برنامج مقترح في مجالات الابتكار البيئي لتنمية التفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية

إعداد
أ.م.د/ ايمان فتحي جلال جاد
أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد
كلية التربية ـ جامعة أسيوط
Emanfg12@edu.aun.edu.eg

برنامج مقترح في مجالات الابتكار البيئي لتنمية التفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية

أ.م.د/ ايمان فتحي جلال جاد *

المستخلص

هدف البحث إلى إعداد برنامج مقترح في مجالات الابتكار البيئي وتعرف فاعليته في تنمية التفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية، وتكونت مجموعة البحث من ٤٧ طالب وطالبة بالفرقة الرابعة شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بكلية التربية جامعة أسيوط، واشتملت مواد البحث وأدواته على برنامج مقترح في مجالات الابتكار البيئي، واختبار تحصيلي، واختبار التفكير المستدام، ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء، وتم استخدام المنهج التجريبي ذو المجموعة الواحدة، وأظهرت نتائج البحث فاعلية البرنامج المقترح في تنمية التحصيل والتفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء، كما أوصى البحث بتضمين مجالات الابتكار البيئي المقترحة في مقررات العلوم البيئية التي يدرسها الطلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية.

الكلمات المفتاحية: الابتكار البيئي – التفكير المستدام – المنتجات الخضراء – الطلاب المعلمين.

* أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد كلية التربية – جامعة اسيوط

A suggested program in the fields of Environmental Innovation to develop Sustainable Thinking and attitudes towards Green Products among Student-teachers of Biology

Dr/ Eman Fathy Galal Gad*

Abstract

The research aimed to prepare a suggested program in the fields of Environmental Innovation and identify its effectiveness in developing Sustainable Thinking and attitudes towards Green Products among Biology student-teachers. The group of study comprised 47 students of fourth year of Biology, Geology and Environmental sciences section, at faculty of Education, Assiut University. The materials and tools of the study included: a suggested program in the fields of Environmental Innovation, an achievement test, a Sustainable Thinking test, and an Attitude Scale towards Green Products. The experimental research design of one group was used. The results of the research have indicated the effectiveness of the suggested program in developing student-teachers' achievement, Sustainable Thinking, and attitudes towards Green Products. The research recommends the incorporation of the suggested fields of of Environmental Innovation into the courses of Environmental Sciences student-teachers study at Biology, Geology and Ecology section.

Key words: Environmental Innovation - sustainable Thinking - Green Products - Student-Teachers.

* Assistant Professor of Curriculum & Methods of Teaching Science, faculty of education, Assiut University

مقدمة البحث:

في ظل التحديات البيئية المتزايدة التي تواجه كوكب الأرض، مثل التغيرات المناخية والتلوث ونضوب الموارد الطبيعية، وفقدان التنوع الحيوي، تزداد الحاجة إلى تبني حلول مبتكرة ومستدامة لمواجهة هذه التحديات، مما يتطلب العمل على تطوير مناهج العلوم الدراسية لتحفيز الطلاب على الابتكار البيئي في جميع المراحل التعليمية المختلفة، وفي مقدمتها المرحلة الجامعية مرحلة إعداد معلمي العلوم لأنهم من يقومون بتدريس الطلاب وتزويدهم بالمعرفة والمهارات والاتجاهات التي تجعلهم قادرين على الابتكار البيئي.

ويعد الابتكار البيئي مدخلا معاصراً تم توجيه الأنظار إليه مع بداية الاهتمام بالاستدامة، ولقد حظي باهتمام كبير ومتزايد من قبل الباحثين والمؤسسات نظرا للدور الذي يلعبه في المحافظة على البيئة، فأصبح بذلك مطلبا أساسيا وحتميا للحد من الاستهلاك المفرط للموارد والطاقة وإيجاد بديلا لها يتميز بالاستدامة ويقلل من الآثار السلبية على البيئة (عواطف عيشوش، وسناء طباخي، ٢٠٢٠، ٩٠).

ويقصد بالابتكار البيئي إيجاد حلول لمشكلات بيئية، أو صنع منتجات صديقة للبيئة، أو تحسين أداء العملية الإنتاجية بحيث تصبح أمنة من الناحية البيئية (وهيبة مقدم، ٢٠٢١، ١٥٩).

وظهر مفهوم الابتكار البيئي كنهج عالمي لتعزيز التنمية المستدامة لجميع المجتمعات، ويؤدي الابتكار البيئي دورًا رئيسا في تعزيز وتنفيذ النمو الأخضر لأنه يعزز جميع أشكال الاستدامة (Park.,et al,2017)، ويشير طواهري الزهرة ، وليليا بوروبة (٢٠٢٣، ١٤٢) إلى أن الابتكار البيئي جزء لا يتجزآ من الأهداف السبعة عشر للتنمية المستدامة، كما تشير رانيا بومريفق وحليمة زلاق (٢٠٢٣، ١٧١) إلى أن الابتكار البيئي له دور مهم في تحقيق الاستدامة البيئية من خلال ابتكار عمليات إنتاجية وفق نماذج أعمال مبتكرة تقوم على الإنتاج الأنظف.

كما أن جميع الابتكارات البيئية المتاحة مهمة بشكل أساسي للتخفيف من مخاطر المناخ العالمية والمخاطر المرتبطة بها، لذلك يمكن أن تؤدي الابتكارات البيئية إلى خفض انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري، وخفض تكاليف الرعاية الاجتماعية للوفيات المبكرة الناجمة عن ارتفاع درجات الحرارة (Madzianike ,2024,25).

ولم يعد الاهتمام بجوانب التنمية المستدامة والابتكار البيئي فقط من مسؤولية منظمات الأعمال، بل تعد الجامعة هي الحاضنة الأساسية التي بفضلها تتفجر العقول البشرية بالابتكارات والاختراعات الصديقة للبيئة التي تربط التكنولوجيا بالتنمية المستدامة، فالتعليم هو الطريق للتنمية، ومخرجات الجامعة هي مدخلات التنمية، ولا شك من أنه للجامعة أساليب وأدوات متاحة لها تمكنها من دعم و تطوير الابتكار البيئي، وهذه الأدوات على سبيل المثال لا الحصر هي المقررات الدراسية والبحوث العلمية (وهيبة مقدم ، ٢٠٢١، ١٤٨).

ويعد إعداد وتثقيف جيل يتمتع بالفكر المستدام أمر حتمي وضروري من أجل بناء مجتمعي مستدام يستطيع اتخاذ القرارات المستقبلية، ويتصرف بفكر مستدام تجاه البيئية، ويتعلق التفكير المستدام بالاستفسارات المتعلقة بالقيم الاجتماعية والرؤى المستقبلية من خلال تقييم الوضع الراهن، وتنظيم المعرفة لوضع مسارات مستقبلية مستدامة (شيماء بهيج، ٢٠٢٢، ٧٨٤).

ويهدف التفكير المستدام إلى تعزيز السلوكيات والقيم التي تنظم تفكير الفرد لاتخاذ القرارات المناسبة والسليمة، كما يقوم على تقييم القرارات قبل اتخاذها، وبذلك فإن التفكير المستدام يتطلب النظر في الرؤي المستقبلية، وتقييم الوضع الراهن، والتصرف على نحو مستدام من خلال وضع الخطط، وإيجاد حلول للمشكلات المختلفة التي تواجه البيئة (Mayer.,et al,2020,224-225).

وترجع أهمية تنمية التفكير المستدام لدى المعلمين إلى أنها تساعد المعلم على التعامل مع المجتمع بمنظور نقدي، واتخاذ القرارات المستنيرة، وتعليم طلابهم موضوعات الاستدامة وطرق التفكير المتعلقة بها، والمساهمة في إعادة التفكير في التصورات الذاتية والاجتماعية والجماعية حول المجتمع والبيئة (Warren, et al,2014,24).

وأشارت العديد من الدراسات إلى أهمية تنمية التفكير المستدام لدى المتعلمين منها دراسة كل من: عصام محمد (٢٠٢٠)، Starker, et al (2020) ، رشا أحمد (٢٠٢٢)، وإيمان وفقي (٢٠٢٣)، وانتصار محمد (٢٠٢٤).

وأصبحت مستويات التلوث البيئي المتزايدة مصدر قلق كبير لجميع البلدان في جميع أنحاء العالم، ولتقليل المشكلات البيئية، يتم تشجيع الشركات المصنعة الآن على ضمان أن منتجاتها لها تأثير صديق للبيئة مطلوب طوال فترة عمر المنتج بالكامل، وتُعرف المنتجات ذات الخصائص البيئية المستدامة باسم المنتجات الخضراء (Ghazali.,et al., 2021,1).

والمنتجات الخضراء هي المنتجات الصديقة للبيئة، والتي لا تسبب أي ضرر للبيئة، ويمكن إعادة تدويرها ويمكن استهلاكها بشكل مستدام وقابلة للتحلل، ومستهلكي المنتجات الخضراء لا يركزون فقط على احتياجاتهم، ولكن لديهم أيضاً ميل كبير لإنقاذ البيئة من الآثار السيئة للاستهلاك غير المسئول (أسامة جبريل، ٢٠٢٢، ٢٠).

والاتجاه المتزايد للمنتجات الخضراء هو تطور إيجابي مع إمكانية خلق مستقبل أكثر استدامة مدفوعًا بالوعي البيئي والاستهلاك الأخلاقي والتقدم التكنولوجي (Charu, & Pandey, 2024,95).

وحيث إن الاتجاه هو الذي يوجه السلوك، فإن معلم العلوم الذي لديه اتجاه إيجابي نحو المنتجات الخضراء، سينعكس ذلك على سلوكه وممارسته واستخدامه لهذه المنتجات وتوعية طلابه بأهميتها وتشجيعه لشرائها وابتكارها.

وفي ضوء أهمية المنتجات الخضراء فقد تناولتها بعض الدراسات منها: دراسة Tan (2018)، ودراسة نهى يوسف، ومديحة حمدي (٢٠٢٢)، ودراسة أسامة جبريل (٢٠٢٢)، ودراسةKamalanon,et al (2022)، مع قلة الدراسات التي اهتمت بتنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى الطلاب المعلمين تخصص العلوم على حد علم الباحثة.

وفي ضوء ما سبق يتضح أهمية معرفة الطلاب المعلمين بالابتكار البيئي، وأهمية تنمية مهارات التفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء لديهم.

مشكلة البحث:

استجابة لما أوصت به العديد من المؤتمرات منها: المؤتمر الدولي الثاني للاستدامة التطوير والابتكار"رحلة نحو مستقبل أخضر" في الفترة من ١٨ إلى ٢٢ فبراير ٢٠٢٤ بجامعة الأمير سلطان بالرياض، والمؤتمر الدولي التاسع "دور التعليم العربي في تحقيق أهداف التنمية المستدامة"، في الفترة من ١١ إلى ١٢ نوفمبر ٢٠٢٤ بكلية التربية جامعة أسيوط، والمؤتمر العلمي الدولي الثالث "التعليم الأخضر والتنمية المستدامة " في الفترة من ٢٧ إلى ٢٨ نوفمبر ٢٠٢٤ بكلية التربية جامعة سوهاج، باهتمام التعليم بالاستدامة، والابتكار البيئي أوالأخضر.

وفي ضوء ما أوصت به دراسة رسول ثامر (٢٠٢٣) بتنمية وعي معلمي الأحياء بأبعاد الابتكار البيئي، كما أوصت دراسة شيماء بهيج (٢٠٢٢) بتضمين مفاهيم الابتكار البيئي في المناهج الدراسية، وتطوير المناهج لتصبح مناهج صديقة للبيئة، ومن خلال الاطلاع على الدراسات السابقة لوحظ ندرة الدراسات التي اهتمت بإعداد برنامج في الابتكار البيئي للطلاب المعلمين تخصص علوم ببيولوجية على حد علم الباحثة.

وفي ضوء ما توصلت إليه نتائج بعض الدراسات من انخفاض مهارات التفكير المستدام لدى الطلاب المعلمين ومنها: دراسة مروة محمد (٢٠١٩)، ودراسة شيماء محمد (٢٠٢١)، ودراسة Ab Manaf & Rashid (2022) ، ودراسة منال علي (٢٠٢٢).

ومن خلال الاطلاع على الدراسات السابقة التي أوضحت أن هناك انخفاض في الاتجاه نحو استهلاك المنتج الأخضر وانخفاض نية سلوك الشراء الأخضر لدى الطلاب ومنها: دراسة Tan (2018)، ودراسة أسامة جبريل (٢٠٢٢).

وفي ضوء نتائج الدراسة الاستطلاعية التي أجرتها الباحثة على مجموعة من طلاب الفرقة الرابعة شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بكلية التربية جامعة أسيوط وبلغ عددهم٢٧ طالب وطالبة طبق عليهم اختيار يتضمن ١٠أسئلة مقالية قصيرة لتحديد مدى معرفتهم بالابتكار البيئي ، كما طبق عليهم اختبارالتفكير المستدام ، ومقياس يتضمن ١٥ مفردة لتحديد اتجاهاتهم نحو المنتجات الخضراء، وأشارت النتائج إلى حصول٩٤٪ من الطلاب على درجة أقل من ٥٠٪ من الدرجة النهائية لاختبار التحصيل، وحصول٨٦٪ من الطلاب على درجة أقل من ٥٠٪ من

الدرجة النهائية لاختبار التفكير المستدام ، وحصول٧٧٪ من الطلاب على درجة أقل من ٥٠٪ من الدرجة النهائية لمقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء.

وبناء على ما سبق تمثلت مشكلة البحث الحالي في انخفاض معرفة الطلاب المعلمين بالابتكار البيئي ومجالاته، وكذلك ضعف مهارات التفكير المستدام، وانخفاض الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لديهم، ومن هنا كان اهتمام البحث الحالي باقتراح برنامج في الابتكار البيئي لتنمية التفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية.

أسئلة البحث:

يسعى البحث للاجابة عن الأسئلة التالية:

١. ما مهارات التفكير المستدام الواجب تنميتها لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية؟
٢. ما البرنامج المقترح في مجالات الابتكار البيئي للطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية؟
٣. ما فاعلية البرنامج المقترح في مجالات الابتكار البيئي في تنمية التحصيل لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية؟
٤. ما فاعلية البرنامج المقترح في مجالات الابتكار البيئي في تنمية التفكير المستدام لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية؟
٥. ما فاعلية البرنامج المقترح في مجالات الابتكار البيئي في تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية؟
٦. ما العلاقة بين التفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء

أهداف البحث:

هدف البحث الحالي إلى:

١. تنمية معرفة الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية بمجالات الابتكار البيئي من خلال دراسة البرنامج المقترح
٢. تنمية التفكير المستدام لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية من خلال دراسة البرنامج المقترح.
٣. تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية من خلال دراسة البرنامج المقترح.
٤. دراسة العلاقة بين التفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء.

أهمية البحث:

نبعت أهمية البحث الحالي في مدى الإستفادة منه من قبل الجهات التالية:

١. القائمون على إعداد برنامج معلم العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية بكلية التربية: حيث قدم البحث برنامجاً مقترحاً في الابتكار البيئي قد يوجه

أنظارهم إلى إضافة موضوعات البرنامج ضمن المقررات التي يدرسها الطلاب.

٢. الباحثون: حيث قدم البحث اختبار تحصيلي، واختباراً للتفكير المستدام، ومقياس للاتجاه نحو المنتجات الخضراء. قد يفيد الباحثين في الاسترشاد بهم عند إجراء دراسات مشابهة.

٣. الطلاب المعلمين: حيث قدم البحث برنامجاً مقترحاً في الابتكار البيئي قد يسهم في تنمية معرفتهم بالابتكار البيئي، وتنمية التفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء لديهم.

فروض البحث:

حاول البحث التحقق من صحة الفروض التالية:

١. يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التحصيل لصالح التطبيق البعدي.

٢. يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير المستدام لصالح التطبيق البعدي.

٣. يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لصالح التطبيق البعدي.

٤. توجد علاقة ارتباطية موجبة دالة إحصائياً بين درجات مجموعة البحث في التطبيق البعدي لاختبار التفكير المستدام ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء.

حدود البحث:

اقتصر البحث الحالي على:

١. مجموعة من طلاب الفرقة الرابعة شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بكلية التربية جامعة أسيوط.

٢. تطبيق البرنامج المقترح في الفصل الدراسي الأول للعام الجامعي ٢٠٢٤/٢٠٢٥، لمدة ١١ أسبوع بمعدل ساعتين اسبوعياً.

٣. أبعاد التحصيل وهي: التذكر، والفهم، والتطبيق، والتحليل، والتركيب، والتقويم.

٤. أبعاد التفكير المستدام وهي: التفكير الاستراتيجي، والتفكير في الأنظمة، والتفكير المستقبلي، والتفكير القيمي، ويتضمن كل بعد مجموعة من المهارات.

٥. أبعاد الاتجاه نحو المنتجات الخضراء وهي: شراءالمنتج الأخضر، وفوائد المنتج الأخضر، وابتكار المنتج الأخضر.

منهج البحث:

تم استخدام المنهج التجريبي ذو المجموعة الواحدة، لقياس فاعلية البرنامج المقترح في تنمية التحصيل والتفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية.

خطوات البحث وإجراءاته:

سار البحث وفقاً للخطوات والإجراءات التالية:

١. الاطلاع على المراجع والدراسات والبحوث السابقة المرتبطة بالابتكار البيئي والتفكير المستدام، والاتجاه نحو المنتجات الخضراء.
٢. إعداد قائمة بمهارات التفكير المستدام، وعرضها على السادة المحكمين، وإجراء التعديلات المطلوبة في ضوء آرائهم.
٣. إعداد برامج مقترح في مجالات الابتكار البيئي، وعرضه على السادة المحكمين، وإجراء التعديلات المطلوبة في ضوء آرائهم.
٤. إعداد أدوات القياس وهي: اختبار التحصيل، واختبار التفكير المستدام، ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء والتأكد من صدقهم وثباتهم.
٥. تحديد مجموعة البحث من طلاب الفرقة الرابعة شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بكلية التربية جامعة أسيوط.
٦. تطبيق الاختبار التحصيلي، واختيار التفكير المستدام، ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء قبلياً على مجموعة البحث.
٧. تدريس البرنامج المقترح لمجموعة البحث.
٨. تطبيق الاختبار التحصيلي، واختيار التفكير المستدام، ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء بعدياً على مجموعة البحث.
٩. رصد النتائج ومعالجتها إحصائياً.
١٠. مناقشة نتائج البحث وتفسيرها.
١١. تقديم التوصيات والمقترحات في ضوء ما يسفر عنه البحث من نتائج.

مصطلحات البحث:

١- **الابتكار البيئي: Environmental Innovation**

يُعرف طواهري الزهرة، وليليا بوروبة (٢٠٢٣، ١٤١) الابتكار البيئي بأنه: تطوير منتج أو أسلوب عمل جديد أو عملية إنتاجيه بحيث تكون أكثر ملاءمة للبيئة وتسهم في الحد من التداعيات البيئية السلبية.

٢- **التفكير المستدام: Sustainable Thinking**

يُعرف التفكير المستدام بأنه: القدرة على تحديد المشكلات الحالية والمستقبلية واتخاذ قرارات مستنيرة حيالها وذلك من خلال إطار عمل ووضع تصور مستقبلي للعواقب السلبية غير المقصودة لتطوير مسارات العمل بحيث

تكون أكثر ملاءمة، ويتم ذلك في إطار قيمي وأخلاقي لاستمرار كوكبنا والحفاظ على حق الأجيال القادمة (أميرة محمد، ٢٠٢٣، ٢٧١).

ويُعرف التفكير المستدام إجرائياً بأنه: عمليات عقلية يمارسها الطلاب المعلمين لتقييم الآثار المترتبة على قرارات وأفعال وسلوكيات الأفراد تجاه البيئة، بهدف إيجاد حلول إبداعية ومستدامة للمشكلات البيئية من منظور استراتيجي ومستقبلي وقيمي ومنظومي، ويقاس بالدرجة التي يحصل عليها الطلاب في اختبار التفكير المستدام المعد لذلك الغرض.

٣- **الاتجاه نحو المنتجات الخضراء: Attitude Towards Green products**

يقصد بالاتجاه نحو المنتجات الخضراء بأنه الموقف الذي يتخذه الفرد نحو عملية شراء المنتج الأخضر سواء بالإيجاب أو السلب Kamalanon,et al, (2022,4).

ويُعرف الاتجاه نحو المنتجات الخضراء إجرائياً بأنه: الموقف الذي يتخذه الطلاب المعلمون نحو شراء المنتج الأخضر، وفوائده، وابتكاره سواء بالإيجاب أو السلب، ويقاس بالدرجة التي يحصل عليها الطلاب في مقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء المعد لذلك الغرض.

الإطار النظرى، والدراسات السابقة

تناول الإطار النظري الابتكار البيئي، والتفكير المستدام، والاتجاه نحو المنتجات الخضراء.

المحور الأول: الابتكار البيئي

أولاً: مفهوم الابتكار البيئي

يطلق على الابتكار البيئي الابتكار الأخضر، أو الابتكار المستدام (Liu,et al ,2024).

ويعرف الابتكار البيئي بأنه: شكل محدد من أشكال الابتكار يهدف إلى تقليل تأثير المنتجات وعمليات الإنتاج على البيئة الطبيعية (Ozusaglam, 2012, 16).

كما يعرف الابتكار البيئي بأنه: المنتجات والعمليات الجديدة أو المعدلة، بما في ذلك الابتكارات التكنولوجية والإدارية والتنظيمية، التي تساعد في الحفاظ على البيئة المحيطة (Weng, et al, 2015, 5000).

بينما يعرف ليليا بوروبة، وليليا بن منصور (٢٠١٨، ٦٤٧) الابتكار البيئي بأنه: تطوير منتج أو أسلوب عمل جديد أو عملية إنتاجية بحيث تكون أقل ضررا وملاءمة للبيئة وتسهم في الحد من الأعباء البيئية، سواء ما تعلق باستنزاف الموارد الطبيعية غير المتجددة أو ما تعلق بكيفية طرح وتيسير العمليات الإنتاجية والاستهلاكية وإعادة تدويرها.

في حين يعرف جودي محمد، وأمينة جودي (٢٠٢١، ٣٤٧) الابتكار البيئي بأنه: نتاج تطوير أفكار جديدة حول المنتجات الخضراء، أو الخدمات الخضراء ،أو العمليات الخضراء أو مناهج إدارية وتنظيمية تأخذ بالاعتبار التقليل من الآثار السلبية الناتجة عنه على البيئة.

كما يعرف الابتكار البيئي بأنه الخدمات والمنتجات والعمليات الصديقة للبيئة التي لا تضر أو تقلل من تدهور البيئة وتعزز الموارد الطبيعية Ahmed.,et (al,2023,1)

استنادًا إلى التعريفات السابقة للابتكار البيئي يمكن القول بأن الابتكار البيئي هو تطوير أفكار أو منتجات جديدة أو معدلة أو خدمات أو عمليات إنتاجيه أو استراتيجيات إدارية وتنظيمية، بحيث تكون أكثر ملاءمة للبيئة، وتعزز الكفاءة في استخدام الموارد الطبيعية، وتدعم التنمية المستدامة.

ثانياً: أهداف الابتكار البيئي:

يمكن إجمال أهداف الابتكار البيئي فيما يلي (عواطف عيشوش، وسناء طباخي، ٢٠٢٠، ١٠١) (ليليا بوروبة، وليليا بن منصور، ٢٠١٨، ٦٥١)، (Fei, et al, 2016,166):

- كفاءة استخدام الموارد
- الحفاظ على استدامة استخدام الموارد الطبيعية
- تقليل الانبعاثات وتنميه الاقتصاد في نفس الوقت
- تقليل الغازات المسببة للاحتباس الحراري
- العمل على إدارة وتقليل النفايات
- توليد واستخدام الطاقة المتجددة
- كفاءة استخدام الطاقة
- التحسين المباشر لجودة البيئية
- توفير فرص عمل جديدة لأفراد المجتمع

ثالثاً: أبعاد أو عناصر الابتكار البيئي

يوجد ثلاثة أبعاد أو عناصر للابتكار الأخضر هي: (Cheng., et al 2014,5-6)، (جودي محمد، وأمينة جودي ،٢٠٢١، ٣٤٨-٣٤٩).

ا- **ابتكار المنتجات الخضراء:** يقصد بالمنتجات الخضراء المنتجات المصممة والمصنوعة بأقل تأثير بيئي طوال دورة حياة المنتج بالكامل، بدء من الحصول على المواد الخام إلى عمليات الإنتاج، واستخدام المنتج، وفي النهاية التخلص منه (Charu, & Pandey,2024,94).

ويسهم ابتكار المنتج الأخضر في إدخال منتجات جديدة أو تحسين المنتجات الحالية لتكون أقل ضررا ، وأكثر ملاءمة للبيئة (طواهرى، ، وليليا ، ٢٠٢٣، ١٤٢)، ويهدف ابتكار المنتجات الخضراء إلى إعادة تصميم المنتجات باستخدام مواد غير سامة أو قابلة للتحلل البيولوجي خلال مراحل الإنتاج، كما

يهدف تقليل التأثيرات البيئية عند التخلص منها وتحسين كفاءة استخدام الطاقة، ويتطلب هذا الابتكار تبني رؤية شاملة لدورة حياة المنتج، بدءًا من التصنيع وصولًا إلى التوزيع، مرورًا بالاستخدام ومن ثم التخلص منه أو إعادة تدويره - أي اتباع نهج "من المهد إلى المهد". بوجه أدق، يتضمن ابتكار المنتجات الخضراء تعزيز متانة المنتجات وقابليتها لإعادة التدوير، وتقليص استخدام المواد الخام، واختيار مواد خام صديقة للبيئة، والتخلص من المواد الضارة (Xie, et al,2019, 698)

كما أن فوائد المنتجات الخضراء لا يمكن إنكارها فعلى سبيل المثال، تعمل الأجهزة الموفرة للطاقة على تقليل انبعاثات الغازات المسببة للانحباس الحراري، في حين تعمل المواد القابلة للتحلل البيولوجي على تخفيف العبء على مكبات النفايات، كما يمكن للمنتجات الخضراء أن تعزز الصحة العامة من خلال الحد من التعرض للمواد الكيميائية الضارة، وأظهرت الدراسات العديد من الفوائد المرتبطة بالمنتجات الخضراء فهي تسهم بشكل كبير في حماية البيئة، والصحة العامة، والحفاظ على الموارد، والنمو الاقتصادي (Charu, & Pandey, 2024,93-94)

٢- **ابتكار العمليات الخضراء**: يعني الابتكار في العمليات الخضراء تعديل عمليات التصنيع والأنظمة لإنتاج منتجات صديقة للبيئة تحقق الأهداف البيئية، فهو استخدام طرائق مبتكرة لتقليل الآثار البيئية السلبية الناجمة عن عمليات الإنتاج، أي تشمل أنشطة تقلل من الانبعاث أو النفايات وتشمل إعادة التدوير وخفض استهلاك الطاقة والمواد الخام(وهيبه مقدم، ٢٠٢١، ١٥٢)، كما يهدف الابتكار في العمليات الخضراء إلى تقليل استهلاك الطاقة خلال عملية الإنتاج أو تحويل النفايات إلى مواد ذات قيمة بوجه خاص، ويتضمن هذا الابتكار تقليص الانبعاثات، وتقليل استهلاك المياه، وتعزيز كفاءة استخدام الموارد والطاقة، بالإضافة إلى الانتقال من الوقود الأحفوري إلى الطاقة الحيوية، وقد أظهرت الأبحاث السابقة أن الابتكار في العمليات مرتبط ارتباطًا وثيقًا بابتكار المنتجات، نحن نفترض أن الابتكار في العمليات الخضراء يرتبط إيجابيًا بابتكار المنتجات الخضراء. (Xie,et al,2019, 698))

٤- **ابتكار التنظيم الأخضر:** يشير التنظيم الأخضر إلى اعتماد ممارسات وسياسات داخل المؤسسات تعزز من الكفاءة البيئية فإن التنظيم الأخضر يشمل تطوير استراتيجيات إدارية تدعم الاستدامة، مثل تقليل استهلاك الطاقة في المكاتب واستخدام موارد متجددة (Weng, et al,2015)، وأن الابتكارات التنظيمية البيئية تشمل برامج التدريب البيئي، وبرامج تصميم المنتجات البيئية، وتقنيات التعلم البيئي، أو إنشاء فرق إدارية للتعامل مع القضايا البيئية وبالتالي فإن الابتكارات البيئية التنظيمية مرتبطة بالجهود الإدارية الرامية إلى تجديد الإجراءات أو الآليات أو الأنظمة لإنتاج ابتكارات بيئية في النهاية،

وباختصار، ترتبط ابتكارات العمليات البيئية بشكل مباشر بأنشطة العمليات، في حين ترتبط الابتكارات البيئية التنظيمية بشكل غير مباشر بأنشطة العمل الأساسية والبنية الأساسية للمنظمة، وتؤثر في النهاية على أنظمة الإدارة بأكملها (Cheng., et al ,2014,6).

رابعاً: مجالات الابتكار البيئي

يعد الابتكار البيئي من أهم الأساليب الحديثة التي توظف التكنولوجيا لحماية البيئة وتحقيق التنمية (وهيبة مقدم، ٢٠٢١، ١٤٧)، وفيما يلي عرض لبعض مجالات الابتكار البيئي مع التركيز على دور العلوم البيولوجية في هذه المجالات:

١. **الابتكار البيئي في مجال الزراعة المستدامة**

الزراعة المستدامة هي نهج زراعي يسعى إلى تحقيق التوازن بين تلبية الاحتياجات البشرية من الغذاء والحفاظ على البيئة ومواردها الطبيعية للأجيال القادمة، تعتمد هذه الطريقة على استخدام تقنيات صديقة للبيئة منها:

- **الزراعة العضوية:** هي نظام زراعي يعتمد على استخدام المواد الطبيعية البيولوجية في الزراعة بدلا من الأسمدة الكيماوية والمبيدات ومواد المكافحة الضارة بالصحة العامة، كما لا يسمح فيه باستخدام السلالات والكائنات المحورة وراثيا وكذلك الإشعاع المؤين والمواد الحافظة في عمليات التصنيع والإعداد أو التعليب، وبالتالي تصل المواد الغذائية إلى المستهلك بحالتها الطبيعية (Srivastava& Kumar, 2022,7-12)، وتعد الزراعة العضوية نهجًا حيويًا لحماية صحة الإنسان والبيئة، ومن أبرز فوائدها: تعزيز التنوع البيولوجي، وتحسين جودة التربة، وتقليل الأثر البيئي، وإنتاج غذاء صحي، وتخفف من آثار تغير المناخ (Huzenko& Kononenko, 2024, 125)
- **أسمدة ومحفزات حيوية صديقة للبيئة:** يمكن وصف الأسمدة العضوية في المقام الأول بأنها منتجات ثانوية للنفايات الحيوانية والنباتية، ويمكن للأسمدة العضوية أن توفر كل من المغذيات الكبرى، مثل النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفور والكبريت، والمغذيات الدقيقة، مثل الحديد والزنك، بطريقة متوازنة، فهي تحفز إطلاقًا بطيئًا للمغذيات في التربة السطحية مع تحسين نمو ونشاط الميكروبات، مما يساعد على تحسين توفر المغذيات والمياه داخل التربة، كما تعمل هذه العمليات على تحسين بنية التربة (Khan,et al ,2024)، تعرّف المحفزات بأنها "مادة أو كائنات دقيقة وظيفتها عند وضعها على النباتات أو منطقة الجذور تحفز العمليات الطبيعية لتعزيز إفادة امتصاص المغذيات، وكفاءة المغذيات، والتسامح مع الإجهاد غير الحيوي، وجودة المحصول(Xu, & Geelen,2018).

- **الزراعة بدون تربة :** تعني زراعة النباتات دون استخدام التربة كوسط لنمو الجذور، بحيث يتم إضافة العناصر المغذية غير العضوية إلى مياه الري بتراكيز مناسبة ويطلق عليه مسمى المحلول المغذي، وتنمو الجذور إما مباشرة في المحلول المغذي أو يتم استخدام أوساط بديلة للتربة لتنمية الجذور مثل البيتموس وألياف جوز الهند وغيرها، وتنقسم أنظمة الزراعة بدون تربة حسب الوسط المستخدم للزراعة إلى ثلاثة أقسام رئيسة الزراعة المائية، والزراعة الهوائية، والزراعة في الأوساط الصلبة، ومن أهم فوائد الزراعة بدون تربة توفير الماء، والتوفير في الأسمدة، وزيادة كمية النباتات في وحدة المساحة، واستغلال الأراضي غير القابلة للزراعة، والتقليل من استعمال المبيدات، و إنتاج غذاء عالي الجودة (عماد مصطفى، ٢٠٢٣ ، ٢-٥٨).
- **دور الكائنات الدقيقة في تحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية**: تؤدي الكائنات الحية الدقيقة دورًا مهمًا في الزراعة المستدامة حيث يمكنها دعم نمو النباتات والعمل ضد مسببات الأمراض بطريقة صديقة للبيئة، حيث يمكن للبكتيريا والفطريات التي تسكن منطقة الجذور أن تعمل كسماد حيوي يعزز نمو النباتات وتطورها من خلال تسهيل تحمل الإجهاد الحيوي وغير الحيوي ودعم تغذية النباتات المضيفة، ويمكنها أيضًا أن تعمل كمبيدات حيوية حيث تقتل العديد من الكائنات الحية الدقيقة الحشرات والآفات الأخرى التي تهدد المحاصيل، وعلاوة على ذلك تتمتع الكائنات الحية الدقيقة بالقدرة على تحلل السموم وإزالتها من المركبات العضوية وغير العضوية الضارة التي تتراكم في التربة كمواد ملوثة، والتي هي نتيجة للعديد من الأنشطة، بما في ذلك الممارسات الزراعية، وهي تمارس عمل المعالجة الحيوية التي تفيد صحة التربة والنبات(Ortiz, & Sansinenea,2022).

٢. الابتكار البيئي في مجال الطاقة المستدامة

تتطلب أزمات المناخ والطاقة المتشابكة انتقالًا عاجلاً إلى الطاقة المتجددة من أجل الاستدامة والحد من الانبعاثات، ويتم الحصول على الطاقة المتجددة من مصادر متجددة منها:

- **الوقود الحيوي :** يوفر الوقود الحيوي بديلاً مستدامًا للتخفيف من استنفاد الوقود الأحفوري وتغير المناخ ، والوقود الحيوي هو أي وقود صلب أو سائل أو غازي يتم إنتاجه من الكتلة الحيوية المتجددة، مثل النباتات والنفايات العضوية، من خلال عمليات بيولوجية ، ويصنف الوقود الحيوي إلى أجيال مختلفة بناءً على المواد الخام وتكنولوجيا الإنتاج، حيث يتم اشتقاق الوقود الحيوي في الجيل الأول من المحاصيل الغذائية مثل الذرة وقصب السكر والزيوت النباتية، ويستخدم الوقود الحيوي من الجيل

الثاني الكتلة الحيوية غير الغذائية مثل المخلفات الزراعية والخشب والنفايات، ويمثل الوقود الحيوي من الجيل الثالث، والذي يشمل المحاصيل المخصصة للطاقة والطحالب، خيارات أكثر تقدمًا واستدامة((El-Araby, 2024)

- **استخدام الطحالب في إنتاج الطاقة:** إن الطحالب من المصادر الواعدة للوقود الحيوي، وإن قدرة الطحالب الدقيقة على النمو بسرعة من خلال التمثيل الضوئي وثاني أكسيد الكربون والمغذيات تجعلها مصادر مثالية للوقود الحيوي الذي لا يتنافس على الموارد من المحاصيل الغذائية مثل الذرة، ، وهناك طرق مختلفة لتحويل المواد الخام أو الكتلة الحيوية من الطحالب إلى وقود حيوي من خلال عمليات التحويل المختلفة مثل الاسترة والتخمير والتحلل الحراري والهضم اللاهوائي، ويتمتع الوقود الحيوي من الطحالب بالعديد من المزايا مقارنة بالوقود الأحفوري، بما في ذلك انخفاض انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري وانبعاثات الكربون، وتحسين جودة الهواء، وكفاءة عالية في الإنتاج، وإمكانية الإنتاج المستدام، وتقليل النفايات(Neeti,et al,2023)

٣. الابتكار البيئي في مجال إدارة النفايات وإعادة التدوير

تعد النفايات من أبرز التحديات البيئية التي تواجه العديد من المجتمعات، وتتزايد كميات النفايات بشكل مستمر نتيجة للنمو السكاني والتطور الصناعي، مما يجعل معالجة هذه النفايات أمرًا ضروريًا للحفاظ على البيئة وصحة الإنسان.

- **إدارة المخلفات الزراعية لإنتاج منتجات صديقة للبيئة:** إن الأساليب المناسبة والصديقة للبيئة لاستخدام النفايات الزراعية وتحويلها إلى موارد قيمة ضرورية للغاية؛ للتخفيف من تغير المناخ، وتقليل التلوث البيئي، وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، كما أن إعادة تدوير المخلفات الزراعية له فوائد بيئية وقيمة اقتصادية كبيرة، وتستخدم المخلفات الزراعية في إنتاج الأعلاف غير التقليدية، والسماد العضوي، وإنتاج الطاقة المتجددة (الوقود الحيوي)، وتصنيع البلاستيك الحيوي ومواد البناء، وفي زراعة بعض المحاصيل على بالات قش الأرز، مما يعود بالنفع على البيئة والاقتصاد وصحة الإنسان Elbasiouny,et al (2020,149,) ، (Sumiyati,et al ,2024,907).
- **دور الكائنات الدقيقة في معالجة النفايات وإعادة التدوير:** تؤدي الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والفطريات والطحالب دورًا مهمًا في معالجة النفايات بشكل فعال ومستدام، سواء كانت نفايات عضوية أو مياه ملوثة أو معادن ثقيلة، وتم استخدام مجموعة واسعة من الكائنات الحية الدقيقة بشكل فعال في إدارة النفايات مثل: Bacillus sp. Corynebacterium sp.

و Staphylococcus sp. و Streptococcus sp. و Scenedesmus platydiscus و S. quadricauda ، والطرق الأكثر شيوعًا وفعالية في إدارة النفايات هي: التسميد، والتحلل البيولوجي، والمعالجة البيولوجية، والتحول البيولوجي، كما تقوم الكائنات الحية الدقيقة بتحلل البلاستيك الحيوي، ومعالجة مياه الصرف الصحي Adebayo& Obiekezie, (,2018,38)، (Mondal& Palit,2019,498-507) .

رابعاً: أهمية تدريس الابتكارات البيئية

يشير جودي رمزي ، وأمينة جودي (٢٠٢١، ٣٥١) إلى أن للابتكار البيئي دوراً في تحقيق التنمية المستدامة؛ فيسهم الابتكار في المنتجات الخضراء في تحقيق الاستدامة من خلال استهلاك مواد أولية أقل، ومواد يمكن إعادة تدويرها، كما يسهم الابتكار في العمليات الخضراء في تحقيق التنمية المستدامة من خلال استهلاك طاقة تشغيل أقل ، وتقليل النفايات والانبعاثات مما يحد من الآثار السلبية للبيئية والتي في مقدمتها التلوث البيئي، كما يسهم الابتكار التنظيمي في تحقيق التنمية المستدامة من خلال تشجيع الأفراد على التنفيذ الناجح للأفكار الإبداعية في بيئة المنظمة، والتي يمكن تجسيدها في منتج جديد صديق للبيئة أو من خلال ابتكار طريقة عمل جديدة ليس لها آثار سلبية على البيئة.

وقد تسهم الابتكارات البيئية في تخفيف تغير المناخ والتأقلم معه لنظافة مياه المحيطات والأنظمة البيئية البحرية وحمايتها والحفاظ عليها والاستخدام المستدام لها، علاوة على ذلك قد يساعد كل من الابتكار والتكنولوجيا بشكل أساسي في حماية التنوع الحيوي وتعزيز الاستخدام المستدام للأنظمة البيئية الأرضية ومكافحة التصحر وتدهور الأراضي ومنع فقدان التنوع الحيوي، ويمكن أن يساعد البحث والتطوير الابتكاري في تحقيق أهداف التنمية المستدامة بخطى سريعة في عدد من المجلات مثل التعليم والصحة والمياه والطاقة ، وزيادة الفعالية في إنتاج الطاقة النظيفة وتوزيعها أو في الزراعة بابتكار طرق جديدة لزيادة المحاصيل(طواهري الزهرة ، وليليا بوروبة ، ٢٠٢٣، ١٤٣)

واستناداً إلى ما تم عرضة تتضح أهمية الابتكار البيئي في مواجهة التحديات البيئية مثل التغيرات المناخية والتلوث ونضوب الموارد، وكذلك أهميته في الحفاظ على النظم البيئية الطبيعية والتنوع البيولوجي، وتحقيقه للاستدامة، لذا معرفة معلمي العلوم للابتكار البيئي لأمر ضروريً نظرًا لدورهم المستقبلي في تنمية وعي الأجيال القادمة بأهمية الابتكار البيئي ودروه في تحقيق الاستدامة، وتنمية مهارات طلابهم على الابتكار البيئي.

وفي إطار الاهتمام بالابتكار البيئي أو الأخضر فقد تناولته بعض الدراسات منها دراسة رسول ثامر (٢٠٢٣) والتي هدفت إلى تعرف أبعاد الابتكار البيئي المستدام لدى مدرسي علم الأحياء للمرحلة الثانوية وعلاقتها بالتكنولوجيا الخضراء، كما توصلت دراسة شيماء بهيج (٢٠٢٢) فاعلية برنامج في الاقتصاد

المنزلي المبني على مفاهيم الابتكار الأخضر لتنمية التفكير المستدام والمواطنة البيئية للتلاميذ بمدارس التعليم المجتمعي.

المحور الثاني التفكير المستدام:

أولاً: مفهوم التفكير المستدام

يقصد بالتفكير المستدام أن يكون الأفراد قادرين وراغبين في تقييم آثار أفعالهم المهنية بشكل نقدي والأهم من ذلك، أن يكون لديهم المهارات اللازمة لتقديم حلول إبداعية لمشاكل معقدة (Huntzinger, et al, 2007 ,220).

كما يُعرف التفكير المستدام بأنه: القدرة على تقييم تأثير التهديدات والفرص في أي إجراءات يتم اتخاذها، ولا يأخذ الربح في الاعتبار عند اتخاذ القرار فحسب، بل يأخذ في الاعتبار أيضا فائدته للبشر والكواكب (Deniz,2016.77).

ويقصد بالتفكير المستدام مجموعة من القدرات التي تتطلب من الأفراد تحديد وتقييم واستخدام المعلومات المطلوبة بشكل فعال للتغلب على التحديات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية من أجل تحقيق التنمية الاقتصادية للأمم والمجتمعات والمؤسسات والأفراد (Repanovici,et al ,2021).

في حين تعرف منال علي (٢٠٢٢، ١٢٩) التفكير المستدام بأنه: مجموعة السلوكيات والعمليات العقلية التي يمارسها الأفراد، بهدف حل القضايا والمشكلات الواقعية المرتبطة بالاستدامة من منظور شمولي, واستراتيجي، ومستقبلي، وقيمي.

كما تعرف رشا أحمد (٢٠٢٢، ١٩٧) التفكير المستدام بأنه: مجموعة من المهارات العقلية التي يمارسها الأفراد لإيجاد حلول المشكلات والقضايا الواقعية من منظور شمولي واستراتيجي ومستقبلي وقيمي.

ومن خلال التعريفات السابقة يمكن تعريف التفكير المستدام بأنه: عملية عقلية متكاملة تعتمد على تقييم الآثار المترتبة على قرارات وأفعال وسلوكيات الأفراد اتجاه البيئة من منظور شامل واستراتيجي، بهدف إيجاد حلول إبداعية ومستدامة للمشكلات البيئية، مع مراعاة القيم الأخلاقية والرؤية المستقبلية للحفاظ على موارد كوكب الأرض وضمان حقوق الأجيال القادمة.

ثانياً: أبعاد التفكير المستدام

للتفكير المستدام أربعة أبعاد هي (Warren, et al,2014,28-30):

١. **التفكير الاستراتيجي**

يُعرف محمد عبد الغني (٢٠٠٨، ٣١) التفكير الاستراتيجي بأنه: الطريق الابتكاري للتفكير في كيفية تكوين رؤية مستقبلية للقضايا المتوقعة، والتنبؤ بالفرص والتهديدات التي يمكن أن تواجهها، وتصور السيناريوهات المستقبلية للتعامل معها، بما يضمن البقاء والاستمرارية والنمو.

في حين يُعرف سلامة صابر، وصفاء علي (٢٠١٧، ٣١-٣٤) التفكير الاستراتيجي بأنه :مجموعة من المهارات والقدرات التي تسهم في تنمية تنبؤات المستقبل واتخاذ القرارات الصائبة التي تعمل على تحسين المستقبل.

ويرى مدحت محمد (٢٠١٢، ٥٨-٥٩) أن مهارات التفكير الاستراتيجي هي تحليل البيانات والمعلومات وتفسيرها، والاختيار الاستراتيجي، وتحديد الموارد والإمكانات المتاحة واستخدامها بكفاءة، واتخاذ القرارات الاستراتيجية.

وأشار Kazmi, et al (٢٠١٦, ٦٧٥) إلى أن مهارات التفكير الاستراتيجي هي: التخطيط والتنفيذ، واتخاذ القرار، وحل المشكلات.

٢. التفكير في الأنظمة

أن التفكير في الأنظمة هو القدرة على التفكير في النظام ككل، بدلاً من النظر إلى الأجزاء بشكل فردي فقط (Sanneh,2018, 6).

ويُعرف التفكير في الأنظمة بأنه: نظام من المهارات التحليلية المتكاملة المستخدمة لتحسين القدرة على تحديد وفهم الأنظمة، والتنبؤ بسلوكياتها، ووضع التعديلات عليها من أجل إنتاج التأثيرات المرغوبة (Arnold & Wade, 2017,9).

كما يُعرف التفكير في الأنظمة بأنه: قدرة الفرد على تحليل المنظومات الكلية إلى منظومات فرعية وإعادة تركيب المنظومات من مكوناتها، وإدراك العلاقات داخل المنظومة وبين المنظومات الأخرى، والرؤية الشاملة لأى موضوع دون أن يفقد جزئياته (جميلة بنت عبدالله، ٢٠١٩، ٦٣).

ويتضمن التفكير في الأنظمة مهارات تحديد مكونات النظام والعمليات، وتحديد العلاقة بين المكونات المنفصلة، والقدرة على تحديد العلاقات الديناميكية بين مكونات النظام، وفهم طبيعة دورة النظام وترتيب المكونات ووضعها في شبكة من العلاقات، وإجراء التعميمات، وفهم المكونات المخفية للنظام وتطور النظام بمرور الوقت (Ekselsa,et al ,2023,6).

وأشار Arnold & Wade (2017, 10) إلى أن التفكير في الأنظمة يتضمن مهارات تحديد الأنظمة، وفهم الأنظمة، والتنبؤ بسلوك النظام، وابتكار تعديلات على الأنظمة لإنتاج التأثيرات المرغوبة.

٣. التفكير المستقبلي:

يُعرف التفكير المستقبلي بالتفكير الاستشرافي، ويشمل التفكير المستقبلي القدرة على التحليل والتقييم وصياغة صور غنية للمستقبل تتعلق بقضايا الاستدامة وأطر حل مشاكل الاستدامة (Warren, et al,2014,28).

ويقصد بالتفكير المستقبلي القدرة على التنبؤ العقلي وتحديد التجارب والأحداث التي قد تحدث في المستقبل الشخصي للفرد، سواء كانت الأحداث على وشك الحدوث أو قريبة أو بعيدة (Kvavilashvili, & Rummel, 2020, 210).

كما يُعرف التفكير المستقبلي بأنه: العملية التي من خلالها يستكشف المتعلم المستقبل من خلال ربط الماضي بالحاضر، واستنتاج الأحداث المستقبلية من مقدماتها، والإيمان بحلول المشكلات الحالية والمستقبلية من خلال وضع رؤى لما

يمكن أن يحدث في المستقبل بناءً على قاعدة المعلومات لديه (فايزة أحمد، وهند أحمد، ٢٠٢٢، ١٤٠).

ويتضمن التفكير في المستقبل القدرة على(Warren, et al,2014,28) :

- توقع العواقب المستقبلية المحتملة للتقاعس في الوقت الحاضر.
- التنبؤ بالأحداث.
- تخيل تنوع المستقبل بناءً على التغيير في ديناميكية أو متغير واحد أو أكثر.
- النظر في المستقبل باعتباره طموحًا، وخلق المستقبل بدلاً من قبول المستقبل.
- التعامل مع العواقب غير المقصودة المحتملة للتدخلات والأفكار أو الحلول التي نصنعها من خلال الإدارة التكيفية.
- تصور جوانب المستقبل المختلفة.

وحددت دراسة إيناس فهمي (٢٠٢١، ٥٣) مهارات التفكير المستقبلي في: مهارة التصور المستقبلي، ومهارة التخيل المستقبلي، ومهارة التوقع المستقبلي، ومهارة حل المشكلات المستقبلية.

٤. التفكير القيمي:

يُعرف التفكير القيمي بالتفكير القائم على القيم، والتفكير التوجيهي، والتفكير الأخلاقي، ولأن الاستدامة مجال موجه نحو حل المشكلات ومدفوع بالحلول، فإن الحلول المحتملة تتطلب التفكير القائم على القيم، ويشمل ذلك "القدرة على رسم خرائط جماعية وتحديد وتطبيق وتوفيق والتفاوض على قيم الاستدامة ومبادئها وأهدافها وأغراضها (Wiek,et al ,2011,209).

ويركز التفكير القيمي على الاعتراف بدور القيم الشخصية في صنع القرار الفردي والجماعي، وهو يشمل مفاهيم العدالة والمساواة والنزاهة الاجتماعية والبيئية والأخلاق، وهذا يعني أيضًا فهم كيفية اختلاف هذه المفاهيم عبر الثقافات وداخلها، وكيف يسهم دمج هذه المفاهيم في حل مشاكل الاستدامة (Holifield, 2011, 1).

ومن الجوانب الأساسية للتفكير القيمي النظر في تأثير المشكلات الحالية والحلول المحتملة على مجموعة متنوعة من الفئات المختلفة، ويجب أن تكون الحلول عادلة لجميع الأطراف المعنية وشفافه لضمان النزاهة، كما ينبغي أن يراعي تطوير الحلول المستدامة إشراك جميع المتأثرين بها، بحيث لا تعود بالفائدة على فرد أو مجموعة بعينها فقط (Warren, et al,2014,29).

وحددت دراسة انتصار محمد (٢٠٢٤، ٩١) مهارات التفكير القيمي في: تقييم المشكلة وسياقها – تحليل الإيجابيات والسلبيات- اتخاذ قرار أو حكم- التأمل في العواقب المحتملة - تحديد القيم والمبادئ والسلوك الأخلاقي.

ثالثاً: أهمية تنمية التفكير المستدام لدى معلمي العلوم:

للتفكير المستدام أهمية كبيرة في تدريس العلوم وتعلمها حيث يتضمن أربعة أبعاد تمثل كل منها جانب مهم من جوانب اتخاذ القرار والتفكير على نحو صحيح لصالح الأجيال القادمة (مروة محمد، ٢٠١٩، ١٢٥).

وتمثل تنمية التفكير المستدام ودمج مفهوم الاستدامة في ثقافة المتعلمين تحدياً كبيراً وفي نفس الوقت فهو أمر بالغ الأهمية لاستمرار الحياة، لذا فمن الضروري تعديل المناهج لتشمل جوانب الاستدامة وإتاحة الفرص للمتعلمين لفحص الافتراضيات المتناقضة الكامنة وراء وجهات النظر العالمية، وتطوير فهمهم وتصوراتهم حول التفاعلات المتداخلة بين البشر والبيئية (Zeiss, 2018,734).

ويهدف التفكير المستدام إلى تعزيز السلوكيات والقيم التي تنظم تفكير الفرد لاتخاذ القرارات المناسبة والسليمة، كما يقوم على تقييم القرارات قبل اتخاذها، وبذلك فإن التفكير المستدام يتطلب النظر في الرؤي المستقبلية، وتقييم الوضع الراهن، والتصرف على نحو مستدام من خلال وضع الخطط وإيجاد حلول للمشكلات المختلفة التي تواجههم في البيئة (Mayer.,et al,2020,224-225).

كما يهدف التفكير المستدام إلي (Zoller.,2015,4479):

- التعرف على المشكلات وتداعياتها.
- فهم جوهر المعرفة والمفاهيم والعواقب الفعلية المتضمنة.
- تقدير أهمية ومعنى الحلول البديلة المختلفة الممكنة (القرارات).
- ممارسة حل المشكلات.
- تحديد معلومات والبيانات ذات الصلة.
- تحليل المعلومات لمعرفة مدى معقوليتها وموثوقيتها وصلاحيتها.
- وضع الإجراءات وتخطيط الاستراتيجيات المناسبة للتعامل مع المشكلات في المستقبل.
- تطبيق أحكام القيمة والاستعداد للدفاع عنها.
- اتخاذ قرار (أو اتخاذ موقف)
- التصرف وفقًا للقرار المتخذ.
- تحمل المسؤولية.

وفي ضوء ما سبق تتضح أهمية تنمية التفكير المستدام لدى معلمي العلوم حيث إنه يساعد معلمي العلوم على تدريس موضوعات الاستدامة بفاعلية، وينمي قدرتهم على اتخاذ قرارات مدروسة تراعي التأثيرات البيئية، وينمي القيم والسلوكيات الإيجابية لديهم مما ينعكس على طلابهم، كما ينمي مهارات حل المشكلات البيئية من خلال تحليل القضايا البيئية ووضع خطط مستدامة لمواجهتها، ويهيئ المعلمين ليكونوا قادة تربويين قادرين على مواجهة التحديات البيئية وإيجاد حلول مستدامة لها.

ونظراً لأهمية تنمية التفكير المستدام فقد تناولته العديد من الدراسات منها: دراسة مروة محمد (٢٠١٩) التي هدفت إلى بناء برنامج مقترح في الأهداف الأممية للتنمية المستدامة ٢٠٣٠وتعرف أثره على تنمية التفكير المستدام لدى الطلاب معلمي العلوم بكليات التربية ، كما هدفت دراسةStarker, et al (2020) إلى تدريب الطلاب على التفكير المستدام من خلال تدريسهم موضوع عن المياه باستخدام الهواتف الذكية، وتوصلت دراسة عصام محمد (٢٠٢٠) إلى فاعلية وحدة في العلوم متضمنة لأبعاد التعليم للتنمية المستدامة في تنمية التفكير المستدام لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية، كما هدفت دراسة, Ozis, et al (2020) إلى تقييم تنمية التفكير المستدام لدى طلاب الهندسة المدنية والبيئية، وأشارت نتائج دراسة منال علي (٢٠٢٢) إلى فاعلية برنامج مقترح في ضوء أبعاد التنمية المستدامة والاقتصاد الأخضر في تنمية التفكير المستدام لدى طلاب الشعب العلمية بكلية التربية، كما هدفت دراسة رشا أحمد (٢٠٢٢) إلى تطوير منهج الأحياء للصف الأول الثانوي في ضوء مفاهيم الاقتصاد الأخضر وتعرف أثره على تنمية مهارات التفكير المستدام لدى الطلاب، وتوصلت دراسة إيمان وفقي (٢٠٢٣) إلى فاعلية استخدام نموذج مكارثي في تدريس العلوم لتلاميذ الصف الخامس الابتدائي في تنمية مهارات التفكير المستدام، كما هدفت دراسة انتصار محمد (٢٠٢٤) إلى تعرف فعالية وحدة مقترحة لمواجهة التحديات المناخية باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تنمية التفكير المستدام لدى طلاب المرحلة الثانوية.

المحور الثاني: الاتجاه نحو المنتجات الخضراء

أولاً: مفهوم الاتجاه نحو المنتجات الخضراء

يعرف كمال عبد الحميد (٢٠٠٤، ٤٠١) الاتجاه بأنه شعور الفرد العام والثابت نسبياً الذي يحدد استجاباته نحو موضوع معين أو قضية معينة من القبول أو الرفض، التأييد أو المعارضة، المحاباة أو المجافاة.

كما يعرف الاتجاه بأنه محصلة الأفكار والانفعالات والسلوكيات سواء أكانت إيجابية أم سلبية، والتي يبديها الفرد نتيجة خبراته إزاء فكرة معينة أو فرد أو شيء (ناصر بن سعد، ٢٠١٥، ١٨٩).

ويقصد بالاتجاه نحو المنتجات الخضراء بأنه الموقف الذي يتخذه الفرد نحو عملية شراء المنتج الأخضر سواء بالإيجاب أو السلب (Kamalanon,et al, 2022,4)

ومما سبق يمكن تعريف الاتجاه نحو المنتجات الخضراء بأنه الموقف الذي يتخذه الأفراد نحو شراء المنتج الأخضر، وفوائده، وابتكاره. سواء بالإيجاب أو السلب.

ثانياً: أهمية تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء

تُشير التقارير إلى تزايد حدة تغير المناخ ومستويات التلوث عامًا بعد آخر، مما يجعل من الضروري أن يتعاون جميع الأطراف المعنيين لحماية البيئة والحد

من تدهورها، ويمكن تحقيق ذلك من خلال التركيز على تصميم وإنتاج واستهلاك المنتجات الخضراء، ورغم الجهود التي تبذلها الحكومات والشركات في تصميم وإنتاج المنتجات الخضراء، فإن التحول نحو سلوك استهلاكي أكثر استدامة لا يزال ضرورة ملحة، من هنا يصبح تثقيف الشباب، وخاصة الطلاب الجامعيين، ورفع مستوى وعيهم وأهمية تبني أنماط استهلاك مستدامة أمرًا حيويًا، فهم يمثلون الجيل الذي سيقود مستقبل الكوكب ويحافظ عليه(Tan, 2018).

فكلما زاد اهتمام السوق وشراء المنتجات الخضراء، كلما أمكن تقليل الاستنزاف البيئي(Ghazali.,et al., 2021,3) ، وإن الاتجاه المتزايد للمنتجات الخضراء هو تطور إيجابي مع إمكانية خلق مستقبل أكثر استدامة مدفوعًا بالوعي البيئي والاستهلاك الأخلاقي والتقدم التكنولوجي (Charu, & Pandey, 2024,95)

في ضوء ما سبق يمكن القول بأن تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى الطلاب المعلمين أمرًا بالغ الأهمية خاصة معلمي العلوم، نظرًا لدورهم المستقبلي في تشكيل وعي الأجيال القادمة بأهمية الاستدامة البيئية، حيث يُسهم تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء في ترسيخ قيم حماية البيئة والاستهلاك المسؤول، كما أن تبني الطلاب المعلمين لهذه القيم يجعلهم نماذج يُحتذى بها داخل المدارس وخارجها، حيث يمكنهم التوعية بأهمية اختيار المنتجات الصديقة للبيئة، بما يدعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

وفي ضوء أهمية المنتجات الخضراء فقد تناولتها بعض الدراسات منها: دراسة Tan (2018) التي توصلت إلى أن المعرفة البيئية للطلاب كان لها تأثير إيجابي كبير على السلوك الاستهلاكي اتجاه المنتجات الخضراء، كما هدفت دراسة نهى يوسف ، ومديحة حمدي (٢٠٢٢) إلي هندسة منهج مستقبلي في الاقتصاد المنزلي في ضوء متطلبات المدرسة الخضراء لغرس مفاهيم الاستدامة ومهارات ابتكار المنتج الأخضر لطالبات المدارس الإعدادية المهنية ، وأشارت نتائج دراسة أسامة جبريل (٢٠٢٢) إلي فاعلية برنامج في المنتجات الخضراء قائم على نظرية السلوك المخطط في تنمية نية سلوك الشراء الأخضر والمعرفة البيئية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء، وتوصلت دراسةKamalanon,et al (2022) إلى أن نية الشراء الخضراء تؤثر بشكل إيجابي وهام على سلوك الشراء الأخضر.

الإجراءات المنهجية للبحث:

للإجابة عن أسئلة البحث والتحقق من صحة الفروض تم اتباع الإجراءات التالية:

١- إعداد مواد البحث وأدواته:

أولاً: إعداد قائمة بمهارات التفكير المستدام الواجب تنميتها لدى طلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية.

لإعداد قائمة بمهارات التفكير المستدام الواجب تنميتها لدى طلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية تم الاطلاع علي البحوث والدراسات السابقة التي تناولت التفكير المستدام، وعرض القائمة في صورتها الأولية على السادة المحكمين[١]، وأشار المحكمين بأهمية المهارات الموجودة بالقائمة مع إجراء بعد التعديلات، وبعد إجراء التعديلات التي أشار إليها السادة المحكمين أصبحت القائمة في صورتها النهائية[٢] مكونه من أربعة أبعاد رئيسة يندرج تحتها ١٩ مهارة فرعية مرتبطة بالأبعاد الرئيسة وهي كالتالي:

- **التفكير الاستراتيجي:** يشمل خمس مهارات هي: التحليل، وتحديد التهديدات والفرص، والتخطيط، واتخاذ القرار، والرؤية المستقبلية
- **التفكير في الأنظمة**: يشمل خمس مهارات هي: تحليل الأنظمة، وتحديد العلاقات بين مكونات النظام، وابتكار تعديلات على الأنظمة لإنتاج التأثيرات المرغوبة، وتركيب المنظومات، وتقويم المنظومة.
- **التفكير المستقبلي:** يشمل أربع مهارات هي: التنبؤ بالمستقبل، والتخطيط للمستقبل، والتصور المستقبلي، وحل المشكلات المستقبلية.
- **التفكير القيمي**: يشمل خمس مهارات هي: التحليل القيمي، والعدالة والمساوة، واتخاذ القرارات الأخلاقية، والحكم الأخلاقي، والتعاطف الأخلاقي.

ثانياً: إعداد البرنامج المقترح:

سارت عملية إعداد البرنامج في عدة خطوات هي:

- **تحديد مجالات الابتكار البيئي المناسبة للطلاب المعلمين:**

من خلال إطلاع الباحثة على الكتب والدراسات والبحوث التي تناولت الابتكار البيئي، تم تحديد مجالات الابتكار البيئي التي يجب أن تقدم للطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بصورتها المبدئية، وتم عرضها في صورة استطلاع للرأي على مجموعة من السادة المحكمين بهدف تحديد مدى مناسبة مجالات الابتكار البيئي للطلاب المعلمين، وإضافة ما يراه المحكمون من موضوعات.

وبعد إجراء التعديلات التي أشار إليها السادة المحكمين أصبحت القائمة في صورتها النهائية [٣]

- **تحديد أهداف البرنامج:**

سعى البرنامج، من خلال تدريس موضوعاته إلي مساعدة الطلاب علي تحقيق الأهداف العامة التالية:

---

[١] ملحق (١): قائمة أسماء السادة المحكمين لمواد البحث وأدواته

[٢] ملحق (٢): قائمة مهارات التفكير المستدام

- معرفة مفهوم الابتكار البيئي، وأهدافه، وأبعاده، واستنتاج أهميته
- شرح دور الابتكار البيئي في تحقيق الاستدامة ومواجهة التغيرات المناخية والمحافظة على الأنظمة البيئية والتنوع الحيوي.
- معرفة مفهوم المنتجات الخضراء، وخصائصها، واستنتاج أهميتها.
- معرفة مفهوم الزراعة المستدامة، والزراعة العضوية، والزراعة بدون تربة.
- استنتاج أهمية الزراعة العضوية، والزراعة بدون تربة، والمحفزات العضوية.
- شرح دور الكائنات الدقيقة في تحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية
- معرفة مفهوم الوقود الحيوي، ومصادره، وأجياله، وتقيّم تأثيراته البيئية.
- توضيح كيفية إنتاج الوقود الحيوي من الطحالب، وتقييم أهميته.
- معرفة مفهوم النفايات وإدارة النفايات، وإدارة المخلفات الزراعية لإنتاج منتجات صديقة للبيئة.
- شرح الأساليب المختلفة لتحويل النفايات الزراعية إلى طاقة متجددة، وسماد وأعلاف، وخشب، وورق، ومواد بناء، وبلاستك حيوي.
- توضيح دور الكائنات الدقيقة في معالجة النفايات وإعادة التدويره.
- تحليل دراسة حالات للابتكارات البيئية في الدول المختلفة لتحديد العوامل المشتركة في نجاح مشاريع الابتكار البيئي.
- استخدام المعلومات المستخلصة من الابتكارات البيئية العالمية لتصميم مبادرات تطبيقية تخدم البيئة المحلية.
- تفسير اعتبار محطة «بنبان» لتوليد الطاقة الشمسية في أسوان والأسطح الخضراء في مصر ابتكارات خضراء.
- ابداء الاستعداد للمشاركة في المبادرات التوعوية عن أهمية الابتكار البيئي والمنتجات الخضراء والزراعة المستدامة وإدارة النفايات وإعادة التدوير في الجامعة أو المجتمع المحلي.
- تقديم تصورات للحياة في المستقبل عند التوسع في الابتكارات البيئية.
- اقتراح أفكار تسهم في نشر تطبيقات الابتكار البيئي محليًا.
- اقتراح حلول للمشكلات البيئية.
- تشجيع المشاريع البيئية التي تسهم في التنمية المستدامة.
- كتابة أبحاث وتقارير عن موضوعات المقرر.
- الحرص على تقليل النفايات وإعادة تدوير النفايات وترشيد الاستهلاك.

- تنمية الوعي بأهمية الابتكار البيئي والمنتجات الخضراء.
- تنمية الاتجاهات المستدامة نحو المنتجات الخضراء.
- تقدير قدرة الله عز وجل في خلقه للأنظمة البيئة، والكائنات الحية الدقيقة، والتنوع البيولوجي.
- تقدير جهود العلماء والبحث العلمي في التوصل إلي الابتكارات البيئية.
- تقدير جهود الدول والمؤسسات والجامعات التي تدعم وتشجع وتطبق الابتكار البيئي.
- تقدير دور العلوم البيولوجية في الابتكارات البيئية.

- **محتوي البرنامج.**

تضمن البرنامج ست موضوعات هي: مقدمة في الابتكار البيئي، وابتكار المنتجات الخضراء، والابتكار البيئي في مجال الزراعة المستدامة، والابتكار البيئي في مجال الطاقة المستدامة، والابتكار البيئي في مجال إدارة النفايات وإعادة التدوير، دراسة حالات للابتكار البيئي.

وقد تم اختيار المحتوى في ضوء الموضوعات والأهداف السابق الإشارة إليها، مع مراعاة مناسبة هذا المحتوى للطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية.

- **كتاب الطالب لدراسة البرنامج:**

قامت الباحثة بتنظيم المحتوى المقترح في صوره كتاب للطالب يسترشد به عند دراسة البرنامج، واشتمل الكتاب على:

- مقدمة للطالب: توضح له أهمية البرنامج والهدف من دراسته.
- فهرس للموضوعات التي يتضمنها البرنامج.
- موضوعات البرنامج: تم عرض موضوعات البرنامج في فصول ويحتوي كل فصل من الفصول على الأهداف الإجرائية لكل موضوع، والمحتوى والأنشطة، وأسئلة عقب كل موضوع، والمراجع التي تم الاستعانة بها في إعداد الموضوع.

وبعد إعداد كتاب الطالب المعلم في صورته الأولية تم عرضه على السادة المحكمين لإبداء الرأي حول سلامة الصياغة الإجرائية للأهداف، والصحة العلمية للمحتوى، وسلامة الصياغة اللغوية، ومناسبة الأنشطة التعليمية، ومناسبة المحتوى للطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية، وبعد تعديل كتاب الطالب في ضوء آراء المحكمين أصبح الكتاب جاهزاً في صورته النهائية[١]

[١] ملحق (٤): كتاب الطالب المعلم لدراسة البرنامج

- **طرق واستراتيجيات تدريس موضوعات البرنامج.**

استخدمت عدة طرق واستراتيجيات لتدريس البرنامج هي: طريقة المشروع، وفكر زاوج شارك، والحوار والمناقشة، والتعلم المبني على حل المشكلات، والعصف الذهني، وخرائط العقل.

- **الوسائط التعليمية:**

لتدريس موضوعات البرنامج تم الاستعانة بالوسائط التالية: سبورة ذكية، أو كمبيوتر أو لاب توب، وجهاز عرض البياناتData show، وشاشة عرض، وعروض تقديمية، وأفلام تعليمية، وأقلام، وأوراق عمل، ومراجع ورقية وإلكترونية، ونفايات لإعادة تدويرها.

- **الأنشطة التعليمية:**

يمكن أن يمارس الطلاب عدة أنشطة خلال دراستهم موضوعات البرنامج وهي:

- جمع معلومات عن موضوعات البرنامج باستخدام كلا من: شبكة المعلومات الدولية، والكتب الموجودة بمكتبة الكلية.
- القيام بالأنشطة والمهام المطلوبة منهم أثناء تدريس.
- القيام بالأنشطة المتضمنة بكتاب الطالب المعلم.
- إعداد مقالات وبحوث عن أهمية الابتكار البيئي، والمنتجات الخضراء، والزراعة المستدامة، دور الطحالب في إنتاج الطاقة، وأهمية الكائنات الدقيقة في إدارة النفايات، والجدوى البيئية والاقتصادية لمحطة «بنبان» لتوليد الطاقة الشمسية في أسوان.

- **طرق التقويم المتبعة في البرنامج:**

يمكن تقويم نمو الطلاب نحو تحقيق أهداف تدريس البرنامج، وذلك من خلال:

- المناقشة التي تتم أثناء التدريس.
- الأنشطة التي يقومون بها أثناء التدريس.
- إجابة الطلاب عن الأسئلة الموجودة عقب كل موضوع.
- إجابة الطلاب عن الاختبار التحصيلي لموضوعات البرنامج.

- **دليل القائم بالتدريس:**

قامت الباحثة بإعداد دليل للقائم بالتدريس يسترشد به عند تدريس موضوعات البرنامج واشتمل الدليل على: توجيهات بكيفية استخدام الدليل في تدريس موضوعات البرنامج، وأهداف البرنامج، والمحتوي العلمي للبرنامج، وطرق واستراتيجيات تدريس موضوعات البرنامج، والوسائط والأنشطة التعليمية، وتقويم نمو الطلاب، والخطة الزمنية لتدريس موضوعات البرنامج، وخطة تدريس موضوعات البرنامج والتي تضمنت تخطيطاً مقترحاً لتدريس كل موضوع من الموضوعات، وقد روعي عند وضع هذا التخطيط عرض الأهداف السلوكية

للموضوع، والوسائل التعليمية، وطرق واستراتيجيات تدريس الموضوع، وخطوات السير في الموضوع، والتقويم.

وبعد إعداد الصورة الأولية للدليل تم عرضها على السادة المحكمين لإبداء الرأي حول سلامة الصياغة الإجرائية للأهداف، ومناسبة الأنشطة التعليمية، ومناسبة طرق واستراتيجيات التدريس المستخدمة، ومناسبة الوسائط التعليمية، ومناسبة أساليب التقويم، ومناسبة التخطيط المقترح لكل موضوع من الموضوعات، وبعد إجراء التعديلات التي أشار إليها السادة المحكمين أصبح الدليل في صورته النهائية (١).

ثالثاً: إعداد الاختبار التحصيلي

قامت الباحثة بإعداد الاختبار التحصيلي، وذلك وفقا للخطوات التالية:

- **تحديد هدف الاختبار:** هدف الاختبار إلى قياس تحصيل الطلاب المعلمين شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية للمعارف المتضمنة في البرنامج المقترح في مجالات الابتكار البيئي في مستويات التذكر والفهم والتطبيق والتحليل والتركيب والتقويم.
- **تحديد نوع الاختبار ومفرداته**: الاختبار من حيث نوعه موضوعي، وصيغت مفردات أسئلة الاختبار على نمط الاختيار من متعدد.
- **صياغة أسئلة الاختبار:** روعي عند صياغة أسئلة الاختبار مناسبة الأسئلة لمستوى الطلاب المعلمين، وتمثيل أسئلة الاختبار لمحتوى البرنامج، مع مراعاة الأهمية النسبية لكل موضوع، وإعداد جدول مواصفات الاختبار، كما روعي وضع تعليمات الاختبار.
- **عرض الصورة الأولية للاختبار على السادة المحكمين:** بعد إعداد الصورة الأولية للاختبار تم عرضها في استطلاع رأى على السادة المحكمين وتم الاستعانة بتوجيهات السادة المحكمين في تعديل صياغة بعض أسئلة الاختبار.
- **صدق الاختبار:** تم التأكد من الصدق الظاهري وصدق محتوى الاختبار من خلال عرضه على السادة المحكمين. وفى ضوء آرائهم تم تعديله وأصبح الاختبار صالحاً لقياس ما وضع من أجله.
- **التجربة الاستطلاعية للاختبار:** تم تطبيق الاختبار على مجموعة من الطلاب المعلمين شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية بأسيوط بلغ عددهم (٣٨) طالباً غير طلاب المجموعة الأساسية، بهدف:

- **حساب معاملات السهولة والصعوبة**: بحساب معامل السهولة والصعوبة لكل مفردة من مفردات الاختبار، وجد أن معاملات السهولة لمفردات الاختبار تتراوح بين (٠,٣٩، ٠,٧٦)، أماّ معاملات الصعوبة فقد تراوحت بين (٠,٦١، ٠,٢٤) مما يشير إلى مناسبة قيم معاملات سهولة وصعوبة مفردات الاختبار لمستويات الطلاب.

- **حساب معامل تمييز مفردات الاختبار**: بحساب معامل التمييز لكل مفردة من مفردات الاختبار [١] وجد أن معاملات التمييز لمفردات الاختبار تتراوح ما بين (٠,٣١، ٠,٦٧) مما يدل على أن مفردات الاختبار مميزة.
- **ثبات الاختبار:** استخدمت الباحثة طريقة إعادة تطبيق الاختبار لتقدير ثبات الاختبار، واتضح من حساب معامل الثبات الاختبار على درجة مناسبة من الثبات حيث كانت قيمة (٠,٧٩).
- **تحديد الزمن اللازم لإجراء الاختبار**: بلغ زمن إجراء الاختبار (٥٠) دقيقة بالإضافة إلى (٥) دقائق للتعليمات ليصبح الزمن الكلي للاختبار (٥٥) دقيقة.

- **الصورة النهائية للاختبار:** بعد إجراء التعديلات على مفردات الاختبار في ضوء آراء السادة المحكمين ونتائج التجربة الاستطلاعية أصبح الاختبار في صورته النهائية مكوناً من ٤٩ مفردة [٢]، والدرجة العظمي للاختبار ٤٩ درجة، والجدول التالي يوضح مواصفات الاختبار التحصيلي:

جدول (١)

مواصفات *الاختبار التحصيلي*

الأهداف / الموضوع	تذكر	فهم	تطبيق	تحليل	تركيب	تقويم	المجموع	الوزن النسبي
مقدمة في الابتكار البيئي	١، ٢	٣، ٤	٥	٦	٧	٨	٨	١٦,٣٪
المنتجات الخضراء	٩، ١٠	١١	١٢، ١٣	١٤	١٥	١٦	٨	١٦,٣٪
الزراعة المستدامة	١٧، ١٨	١٩، ٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٨	١٦,٣٪
الطاقة المستدامة	٢٥، ٢٦	٢٧، ٢٨	٢٩	٣٠، ٣١	٣٢	٣٣، ٣٤	١٠	٢٠,٤٪
إدارة النفايات وإعادة التدوير	٣٥، ٣٦	٣٧	٣٨	٣٩	٤٠	٤١	٧	١٤,٣٪
دراسة حالات للابتكار البيئي	٤٢، ٤٣	٤٤، ٤٥	٤٦	٤٧	٤٨	٤٩	٨	١٦,٣٪
المجموع	١٢	١٠	٧	٧	٦	٧	٤٩	١٠٠٪

رابعاً: إعداد اختبار التفكير المستدام:

بعد الاطلاع على الأدبيات والدراسات السابقة التي اهتمت بدراسة وتنمية التفكير المستدام ومنها: دراسة مروة محمد (٢٠١٩)، ودراسة عصام محمد (٢٠٢٠)، ودراسة منال علي (٢٠٢٢)، ودراسة انتصار محمد (٢٠٢٤) تم إعداد اختبار التفكير المستدام، وذلك وفقا للخطوات التالية:

[٢] ملحق (٧): الاختبار التحصيلي

- **تحديد الهدف من الاختبار:** يهدف الاختبار إلى قياس بعض مهارات التفكير المستدام لدى طلاب شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية والبيئية بكلية التربية.
- **تحديد مهارات الاختبار:**

تضمن الاختبار أربعة أبعاد رئيسة يندرج تحتها ١٩ مهارة فرعية مرتبطة بالأبعاد الرئيسة والواردة في قائمة مهارات التفكير المستدام السابق إعدادها.

- **إعداد الصورة الأولية للاختبار:** تكون الاختبار من عدد من الفقرات يلي كل فقرة عدد من الأسئلة، وتكون الاختبار من ١٩ سؤال، وقد روعي في إعداد أسئلة الاختبار أن تقيس المهارة الفرعية للتفكير المستدام، وأن تكون أسئلة الاختبار مناسبة لمستوى الطلاب، كما تم وضع تعليمات للاختبار.
- **عرض الصورة الأولية للاختبار على السادة المحكمين**: بعد إعداد الصورة الأولية للاختبار تم عرضها في استطلاع رأى على السادة المحكمين، وعدل الاختبار في ضوء آراء السادة المحكمين.
- **التجربة الاستطلاعية للاختبار:** تم تطبيق الاختبار على مجموعة من على مجموعة من الطلاب المعلمين شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية عددهم (٣٨) طالب، غير طلاب المجموعة الأساسية، بهدف: حساب صدق الاختبار، وحساب ثبات الاختبار، وتحديد زمن الاختبار.

- **صدق الاختبار:** تم التأكد من الصدق الظاهري وصدق محتوى الاختبار من خلال عرضه على السادة المحكمين، وبعد إجراء التعديلات التي أشار إليها المحكمون، أصبح الاختبار صالحاً لقياس ما وضع من أجله.

كما تم حساب صدق الاتساق الداخلي للاختبار بحساب معامل الارتباط بين درجات أبعاد الاختبار الرئيسة والدرجة الكلية للاختبار بمعامل ارتباط بيرسون، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول (٢)

معامل الارتباط بين درجات أبعاد الاختبار الرئيسة والدرجة الكلية للاختبار

أبعاد الاختبار	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
التفكير الاستراتيجي	٠,٥٤	٠,٠١
التفكير في الأنظمة	٠,٦١	٠,٠١
التفكير المستقبلي	٠,٥٨	٠,٠١
التفكير القيمي	٠,٤٩	٠,٠١

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم معاملات الارتباط بين أبعاد الاختبار الرئيسة والدرجة الكلية للاختبار دالة عند مستوى ٠,٠١، مما يشير إلى أن اختبار التفكير المستدام على درجة عالية من صدق الاتساق الداخلي.

- **ثبات الاختبار:** استخدمت الباحثة طريقة إعادة الاختبار لتقدير ثبات الاختبار، واتضح أن الاختبار على درجة مناسبة من الثبات حيث كانت قيمته (٠,٧١).

- **زمن الاختبار:** بلغ زمن إجراء الاختبار (١٠٠) دقيقة بالإضافة إلى (٥) دقائق للتعليمات ليصبح الزمن الكلي للاختبار (١٠٥) دقيقة.

- **الصورة النهائية للاختبار:** بعد إجراء التعديلات التي أشار إليها السادة المحكمين ونتائج الدراسة الاستطلاعية، أصبح الاختبار في صورته النهائية [1] مكون من(١٩) سؤال، والدرجة العظمى للاختبار ٧٦درجه، والجدول التالي يوضح توزيع هذه المفردات على مهارات التفكير المستدام.

جدول (٣)

وصف اختبار التفكير المستدام

أبعاد الاختبار	عدد المفردات	أرقام المفردات	النسبة المئوية
التفكير الاستراتيجي	٥	١-٥	٢٦,٣
التفكير في الأنظمة	٥	٦-١٠	٢١,١
التفكير المستقبلي	٤	١١-١٤	٢٦,٣
التفكير القيمي	٥	١٥-١٩	٢٦,٣
المجموع	١٩		٪١٠٠

خامساً: إعداد مقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء:

بعد الاطلاع على الدراسات السابقة التي اهتمت بقياس الاتجاه نحو شراء أو استهلاك المنتجات الخضراء، ونية سلوك الشراء الأخضر ومنها دراسة (2018) Tan، ودراسةKamalanon,at al (2022)، ودراسة أسامة جبريل (٢٠٢٢)، ودراسة Charu, & Pandey (2024)، تم إعداد المقياس وفقا للخطوات التالية:

- **تحديد الهدف من المقياس:** يهدف المقياس إلى قياس اتجاه الطلاب المعلمين نحو المنتجات الخضراء.
- **تحديد أبعاد المقياس:** تضمن المقياس ثلاثة أبعاد هي: شراء المنتج الأخضر، وفوائد المنتج الأخضر، وابتكار المنتج الأخضر.
- **إعداد الصورة الأولية للمقياس:** يتكون المقياس من ٦٠ مفردة، موزعة على ثلاثة أبعاد بحيث يغطى كل بعد عشرين مفردة، ويقابل كل مفردة خمس اختيارات هي: (موافق بشدة – موافق - غير متأكد – غير موافق- غير موافق بشدة)، وروعي في إعداد مفردات المقياس أن تصف كل مفردة سلوك واحد، وأن تكون المفردة مناسبة لمستوى الطلاب المعلمين، أن تكون بعض العبارات موجب والأخر سالب، كما تم وضع تعليمات للمقياس.
- **طريقة تصحيح المقياس:** بالنسبة للعبارات الموجبة تم إعطاء الإجابة موافق بشدة خمس درجات، وموافق أربع درجات، وغير متأكد ثلاث درجات، غير موافق درجتان، غير موافق بشدة درجة واحدة، أما بالنسبة للعبارات السالبة فقد تم العكس.
- **عرض الصورة الأولية للمقياس على السادة المحكمين:** بعد إعداد الصورة الأولية للمقياس تم عرضها في استطلاع رأى على السادة المحكمين، وقد عدل المقياس في ضوء آراء المحكمين.

- **التجربة الاستطلاعية للمقياس:** تم تطبيق المقياس على مجموعة من على مجموعة من الطلاب المعلمين شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية عددهم (٣٨) طالب، غير طلاب المجموعة الأساسية، بهدف: حساب صدق المقياس، وحساب ثبات المقياس، وتحديد زمن المقياس.

- **صدق المقياس:** تم التأكد من الصدق الظاهري وصدق محتوى المقياس من خلال عرضه على السادة المحكمين، وبعد إجراء التعديلات التي أشار إليها المحكمون، أصبح المقياس صالحاً لقياس ما وضع من أجله.

كما تم حساب صدق الاتساق الداخلي للمقياس بحساب معامل الارتباط بين درجات أبعاد المقياس الرئيسة والدرجة الكلية للاختبار بمعامل ارتباط بيرسون، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول (٤)

معامل الارتباط بين درجات أبعاد المقياس الرئيسة والدرجة الكلية للاختبار

أبعاد المقياس	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
شراء المنتج الأخضر	٠,٥٤	٠,٠١
فوائد المنتج الأخضر	٠,٦١	٠,٠١
ابتكار المنتج الأخضر	٠,٥٨	٠,٠١

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم معاملات الارتباط بين أبعاد المقياس الرئيسة والدرجة الكلية للمقياس دالة عند مستوى ٠,٠١، مما يشير إلى أن مقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء على درجة عالية من صدق الاتساق الداخلي.

- **حساب ثبات المقياس:** استخدمت الباحثة طريقة إعادة تطبيق المقياس لتقدير ثبات المقياس، واتضح من حساب معامل الثبات أن المقياس على درجة مناسبة من الثبات حيث كانت قيمته (٠,٨١)

- **تحديد زمن المقياس:** بلغ زمن الإجابة عن المقياس (٤٠) دقيقة بالإضافة إلى (٥) دقائق للتعليمات ليصبح الزمن الكلي للمقياس (٤٥) دقيقة.

- **الصورة النهائية للمقياس:** أصبح المقياس في صورته النهائية [١] مكون من (٦٠) مفردة موزعة على ثلاثة أبعاد، ويغطى كل بعد عشرين مفردة، والدرجة العظمي للمقياس ٣٠٠ درجه، كما في الجدول التالي:

جدول (٥)

وصف مقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء

أبعاد المقياس	العبارات الموجبة	العبارات السالبة	المجموع
شراء المنتج الأخضر	١، ٣، ٥، ١٣، ١٥، ٢٠، ٣٠، ٤٨، ٥٥، ٥٧، ٦٠	٩، ١١، ٢٢، ٢٥، ٣٥، ٣٧، ٤٠، ٤٤، ٥٠	٢٠
فوائد المنتج الأخضر	٢،٧،١٤،١٧،٢٩،٣٤،٣٩، ٤٢،٤٦،٥٢،٥٩	٦، ١٦، ١٩، ٢٣، ٢٦، ٣٢، ٣٣، ٤٥، ٥٦	٢٠
ابتكار المنتج الأخضر	٤،١٠،٢١،٢٧،٣١،٣٨،٤ ١،٤٧،٥١،٥٤،٥٨	٨،١٢،١٨،٢٤،٢٨،٣٦، ٤٣،٤٩،٥٣	٢٠
المجمــوع	٣٣	٢٧	٦٠

رقم الإيداع: ٢٤٣١٣ ISSN: 2536 – 914 E. ISSN: 2735-4245
المجلة معرفة علي دوريات بنك المعرفة المصرى، و Edu Search دار المنظومة

٢- التصميم التجريبي للبحث:

استخدمت الباحثة المنهج التجريبي ذا المجموعة الواحدة من طلاب الفرقة الرابعة شعبة وعلوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية.

٣- تحديد مجموعة البحث:

تكونت مجموعة البحث من ٤٧ طالب وطالبة بالفرقة الرابعة شعبة علوم بيولوجية وجيولوجية وبيئية بكلية التربية جامعة أسيوط.

٤- إجراءات التطبيق:

تم تنفيذ تجربة البحث كالتالي:

- تطبيق الاختبار التحصيلي، واختبار التفكير المستدام، ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء قبلياً علي طلاب مجموعة البحث في يوم الاثنين الموافق ٧/ ١٠/ ٢٠٢٤.
- تدريس موضوعات البرنامج المقترح بواسطة الباحثة، في الفصل الدراسي الأول للعام الجامعي ٢٠٢٤-٢٠٢٥ في الفترة من ٢٠٢٤/١٠/٨ إلي ١٢/١٥/ ٢٠٢٤، بمعدل ساعتين اسبوعياً، وذلك وفقاً للخطة الزمنية لتدريس موضوعات البرنامج.
- تطبيق الاختبار التحصيلي، واختبار التفكير المستدام، ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء بعدياً علي طلاب مجموعة البحث في يوم الاربعاء الموافق ١٨/ ١٢/ ٢٠٢٤.
- تصحيح إجابات الطلاب عن الاختبار التحصيلي، واختبار التفكير المستدام، ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء، ورصد النتائج ومعالجتها إحصائيا.

٥- المعالجة الإحصائية:

لمعالجة بيانات نتائج البحث تم الاستعانة بالمعادلات الإحصائية التالية:

- حساب الثبات بطريقة إعادة تطبيق الاختبار.
- حساب دلالة (ت) لمتوسطين مرتبطين.
- حساب حجم الأثر بمربع ايتا "$\eta 2$".
- حساب معامل ارتباط بيرسون.
- حساب معامل السهولة والصعوبة والتمييز لمفردات الاختبار.

نتائج البحث:

أولاً: للإجابة عن السؤال الثالث والذي نص على ما فاعلية البرنامج المقترح في مجالات الابتكار البيئي في تنمية التحصيل لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية؟ وتحقق صحة الفرض الأول والذى نص على أنه" يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التحصيل لصالح التطبيق البعدي." تم حساب قيمة (ت) للفرق بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي

لاختبار التحصيل ككل وكل بعد من أبعاده على حده، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول (٦)

قيمة ت ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التحصيل ككل وكل بعد من أبعاده على حده

التطبيق القبلي والبعدي	م ف	جمـ ح ف ٢	ت المحسوبة ودلالتها	قيمة η2	قيمة d	حجم التأثير
التذكر	٥,٣	١٦٦,٧	١٩,٢ داله	٠,٨٩	٥,٧	كبير
الفهم	٣,٣	١٠٠,٣	١٥,٤ داله	٠,٨٣	٤,٥	كبير
التطبيق	٣	٤٢	٢١,٨ داله	٠,٩٥	٦,٤	كبير
التحليل	٢,١	٢٨,٥	١٨,٣ داله	٠,٨٨	٥,٤	كبير
التركيب	٢,٥	٤٣,٨	١٧,٥ داله	٠,٨٧	٥,١	كبير
التقويم	٢,٩	٦٧,٥	١٦,٢ داله	٠,٨٥	٤,٨	كبير
الاختبار ككل	١٩,٢	٧٦١,٣	٣٢,٣ داله	٠,٩٨	٩,٥	كبير

ويتضح من الجدول السابق وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التحصيل ككل وكل بعد من أبعاده على حده، حيث بلغت قيم (ت) المحسوبة قيم أكبر من قيم ت الجدولية لدرجة حرية ٤٦ عند مستوى (٠,٠٥)، ونستنتج من ذلك صحة الفرض الأول.

وللتحقق من فاعلية البرنامج المقترح في تنمية التحصيل تم حساب حجم التأثير باستخدام قيمة (ت) المحسوبة إذا كانت دالة عن طريق مربع إيتا η2 ويمكن التوصل إلى قيمة d وهي تعبر عن حجم التأثير، وتم حساب حجم تأثير البرنامج علي تنمية التحصيل ككل وكل بعد من أبعاده على حده باستخدام مربع ايتا η2 ، ويتضح من الجدول السابق أن للبرنامج أثراً كبيراً على تنمية التحصيل ككل وكل بعد من أبعاده على حده، مما يشير إلى فاعلية البرنامج في التحصيل

ثانياً: للإجابة عن السؤال الرابع والذي نص على ما فاعلية البرنامج المقترح في مجالات الابتكار البيئي في تنمية التفكير المستدام لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية؟ وتحقق صحة الفرض الثاني والذى نص على أنه" يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير المستدام لصالح التطبيق البعدي." تم حساب قيمة (ت) للفرق بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير المستدام ككل وكل بعد من أبعاده على حده، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول (٧)

قيمة ت ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير المستدام ككل وكل بعد من أبعاده على حده.

التطبيق القبلي والبعدي	م ف	جمـ ح ف ٢	ت المحسوبة ودلالتها	قيمة η2	قيمة d	حجم التأثير
التفكير الاستراتيجي	٥,٤	٢٩٧	١٤,٦ دالة	٠,٨٢	٤,٣	كبير
التفكير في الأنظمة	٥,٣	٢٠٩	١٧,٢ دالة	٠,٨٦	٥	كبير
التفكير المستقبلي	٦	٢٩٠	١٦,١ دالة	٠,٨٥	٤,٨	كبير
التفكير القيمي	٧,٣	٥٠٩	١٥ دالة	٠,٨٣	٤,٤	كبير
الاختبار ككل	٢٤,١	١٨٠٢	٢٦,٤ دالة	٠,٩٤	٧,٨	كبير

ويتضح من الجدول السابق وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير المستدام ككل وكل بعد من أبعاده على حده، حيث بلغت قيم (ت) المحسوبة قيم أكبر من قيم ت الجدولية لدرجة حرية ٤٦ عند مستوى (٠,٠٥)، ونستنتج من ذلك صحة الفرض الثاني.

وللتحقق من فاعلية البرنامج المقترح في تنمية مهارات التفكير المستدام تم حساب حجم تأثير البرنامج علي تنمية التفكير المستدام ككل وكل بعد من أبعاده على حده باستخدام مربع ايتا η2 ، ويتضح من الجدول السابق أن للبرنامج أثراً كبيراً على تنمية التفكير المستدام ككل وكل بعد من أبعاده على حده ، مما يشير إلى فاعلية البرنامج في تنمية التفكير المستدام.

ثالثاً: للإجابة عن السؤال الخامس والذي نص على ما فاعلية البرنامج المقترح في مجالات الابتكار البيئي في تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى الطلاب المعلمين تخصص علوم بيولوجية؟ وتحقق صحة الفرض الثالث والذى نص على أنه" يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لصالح التطبيق البعدي." تم حساب قيمة (ت) للفرق بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء ككل وكل بعد من أبعاده على حده، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول (٨)

قيمة ت ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء ككل وكل بعد من أبعاده على حده

التطبيق القبلي والبعدي	م ف	جمـ ح ف ٢	ت المحسوبة ودلالتها	قيمة η2	قيمة d	حجم التأثير
شراء المنتج الأخضر	٣٤,٨	٦٢٣٣	٢٠,١ دالة	٠,٩	٦	كبير
فوائد المنتج الأخضر	٣٥,٤	٨٢٤٣	١٨,١ دالة	٠,٨٨	٥,٣	كبير
ابتكار المنتج الأخضر	٣٨	٧٠٨٧	٢١,١ دالة	٠,٩١	٦,٢	كبير
المقياس ككل	١٠٨,٤	٣٢٣٠٠	٢٨ دالة	٠,٩٤	٨,٢	كبير

ويتضح من الجدول السابق وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء ككل وكل بعد من أبعاده على حده ، حيث بلغت قيم (ت) المحسوبة قيم أكبر من قيم ت الجدولية لدرجة حرية ٤٦ عند مستوى (٠,٠٥)، ونستنتج من ذلك صحة الفرض الثالث.

وللتحقق من فاعلية البرنامج المقترح في تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء تم حساب حجم تأثير البرنامج علي تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء ككل وكل بعد من أبعاده على حده، باستخدام مربع ايتا $\eta 2$ ، ويتضح من الجدول السابق أن للبرنامج أثراً كبيراً على تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء ككل وكل بعد من أبعاده على حده، مما يشير إلى فاعلية البرنامج في تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء.

رابعاً: للإجابة عن السؤال السادس والذي نص على ما العلاقة بين التفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء؟ وللتحقق من صحة الفرض الرابع والذى نص على أنه" توجد علاقة ارتباطية موجبة دالة إحصائياً بين درجات مجموعة البحث في التطبيق البعدي لاختبار التفكير المستدام ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء." تم حساب معامل ارتباط بيرسون بين درجات التطبيق البعدي لاختبار التفكير المستدام ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى مجموعة البحث بهدف تتبع التغير الاقتراني بين التفكير المستدام والاتجاه نحو المنتجات الخضراء، والجدول التالي يوضح هذه النتائج:

جدول(٩)

قيمة معامل ارتباط بيرسون للعلاقة بين درجات مجموعة البحث في التطبيق البعدي لاختبار التفكير المستدام ومقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء

متغيرات العلاقة الارتباطية	معامل بيرسون	عدد مجموعة البحث	الدلالة الإحصائية
- التفكير المستدام - الاتجاه نحو المنتجات الخضراء	٠,٦٦	٤٧	دالة

ويتضح من الجدول السابق أن قيمة معامل ارتباط بيرسون (٠,٦٦) وهي قيمة دالة إحصائيا عند مستوى (٠,٠٥)، مما يدل على وجود علاقة ارتباطيه موجبة بين درجات مجموعة البحث في اختبار التفكير المستدام وبين درجاتهم في مقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء، ونستنتج من ذلك صحة الفرض الرابع.

مناقشة نتائج البحث وتفسيرها:

أشارت نتائج البحث إلى وجود فرق دال إحصائيا عند مستوى (٠,٠٥) بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التحصيل

لصالح التطبيق البعدي، كما أظهرت نتائج البحث فاعلية البرنامج المقترح في التحصيل لدى طلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية.

وقد ترجع النتائج السابقة التي تم التوصل إليها والمتعلقة بتنمية التحصيل إلى ما يلي:

- شعور الطلاب بأهمية دراسة موضوعات البرنامج، مما جعلهم يقبلون على دراستها.
- قيام الطلاب بعدد من الأنشطة التعليمية منها:

– جمع معلومات عن موضوعات البرنامج باستخدام كلا من: شبكة المعلومات الدولية والكتب الموجودة بمكتبة الكلية.
– القيام بالأنشطة المتضمنة بكتاب الطالب المعلم، وأثناء التدريس.
– إعداد مقالات وبحوث عن موضوعات البرنامج.

- التنوع في طرائق التدريس حيث استخدمت عدة طرائق واستراتيجيات لتدريس موضوعات البرنامج قائمة على نشاط المتعلم.
- المشاركة والتفاعل والإيجابية من قبل الطلاب أثناء دراسة البرنامج.
- استخدام أساليب تقويم متعددة منها المناقشة أثناء التدريس، والأسئلة عقب كل موضوع.

كما أشارت نتائج البحث إلى وجود فرق دال إحصائيا عند مستوى (٠,٠٥) بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير المستدام لصالح التطبيق البعدي، كما أظهرت نتائج البحث فاعلية البرنامج المقترح في تنمية التفكير المستدام لدى طلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية.

وقد ترجع النتائج السابقة التي تم التوصل إليها والمتعلقة بتنمية التفكير المستدام إلى ما يلي:

- التنوع في طرائق التدريس حيث استخدمت عدة طرائق واستراتيجيات لتدريس موضوعات البرنامج منها خرائط العقل والتي ساعدت الطلاب على التخطيط والتخيل وإدراك العلاقات، وطريقة الحوار والمناقشة والتي ساعدت الطلاب على إبداء الرأي والتقييم والتعاطف الأخلاقي، والعصف الذهني الذي أتاح الفرصة للطلاب للتنبؤ والتخيل والتصور، والتعلم المبني على حل المشكلات والذي أتاح الفرصة للطلاب تحليل المعلومات، واقتراح حلول للمشكلات، واتخاذ القرار والتقييم، والمشروعات التي ساعدت الطلاب على التخطط واتخاذ القرار.
- طبيعة المحتوى الذي يتضمن العديد من الموضوعات المرتبطة بالاستدامة والبحث عن حلول مستدامة.
- قيام الطلاب بعدد من الأنشطة التعليمية مارسوا خلالها مهارات التفكير المستدام منها:

– الأنشطة والمهام المطلوبة منهم أثناء التدريس.

– كتابة تقرير وبحوث عن موضوعات البرنامج.

وتتفق نتائج هذا البحث مع نتائج الدراسات السابقة التي توصلت إلى تنمية التفكير المستدام مثل دراسة كل: مروة محمد (٢٠١٩)، و Starker, et al (2020)، وعصام محمد (٢٠٢٠)، ومنال علي (٢٠٢٢)، وانتصار محمد (٢٠٢٤).

كما أشارت نتائج البحث إلى وجود فرق دال إحصائيا عند مستوى (٠,٠٥) بين متوسطي درجات مجموعة البحث في التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لصالح التطبيق البعدي، كما أظهرت نتائج البحث فاعلية البرنامج المقترح في تنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى طلاب المعلمين شعبة العلوم البيولوجية.

وقد ترجع النتائج السابقة التي تم التوصل إليها والمتعلقة بتنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء إلى ما يلي:

- معرفة الطلاب بالمنتجات الخضراء وأهميتها للبيئة والصحة العامة والاقتصاد، مما كان له تأثير على اتجاهاتهم الإيجابية نحوها.
- استخدام طرائق واستراتيجيات تدريس قائمة علي نشاط المتعلم، مما يجعل الطلاب يشاركون بفعالية أثناء التعلم.
- تعدد الأنشطة التعليمية وتنوعها.
- قيام الطلاب بمشروعات إعادة التدوير مما أشعرهم بأهمية المنتج الأخضر.

وتتفق نتائج هذا البحث مع نتائج الدراسات السابقة حيث أشارت نتائج دراسة Tan (2018) إلى أن المعرفة البيئية للطلاب كان لها تأثير إيجابي كبير على السلوك الاستهلاكي تجاه المنتجات الخضراء، كما توصلت دراسة أسامة جبريل (٢٠٢٢) إلي فاعلية برنامج في المنتجات الخضراء قائم على نظرية السلوك المخطط في تنمية نية سلوك الشراء الأخضر لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء.

توصيات البحث:

في ضوء ما أسفر عنه البحث من نتائج يُوصى بما يلي:

١- تضمين موضوعات الابتكار البيئي المقترحة في مقررات العلوم البيئية التي يدرسها الطلاب المعلمون شعبة العلوم البيولوجية.

٢- الاستفادة من البرنامج المقترح، وأدوات القياس التي أعدتها الباحثة في تدريس طلاب كلية التربية شعبة علوم بيولوجية.

٣- ضرورة الاهتمام بتنمية التفكير المستدام لدى طلاب كلية التربية شعبة علوم بيولوجية.

٤- ضرورة الاهتمام بتنمية الاتجاه نحو المنتجات الخضراء لدى طلاب كلية التربية شعبة علوم بيولوجية، ولدى طلاب المدارس والجامعات.

مقترحات البحث:

يُوصى بإجراء البحوث التالية:

١- تصور مقترح لتضمين مجالات الابتكار البيئي في مناهج مراحل التعليم العام.

٢- وحدة مقترحة في مجالات الابتكار البيئي لتنمية الدافعية للابتكار والمواطنة البيئية لدى طلاب المرحلة الثانوية.

٣- استخدام التعلم القائم على المشروعات في تدريس العلوم المتكاملة لتنمية مهارات الابتكار البيئي لدي طلاب الصف الأول الثانوي.

المراجع

أسامة جبريل أحمد عبداللطيف.(٢٠٢٢). برنامج في المنتجات الخضراء قائم على نظرية السلوك المخطط وفاعليته في تنمية نية سلوك الشراء الأخضر والمعرفة البيئية لدى الطلاب المعلمين شعبة الكيمياء بكليات التربية. مجلة القراءة والمعرفة، ٢٤٤، ١٥-٦٤.

أميرة محمد زكي فتح الله.(٢٠٢٣). استخدام مدخل القضايا العلمية الاجتماعية المدعم بالواقع الافتراضي في تدريس علوم الأرض والكون لتنمية مهارات التفكير المستدام والخيال العلمي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة كلية التربية ببني سويف*، ٢٠(١١٩)، ٢٦١-٣٢٢.

انتصار محمد السيد.(٢٠٢٤). فعالية وحدة مقترحة لمواجهة التحديات المناخية باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تنمية المفاهيم المرتبطة بالتغير المناخي والتفكير المستدام لدى طلاب المرحلة الثانوية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٧(٣)، ٦١-١١٨.

إيمان وفقي أحمد أبو دهب.(٢٠٢٣). فاعلية استخدام نموذج مكارثي في تدريس العلوم لتلاميذ الصف الخامس الابتدائي في تنمية مهارات التفكير المستدام والمدافعة البيئية. *مجلة كلية التربية بالمنوفية*، ٣٨(١)، ٣٢١-٤١٠.

إيناس فهمي النقيب.(٢٠٢١). فاعلية التدريب باستخدام برنامج الكورت (CORT) في تنمية بعض مهارات التفكير المستقبلي والابتكارية الانفعالية لدى طالبات المرحلة الثانوية المتفوقات دراسيا. *مجلة جامعة الفيوم للعلوم التربوية والنفسية*، ١٥(١١)، ٣٥-١١٠

جميلة بنت عبدالله بن علي الوهابة.(٢٠١٩). فاعلية استراتيجية مقترحة قائمة على نظرية المخططات العقلية في التحصيل وتنمية التفكير المنظومي وبقاء أثر التعلم لدى طالبات المرحلة المتوسطة، *دراسات عربية في التربية وعلم النفس، رابطة التربويين العرب*، ١٠٥، ٥٥-٩٨

جودي محمد رمزي ، وأمينة جودي. (٢٠٢١). الاستثمار في الابتكار الأخضر من أجل التنمية المستدامة. *مجلة الباحث الاقتصادي*، ٩(٢)، ٣٤١-٣٥٢ .

رانيا بومريفق ، وحليمة زلاق.(٢٠٢٣).الابتكار البيئي كنهج لإرساء معالم الاستدامة البيئية: تجربتي ألمانيا وهولندا نموذجا." *مجلة الاقتصاد والبيئة*، ٦(١)، ١٧١-١٩١

رسول ثامر طعمة.(٢٠٢٣). أبعاد الابتكار البيئي المستدام لدى مدرسي علم الأحياء للمرحلة الثانوية وعلاقتها بالتكنولوجيا الخضراء. *مجلة الدراسات المستدامة*، الجمعية العلمية للدراسات التربوية المستدامة، ٥، ٢٢٥٣-٢٢٨٧.

رشا أحمد محمد عيسى.(٢٠٢٢). تطوير منهج الأحياء للصف الأول الثانوي في ضوء مفاهيم الاقتصاد الأخضر وأثره في تنمية مهارات التفكير المستدام لدى الطلاب. *مجلة كلية التربية ببنها*،٣٣(١٧٧)، ١٣١-٢١٨

سلامة صابر محمد العطار، وصفاء علي احمد عفيفي (٢٠١٧). مهارات التفكير الاستراتيجي واتخاذ القرار والتوجه المهني لمواجهة البطالة، المؤتمر العلمي العربي الحادي عشر الدولي الثامن: التعليم وثقافة العمل الحر من التراخي إلى التأخي، مجلد٢، *جمعية الثقافة من أجل التنمية بسوهاج*، ٣١ -٣٤.

شيماء بهيج محمود محمد متولى.(٢٠٢٢). برنامج في الاقتصاد المنزلي المبني على مفاهيم الابتكار الأخضر لتنمية التفكير المستدام والمواطنة البيئية للتلاميذ بمدارس التعليم المجتمعي. *مجلة بحوث التربية النوعية بالمنصورة*، (٦٥)، ٧٦٧-٨٢٢ .

شيماء محمد علي حسن.(٢٠٢١). تطوير برنامج إعداد معلم التربية الخاصة في ضوء المتطلبات المهنية وأثره على تنمية بيداجوجيا الرياضيات ومهارات التفكير المستدام. *مجلة جامعة الفيوم للعلوم التربوية والنفسية*،١٥(٥)، ٧٠٠-٧٦٧

طواهري الزهرة، وليليا بوروبة. (٢٠٢٣). دور الابتكار البيئي في تحقيق التنمية المستدامة: تجربة الولايات المتحدة الأمريكية. *مجلة الاقتصاد والبيئة*، ٦(١)، ١٣٥-١٥٢

عصام محمد سيد أحمد. (٢٠٢٠). فاعلية وحدة في العلوم متضمنة لأبعاد التعليم للتنمية المستدامة في تنمية التفكير المستدام والمسئولية البيئية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة كلية التربية ببنها*، ٣١(١٢٤) ، ١-٦٢

عماد مصطفى القرعان.(٢٠٢٣). *التطبيقات العملية في الزراعة بدون تربة والزراعة المائية*، عمّان، منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

عواطف عيشوش، وسناء طباخي.(٢٠٢٠). محددات الابتكار الأخضر قوة محركة لتحسين الأداء البيئي" نماذج لمؤسسات. *مجلة نماء للاقتصاد والتجارة*، ٤(١)، ٩٠-١٠٣.

فايزة أحمد الحسيني ، وهند أحمد أبو السعود سلطان.(٢٠٢٢). *التفكير المستقبلي: ماهيته، استراتيجياته، مهارته، وأهمية تضمينها في المناهج*. الإسكندرية: دار التعليم الجامعي

كمال عبد الحميد زيتون.(٢٠٠٤). *تدريس العلوم للفهم رؤية بنائية، القاهرة*: عالم الكتب.

ليليا بوروبة، وليليا بن منصور. (٢٠١٨). دور الابتكار البيئي في التوجه نحو الاقتصاد الأخضر: التجربة الهولندية. *مجلة البشائر الاقتصادية*،٤(٣), ٦٤٤-٦٥٧

محمد عبد الغني حسن هلال.(٢٠٠٨). *مهارات التفكير والتخطيط الاستراتيجي كيف نربط بين الحاضر والمستقبل*، مركز تطوير الأداء والتنمية.

مدحت محمد أبو النصر.(٢٠١٢). *مقومات التخطيط والتفكير الاستراتيجي المتميز*، القاهرة: المجموعة العربية للتدريب والنشر.

مروة محمد محمد الباز.(٢٠١٩). برنامج مقترح في الأهداف الأممية للتنمية المستدامة ٢٠٣٠وأثره في تنمية التفكير المستدام والتوازن المعرفي لدى الطلاب معلمي العلوم بكليات التربية." *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٢(١٥) ، ١٠٩-١٥١.

منال علي حسن محمد.(٢٠٢٢) . برنامج مقترح في ضوء أبعاد التنمية المستدامة والاقتصاد الأخضر وأثره في تنمية التفكير المستدام والتوازن المعرفي والاتجاهات المستدامة لدى طلاب الشعب العلمية بكلية التربية. *مجلة كلية التربية*، ٣٨(٣)، ١٠٦-١٧٠

ناصر بن سعد العجمي.(٢٠١٥). اتجاهات معلمي ومعلمات التربية الفكرية نحو مهنتهم في ضوء بعض المتغيرات، *مجلة التربية الخاصة والتأهيل*، ٢(٨)، ١٨١-٢١٤

نهى يوسف السيد سعد ، ومديحة حمدي السيد محمود. (٢٠٢٢). هندسة منهج مستقبلي في الاقتصاد المنزلي في ضوء متطلبات المدرسة الخضراء لغرس مفاهيم الاستدامة ومهارات ابتكار المنتج الأخضر ودعم الطفو الأكاديمي لطالبات المدارس الإعدادية المهنية. *مجلة البحوث في مجالات التربية النوعية*، ع ٢٤، ٧١١-٧٩٥.

وهيبة مقدم.(٢٠٢١). دور الجامعة في دعم ممارسات الابتكار الأخضر: تجربة الجامعات الألمانية. *مجلة المنتدى للدراسات والأبحاث الاقتصادية*،٥(١)، ١٤٧-١٦٢ .

Ab Manaf, N., & Rashid, R. (2022). Systematic literature review: students' sustainable thinking toward environment. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(11), e001874-e001874.

Adebayo, F., & Obiekezie, S. (2018). Microorganisms in waste management. *Research Journal of Science and Technology*, 10(1), 28-39.

Ahmed, R., Akbar, W., Aijaz, M., Channar, Z. A., Ahmed, F., & Parmar, V. (2023). The role of green innovation on environmental and organizational performance: Moderation of human resource practices and management commitment. *Heliyon*, 9(1),e12679.1-19

Arnold, R., & Wade, J. (2017). A complete set of systems thinking skills. *Insight*, 20(3), 9-17.

Charu, & Pandey, A. (2024). A study on increasing trend of using green products. *International Journal of Business and Management Invention (IJBMI)*, 13(4), 93–96

Cheng, C., Yang, C., & Sheu, C. (2014). The link between eco-innovation and business performance: A Taiwanese industry context. *Journal of cleaner production*, 64, 81-90.

Deniz, D. (2016). Sustainable thinking and environmental awareness through design education. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 70-79.

Ekselsa, R, Purwianingsih, W., Anggraeni, S., & Wicaksono, A. G. C. (2023). Developing System Thinking Skills through Project-Based Learning Loaded with Education for Sustainable Development. *Journal of Biological Education Indonesia (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 9(1), 62-73.

El-Araby, R. (2024). Biofuel production: exploring renewable energy solutions for a greener future. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 17(1), 129.

Elbasiouny, H., Elbanna, B., Al-Najoli, E., Alsherief, A., Negm, S., Abou El-Nour, E., ... & Sharabash, S. (2020). Agricultural waste management for climate change mitigation: some implications to Egypt. *Waste management in MENA regions*, 149-169.

Fei, J., Wang, Y., Yang, Y., Chen, S., & Zhi, Q. (2016). Towards eco-city: the role of green innovation. *Energy Procedia*, 104, 165-170.

Ghazali, I., Abdul-Rashid, S. H., Md Dawal, S. Z., Huda, N., Shariff, A. H. M., Herawan, S. G., ... & Sakundarini, N. (2021). Guidelines for designing green products considering customers' cultural preferences. *Sustainability*, 13(2), 673. 1-27 https://www.researchgate.net/publication/348438714

Holifield, R., Porter, M., & Walker, G. (Eds.). (2011). *Spaces of environmental justice*. John Wiley & Sons.

Huntzinger, D. N., Hutchins, M. J., Gierke, J. S., & Sutherland, J. W. (2007). Enabling sustainable thinking in undergraduate engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 23(2), 218

Huzenko, M., & Kononenko, S. (2024). Sustainable Agriculture: Impact on Public Health and Sustainable Development. *Health Economics and Management Review*, 5(2), 125-150

Kamalanon, P., Chen, J., & Le, T. (2022). "Why Do We Buy Green Products?" An Extended Theory of the Planned Behavior Model for Green Product Purchase Behavior. *Sustainability*, 14(2), 689. https://doi.org/10.3390/su14020689

Kazmi, S., Naaranoja, M., Kytola, J., & Kantola, J. (2016). Connecting strategic thinking with product innovativeness to reinforce NPD support process. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 235, 672-684.

Khan, M., Aleinikovienė, J., & Butkevičienė, L. -M. (2024). Innovative Organic Fertilizers and Cover Crops: Perspectives for Sustainable Agriculture in the Era of Climate Change and Organic Agriculture. *Agronomy*, 14(12), 2871. https://doi.org/10.3390/agronomy14122871

Kvavilashvili, L., & Rummel, J. (2020). On the nature of everyday prospection: A review and theoretical integration of research on mind-wandering, future thinking, and prospective memory. *Review of General Psychology*, 24(3), 210-237.

Liu, M., Liu, L., & Feng, A. (2024). The impact of green innovation on corporate performance: An analysis based on substantive and strategic green innovations. *Sustainability*, 16(6), 2588

Madzianike Yeukai Maria.(2024). THE RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL INNOVATIONS AND CLIMATE CHANGE. EPRA *International Journal of Economic Growth and Environmental Issues*.12(4):25-47

Mayer, L., Stasewitsch, E., & Kauffeld, S. (2020). Innovative Teaching and Learning Climates—Is Germany Indeed Ahead of India? How Do These Relate to Sustainable Thinking?. In Enhancing Future Skills and Entrepreneurship: *3rd Indo-German Conference on Sustainability in Engineering* (pp. 223-231). Springer International Publishing

Mondal, S., & Palit, D. (2019). Effective role of microorganism in waste management and environmental sustainability. *Sustainable agriculture, forest and environmental management*, 485-515

Neeti, K., Gaurav, K., & Singh, R. (2023). The Potential of Algae Biofuel as a Renewable and Sustainable *Bioresource. Engineering Proceedings*, 37(22). https://doi.org/10.3390/ECP2023-14716

Ortiz, A., & Sansinenea, E. (2022). The Role of Beneficial Microorganisms in Soil Quality and Plant Health. *Sustainability*, 14(9), 5358. https://doi.org/10.3390/su14095358

Ozis, F., Sarikaya, N., & Laurent, R. S. (2020, June). Mixed Method Approach to Evaluate Sustainability Thinking among the Next Generation of Civil and Environmental Engineers. *In 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access*.

Ozusaglam, S. (2012). Environmental innovation: a concise review of the literature. *Vie & sciences de l'entreprise*, (2), 15-38.

Park, M. S., Bleischwitz, R., Han, K. J., Jang, E. K., & Joo, J. H. (2017). Eco-innovation indices as tools for measuring eco-innovation. *Sustainability*, *9*(12), 2206.1-28

Repanovici, A., Salcă Rotaru, C., & Murzea, C. (2021). Development of Sustainable Thinking by Information Literacy. *Sustainability*, 13(3), 1287. https://doi.org/10.3390/su13031287

Sanneh, E. S. (2018*). Systems thinking for sustainable development.* Cham: Springer International Publishing.

Srivastava, A. K., & Kumar, A. (2022). Exploring organic farming: Advantages, challenges, and future directions. *Plant Science Archives*, 9, 13,7-12

Starker, U., Heilmann, A., & Wilhelm, D. (2020). Training Competencies for Sustainable Thinking Through an Educational Nature Trail Supported by a Location-Based Smartphone Game. Universities as Living Labs for Sustainable Development: *Supporting the Implementation of the Sustainable Development Goals*, 357-370.

Sumiyati, S., Samadikun, B. P., Widiyanti, A., Budihardjo, M. A., Al Qadar, S., & Puspita, A. S. (2024). Life cycle assessment of agricultural waste recycling for sustainable environmental impact. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10(2), 907-938

Tan, H. S. (2018). Green products consumption behavior among industrial engineering undergraduate students based on the theory of planned behavior. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*,195(1). IOP Publishing

Warren, A., Archambault, L., & Foley, R. W. (2014). Sustainability Education Framework for Teachers: Developing sustainability literacy through futures, values, systems, and strategic thinking. *Journal of Sustainability Education*, 6(4), 23-28.

Weng, H. H., Chen, J. S., & Chen, P. C. (2015). Effects of green innovation on environmental and corporate performance: A stakeholder perspective. *Sustainability*, 7(5), 4997-5026

Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability science*, 6, 203-218

Xie, X., Huo, J., & Zou, H. (2019). Green process innovation, green product innovation, and corporate financial performance: A content analysis method. *Journal of business research*, 101, 697-706

Xu, L., & Geelen, D. (2018). Developing biostimulants from agro-food and industrial by-products. *Frontiers in plant science*, 9, 1567

Zeiss, R. (2018). From environmental awareness to sustainable practices: a case of packaging-free shopping. *In Handbook of engaged sustainability* (pp. 729-754). Springer International Publishing

Zoller, U. (2015). based transformative science/ STEM/ STES/ STESEP education for "sustainability thinking": From teaching to "know" to learning to "think". *Sustainability*, 7(4), 4474-4491