https://riise.world/blogs/food-drink/environmentally-friendly-
cookware-tefal-eco-respect-range-review.

MacArthur, Ellen. 2022. "Design and the circular economy, Deep dive." Ellen .31
MacArthur Foundation. Accessed June 23, 2023.
https://ellenmacarthurfoundation.org/design-and-the-circular-economy-deep-
dive.

Matemilola, Saheed and Sijuade, Timothy. 2022. "R Renewable Resource." 5. .32
doi:10.1007/978-3-030-02006-4_514-1.

Mestre, Ana, and Cooper, Tim. 2017. "Circular product design. A multiple loops .33
life cycle design approach for the circular economy." The Design Journal 20
(sup1): S1620-S1635.

Nilson, Lennart , Per Olof Persson, Lars Rydén, Siarhei Darozhka, and Audrone .34
Zaliauskiene. 2007. Cleaner Production Technologies and Tools for Resource
Efficient Production. Uppsala: The Baltic University Press.

Orko, Inka, Muukkonen, Roosa, Valtanen, Kristiina, Horn, Susanna, Mölsä, .35
Kiia, Kauppila, Tommi, Lavikko, Sonja, Ilvesniemi, Hannu, Pesonen, Liisa, and
Winqvist, Erika. 2022. Data-Driven Circular Design: A Guide Book. Finland:
VTT Technical Research Centre of Finland.
doi:10.32040/2022.CircularDesignGuide.

SCP/RAC. 2010. "Cleaner production: What is it?" Regional Activity Centre for .36
Sustainable Consumption and Production (SCP/RAC). May 27. Accessed June
22, 2023. http://www.cprac.org/en/sustainable/production/cleaner.
Team SFD . 2020. "Sustainable fashion in a circular economy: repair, reuse, .37
recycle!" Seams For Dreams. July 22. Accessed June 15, 2023.
https://www.seamsfordreams.com/awareness/sustainable-fashion-in-a-
circular-economy-repair-reuse-recycle/.
Traldi, Laura. 2019. "Design was used to increase consumption. Now it should .38
be a tool for the Circular Economy." DesignAtLarge. December 2. Accessed
June 23, 2023. https://www.designatlarge.it/design-for-the-circular-
economy/?lang=en.
UNIDO. 2015. "National Cleaner Production Centres (NCPCs) & Networks." .39
United Nations Industrial Development Organization. October 1. Accessed May
20, 2023. https://www.unido.org/our-focus/cross-cutting-services/partnerships-
prosperity/networks-centres-forums-and-platforms/national-cleaner-
production-centres-ncpcs-networks.
Verhaar, Harry. 2021. "What is circular lighting? How to make a closed loop .40
system." Signify. October 14. Accessed August 7, 2023.
https://www.signify.com/global/our-company/blog/sustainability/green-switch-
circular-lighting.
Vorley, Jasmine. 2020. "What does a sustainable pan really mean?" Mindful .41
Shopper. March 31. Accessed August 2, 2023.
https://mindfulshopper.co.uk/what-does-a-sustainable-pan-really-mean/.
Vrzel, Jana. 2022. The Circular Economy Basics Series - The Technical Cycle. .42
10 11. https://www.circularinnovationlab.com/post/the-circular-economy-
basics-series-the-technical-cycle.
Walker, Benn Harvey. 2019. "Recycle | Re-make | Repair | Re-use — Jewellery .43
and the Circular Economy." Medium. September 19. Accessed June 10, 2023.
https://bennhw.medium.com/recycle-re-make-repair-re-use-jewellery-and-the-
circular-economy-aafb3a6db2.