مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٨)العدد (٨) ٢٠٢٤
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (8) 2024

تأثير إضافة الغاز الحيوي إلى الغاز الطبيعي في حراقات التدفئة المستخدمة في البيوت المحمية

د. عدنان علي احمد*

د. صفاء الأحمد**

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٤/٧/١٠ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٤/٧/٣١)

□ ملخّص □

تم في هذه البحث إنتاج غاز حيوي عن طريق مخمر من روث البقر لاهوائي، وذلك في منشأة زراعية تحوي بيوت محمية ومبقرة فيها (٤٠ بقرة)، تُستخدم لإنتاج الحليب واللحوم، استخدم لهذه الغاية حراق يعتمد على الغاز الطبيعي لتدفئة البيوت المحمية، تم التجريب باستخدام الغاز الطبيعي(١٠٠%) ثم الغاز الحيوي(١٠٠%) ثم استخدمت نسب خلط بين الغاز الطبيعي والحيوي(٥٠% حيوي و٥٠% طبيعي) و(٣٠% طبيعي و٧٠% حيوي) مع استخدام فوهات تزرير بأقطار مختلفة، تتراوح بين(١-٠,٢٥mm).

بيّنت الدراسة أن نسبة الخلط (حيوي70% – طبيعي 30%) تحقق فعالية عالية في التدفئة، حيث أن الحرارة الناتجة عن الاحتراق من الغاز الطبيعي مساوية تقريباً للحرارة الناتجة من الغاز الحيوي وللمزيج (حيوي70% طبيعي 30%) وبنسبة(6.42%) أخفض من الغاز الطبيعي. أما الحرارة الناتجة عن الفوهات (١-٠,٢٥mm) مع المزيج (حيوي70% وطبيعي 30%) هي الأفضل، حيث تفاوتت درجات الحرارة الأخرى. أما سرعة المزيج في حالة المزج (٧٠% حيوي -٣٠% طبيعي) كانت الأفضل حيث تراوحت بين (-0,0551 0,2755 m/s)، عند مختلف أنواع اقطار الفوهات المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: حراق للتدفئة – غاز حيوي– الخلط بين الغاز الطبيعي والحيوي–بيوت محمية.

*أستاذ مساعد في قسم هندسة المكننة الزراعية في كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس.

**مدرس في قسم تقانات الطاقات المتجددة في كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس.

The Effect of Adding Biogas to Natural Gas in the Heating Burners Used In Greenhouses

Dr. Adnan Ali Ahmad*
Dr. Safaa AL-Ahmad**

(Received 10/7/2024 . Accepted 31/7/2024)

□ ABSTRACT □

In this study, biogas was produced through an anaerobic cow dung fermenter, in an agricultural facility containing greenhouses and a cow (40 cows), used to produce milk and meat. For this purpose, a burner based on natural gas was used to heat the greenhouses. The experiment was conducted using gas. Natural (100%), then biogas (100%), then mixing ratios between natural and biogas (50% bio and 50% natural) and (30% natural and 70% bio) with the use of spray nozzles of different diameters, ranging from (0.25 mm – 1mm).

The study showed that the mixing ratio (bio 70% - natural 30%) is highly effective in heating, as the heat resulting from combustion of natural gas is almost equal to the heat resulting from biogas and the mixture (bio 70% natural 30%) is (6.42%) lower than Natural gas. The heat generated by the nozzles of various diameters with the mixture (70% bio and 30% natural) is the best, as the other temperatures varied. The speed of the mixture in the case of mixing (70% biological - 30% natural) was the best, as it ranged between (0.0551-0.2755 m/s), at the different types of diameters of the flaps used.

Keywords: **burners for heating - biogas - mixing natural and biogas – greenhouses.**

* Assistant Professor in the Department of Agricultural Mechanization Engineering at the Faculty of Technical Engineering at the University of Tartous.

** Lecturer in the Department of Renewable Energy Technologies at the Faculty of Technical Engineering at the University of Tartous.

١.مقدمة

تأتي الحاجة للطاقة البديلة من شدة استخدام الإنسان للطاقة، وبما لا يتناسب مع معدلات إنتاجه لها، وتتفاقم المشكلة في الأرياف والمناطق الزراعية وأماكن وجود البيوت المحمية وذلك لغاية تدفئتها في المناطق الباردة، وبحيث من الصعب التوصيل بالشبكات الكهربائية خصوصاً في الدول التي تعتمد على الزراعة والصناعة في اقتصادها [١].

إن مصطلح الطاقة المتجددة(Renewable Energy) يُعبر عن الطاقة المتجددة الناتجة عن عمليات طبيعية دون تدخل الإنسان، وتتجدد بصورة دائمة، ويوجد في الطبيعة عدة أنواع منها: أشعة الشمس، الطاقة الحركية الجوفية، الرياح، أمواج البحر، طاقة المياه الجارية أو الساقطة من المنحدرات، بالإضافة إلى طاقة الكتلة الحيوية بأشكالها المختلفة، ومن أهم المزايا أنها مجانية ونظيفة، أي يمكن القول أن الطاقة البديلة(المتجددة) تُعبر عن أي مصدر للطاقة يمكن استخدامه بديلاً عن الوقود الاحفوري، والتي لا تؤثر على البيئة بصورة كبيرة [٢].

لا تقتصر إمكانية الاستثمار الحديث على إنتاج الغاز الحيوي، فهنالك تقانات متعددة لمعالجة الأخشاب وبقايا المحاصيل الزراعية والحصول منها على الوقود الغازي أو السائل، وربما كان إدخال هذه التقانات إلى البلدان العربية ذو فائدة كبيرة بسبب موقعها الجغرافي وتوفر كتلة كبيرة كمادة أولية، وتلاقي كل أشكال الطاقات المتجددة اهتماماً كبيراً من الدول الصناعية المتطورة رغم قلة توفر بعض أشكال الطاقات لديها لأن غايتها ليس فقط تغطية احتياجاتها بل السيطرة على السوق العالمية [٤].

٢. مشكلة البحث وأهميته

تتمثل مشكلة البحث وأهميته في الإجابة عن الاستفسارات التالية:

١) المقارنة بين الغاز الطبيعي والغاز الحيوي من حيث القيمة الحرارية!

٢) البارامترات الحرارية للخليط بين الغازين (الحيوي والطبيعي) واختيار النسبة الأمثل!

٣) تأثير تغيير قطر فوهات مخروط الحراق على حرارة الاحتراق!

٣. أهداف البحث:

١) إنتاج الغاز الحيوي وتحليل المواصفات الكيميائية له.

٢) الحسابات الحرارية والتجريبية لكل غاز منهما واختيار نسبة الخليط الأفضل بينهما.

٣) محاكاة النتائج اعتمادا على حرارة الاحتراق بوساطة نظام (MATLAB).

٤. الدراسات المرجعية والنظرية

١,٤- الدراسات المرجعية:

قام الباحث (محمد غانم وآخرون -٢٠١٤) باستخدام تقنية التخمر لإنتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار. أنشئ لهذه الغاية المخمر وفق النموذج الهندي، ويتكون من حوض تخمير أسطواني ذي حجرتين بحجم /٩,٤٢ م ^{3}(ارتفاعه ٣ م وقطره ٢ م)، وخزان للغاز بحجم ٦ م ^{3}وارتفاع ١ م /، وأنبوب إدخال، وأنبوب خروج، بلغ الإنتاج

التراكمي من الغاز الحيوي خلال زمن التخمير والبالغ /٣٠/ يوماً /٤٨ م/3، وكان أعلى معدل لإنتاج الغاز في اليوم /١٣/، حيث بلغ /٤,٥ م^3، كما أصبحت رائحة المخلفات الموجودة في المزرعة ضعيفة، وتميزت المزرعة بعد استثمار المخمر بالنظافة وقلة الحشرات.

بيّن الباحث (لكحل، الأمين، حاج علي – ٢٠٢٠) بأن الحاجة للطاقة البديلة تأتي من شدة استخدام الإنسان للطاقة بما لا يتناسب ومعدلات إنتاجه لها، وتتفاقم المشكلة في الأرياف أين يكون من الصعب التوصيل بالشبكات الكهربائية خصوصا في الدول ذات المساحة والكثافة السكانية الكبيرة على غرار الهند، وعليه اعتمادا على المنهج الوصفي يمكن معرفة السياسة الكهربائية التي تبنتها الهند لحل مشكل العجز الكهربائي في الريف من خلال الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة بهدف إنتاج طاقة رخيصة وبوفرة.

قام (نهال، الشحات واخرون ٢٠٢١)، بدراسة آليات الإدارة البيئية لإنتاج الغاز الحيوي من حمأة الصرف الصحي على التنمية المستدامة في مصر، من خلال التعرف علي أولوية تأثير كل من السياسة البيئية والتخطيط البيئي والمراجعة الإدارية كأبعاد لإنتاج الغاز الحيوي (المتغير المستقل) على التنمية المستدامة (المتغير التابع) بالشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي وشركائها التابعة في مصر وخصوصاً أن حجم الحمأة المهدرة كبير، وذلك يتطلب إدارة الحمأة عن طريق استطلاع أراء ووجهات نظر عينة من العاملين بها، وتتمثل مشكلة البحث في مدى تأثير أبعاد إنتاج الغاز الحيوي من حمأة الصرف الصحي من الناحية الإدارية على أبعاد التنمية المستدامة .اعتمد الباحثون في هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي وذلك من خلال أسلوب الدراسة النظرية والدراسة الميدانية، وتم استخدام قائمة استبيان تم اعدادها لغرض جمع البيانات حسب متغيرات الدراسة، كما استخدم معامل مكدونالد أوميجا لاختبار ثبات مقياس إنتاج الغاز الحيوي ومقياس التنمية المستدامة، بينما تم استخدام تحليل الانحدار المتعدد التدريجي لمعرفة تأثير ابعاد إنتاج الغاز الحيوي على التنمية المستدامة. وقد توصل الباحثان إلى عدة نتائج تمثلت في وجود تأثير معنوي ذو دلالة إحصائية بين جميع أبعاد إنتاج الغاز الحيوي من حمأة الصرف الصحي، وأهمية تبني إنتاج الغاز الحيوي من حمأة الصرف الصحي لدعم التنمية المستدامة.

بيّن الباحثون (سمير، ديميتري واخرون ٢٠١٩م)، أن العالم يعاني من مشكلتي نقص الوقود والتخلص من المخلفات. وتعد مصادر الطاقة المتجددة إحدى صور التغلب على مشكلة نقص الوقود. ويعتبر إنتاج الغاز الحيوي أحد صور الطاقة الصديقة للبيئة. اما بالنسبة للمخلفات العضوية فيوجد منها ملايين الاطنان التي تنتج سنوياً والتي يعتبر التخلص منها أحد المشكلات البيئية. ولهذه المخلفات العضوية قدره كبيره على توليد الغاز الحيوي لما تحتويه من مكونات عضوية. تعتبر المخمرات اللاهوائية تقنية واعدة لتحويل تلك المخلفات العضوية الى غاز حيوي. كل مواد الكتلة الحيوية تحتوي على هيدروكربونات وبروتين ودهون والتي بتحللها ينتج الغاز الحيوي. وتم اختيار ورد النيل أحد المخلفات العضوية والذي يسبب مشاكل بيئية واقتصادية واجتماعية، كما يعد أحد عوائق التنمية ومن إحدى المشاكل الكبرى في المجاري المائية لنهر النيل كمادة لإنتاج الغاز الحيوي. وبأجراء بعض التجارب المعملية باستخدام ورد النيل والروث الحيواني للوقوف على انسب الظروف لإنتاج الغاز الحيوي، وبتصميم وتنفيذ نموذج لمخمر نقال سعة ٢م ^{3}وبتطبيق انسب الظروف التي تم الحصول عليها من التجارب العملية تم تغذية المخمر بخمس خلطات بنسب مختلفة من ورد النيل وروث ماشية تبدأ من ١٠٠% ورد النيل و ٠% روث ماشية وتنتهى ٠% ورد النيل و ١٠٠% روث ماشية. وباستخدام المخمر كوحدة ذات

تغذية بدفعة واحدة لمدة ٣٠ يوم، تم الحصول على متوسط كميات من الغاز الحيوي والتي تصلح لاستخدام عائلة مكونة من ستة افراد لمدة شهر. لذا يمكن استخدام المخمر النقال في المناطق الريفية والأماكن النائية البعيدة عن شبكات الكهرباء مع التخلص الآمن من المخلفات العضوية..

قام الباحث (حسن، عمر ٢٠١٤) من جامعة تكريت، بدراسة تأثير بعض العوامل البيئية في إنتاج الغاز الحيوي (الميثان) باللاهوائي الهاضم من بعض المخلفات العضوية، تناولت البحوث التي تضمنتها هذه الأطروحة تقييم بعض المواد الأولية (حمأ المجاري وروث الأبقار بالإضافة إلى المخلفات النباتية مثل التبن وسعف النخيل والقصب) على كفاءة الهضم اللاهوائي وإنتاج الغاز الحيوي. بالإضافة إلى تحري سبل تعزيز عائد الميثان من المواد الأولية من خلال تحسين خصائص المواد الأولية وتوفير الظروف البيئية المثلى مع التطبيق على نطاق واسع باستخدام مفاعل حيوي محلي الصنع. استعمل حمأ المجاري في إنتاج الغاز الحيوي بالهضم اللاهوائي عند درجة حرارة (٣٥°)، وبزمن مكوث قدره (٣٠ يوم) وقد تبين إمكانية إنتاج الغاز الحيوي من الحمأة الأولية بمعدل إنتاج يومي بلغ٥٢,٢٧ سم٣ غاز حيوي. يوم١-، ومتوسط حاصل إنتاج بلغ (٤٧,٤١Cm^3) غاز حيوي لكل غم مادة صلبة طيارة)). وإنَّ نتائج تحليل كروماتوغرافيا الغاز بينت وجود نسبة منخفضة من الميثان ضمن محتويات الغاز الحيوي بلغت(٣٧,١١٦%)، بالإضافة إلى نسب إزالة منخفضة سجلت (١٦,٣٤%) للمواد الصلبة الكلية،(٢٦,٩٦%) للمواد الطيارة، (٢٨,٠٥%) للمتطلب الكيمياوي للأوكسجين، (٣٢,٤٨%) للمتطلب الحيوي للأوكسجين، ونسبة أعلى للكربون العضوي بلغت(٤٢,١٣%)، مع نسبة إزالة منخفضة جدا للنتروجين الكلي (٣,٤%)، وللفسفور(٨,٧%)، وكذلك إزالة(٩٤,٦٨%) من بكتريا القولون، مع تسجيل ارتفاع في الرقم الهيدروجيني ليبلغ (٧,٩) في نهاية الهضم.

٢.٤ .مواد وطرائق البحث:

يمكن استخدام الغاز الطبيعي أو الغاز الحيوي أو خليط بينهما وبنسب محددة وحساب القيمة الحرارية الناتجة من الاستخدام.

١) **الغاز الطبيعي:** عادة يكون غاز الإستيلين أو غاز البروبان، يحتاج الغاز الأول مولد ليتم التفاعل بين الكربيد والماء لإنتاج الاستيلين، أما الغاز الثاني يتم استخلاصه من البترول.

٢) **الغاز الحيوي:** الغاز المنتج من الهاضم العضوي ويكون التركيب كما يوضح الجدول (1).

٣) **المزيج** بين الغازين بنسب محددة، كون الغاز الحيوي أرخص من الطبيعي وكلفت إنتاجه أقل.

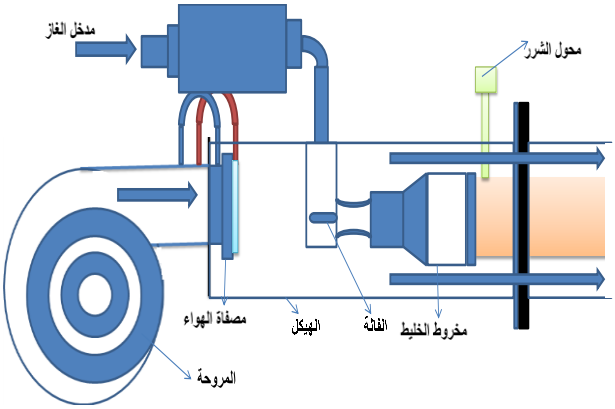
الجدول (1)، مكونات الغاز البيولوجي(الحيوي) المنتج من روث الأبقار

النسبة المئوية	الغازات الداخلة في تركيب الغاز البيولوجي(الحيوي)	
%	الرمز الكيميائي	اسم المركب
٧٥-٤٠	CH4	غاز الميتان
٥٥-٢٥	CO2	ثاني أكسيد الكربون
١٠-٠	H2O	بخار الماء
٥-٠	N2	غاز الازوت
٢-٠	O2	الأوكسجين
١-٠	H2	الهيدروجين
١-٠	H2S	كبريت الهيدروجين

غاز النشادر	N H3	١-٠

هناك نوعان من الحراقات المستخدمة محلياً، الحراق الذي يعمل بطاقة ثابتة، أي تكون معدل الغاز المستخدم ثابتاً وليس عيارياً، أما النوع الثاني المعاير حسب طبيعة العمل وحاجة البيت المحمي للحرارة من أجل التدفئة، ويتألف الحراق بشكل عام، الشكل (١).

يُظهر الشكل (1)، **مبدأ العمل** وكيفية دفع الهواء إلى البوق الاسطواني، يتم توزيع الهواء بشكل منتظم ومتجانس، وذلك بسبب ثقوب صغيرة على شكل مصفاة داخل البوق، وفي نهاية البوق يتم إدخال الغاز الحيوي داخل غرفة الخلط والتي تقوم بدورها بخلط الهواء مع الغاز الحيوي بنسب معينة.



الشكل (١)، مقطع جانبي لحراق عياري

بعد عملية الإدخال يدخل الخليط(غاز–هواء) إلى غرفة الاحتراق حيث يتم الاحتراق مولداً طاقة حرارية في البيت المحمي، يلاحظ بأن الهواء الخارج من بوق الحراق ينقسم إلى قسمين: أحدهما يدخل غرفة الخلط والأخر يحيط باللهب المشتعل وذلك بـ الحراق على شكل مخروط.

تم استخدام اللهب على شكل مخروط نافوري (الشكل (2))، وهنا يخرج غاز الاشتعال من فوهة أنبوب توصيل الغاز على شكل نافورة، فيتم اشتعاله نتيجة الاحتكاك بالهواء وتفاعله معه، يوضع أنبوب اللهب والاشتعال داخل الحراق مع وجود عنفة توربينية لدفع الهواء اللازم للاشتعال.

الشكل (٢)، مقطع جانبي للمخروط النافوري

الشكل (٣)، الفالة ذات المخروط المزدوج المستخدمة

الفوهة الأكثر استخداماً هي ذات المخروط المزدوج، الشكل(3)، تعطي مخروطين متداخلين، المخروط الأول للغاز والثاني للهواء، وهي مصنوعة من النحاس الأصفر وهو سبيكة من النحاس الأحمر مع معدن التوتياء بنسبة (40%)، يبلغ قطر الثقب في هذه الفالة(0.25 mm).

تكون:

- ✓ مساحة فوهة الفالة المستخدمة:

$$(A=\pi r^2=3.14\times(0.25/2)^2=0.049mm^2)$$

- ✓ تبلغ زاوية المخروط ($\alpha=45^0$).
- ✓ يتكون الغاز الطبيعي، الجدول (2)، من المركبات الكيميائية التالية:

الجدول (2)، مكونات العضوية للغاز الطبيعي المستخدم

التركيب الكيمائي	الغاز الطبيعي	النسبة المئوية %
CH4	غاز الميتان	82
CO2	ثاني أكسيد الكربون	١
N2	غاز الأزوت	١٤
--	غازات أخرى	٣

٢.٤. الدراسة الحسابية

١.٢.٤- معادلات الاحتراق للغاز الطبيعي والبيولوجي:

$$CH_4+2O_2 \rightarrow CO_2+2H_2O \quad (1)$$

٢.٢.٤-معادلة الكبريت:

$$S+O_2 \rightarrow SO_2 \quad (2)$$

3.2.4-القيمة الحرارية:

تُعرف القيمة الحرارية بأنها كمية الحرارة العظمى الناتجة عن احتراق الغاز وبحيث لا يحدث تكثيف لبخار الماء المتواجد في الغازات العادمة وتقاس بـ(Kwh/m^3)، تبلغ القيمة الحرارية للغاز الطبيعي($10.5\ Kwh/m^3$) والغاز الحيوي($8.5\ Kwh/m^3$).[٢].

٤,٢,٤-معادلات جريان الغاز:

$$V=\frac{Q}{A}=4Q/d^2\pi \quad (3)$$

حيث: V: سرعة جريان الغاز(m/sec).

Q: التدفق الحجمي(m^3/sec).

A: مقطع جريان الغاز(m^2).

٥,٢,٤- معادلة برنولي لجريان الغاز:

$$V^2/2g + P/\rho + H = const \qquad (4)$$

حيث: V: سرعة جريان الغاز(m/sec).

P: ضغط الغاز المستخدم(Kg/m^2).

ρ : الكثافة (Kg/m^3).

H : الارتفاع(m).

تم استخدام المعادلات السابقة في الحسابات التصميمية والتجريبية على حراق للتدفئة يعمل على الغاز الطبيعي وموجود في سهل عكار، وتم استخدام برامج (**MATLAB-MyFile-Script**) لمحاكاة النتائج وإظهارها بيانياً.

يتشابه الغاز الطبيعي مع الغاز الحيوي المنتج من مخلفات روث الأبقار والصرف الصحي عند استخدامها للمنشأة الزراعية، ولكن استخدام الغاز الحيوي أقل كلفة بكثير من انتاج الغاز الطبيعي [6]، لذلك تم الخلط (المزج) بينهما بنسب معينة والمقارنة مع كمية الحرارة الناتجة من الاحتراق ومقارنتها مع حالة استخدام الغاز الطبيعي فقط.

٥. النتائج والمناقشة:

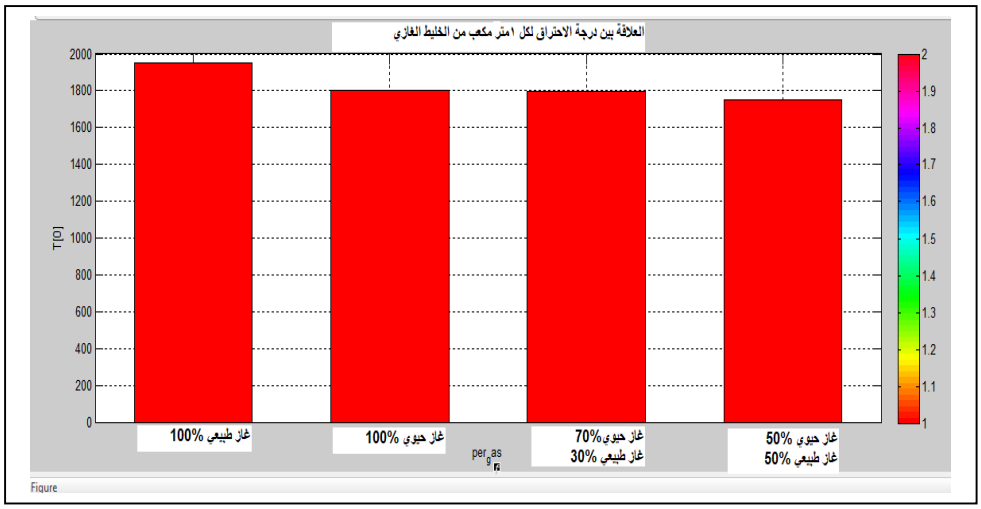
١,٥. الحرارة الناتجة من عملية الاحتراق:

يوضح الجدول (3)، تغير درجات الحرارة الناتجة عن عملية الاحتراق لأربع حالات تجريبية (غاز طبيعي – غاز حيوي– مزيج مختلف بين الغاز الطبيعي والحيوي) .

الجدول (3)، الخصائص الفيزيائية والكيميائية للاحتراق لكلا النوعين من للغازات المحترقة.

الغاز المستخدم ($1\ m^3$)	حجم الهواء اللازم	كثافة الغاز المستخدم	الحرارة الناتجة (C^0)	حرارة مزيج $(70\%)Gas_{bio}$ $+(30\%)Gas_{Nor}$	حرارة مزيج $(50\%)Gas_{bio}$ $+(50\%)Gas_{nor}$
غاز طبيعي	$15m^3$	$0.84Kg/m^3$	1900	1778 (C^0)	1815 (C^0)
غاز حيوي	$10m^3$	$0.72Kg/m^3$	1725		

يمثل الشكل(4) بيانياً التغير في درجات الحرارة الناتجة عن الاحتراق عند حالات متنوعة بالمقارنة مع الحالة المرجعية من دون مزج بين الغاز الطبيعي والغاز الحيوي.



الشكل (٤)، العلاقة بين درجة حرارة الاحتراق ونوعية الخليط الغازي

يبين الشكل(٤)، أن الحرارة الناتجة عن الاحتراق من الغاز الطبيعي مساوية تقريباً للحرارة الناتجة من الغاز الحيوي وللمزيج (حيوي70% وطبيعي 30%) وبنسبة(6.42%) أخفض من الغاز الطبيعي، أما بالمقارنة مع المزيج(حيوي50% وطبيعي 50%)، نجد أن نسبة الانخفاض(9.21%) بالمقارنة من حرارة الاحتراق الناتجة عن الغاز الطبيعي.

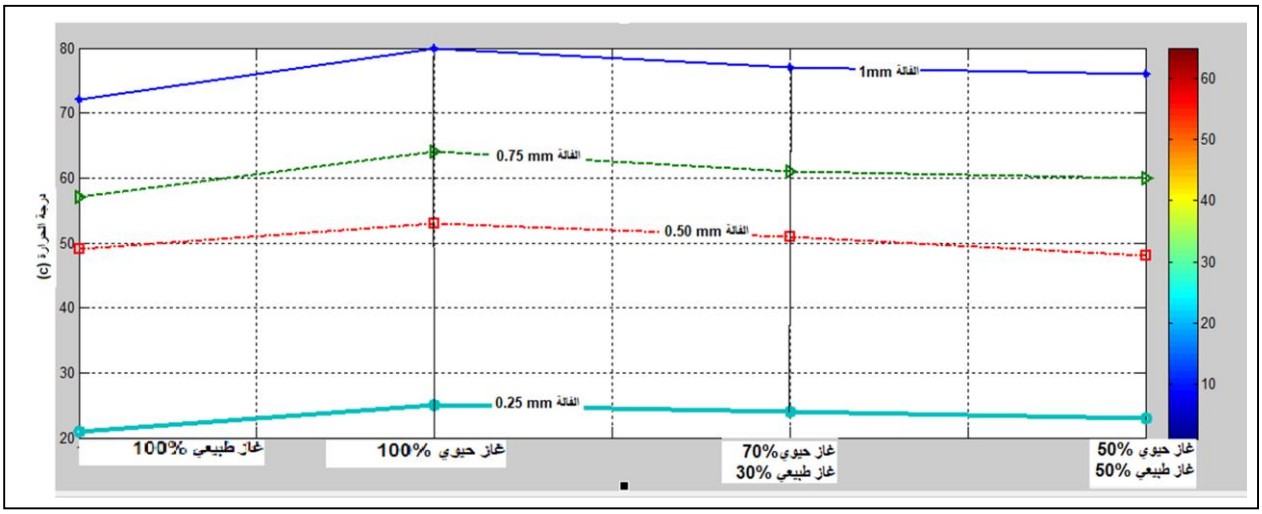
2.5- العلاقة بين درجات الحرارة مع نسب خلط مختلفة للغاز مع تغير قطر فالات الحراق

يبين الجدول (4)، تغير درجات الحرارة للغاز المستخدم كمرجع والخليط الغازي بنسب مختلفة مع تغير قطر الفالة المخروطي للحراق.

الجدول(4) درجات الحرارة لكل من الغاز الطبيعي والحيوي والخليط بينهما

T(درجة) / الفالة	غاز حيوي100%	غاز طبيعي100%	غاز طبيعي30% غاز حيوي70%	غاز طبيعي50% غاز حيوي50%
قطر الفالة0.25mm	21	25	24	23
قطر الفالة0.50mm	49	53	51	48
قطر الفالة0.75mm	57	64	61	60
قطر الفالة 1 mm	72	80	77	76

يبين الشكل (٥)، المخطط البياني لدرجات الحرارة للغازين الحيوي والطبيعي ونسب المزج بينهما المعتمدة للدراسة، قبل عملية الاحتراق، بحيث ارتفع درجة الحرارة بسبب شروط المزج والصفات الفيزيائية والكيميائية للغاز او للمزيج الخلط.



الشكل (٥)، العلاقة بين تغير درجات الحرارة بتغير الغاز أو المزيج

يبين الشكل (٥)، تغير دراجات الحرارة للغاز الطبيعي والحيوي وكيفية تغيرها بالنسب المدروسة للمزيج المخلوط.

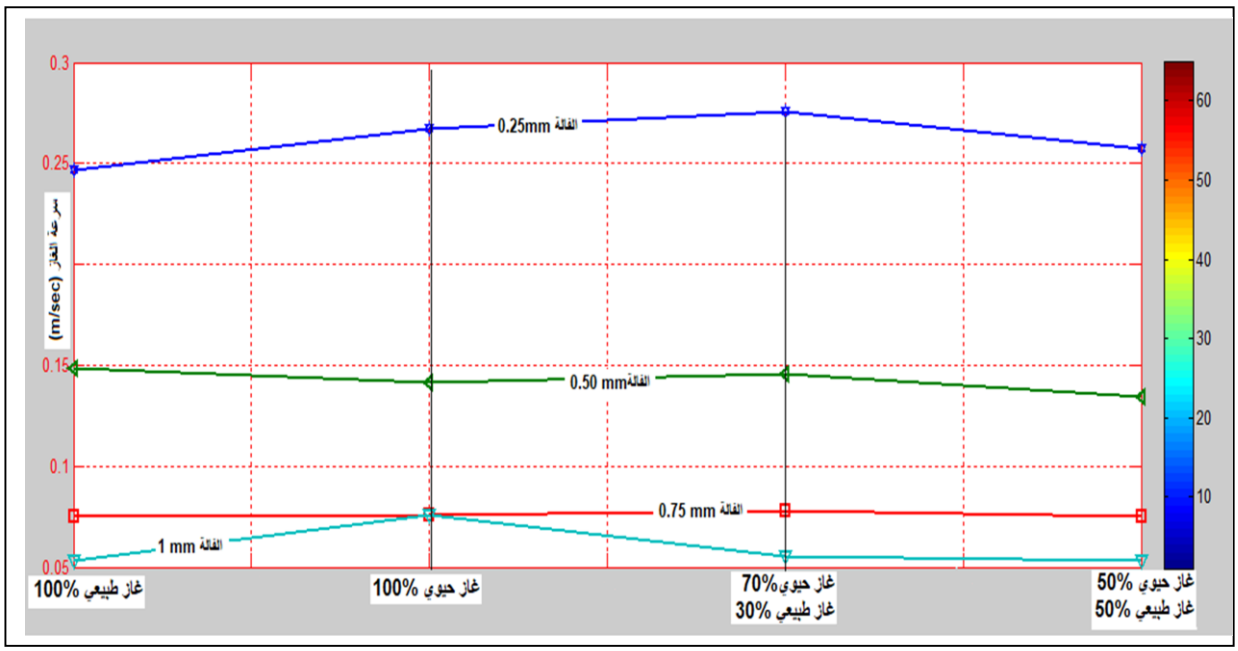
نلاحظ أن الفالة (1 mm) هي الأفضل حيث تراوحت درجات حرارة الخروج من الفوهة (٧٦ – ٨٠) درجة.

وكانت درجة الحرارة الناتجة عن الفوهات بمختلف أقطارها مع المزيج (حيوي70% وطبيعي 30%) هي الأفضل، حيث تفاوتت درجات الحرارة الأخرى.

3.5- العلاقة بين قطر الفالة وسرعة الغاز الطبيعي والحيوي والخليط

الجدول(٥)، العلاقة بين قطر الفالة وسرعة الغاز الطبيعي والحيوي والخليط

V(m/sec) / الفالة	غاز حيوي100%	غاز طبيعي100%	غاز طبيعي30% غاز حيوي70%	غاز طبيعي50% غاز حيوي50%
قطر الفالة0.25mm	0.2469	0.2673	0.2755	0.2571
قطر الفالة0.50mm	0.1484	0.1418	0.1459	0.1347
قطر الفالة0.75mm	0.075	0.076	0.0777	0.0748
قطر الفالة 1 mm	0.0531	0.076	0.0551	0.0531



الشكل (٥)، العلاقة بين قطر الفالة وسرعة الغاز الطبيعي والحيوي والخليط

نلاحظ من المخطط (٥)، أن سرعة المزيج في الحالة الثالثة (٧٠% حيوي -٣٠% طبيعي) كانت الأفضل حيث تراوحت بين (0,0551-0,2755 m/s)، عند مختلف أنواع اقطار الفالات المستخدمة.

٦. الاستنتاجات

١. بيّنت نسبة الخلط (حيوي70% وطبيعي 30%) فعالية عالية من حيث التدفئة والكلفة الاقتصادية، حيث كانت: الحرارة الناتجة عن الاحتراق من الغاز الطبيعي مساوية تقريباً للحرارة الناتجة من الغاز الحيوي وللمزيج (حيوي70% وطبيعي 30%) وبنسبة(6.42%) أخفض من الغاز الطبيعي، ودرجة الحرارة الناتجة عن الفوهات بمختلف أقطارها مع المزيج (حيوي70% وطبيعي 30%) هي الأفضل، حيث تفاوتت درجات الحرارة الأخرى.

٢. سرعة المزيج في الحالة الثالثة (٧٠% حيوي -٣٠% طبيعي) كانت الأفضل حيث تراوحت بين (-0,0551 0,2755 m/s)، عند مختلف أنواع اقطار الفالات المستخدمة.

٧. التوصيات

١. دراسة تأثير إضافة بعض المخلفات العضوية الى روث البقر.
٢. دراسة الأثر البيئوي لعمل الحراقات بالغاز الحيوي.
٣. دراسة الغاز الحيوي لمخلفات الصرف الصحي فقط وبيان النتائج.

٨. المراجع

١. خضور، علي، وآخرون، (٢٠٢٣م)، تصميم وتنفيذ عنفة ريحية صغيرة الاستطاعة، مجلة جامعة طرطوس، / سلسلة العلوم الهندسية/.

٢. ديمتري، سمير واخرون، (٢٠١٩م)، نموذج معدل لإنتاج الغاز الحيوي من بعض المخلفات الزراعية كمورد للطاقة المتجددة–جامعة عين شمس–مجلة العلوم–المجلد ٣٧، العدد ٣.

٣. غانم، محمد آخرون(٢٠١٤م)، استخدام تقنية التخمر لإنتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار، مجلة جامعة تشرين– مجلد ٣٦– العدد٣.

٤. لكحل، امين وآخرون(٢٠٢٠م)، الغاز الحيوي الطاقة المستدامة في الأرياف–دراسة النموذج الهندي، مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، العدد ٣.

٥. شقير، عدنان(٢٠٠٧م)، أفاق إنتاج الغاز الحيوي من المخلفات الزراعية ونفايات البلديات في فلسطين، مجلة جامعة بيت لحم–ص١٥٤–١٦١.

٦. فتحي، الشحات وآخرون(٢٠٢١م)، دور آليات الإدارة البيئية لإنتاج الغاز الحيوي من حمأة الصرف الصحي لتحقيق التنمية المستدامة– دراسة ميدانية–المجلة٢–العدد الثاني–الجزء الثالث–ص٧٩٩–٨٣٣.

٧. حسن، عمر(٢٠١٤م)، تأثير بعض العوامل البيئية في إنتاج الغاز الحيوي(الميتان) باللاهوائي الهاضم من بعض المخلفات العضوية- أطروحة دكتوراة-جامعة تكريت-العراق.