



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

تحويل النفايات إلى وقود بطريقة التحول الغازي (GASIFICATION) لإنتاج الطاقة

بحث مقدا إلى

قسم الفيزياء كلية التربية للعلوم الصرفة كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في الفيزياء

مقدم من قبل الطالب: محمد قاسم منشد

بإشراف :

م . م . بيداء يحيى محمد

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَتَعَالَى اللَّهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ أَنْ
يَقْضَىٰ إِلَيْكَ وَحْيُهُ وَقُل رَّبِّ زِدْنِي عِلْمًا

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الإهداء

لله نظوي سهر الليالي وتعب الأيام وخلاصه مشوارنا بين دفتي هذا العمل المتواضع

إلى مناره العلم النبي المصطفى إلى من بلغ الرسالة وادى الأمانة ونصح الأمة..... إلى

نبي الرحمة ونور العالمين سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم

إلى من كلفه الله بالهبة والوقار إلى من علمني العطاء بدون انتظار إلى من أحمل اسمه

بكل افتخار..... والدي العزيز مرحمة الله

إلى معنى الحب والحنان والتفاني إلى بسمه الحياه إلى من كان دعائها سر نجاحي إلى

من في الوجود..... أمي الغالية

إلى من يعطوني التفائل والأمل إلى من بهم افتخر إلى من بوجودهم اكتسب قوه

ومحبه لا حدود لها..... اخوتي

شكر وثناء

اسجد لله حمداً وشكراً على فيض نعمه وغامر فضله، فقد أثار طريقي، وهداني سواء
السييل ومنحني الثقة والإيمان حتى أتم هذا البحث.

كما أتقدم إلى أستاذتي الفاضلة **بيداء يحيى محمد** بالقول:

لو أن الشكر يعبر لمثلكم بالقوافي لانتهدت قبل أن ينتهي الشكر..

لو أن العرفان يخط بالأقلام لشخصكم لجفت خجلاً قبل أن تكتب اسمكم..

ولكن.. يكفيننا أن تتوحد الغاية بمعنى جميل عشناه معا وسلكننا الدرب نفسه يدا بيد حتى
ألغيت الحواجز بيننا وشعرنا بمعنى رائع للحب في الله...

كذلك أستاذتي الكرام في قسم الفيزياء يطيب لنا أن نتقدم بجزيل الشكر والتقدير على
ما قدمتموه لنا من جهود مخلصة وأداء متميز وتفاني في العمل مما كان له الأثر الطيب
والفعال في نفوسنا فلکم ازکی وارقی عبارات الشکر.....

الهدف

استخدام طريق التغويز (Gasification)

في معالجة النفايات للحصول على الطاقة الكهربائية والمحافظة على البيئة

فهرست المحتويات

الفصل الأول: الطاقة

1-1 المقدمة .

2-1 أنواع الطاقة .

1-2-1 الطاقة الحرارية .

2-2-1 الطاقة الكهربائية .

3-2-1 الطاقة النووية .

4-2-1 الطاقة الكهرومائية .

5-2-1 طاقة الرياح .

6-2-1 طاقة المد والجزر .

7-2-1 الطاقة الكيميائية .

8-2-1 طاقة إشعاعية .

3-1 مصادر الطاقة .

1-3-1 الطاقة المتجددة .

2-3-1 الطاقة غير المتجددة .

3-3-1 ميزات وفوائد وأهمية استخدام الطاقة المتجددة

الفصل الثاني: التحول الغازي (التغويز Gasification) للمواد الحيوية

1-2 المقدمة .

2-2 تاريخ التغويز .

3-2 الكتلة الحيوية .

1-3-2 تحسين إنتاج الكتلة الحيوية .

2-3-2 استخدام الكتلة الحيوية لإنتاج الطاقة .

3-3-2 إيجابيات استخدام الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة .

4-3-2 سلبيات استخدام الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة .

4-2 الوقود الحيوي .

1-4-2 الجيل الأول من الوقود الحيوي .

2-4-2 الجيل الثاني من الوقود الحيوي .

3-4-2 الجيل الثالث من الوقود الحيوي .

4-4-2 الجيل الرابع من الوقود الحيوي .

5-2 أنواع الوقود الحيوي .

6-2 سمات الوقود الحيوي .

7-2 عيوب الوقود الحيوي .

المصادر .

الفصل الأول

الطاقة

1-1 المقدمة

الطاقة هي إحدى صور الوجود، فالكون مكون من أجرام وطاقة. منذ النظرية النسبية لأينشتاين التي تعرف بتكافؤ المادة والطاقة، فالطاقة يمكن أن تتحول إلى مادة مثلما في عملية إنتاج الزوج (pair production) حيث يتحول شعاع كما إلى إلكترون وبوزيترون وبالعكس يمكن للمادة أن تتحول إلى طاقة وهذا ما يحدث في الشمس (اندماج نووي). فالطاقة تأخذ أشكالاً متنوعة منها طاقة حرارية، كيميائية، كهربائية، إشعاعية، نووية، طاقة كهرومغناطيسية، وطاقة حركية. هذه الأنواع من الطاقة يمكن تصنيفها بكونها طاقة حركية أو طاقة كامنة، في حين أن بعضها يمكن أن يكزن مزيجاً من الطاقتين الكامنة والحركية معا ، جميع أنواع الطاقة يمكن تحويلها من شكل لآخر بمساعدة أدوات بسيطة أو أحيانا تستلزم تقنيات معقدة مثالا من الطاقة الكيميائية إلى الكهر بائية عن طريق البطاريات و تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية في محركات الاحتراق داخلي، أو تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية، وهكذا. [١]

لقد بينت نظرية النسبية لأينشتاين أن المادة والطاقة هما صورتان لشيء واحد، حيث يعبر عن تكافؤ الطاقة والمادة بمعادلته الشهيرة : $E = mc^2$. هذا الاكتشاف الذي نتج عنه اختراع القنبلة الذرية، التي أقيمت على هيروشيما عام ١٩٤٥ وأنهت الحرب العالمية الثانية بين اليابان والولايات المتحدة. و يمكن معرفة تحول المادة إلى طاقة من خلال الانشطار النووي واندماج النووي .

مصطلحات الطاقة وتحولاتها مفيدة جدا في شرح العمليات الطبيعية. فحتى الظواهر الطقسية مثل الرياح، والمطر والبرق والأعاصير تعتبر نتيجة لتحوّلات الطاقة التي تأتي من الشمس على الأرض. الحياة نفسها تعتبر أحد نتائج تحوّلات الطاقة: فعن طريق التمثيل الضوئي يتم تحويل طاقة الشمس إلى طاقة كيميائية في النباتات، حيث يتم لاحقا الاستفادة من هذه الطاقة الكيميائية المخزنة في عملية التمثيل الغذائي للكائنات الحية والإنسان. ومن النبات ينتج الخشب وهو أيضا مصدر آخر للطاقة يرجع أصلها إلى الشمس.

ان كلمة "طاقة" تطلق على كل ما يندرج ضمن: مصادر الطاقة، إنتاج الطاقة، واستهلاكها وأيضا حفظ موارد الطاقة. بما أن جميع الفعاليات الاقتصادية تتطلب مصدرا من مصادر الطاقة، فإن توافرها وأسعارها هي ضمن الاهتمامات الأساسية والمفتاحية. في السنوات الأخيرة برز استهلاك الطاقة كأحد أهم العوامل المسببة للاحتباس الحراري مما جعلها تتحول إلى قضية أساسية في جميع دول العالم. كمية الطاقة الموجودة في العالم ثابتة على الدوام، فالطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم.

(قانون حفظ الطاقة) وإنما تتحول من شكل إلى آخر. وعندما يبدو أن الطاقة قد استنفذت، فإنها في حقيقة الأمر تكون قد تحولت إلى صورة أخرى، لهذا نجد أن الطاقة هي قدرة للقيام بالشغل تكون نتيجته مثلا طاقة حركية أو طاقة إشعاعية. فالطاقة التي يصاحبها حركة يطلق عليها طاقة حركية. والطاقة التي لها صلة بالموضع (الجاذبية) يطلق عليها طاقة الوضع .

1-2-1 أنواع الطاقة

تعتبر الطاقة الحيوانية أول طاقة استخدمها الإنسان في فجر الحضارة عندما استخدم الحيوانات الأليفة في أعماله ثم شرع واستغل قوة الرياح في تسيير القوارب، واستخدمها كطاقة ميكانيكية في إدارة طواحين الهواء وفي إدارة عجلات ماكينات الطحن ومناشير الخشب ومضخات رفع الماء من الآبار وغيرها وهذا ما عرف بالطاقة الميكانيكية. يمكن تقسيم الطاقة إلى ما يلي: [1]

1-2-1 الطاقة الحرارية

نجد الطاقة الحرارية في المحركات البخارية التي تحول الطاقة الكيميائية للوقود إلى طاقة ميكانيكية. فالآلة البخارية يطلق عليها آلة احتراق خارجي ، لان الوقود يحرق خارج المحرك في غلاية لتوليد البخار الذي بدوره يدير المحرك. لكن في القرن التاسع عشر اخترع محرك الاحتراق الداخلي ، مستخدما وقودا يحترق داخل الآلة (مثلما في السيارة، حيث يحترق البنزين داخل المحرك)، فتصبح مصدرا للطاقة الميكانيكية التي استغلت في عدة أغراض كتسيير السفن والعربات والقطارات.

1-2-2 الطاقة الكهربائية

في القرن التاسع عشر ظهر مصدر آخر للطاقة وهو الطاقة الكهربائية والتي تعرف بالكهرباء ويمكن الحصول على الكهرباء من الطبيعة عن طريق الصواعق والاحتكاك وهذا صعب وغير مجد اقتصاديا ولكن يمكن توليد الكهرباء بعدة طرق أخرى منها الكيميائية مثل البطاريات أو عن طريق تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية وذلك بتحريك سلك موصل في مجال مغناطيسي كما في المولدات الكهربائية أو بتسخين مزدوج حراري كما في المزدوجة الحرارية. في البطاريات تكون الكهرباء المتولدة ذات تيار مستمر و في المولدات الكهربائية تكون الكهرباء المولدة في الغالب ذات تيار متغير.

1-2-3 الطاقة النووية

ظهرت الطاقة النووية التي استخدمت في المفاعلات النووية حيث يجري الانشطار النووي الذي يولد حرارة هائلة تولد البخار الذي يدير المولدات الكهربائية أو محركات السفن والغواصات لكن مشكلة هذه المفاعلات النووية تكمن في نفاياتها المشعة واحتمال حدوث تسرب إشعاعي أو انفجار المفاعل كما حدث في مفاعل تشيرنوبيل الشهير .

1-2-4 الطاقة الكهرومائية

وهي الطاقة التي تتولد من السدود المبنية على الأنهار من خلال الاستفادة من ارتفاع عمود الماء وما يسببه من قوة كبيرة في تدوير توربينات توليد الطاقة الكهربائية مثل سد حديثة (الذي ينتج طاقة كهربائية كحد أقصى 660 ميكاواط) وسد الموصل (الذي ينتج طاقة كهربائية كحد أقصى 1050 ميكاواط).... الخ ، والتي تضيف بحدود 9 % من احتياج العراق من الطاقة الكهربائية

1-2-5 طاقة الرياح

هناك أيضا طاقة قوة الرياح حيث تستخدم مراوح كبيرة تدور بالهواء والرياح والتي تقوم بدورها في تدوير التوربينات لإنتاج التيار الكهربائي، هذه المراوح متواجدة في المناطق التي تكون فيها سرعة الرياح عالية ومعظم دول العالم لا تتوفر فيها الرياح بشكل دائم وبسرعة مناسبة لتوليد الطاقة الكهربائية

1-2-6 طاقة المد والجزر

تستغل طاقة المد والجزر التي تبلغ في بعض المناطق قدرا مناسباً في إنتاج الطاقة الكهربائية من خلال تدوير عدد من التوربينات المرتبة على التوالي والتوازي مستفيدة من قوة امواج المد والجزر كما في فرنسا والولايات المتحدة الأمريكية .

7-2-1 الطاقة الكيميائية

في البطاريات تستغل الطاقة الكيميائية في توليد التيار الكهربائي وفي المراكم المستخدمة في الهاتف المحمول و التي تنتج التيار الكهربائي من التفاعل الكيميائي في خلايا الطاقة التي تستغل الهيدروجين والأكسجين لإنتاج الكهرباء من خلال تفاعل كهربائي كيميائي ويرافق جميع العمليات الكيميائية تغير في المواد أي تخفي مواد وتنتج مواد أخرى. جميع العمليات الكيميائية المصحوبة بتغير في الطاقة يطلق عليها اسم الطاقة الكيماوية .

8-2-1 طاقة إشعاعية

تنتقل الطاقة الشمسية إلى الأرض كطاقة إشعاعية في صورة الضوء، و الذي هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة مقدارها يتناسب مع تردد الموجة . كذلك تصدر النجوم طاقتها بصفة أساسية في صورة إشعاع .

3-1 مصادر الطاقة

للطاقة مصادر متجددة وأخرى غير متجددة، وفيما يأتي نبذة عن كل منها: [3]

1-3-1 الطاقة المتجددة

تعرف الطاقة المتجددة بالطاقة البديلة، أما عن سبب تسميتها بالطاقة المتجددة فهو لأن مصادرها دائمة لا تنضب ، مثل الشمس، والرياح، حيث تمد الشمس الأرض بالطاقة الشمسية، ويمكن توليد طاقة تُعرف باسم طاقة الرياح من خلال الرياح، كما ينتج عن المد والجزر طاقة تعرف باسم طاقة المد والجزر وهناك العديد من مصادر الطاقة المتجددة كالأنهار التي تولد الطاقة الكهرومائية من خلالها ، والينابيع الساخنة التي تتولد منها الطاقة الحرارية الأرضية، بالإضافة إلى الكتلة الحيوية التي تمد بالوقود الأحفوري، ولتوضيح المقصود بالكتلة الحيوية يمكن القول إنها وزن أو كمية الكائنات الحية التي تنتمي إلى نوع واحد من الحيوانات، أو كمية النباتات التي تنتمي إلى نوع واحد من النباتات أو إلى المجتمع الحيوي بأكمله، حيث ينتج عن هذه الكتلة الحيوية كمية محددة من المواد العضوية التي تحتوي على الكربون خلال فترة زمنية محددة، وتقاس بوحدة من وحدات الطاقة مثل الكيلو جول لكل متر مربع في السنة .

وقد تم تقدير الاستهلاك العالمي لمصادر الطاقة المتجددة في بداية القرن الواحد والعشرين بنحو 20 % تقريبا ، وبحلول عام 2015 م قدرت نسبة الطاقة الكهربائية التي ولدت من محطات الطاقة الكهرومائية الكبيرة بنسبة 16 % كما تمثل طاقة الرياح، والطاقة الشمسية، والطاقة الحرارية الأرضية ، نسبة 6 % من إجمالي توليد الكهرباء ، وتعتبر الطاقة النووية من أنواع الطاقة المتجددة أيضا، حيث أنها تستخدم في توليد ما نسبته 10.6 % من الكهرباء في العالم وفقا لتقديرات عام 2015 م ، وتسعى دول العالم إلى تخفيض نسبة الكربون المنبعث من

استخدام مصادر الطاقة غير المتجددة، وذلك من خلال استخدام الوقود الحيوي وزيادة استخدام مصادر الطاقة المتجددة، وتشتمل الطاقة البديلة أو الطاقة المتجددة على جميع أنواع الطاقة التي لا تستهلك الوقود الأحفوري ، ومن أهم مزاياها أنها متاحة دائما وغير ضارة بالبيئة ، وتقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري . [2]

وفيما يأتي بيان لأنواع الطاقة المتجددة :

أ- الطاقة الشمسية: وتعتبر أول نوع من أنواع الطاقة التي استخدمها الإنسان منذ القدم، فهي مصدر الطاقة الأول في العالم، وتستخدم لتوليد الضوء والحرارة، كما تستخدم الشمس من قبل الكائنات الحية على الأرض، فالنباتات تستخدمها لصنع غذائها، كما يستخدمها الإنسان للحصول على الدفء، وباستخدام الخلايا الكهروضوئية تستخرج الطاقة الشمسية، كما تستخدم الألواح الشمسية للاستفادة من الطاقة الشمسية لأطول فترة ممكنة، ولهذا النوع من الطاقة مميزات عديدة تتفوق على عدد العيوب، حيث يقتصر العيب فيها على عدم القدرة على الاستفادة من الشمس في الليل، أو في المناطق الباردة .

ب- طاقة الرياح : فقد بدأ استخدام الرياح منذ قرون لإنتاج الطاقة، وأول ما استخدمت فيه هو تشغيل السفن الشراعية، كما استخدمت في تحريك طواحين الهواء لري المحاصيل، وضخ المياه وإنارة المصابيح الكهربائية وفي الوقت الحاضر تستخدم توربينات الهواء لتوليد الطاقة وتوصيلها إلى الشبكات ، ، لكن عيوب هذه الطاقة جعلتها مقتصرة على أماكن معينة ، فلا تستخدم بالقرب من المناطق السكنية، لما تسببه من ضوضاء، وتستخدم الرياح لتوليد الطاقة في المناطق التي تواجه الرياح الشديدة وليس في أي مكان على الأرض .

ج- الطاقة الحرارية الأرضية: وهي الطاقة التي تستخرج من تحت الأرض، حيث يوجد تحت الأرض صخور منصهرة تسمى الصهارة تنتج الحرارة منها، وتزيد درجة الحرارة 3 درجات لكل 100م تحت الأرض، وتستغل هذه خلال الماء الذي يشق طريقه إلى أعماق الأرض، فعندما يلامس الصخر يغلي وينتج منه البخار الذي يلتقط بواسطة مضخات الحرارة الجوفية، ويستخدم هذا البخار في تحريك التوربينات التي تنتج المولدات، وتعد الولايات المتحدة الأمريكية من أكثر الدول المستخدمة لهذا النوع من الطاقة، حيث توجد معظم خزانات المياه الحرارية الأرضية في الولايات الغربية، وفي ألاسكا وهاواي، ومن مزاياها أنها لا تسبب تلوثا للبيئة، لكنها لا تناسب جميع المناطق.

د- الطاقة الكهرومائية: وهي الطاقة التي تنتج من الماء المتحرك، وهناك محطات كهرومائية خاصة تلتقط الطاقة الحركية لنقل الماء، وتعطي الطاقة الميكانيكية للتوربينات، حيث تحول هذه التوربينات الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية من خلال المولدات وتبنى العديد من السدود للحصول على هذه الطاقة، حيث تعتبر من أهم مصادر الطاقة البديلة في العالم؛ وذلك لأن لها العديد من المزايا، فهي لا تسبب تلوثا بيئيا، كما أن مصادرها متوفرة بشكل دائم .

1-3-2 الطاقة غير المتجددة

الطاقة غير المتجددة هي الطاقة التي إذا نفذت فلن تتجدد أبداً ، ومصدرها هو الوقود الأحفوري مثل الفحم، والنفط والغاز الطبيعي، ويعتبر الكربون العنصر الرئيس في الوقود الأحفوري، حيث سميت الفترة الطويلة التي تشكل فيها الوقود الأحفوري بفترة الكربون وتقدر هذه الفترة بنحو 300-360 مليون سنة، وقد تشكل هذا الوقود منذ مئات الملايين من السنين، حيث كانت الأرض مغطاة بأشجار البحر الضحلة الواسعة والمستنقعات، ثم نمت هذه النباتات والطحالب فوق الأراضي الرطبة، واستخدمت أشعت الشمس للقيام بعملية التمثيل الضوئي، وعندما ماتت انجرفت إلى قاع البحر حيث سقت حقت هناك، وأدى تراكم الصخور فوقها إلى ارتفاع درجات الحرارة والضغط تحت الأرض، وتحولت هذه النباتات إلى وقود أحفوري، إذ يعتبر أهم مصدر من مصادر الطاقة، حيث يستخرج ويخزن في الأنابيب ليسهل شحنه إلى أي منطقة في العالم، لكن حرق الوقود المستخرج من الوقود الأحفوري يضر بالبيئة، وذلك لأنه يطلق جزيئات تلوث الهواء ، والماء ، والأرض .

وهناك أنواع عديدة للوقود الأحفوري وهي: [3]

أ- **الفحم** : وهو عبارة عن صخرة سوداء أو بنية، تحرق لتوليد الطاقة، وهناك العديد من أنواع الفحم، حيث يصنف اعتماداً على مقدار الكربنة التي تمر بها ، والكربنة هي العملية التي تخضع لها الكائنات القديمة لتتحول إلى فحم ، ويستخرج الفحم من باطن الأرض بطريقتين اعتماداً على العمق الذي يوجد فيه إما عن طريق التعدين تحت الأرض أو التعدين السطحي، ويعتبر الفحم مصدراً للكهرباء، حيث يعطي الطاقة للمصابيح والثلاجات والغسالات، لكن عملية استخراج الفحم تعتبر عملية خطيرة، حيث يموت العديد من عمال المناجم بسبب تعرضهم للغاز الضار والسام الناجم من عملية الاستخراج .

ب- **النفط**: وهو عبارة عن وقود أحفوري سائل، ويتجمع على شكل آبار، حيث تحفر الأرض للوصول لهذه الآبار من خلال أجهزة حفر خاصة، وعند استخراجها تبدأ عملية التكرير، ويحول نصف النفط في العالم إلى البنزين، ويعالج المتبقي منه ويستخدم في العديد من المنتجات السائلة والصلبة .

ج- **الغاز الطبيعي**: وهو وقود أحفوري يوجد في باطن الأرض ومحصور في التكوينات الصخرية، ويتكون في أغلبه من الميثان ، ويستخرج عن طريق استخدام مياه الضغط العالي؛ لتقسيم الصخور التي تحاصر الغاز ، كما يُستخدم الحمض لإذابة الصخور إذا كانت غير قابلة للكسر، ويستخدم الغاز في الطهي والتدفئة، كما ويمكن حرقه لتوليد الكهرباء. [3]

1-3-3 ميزات وفوائد وأهمية استخدام الطاقة المتجددة:

تتميز الطاقة المتجددة بعدة مميزات وفوائد مباشرة أو غير مباشرة نلخصها في النقاط التالية :

- 1 - الطاقة المتجددة لا تنضب.
- 2 - تعطي طاقة نظيفة خالية من النفايات (بكافة أنواعها).
- 3 - تهدف أول إلى حماية صحة الإنسان .
- 4 - المحافظة على البيئة الطبيعية
- 5 - ذات تكلفة إنتاج بسيطة .
- 6 - تحسين معيشة الإنسان والحد من الفقر.
- 7 - تأمين فرص عمل جديدة .
- 8 - الحد الكبير من تشكل وتراكم النفايات الضارة بكافة أشكالها (الغازية والسائلة والصلبة).
- 9 - حماية المياه الجوفية والأنهار والبحار والثروة السمكية من التلوث.
- 10 - المساهمة في تأمين الأمن الغذائي .
- 11 - زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية نتيجة تخلصها من الملوثات الكيميائية والغازية. [3]

الفصل الثاني

التحول الغازي

(التغويز Gasification)

للمواد الحيوية

1-2 المقدمة :

التحول الغازي (Gasification)، الذي يطلق عليه التغويز هو عملية تحول المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون (المواد الكربونية العضوية) مثل الفحم ، الوقود الأحفوري والكتلة الحيوية إلى أول أكسيد الكربون والهيدروجين وثاني أكسيد الكربون. يتم تحقيق ذلك من خلال تفاعل المادة في درجات حرارة عالية (< 700 درجة مئوية) ، دون احتراق ، بكمية متحكم بها من الأكسجين / أو البخار. يسمى خليط الغاز الناتج syngas (الغاز الاصطناعي) أو الغاز المنتج وهو بحد ذاته وقود. تعتبر الطاقة المستمدة من تحويل واحتراق الغاز الناتج مصدرا " للطاقة المتجددة إذا تم الحصول على المركبات الغازية من الكتلة الحيوية. [4]

ميزة التغويز هي أن استخدام غاز الاصطناعي ، أول أكسيد الكربون والهيدروجين (غاز التوليف CO / H_2) ، يكون أكثر كفاءة من الاحتراق المباشر للوقود الأصلي لأنه يمكن حرقه في درجات حرارة أعلى ، بحيث يكون الحد الأعلى الديناميكي الحراري للكفاءة المعروفة من قبل قاعدة كارنو أعلى. قد يتم حرق الغاز الناتج Syngas مباشرة في محركات الغاز ، وتستخدم لإنتاج الميثانول والهيدروجين ، أو تحويلها عبر عمليات إلى وقود اصطناعي. يمكن أن يبدأ التغويز أيضا بمواد كان من الممكن التخلص منها مثل النفايات القابلة للتحلل الحيوي. بالإضافة إلى ذلك ، تقوم عملية الحرارة المرتفعة بتصفية عناصر الرماد المتآكل مثل الكلوريد والبيوتاسيوم ، مما يسمح بإنتاج الغاز النظيف من أنواع الوقود التي تسبب المشاكل. تغويز الوقود الأحفوري يستخدم حاليا على نطاق واسع في الصناعة وتوليد الكهرباء. [5]

2-2 تاريخ التغويز

إن إنتاج غاز قابل للاحتراق من مواد تحتوي في تركيبها على عنصر الكربون هي تقنية قديمة ومعروفة سابقا ومسماة بالتقطير الجاف dry distillation أو التحلل الحراري (pyrolysis) و هي رفع درجة حرارة المواد الخام في غياب الأوكسجين لتسبب التفكك الحراري للوقود إلى غازات طيارة وكربون صلب، وهذه التقنية جربت لأول مرة على مستوى تجاري عام 1812 بواسطة شركة الغاز في لندن. إن أول مولدة (gasifier) تجارية تعمل بطريقة التغويز من نوع السحب العلوي (updraft gasifier) لتحويل الوقود الصلب إلى غاز قد إنشأت عام 1839 منتجة بذلك ما يسمى حاليا بغاز المولدات . (producer gas) تطورت بعد ذلك مولدات المغواز لتلائم أنواع مختلفة من الوقود والاحتياجات الصناعية والتطبيقات الحرارية حتى العشرينيات من القرن العشرين ، حيث أن الأنظمة المغذاة بالبتترول أخذت تدريجيا مكان الأنظمة المغذاة بغاز المولدات (producer gas) ولكن ومع الشكوك حول وثوقية إمدادات البترول طورت أنظمة المغوزات المتكاملة (من نوع السحب السفلي downdraft الأكثر تطورا) في أوروبا بين عامي 1920 و 1940 وخلال الحرب العالمية الثانية كان يستخدم عدة آلاف من مولدات المغواز في أوروبا وفي أماكن أخرى من العالم ثم سحبت من الخدمة تدريجيا

بشكل واسع بعد انتهاء الحرب عند توفر الوقود الأحفوري السائل والرخيص بشكل واسع مرة أخرى .

أزمة الطاقة في السبعينيات جاءت باهتمام متجدد بتقنية التحويل إلى غاز وهذه التقنية اعتبرت كمصدر طبيعي ورخيص نسبيا للصناعات الصغيرة وتوليد الطاقة للشبكة العامة في البلدان النامية والتي عانت من أسعار النفط المرتفعة في السوق العالمية ويتوفر لدى هذه البلدان مصادر كتلة حيوية متجددة كافية. في بداية الثمانينيات من القرن العشرين قدمت عشر مصانع على الأقل (معظمها أوربية) محطات لتوليد الطاقة باستخدام الفحم والخشب كمواد أولية في التوليد. بدأت أربع دول نامية (الفليبين-البرازيل-إندونيسيا-الهند) بتنفيذ برامج لتحويل الغاز قائمة على تقنيات مطورة محليا. عشرات وربما مئات من أنظمة تحويل الكتلة الحيوية إلى غاز أنشأت عبر المشاريع الممولة عن طريق المنح وعبر رجال الأعمال في بلدان العالم النامية [4]

2-3 الكتلة الحيوية

ان ابسط طريقة للحصول على الطاقة كتدفئة هي من خلال حرق الكتلة الحيوية الصلبة كالخشب مثالا"، ومن إحدى مميزات وقود الكتلة الحيوية هو أنه غالبا ما يكون منتجا ثانويا أو بقايا أو منتج من نفايات عمليات أخرى، مثل الزراعة أو تربية الماشية أو العمل في الغابات وذلك يعني نظريا أنه لا يوجد تنافس بين إنتاج الغذاء وإنتاج الوقود. إن الكتلة الحيوية هي المادة المشتقة من المتعضيات التي كانت حية إلى وقت قريب، وهي تتضمن النباتات والحيوانات ومنتجاتها الثانوية. (6) فالروث ونفايات الحدائق وبقايا المحاصيل تعد جميعها مصادر للكتل الحيوية. وهي مصدر طاقة متجدد يعتمد على دورة الكربون، على عكس الموارد الطبيعية الأخرى مثل النفط والفحم والوقود النووي. وتتضمن المصادر الأخرى روث الحيوانات، والذي يعد ملوثا مستمرا ولا يمكن تجنبه وينتج بشكل رئيسي عن الحيوانات التي يتم تربيتها في مزارع تربية الماشية الصناعية ذات الحجم الكبير .

هناك أيضا منتجات زراعية يتم زراعتها خصيصا لإنتاج الوقود الحيوي . وهي تتضمن: الذرة وفول الصويا والى حد ما، على مستوى غير تجاري لأجراء الأبحاث، الصفصاف والثمار العصوي بشكل رئيسي في الولايات المتحدة؛ والشلجم والقمح والشمندر السكري والصفصاف (15000 هكتار في السويد) في أوروبا؛ وقصب السكر في البرازيل؛ وزيت النخيل والحشيشة الفضية في جنوب شرق آسيا؛ والسورغم والكاسافا في الصين؛ والجزروفا في الهند. ولقد ثبتت فعالية القنب أيضا في العمل كوقود حيوي. يمكن استخدام المنتجات التي يمكن تحللها حيويا والناجمة عن العمليات الصناعية أو الزراعية أو العمل في الغابات أو نفايات المنازل لإنتاج الوقود الحيوي، باستخدام، على سبيل المثال، الهضم اللاهوائي لإنتاج الغاز الحيوي والتغويز لإنتاج غاز التصنيع أو بواسطة الحرق المباشر. تتضمن أمثلة المخلفات القابلة للتحلل الحيوي القش والخشب والروث وقشور الأرز ومياه الصرف الصحي والمخلفات الغذائية. ومن ثم يمكن أن يساهم استخدام وقود الكتلة الحيوية في إدارة المخلفات وأيضا توفير الوقود والمساعدة في إيقاف تغير المناخ أو إبطاؤه، ولكنه بمفرده لا يعد حلا شاملا لهذه المشكلات.

من الممكن تحويل الكتلة الحيوية إلى أشكال أخرى من أشكال الطاقة القابلة للاستخدام مثل غاز الميثان أو وقود النقل مثل الإيثانول أو الديزل الحيوي. كما أن القمامة المتعفنة والنفايات الزراعية والبشرية جميعها تطلق غاز الميثان ، والذي يطلق عليه أيضا "غاز مدافن القمامة" أو " ، الغاز الحيوي". ويمكن تخمير المحاصيل مثل الذرة وقصب السكر لإنتاج وقود النقل الإيثانول. ويمكن إنتاج الديزل الحيوي، وهو أحد غازات النقل الأخرى، من بقايا المنتجات الغذائية مثل الزيوت النباتية والدهون الحيوانية. وما زالت عملية تحويل الكتلة الحيوية إلى سائل والإيثانول السليولوزي محل البحث [4].

1-3-2 تحسين إنتاج الكتلة الحيوية

يمكن تحسين إنتاج الكتلة الحيوية للنباتات الخشبية في الغابات باستخدام التكنولوجيا الحيوية ، وتعديل الجينات المسؤولة عن نمو فروع النباتات ، بحيث تبدأ الفروع الجانبية بالتبرعم، والنمو مباشرة ، خلال السنة الأولى من عمر النبات ، وعدم دخول فترة سكون حتى الربيع القادم ، وبذلك تزداد فروع ،

وأوراق الأشجار، ويزداد نمو النبات بشكل عام، وهكذا تزداد الكتلة الحيوية الناتجة عن هذه النباتات دون أن تتأثر قدرتها على انتاج الغذاء للبشر، ويمكن لهذه التكنولوجيا أيضا التخفيف من آثار ظاهرة الاحتباس الحراري ، وتعزيز أمن الطاقة .

تعد الطحالب من المصادر المتاحة لإنتاج كتلة حيوية يمكن تحويلها إلى مصدر للطاقة، إلا أن الطحالب يمكن أن تنافس الكائنات الحية الأخرى على الماء ، والضوء ، كما أن تكلفة إنتاج الطاقة منها لا تزال عالية لذلك يسعى الباحثون في جامعة جورجيا الى التغلب على هذه المشكلة بتنمية طحالب مجهرية في أنظمة البرك المفتوحة، وزيادة إنتاجيتها، عن طريق استخدام منشطات نمو ذات تكلفة منخفضة ،خاصة عند استخدام المغذيات الدقيقة التي تدعم نمو ، وتكاثر الطحالب الدقيقة ، وتشير النتائج الأولية إلى ان هذه الطريقة تؤدي إلى زيادة إنتاج الكتلة الحيوية بنسبة تصل إلى 138%.(7) ومن الحلول الأخرى التي تزيد من كفاءة استخدام الكتلة الحيوية لإنتاج الطاقة: [5]

استغلال بعض النباتات العشبية المعمرة، والتي تنمو دون الحاجة إلى إعادة زراعتها، مثل الثمام العصوي Switchgrass الذي ينمو بكثرة في السهول الكبرى ، والذي يتميز بأنة يعيد العناصر الغذائية إلى التربة ، مما يعزز نمو الموسم التالي . استغلال النباتات التي تعيش في بيئات لا تتمكن المحاصيل الزراعية من العيش فيها، مثل أشجار الحور التي لديها القدرة على العيش في التربة المالحة والملوثة نظرا لقدرتها على التخلص من الملوثات .إنتاج سلالات من النباتات التي تتماك من مقاومة الجفاف. والملوحة العالية.

2-3-2 استخدام الكتلة الحيوية لإنتاج الطاقة

يمكن حرق الكتلة الحيوية مباشرة لإنتاج الطاقة الحيوي ، كما يحدث عند حرق الأخشاب ، والقمامة، واستخدامها في محطّات توليد الكهرباء، كما يمكن تحويل الكتلة الحيوية قبل حرقها إلى أشكال أخرى، منها الغاز الحيوي الذي ينتج من تحلل الورق، وفضلات الطعام، والنفايات ، وأيضاً عن طريق معالجة مياه الصرف الصحي ، وروث الحيوانات، في أوعية خاصة تسمى الهاضمات بالإنجليزية *digesters* ويمكن تحويل الكتلة الحيوية الى وقود حيوي سائل، فعلى سبيل المثال، يمكن تخمير محاصيل الذرة وقصب السكر لتحويلها إلى وقود الإيثانول الذي يتم حرقه لتسيير المركبات ، كما يمكن تحويل الزيوت النباتية ، والدهون الحيوانية ، إلى وقود الديزل الحيوي ، إلى وقود الديزل الحيوي المستخدم كوقود في المركبات ، أو كزيت للتدفئة.[4]

3-3-2 إيجابيات استخدام الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة

يجد الكثير من المهتمين بشؤون البيئة أن الطاقة الناتجة من استخدام الكتلة الحيوية كوقود أقل أضراراً بالبيئة من الوقود الأحفوري ، فعلى الرغم من ان كلا الوقودين يحرران كربونا على شكل ثاني أكسيد الكربون ،أو على شكل الميثان عند حرقهما ، إلا ان الوقود الحيوي يحتوي على كربون أزيل حديثاً من جو الأرض ، ولايخل وجوده كثيراً بتوازن الغازات في البيئة ، كما توجد طرق تجريبية تعرف باسم (التغويز) ، لتحويل غاز ثاني أكسيد الكربون ، إلى أول أكسيد الكربون المستخدم أيضاً كوقود، مما يعني عدم إطلاق أية نفايات ضارة من ثاني أكسيد الكربون ، أما الكربون الناتج عن حرق الوقود الأحفوري ، فهو يحتوي على كربون كان مخزناً لملايين السنين ، وإطلاقه يوجد فائضاً في جو الأرض ، ويساهم في حدوث التغيرات المناخية ، ويكون الضباب الدخاني ، ومن جهة ثانية، لا تنتج عن حرق الوقود الحيوي سموم ، بينما تنتج عن حرق الوقود الأحفوري بعض السموم، مثل: الكبريت، والزرنيق.

من الإيجابيات الأخرى لإنتاج الطاقة من الكتلة الحيوية : انعاش الاقتصاد الزراعي المحلي ، وجذب بعض الحشرات المفيدة التي تساعد على مكافحة الآفات الزراعية ، وبالتالي تقلل من الحاجة إلى استخدام المبيدات الحشرية ، كما يمكن تقليل تكلفة إنتاج الطاقة، وزيادة كفاءتها، وذلك باستخدام الميكروبات المصنعة ؛ لتسريع عملية تخمر المحاصيل ، للحصول على الإيثانول.[5]

4-3-2 سلبيات استخدام الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة

على الرغم من الإيجابيات العديدة لاستخدام الكتلة الحيوية كمصدر للوقود الحيوي ، إلا أنها كغيرها من مصادر الطاقة ، لديها بعض السلبيات ، منها [4] [5]

أ - استغلال البشر للأراضي والمصادر الأخرى؛ وذلك لزراعة المحاصيل التي يمكن تحويلها إلى وقود حيوي ، بدلا من زراعة المحاصيل الغذائية ، بالإضافة إلى لجوء البعض إلى تحويل بعض المحاصيل الغذائية ، مثل الذرة إلى وقود ، مما أدى إلى ارتفاع أسعارها في الأسواق.

ب - الإخلال بالأنظمة البيئية ، إذ يلجأ البعض إلى قطع الغابات ، لاستبدالها بأشجار يمكن استغلالها لإنتاج الطاقة، ومن الأمثلة عليها قطع الغابات في ماليزيا لزراعة أشجار النخيل التي يمكن تحويل زيتها إلى وقود ، كما أن الأصناف التي يتم إدخالها إلى بيئات جديدة ، قد تؤدي إلى الأضرار بالأنواع الأصلية في المنطقة ، ومن الأمثلة على ذلك زراعة القصب ، أو الغاب العملاق الذي أدى إلى ابتلاع مناطق الأراضي الرطبة استوائية (إيفرجلاد) في ولاية فلوريدا، وعمل على خنق ممراتها المائية .

ج - استهلاك المحاصيل التي تستخدم لإنتاج الطاقة لكمية كبيرة من الماء ، والأسمدة .

4-2 الوقود الحيوي

إن الوقود الحيوي هو الوقود الذي يتم تكوينه من خلال الكائنات الحية أو من الكتلة الحيوية ، وهو أكثر تعقيدا من تكوين الوقود الأحفوري ، حيث يحتوي الوقود الحيوي على ذرات الأوكسجين ، وقد يشمل تركيبها الكيميائي على الأحماض والإسترات والكحوليات ، في حين أن الوقود الأحفوري لا يتكون إلا من ذرات الكربون أو الهيدروجين أو الهيدروكربونات، ويمكن إنتاج الوقود الحيوي من النباتات أو من النفايات الزراعية والمنزلية والتجارية والصناعية إذا كانت النفايات من أصل بيولوجي ، ويتكون الوقود الحيوي من خلال أربع أجيال ، وهي على النحو الآتي [4] :

1-4-2 الجيل الأول من الوقود الحيوي :

وهو الوقود الذي يتم تصنيعه من المحاصيل الغذائية التي تزرع في الأراضي الصالحة للزراعة ، وتزرع هذه المحاصيل من أجل استخدامها فقط لإنتاج الوقود الحيوي ، حيث يتم تحويل السكريات والنشا أو الزيوت النباتية باستخدام عمليات الأسترة أو تخمير الخميرة لإنتاج الديزل الحيوي أو الإيثانول .

2-4-2 الجيل الثاني من الوقود الحيوي :

وهو الوقود الذي يتم تصنيعه من الكتلة الحيوية الخلوية أو المحاصيل الخشبية أو المخلفات الزراعية أو من مواد من نفايات النبات ، وهذه المحاصيل تنمو إما في الأراضي الصالحة للزراعة ، أو في التي لا يمكن استخدامها لزراعة محاصيل الأغذية ، وعند تصنيع هذا النوع من الوقود فإنه يحتاج إلى سلسلة من المعالجات الفيزيائية والكيميائية من أجل تحويل الكتلة من اللينوسيلوز ووقود سائل مناسب للنقل .

3-4-2 الجيل الثالث من الوقود الحيوي:

وهو الوقود الذي يتم إنتاجه من خلال استخدام الطحالب التي تحتوي على زيت طبيعي بنسبة أكثر من 50 % ، حيث لم يتم تطبيقها وإنما أجريت دراسات وأبحاث من قبل الولايات المتحدة ، وقدموا مقال عن استخدام الطحالب في إنتاج الوقود الحيوي ، ويتم ذلك من خلال عمل أحواض لزراعة الطحالب ، واستخراج هذه الطحالب الغنية بالنفط ، حيث يتم معالجتها وإنتاج الإيثانول .

4-4-2 الجيل الرابع من الوقود الحيوي:

حيث يتم إنتاج الوقود الحيوي من الجيل الرابع باستخدام الاراضي غير الصالحة للزراعة، حيث لا تتطلب تدميرا للكتلة الحيوية على عكس الوقود الحيوي من الجيل الثالث ، ويشمل هذا النوع من الوقود الحيوي إنتاج الوقود الكهربائي والوقود الشمسي الحيوي ، وبعض أنواع الوقود هذه خالية من الكربون .

2-5 أنواع الوقود الحيوي

لغرض فهم الوقود الحيوي بنوع من التفصيل لابد من التعرف على أنواع الوقود الحيوي ، حيث يساهم الوقود الحيوي في التقليل من النفايات والتلوث الهوائي، وكما يقلل من الاعتماد على استخدام الوقود الأحفوري ، وتوجد العديد من أنواع الوقود الحيوي الذي تام إنتاجه ، ومن أهم هذه الأنواع ما يأتي :

أ- **الغاز الحيوي:** وهو غاز الميثان الذي ينتج عن عملية الهضم اللاهوائي للمواد العضوية .

ب- **الغاز الصناعي:** وهو غاز يتم إنتاجه عن طريق الاحتراق الجزئي للكتلة الحيوية ، وهو عبارة عن مزيج من أول أو أكسيد الكربون والهيدروجين وغيره من الهيدروكربونات.

ج- الإيثانول : حيث يتم إنتاجه بيولوجيا ، خلال عمل الكائنات الحية الدقيقة والأنزيمات عن طريق تخمير السكري أو النشويات أو السليلوز .

د- الديزل الحيوي : وهو الأكثر شيوعا في أوروبا ، ويتم إنتاجه من الزيوت أو الدهون باستخدام التحويل المائي ، وهو عبارة عن سائل مماثل لوقود الديزل الأحفوري في التركيب. [5]

6-2 سمات الوقود الحيوي

يمكننا القول إن الوقود الحيوي(البيولوجي) عبارة عن الطاقة الناتجة من أي استخدام ممكن للمادة الحيوية. إلا أن تعريف الوقود الحيوي، من المنظور الأقتصادي، يختلف بعض الشيء؛ حيث يدور الحديث عن الوقود القادر على استبدال النفط الذي يتسبب بتلوث بيئي كبير، ويتعلق سعره بمدى الاستقرار السياسي في مناطق مختلفة من العالم . وبشكل عام، يوجد حاليا نوعان من الوقود الحيوي يستطيعان تشغيل جميع أنواع المحركات الشائعة: الديزل الحيوي والإيثانول الحيوي. النوع الأول يركز على الزيوت، أما الثاني فيركز على الكحول. ويتم إنتاجهما، غالبا، من المواد النباتية. وتكمن ميزتهما الأساسية في أن استعمالهما يشبه الاستخدام الحالي للنفط؛ إلا أن عيوبها كثيرة تكتنف استخدامهما.

الإيثانول الحيوي عبارة عن كحول يتم إنتاجه بطريقة مشابهة لعملية إنتاج أي مشروب كحولي. وحاليا، يعد استخدام الإيثانول الحيوي الحل الأكثر تطبيقا. فالبرازيل، على سبيل المثال، تشغل سياراتها، منذ بضع سنوات، باستخدام الكحول المستخرج من قصب السكر. أما الديزل الحيوي فيستخرج ويكرر من الزيوت التي مصدرها أجزاء معينة من النبات. وكما الزيت المستخرج من عصر الزيتون، يوجد حاليا توجهات لتزويد المركبات بزيت الصويا أو زيت القطن. ويتمثل أحد الحلول الحديثة التي تكتسب باستمرار مزيدا من المؤيدين والمستثمرين، في استخراج الزيت من الطحالب وحيدة الخلية؛ إذ تبين أن لتلك الكائنات المجهرية المائلة إلى الاخضرار، قدرة عالية على إنتاج الزيت. [4]

7-2 عيوب الوقود الحيوي

يتطلب الكحول المستخرج من النباتات المرور بعملية تكرير؛ حيث تتضمن هذه العملية حرق بعض المواد بهدف التسخين، أي أن الحرق يتطلب وقودا، مما يؤدي إلى تلويث الهواء وانبعث غازات الدفيئة، كما أن النباتات التي تستخدم في استخراج الوقود هي غالبا محاصيل زراعية تستعمل في الصناعات الغذائية، ويرتبط سعرها بمدى الطلب عليها. فلو تم تخصيص كل محصول الذرة في الحقول الزراعية لغرض إنتاج الوقود؛ فستكون النتيجة كمية ذرة أقل للاستعمالات الأخرى، فضلا عن ارتفاع سعرها، كما سيرتفع أيضا سعر معظم المنتجات الغذائية التي نتناولها. يضاف إلى ذلك سعر الأرض الزراعية؛ إذ كلما تم تحويل المزيد من الأراضي

الزراعية إلى حقول "النفط الأخضر"، كلما تناقصت مساحات الأراضي المخصصة للزراعة. وفي الواقع، بينت الحسابات الأخيرة أنه لا يوجد في العالم ما يكفي من الأراضي الزراعية لاستبدال النفط(الوقود الأحفوري). ومع ذلك لا يتورع العديد من أصحاب الأراضي الزراعية من تحويل أراضيهم لزراعة المحاصيل التي يمكن أن يستخرج منها الوقود؛ وبالتالي بيع المحاصيل لشركات الوقود الحيوي، بدلا من شركات الأغذية. وبالطبع، الاعتبار الوحيد هنا هو اقتصادي؛ إذ إن شركات الوقود تدفع أكثر، لأن من يقف خلفها سوق أقوى من سوق الأغذية. هذا، علاوة على أن طلبات شركات الوقود الحيوي، من ناحية جودة المحصول، أقل، لأن الشكل الخارجي الجميل للذرة ليس هاما؛ فالذرة المعوجة تصلح أيضا لعمل الوقود. كما لا توجد قيود على كميات المبيدات المرشوشة، لأن المحصول غير معد للغذاء. بمعنى أن المزارع غير ملزم باستعمال المبيدات الأكثر دقة والأقل سمية والأعلى ثمنا[4]

تستند جميع المشاكل السابقة على تقديرات وحسابات لم تأخذ في الاعتبار التطور التكنولوجي المستقبلي؛ إذ إن طرقا متقدمة في الهندسة الكيماوية يمكنها تسهيل عملية تكرير الكحول، وبالتالي تخفيض مستوى التلوث. كما أن معالجات زراعية معينة يمكنها إنتاج محاصيل تحوي كميات زيوت أكبر. إلا أن الزراعة التقليدية لا تكفي لرؤية مثل هذه التغيرات قريبا. فتقنيات الهندسة الوراثية تعد الطريق الأسرع لإكساب النباتات صفات معينة مرغوبا بها في صناعة الوقود، إلا أن لهذه التقنيات مساوئ وعيوب بيئية وصحية خطيرة. ويعتقد العديد من الخبراء أنه لا يمكننا، في القرن القادم، استبدال نصف كمية النفط المستعملة بالوقود الحيوي؛ دون استخدام الهندسة الوراثية. إلا أن خلافات علمية وأخلاقية كبيرة تحاصر الهندسة الوراثية التي يمكنها حل مشكلتي الغذاء والوقود، من ناحية، ولكنها تتضمن تدخلا خطيرا في الطبيعة، لا نستطيع التنبؤ بعواقبه المستقبلية، من ناحية أخرى.

المصادر

١. كتاب "مصادر الطاقة" تأليف بيتر هوفن ترجمة د. ماجد كنج – ردمك 71-978-9953 - دار النشر الفارابي 2009.
٢. كتاب "الطاقة المتجددة" تأليف د. علي محمد عبدالله – دار النشر وكالة الصحافة العربية – رقم الإيداع 2012/10309 سنة النشر 2015.
٣. كتاب "مصادر الطاقة في الشرق الأوسط" تأليف محمد أحمد السيد خليل – دار النشر المكتبة الأكاديمية (ISO9002)-2008.
٤. Fundamental Issues in Control of Carbon Gasification Edition. Reactivity (Nato Science Series E: 1991st
٥. Carbon and Coal Gasification: Science and Technology J.L Figueiredo, Jacob A. Moulijn, 28/2/1986
٦. Pyrolysis and Gasification G.L. Ferrero,- 6 K. Maniatis, A. Buekens, A.VBridgwater, 13/12/1989
٧. Handbook of Gasification Technology, Science, Processes, and Appl John Wiley & Sons, 14/4/2020
٨. Gasification for Practical Applications Jens Omdahl Scitus 'Academics
٩. Gasification Technologies A Primer for Engineers and Scientists A Primer for Engineers and Scientists, Nicholas P. Cheremisinoff 'John Rezaiyan