التكنولوجيا الملائمة

تطبيقات عمليّة

١

مَصنَع الغَاز الحيَوي

مَركَز الشَرق الأوسَط للتكنولوجيا المَلائمة

يونيسف

أعد السلسلة وأنتجها لمنظمة الأمم المتحدة للأطفال (يونيسف) :

مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة /
المهندسون الاستشاريون للشرق الأوسط
ص . ب . ١١٣/٥٤٧٤ ، هاتف : ٣٤١٣٢٣ ـ ٣٤٦٤٦٥ ،
تلكس MEEA 41224 LE ، بيروت ، لبنان

مدير المشروع : **بوغوص غوكاسيان**

Produced for UNICEF/MENA by:

MIDDLE EAST CENTER FOR THE TRANSFER OF APPROPRIATE TECHNOLOGY (MECTAT)
a division of
Middle East Engineers and Architects Ltd.
P.O. Box 113/5474, Tel: 341323-346465,
Tlx MEEA 41224 LE, Beirut, Lebanon

المحتويات — الصفحة

مقدمة ٧
فوائد الغاز الحيوي ٨
تصنيف مصانع الغاز الحيوي وتصميمها ٨
الشروط الضرورية لعمل مصنع الغاز الحيوي ١١
استعمالات الغاز الحيوي ١٤
السماد الحيوي ١٤
حدود السلامة في الغاز الحيوي ١٤
بناء مصنع صغير للغاز الحيوي بأربعة براميل فارغة ١٦
المهتضمة الصينية ١٨

الجداول

الجدول ١ : محتويات الغاز الحيوي الناتج عن فضلات المزارع ٧
الجدول ٢ : انتاج الروث والغاز ١١
الجدول ٣ : انتاج الغاز الحيوي من بعض المواد ١٢
الجدول ٤ : نسبة الكربون / النيتروجين في بعض المواد ١٣
الجدول ٥ : محتوى الطاقة في بعض أنواع الوقود ١٥
الجدول ٦ : قياسات مهتضمة ثابتة مصنوعة من الاسمنت ١٨

الطبعة الأولى
بيروت ، ١٩٨٥

جميع الحقوق محفوظة
All rights reserved
MEEA/MECTAT

التكنولوجيا الملائمة

التكنولوجيا الملائمة منهج في التطور الاجتماعي والاقتصادي أكثر مما هي أجهزة ومواد . إنها عملية اختيار الناس ، في منطقة معينة ، أساليب فعالة لسد حاجاتهم الأساسية . وهذا المنهج يتناقض مع الأسلوب الشائع في تقديم المساعدات للعالم الثالث ، حيث تكون الحلول في معظم الأحيان جاهزة ومرتكزة كلياً على تكنولوجيا الدول الصناعية .

فالمجاعة علاجها التقليدي توزيع الطعام الجاهز المعلّب . ولكن ماذا بعد استهلاك الهبات ؟ هل يستطيع الفقراء شراء الطعام الجاهز ؟ وهل تكون نتيجة توزيع عينات الاسعاف الأولي هذه تعوّد الفقراء السهولة وتوقّف السعي إلى استنباط أساليب ملائمة وممكنة للإنتاج المحلي ؟

وهل يجوز أن تتمّ المساعدة الخارجية بتقديم مستشفى حديث وتجهيزه بأكثر المعدات تعقيداً ، لخدمة اثنين في الألف من سكان بلد تكاد موازنته الصحية كلها لا تكفي لتشغيل هذا المستشفى وحده ؟ أليس من الأجدى ، في هذا المجال ، الاستعاضة عن المستشفى بمئة مركز للرعاية الصحية الأولية ، وتدريب مرشدين صحيين محليين ؟

إن كسر حلقة الفقر يقتضي نشر المهارات التقنية على نطاق لامركزي لتمكين العائلات الفقيرة من الوصول إلى أبعد حدّ ممكن من الاكتفاء الذاتي في تأمين حاجاتها الأساسية ، إذ ان في الاعتماد على النفس قوة .

إن هدف « مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة » تعميم تكنولوجيات بسيطة وملائمة وقليلة الكلفة في المناطق الريفية من العالم العربي ، خصوصاً حيث يشكل الفقر وقلة الموارد حاجزاً في وجه أي عملية تنمية . وفي تشجيع الناس العاديين على الابتكار والاستنباط تنمية لقدراتهم التقنية ، بحيث يتعدى دورهم الضغط على زر في آلة معقدة مستوردة .

فلسفتنا تقوم على العمل مباشرة مع الناس المستفيدين ـ لنتعلم منهم حيث أمكن ، ونكتشف معهم ، ونبتكر ، ونطوّر ، وننقل إليهم ، أساليب ملائمة تهدف إلى تحسين وضعهم المعيشي . وإن تركيزنا على تعميم التكنولوجيات الملائمة بين أهالي الأرياف مباشرة ينبع من إيماننا بأن لهذه الاستراتيجية الإنمائية إمكانات نجاح تفوق الكثير من المشاريع الضخمة التي يقصد منها مساعدة الفقراء ، في حين أنها بعيدة المنال ولا تلائم حاجاتهم الفعلية ، ولا يصيبهم من فائدتها إلا القليل .

ليس ممكناً الخروج من حال التخلف إلى حال التقدم من غير المشاركة الفعلية للناس المعنيين. أما مشاريع « التنمية » الجاهزة التي تعتمد كلياً على التمويل الخارجي والخبرات الخارجية فهي لا تتعدى كونها ، معظم الأحيان ، هبات وصدقات قد تعطي إسعافاً أولياً فتساعد الفقراء على حل بعض المشاكل في المدى القصير ، غير أنها تسقط مع الوقت وتساهم في تحويل التخلف

أمراً واقعاً . المطلوب مساعدة الريفيين على حل مشاكلهم بأنفسهم ، أي اعطاؤهم العدة الأساسية لتطوير وضعهم من الداخل .

خلال الفترة القصيرة نسبياً لوجود المركز ، قدم خدمات استشارية تدريبية لحركات شباب وهيئات إغاثة ومنظمات دولية ، من ضمن برامج هذه الأجهزة لتحسين الوضع المعيشي للفقراء وسكان الأرياف .

وكانت منظمة الأمم المتحدة للأطفال (يونيسف) رائدة في هذا المجال ، إذ تولّى مكتبها الإقليمي للشرق الأوسط وشمال أفريقيا تكليف المركز ، بعد فترة قصيرة من بدئه العمل الفعلي ، تنظيم دراسة ميدانية ودورات تدريبية في التكنولوجيا الملائمة شملت عدداً من مناطق العالم العربي . وذلك لما يقدمه تطبيق هذه التكنولوجيات من فائدة للنساء والأطفال على نحو خاص .

في هذا الإطار تأتي « سلسلة التكنولوجيا الملائمة » ، بهدف نشر المهارات على مستوى القاعدة الشعبية . ولسنا ندّعي هنا تقديم حلول نهائية جاهزة . غير أن التقنيات التي تشرحها هذه الكتيبات جرى تطويرها من خلال عملنا الميداني في الأرياف ، وثبتت فعاليتها في الممارسة . وتطمح هذه الكتيبات إلى تعميم مفهوم عملي ـ تطبيقي للتكنولوجيا الملائمة ، عن طريق :

ـ التوجّه إلى المدرّبين والمتدرّبين لتزويدهم بالمعلومات النظرية والمهارات العمليّة الضرورية لصنع الأجهزة واستخدامها .

ـ التوجّه إلى المسؤولين الحكوميين وذوي القرار لوعي أهمية التكنولوجيا الملائمة وتشجيع برامجها (في البحث والإنتاج) وأخذها بعين الاعتبار في التخطيط .

ـ التوجّه إلى المربين لإدخال التكنولوجيا الملائمة في البرامج وحفز الطلاب على صنع الأجهزة .

إن المؤلف الفعلي لهذه السلسلة هم الناس البسطاء الذين عملنا معهم ، والذين قدّموا البرهان الأكيد على أنه يمكن للتنمية أن تنطلق من كل فرد وكل عائلة وكل قرية . وكلما ساعدنا الناس على الابتكار واستنباط الحلول ، ستتطور هذه السلسلة لتشمل كل ما يلبي الحاجات الأساسية من أجل تنمية حقة محورها الإنسان .

نجيب صعب
رئيس مركز الشرق الأوسط
للتكنولوجيا الملائمة

مَصنَع الغـاز الحـيَوي

مقدّمة

إنتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) هو أحد الحلول المطروحة لأزمة الطاقة في الأرياف والمناطق المنعزلة من البلدان النامية .

ويتم إنتاج الغاز الحيوي عن طريق تحلل الفضلات العضوية ـ المنزلية والزراعية ـ بواسطة الجراثيم . وتعرف هذه العملية بالاختمار أو الهضم اللاهوائي . وهي تتم في وعاء محكم السد (أي في غياب الأوكسيجين) ولا يسرب الماء ، ويدعى « المهتضمة » . وتتولى مجموعة من البكتيريا تحليل الفضلات إلى أحماض (أسيد) ، وتحول مجموعة ثانية هذه الأحماض إلى غاز الميثان وثاني أوكسيد الكربون وغازات أخرى (للتفاصيل انظر الجدول ١) . ويتجمع الغاز الحيوي في حجرة خاصة .

الجدول ١ ـ محتويات الغاز الحيوي الناتج عن فضلات المزارع

الغاز	النسبة المئوية (٪)
ميثان CH_4	٥٤ ـ ٧٠
ثاني أوكسيد الكربون CO_2	٢٧ ـ ٤٥
نيتروجين N_2	٠,٥ ـ ٣
هيدروجين H_2	١ ـ ١٠
أول أوكسيد الكربون CO	٠,١
أوكسيجين O_2	٠,١
كبريتور الهيدروجين H_2S	أثر ضئيل

والغاز الحيوي وقود ممتاز للطبخ والإنارة والتدفئة وتشغيل محركات الديزل والإشعال وتوليد الكهرباء وضخ المياه وسوى ذلك من الاستعمالات . ويلخص الجدول ٥ محتوى الطاقة في بعض أنواع الوقود ، بما فيها الغاز الحيوي .

لقد تم بناء أكثر من سبعة ملايين مهتضمة لإنتاج الغاز الحيوي في الصين بين ١٩٧٣ و ١٩٨١ . وخلال العام ١٩٨٣ ، ارتفع عدد مصانع الغاز الحيوي في الهند إلى ٢٨٠ ألفاً . وقرّر إقامة ١٥٠ ألف مصنع آخر بين ١٩٨٤ و ١٩٨٥ ، واتّخذت التدابير لإقامة ستة ملايين مصنع بين ١٩٨٥ و ١٩٩٠ . كما بنيت مئات المهتضمات في عدد من بلدان الشرق الأقصى . وهناك مصانع للغاز الحيوي في نحو ٥٠ بلداً آخر . وكثير من هذه المصانع وحدات اختبارية تشغلها مؤسسات أبحاث .

والروث الحيواني أكثر المواد استعمالاً في مصانع الغاز الحيوي . وفي الصين وحدها تستخدم لهذه الغاية الفضلات الزراعية وسواها من النفايات العضوية ، إضافة إلى الفضلات الحيوانية والبشرية ، حيث صممت المهتضمات لتلائم هذه المواد الليفية .

ويراوح حجم معظم أجهزة الغاز الحيوي في البلدان النامية بين ٦ أمتار و ١٢ متراً مكعباً ، وهي مصممة لإنتاج غاز تستخدمه العائلة في الطبخ . أما المهتضمة الكبيرة التي يراوح حجمها بين ٥٠ متراً و ١٠٠ متر مكعب فتنتج غازاً يكفي لتشغيل محرك . وهي لا تكون عملية وملائمة إلا حيث يربى عدد كبير من الحيوانات في مساحة محدودة .

فوائد الغاز الحيوي

فوائد الغاز الحيوي يصعب تعدادها وتقديرها ، وهي تتوقف على البديل المستخدم في منطقة ما ، أي على مقارنة الغاز الحيوي بالحطب أو الكاز أو الروث المجفف للإشعال .

والغاز الحيوي من أدنى أنواع الطاقة المتجددة كلفة وأعلاها إنتاجاً . وهو من أكمل التقنيات بالنسبة إلى السنوات التي انقضت على ابتكاره وعدد المولدات التي بنيت خلال هذا الوقت .

وتشمل فوائده الأساسية : إنتاج وقود منزلي ، تعزيز الصحة والنظافة ، رفع الإنتاج الزراعي .

ومن الحسنات المحددة للغاز الحيوي :

- اللهب الأزرق المنبعث من هذا الغاز يسرع عملية الطبخ ويحافظ على نظافة المطبخ والأوعية . وهذا علامة تطور في نظر العديد من سكان الأرياف .
- تخليص ربات البيوت من الدخان ومن أمراض الجهاز التنفسي الناجمة عن إحراق الوقود التقليدي كالحطب وروث البقر المجفف . ويؤمن الغاز الحيوي طاقة تزيد عشرة أضعاف على الطاقة التي ينتجها روث البقر لدى إحراقه بالطريقة التقليدية ، أي في المواقد المبنية من ثلاثة حجار .
- استخدام مصنع الغاز الحيوي يستغرق وقتاً أقل كثيراً مما يستغرقه تأمين الوقود التقليدي (جمع الحطب أو صنع أقراص روث البقر) .
- السماد العضوي الناتج عن تكون الغاز الحيوي هو أكثر بنسبة ٣٠ في المئة من السماد الذي يوفره الروث في المزرعة .
- السماد الناتج يحتوي مقداراً أكبر من النيتروجين ونحو ضعفي كمية الدبال التي يحتويها الروث العادي . والدبال هو المادة السمراء أو السوداء التي تنشأ من تحلل المواد النباتية والحيوانية وتشكل الجزء العضوي من التربة . ويزيد هذا السماد قدرة التربة على حبس الماء ويمنع المواد المغذية للنبات من الإنجراف مع الأمطار الغزيرة .
- يحصل المزارعون الذين يستخدمون سماد الغاز الحيوي على زيادة في المحصول تراوح بين ٢٥ و ٣٣ في المئة .
- الحد من تكاثر البعوض والذباب وتحسين البيئة في القرية .
- بيوض الكائنات الطفيلية والجراثيم التي تحمل الأمراض تقتل داخل المهتضمة . وهذا يعني وقف الإصابات المرضية المتكررة ، الأمر الذي يسفر عن تحسن ملحوظ في الصحة العامة .
- حين يؤمن الغاز الحيوي معظم حاجات الطاقة ، يستغني القرويون عن الأيام الطويلة المرهقة في قطع الأشجار ، ويتوافر مقدار كاف من الخضرة لتربية الدواجن .

تصنيف مصانع الغاز الحيوي وتصميمها

• طريقتان للاختمار

تتم عملية الاختمار وإنتاج الغاز الحيوي بإحدى طريقتين رئيسيتين : التلقيم دفعة واحدة والتلقيم المتواصل .

التلقيم دفعة واحدة يعني ملء المهتضمة بخليط من الفضلات العضوية والماء (يدعى هذا الخليط الرداغ) ، وإقفالها وتركها تهضم ما دامت تنتج كمية وافرة من الغاز الحيوي . وحين يخف إنتاج الغاز أو يتوقف ، تفرغ المهتضمة وتملأ بدفعة جديدة من الرداغ . ويناسب هذا النوع من التلقيم الأماكن التي لا تتوافر فيها الفضلات العضوية على الدوام أو حيث تقتصر هذه الفضلات على البقايا النباتية القاسية . وهذا النوع من المهتضمات يتطلب عناية يومية ضئيلة ، ولا يكون إنتاج الغاز والسماد عبره ثابتاً .

أما التلقيم المتواصل فيقتضي إضافة الرداغ في فترات منتظمة ، وفي الوقت نفسه تفريغ كمية مماثلة من الناتج المهضوم عبر فتحة مواجهة لموضع

التلقيم . ويكون إنتاج الغاز والسماد ثابتاً تقريباً .

وتبنى مهتضمة التلقيم المتواصل وفقاً لأحد تصميمين ، فإما أن تكون عمودية وإما أن تكون أفقية .

المهتضمة العمودية هي في العادة خزان مستدير أو مربع يبنى تحت الأرض ويكون ارتفاعه أكبر من طوله أو عرضه .

المهتضمة الأفقية يكون طولها أكبر كثيراً من عرضها ، وتبنى فوق الأرض أحياناً . وتتوقف التقنية المعتمدة على نوع المواشي والدواجن التي تربيها العائلة .

• تصاميم المهتضمات

ـ مهتضمة دائرية ذات وعاء عائم للغاز

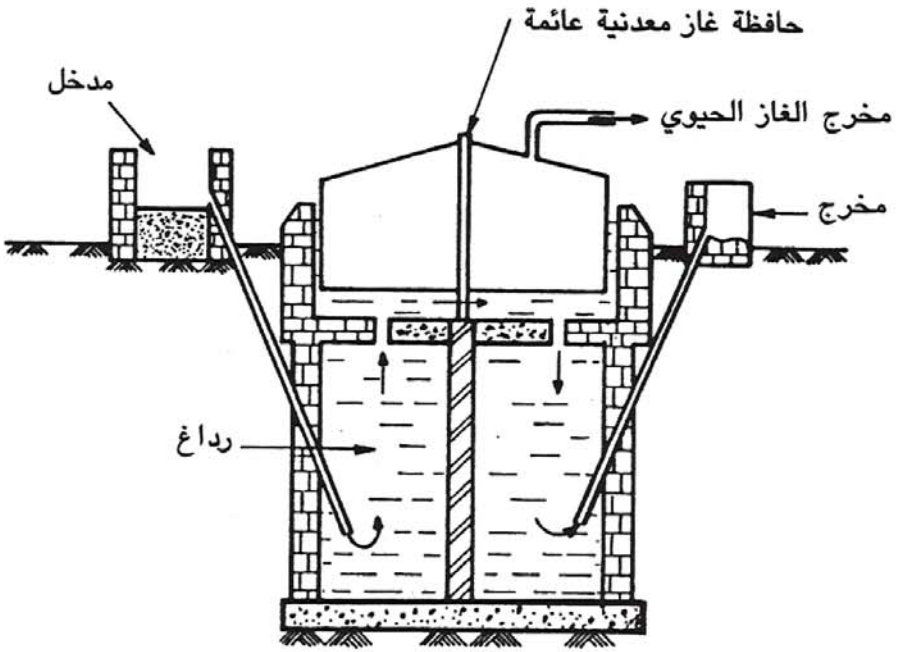
هذه تعرف بالمهتضمة « الهندية » (الشكل ١) . وهي من النوع العمودي وتعمل في شكل متواصل . وهذه المهتضمة مصنوعة من حجار البناء ومقسومة إلى حجرتين . أما وعاء الغاز فمصنوع من صفائح الفولاذ .

بالنسبة إلى روث البقر ، يراوح معدل إنتاج الغاز بين ٠,٣ و ٠,٤ م^3 في اليوم في كل م^3 من حجم المهتضمة . وينتج الغاز في ضغط ثابت .

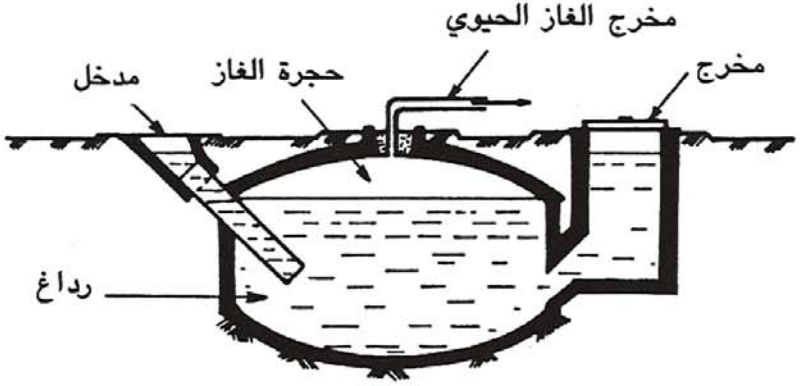
والكلفة الأولية لهذه المهتضمة عالية بالمقارنة مع المهتضمة الصينية .

ـ مهتضمة مقببة ثابتة

هذه تعرف بالمهتضمة « الصينية » لأنها الأكثر شيوعاً في الصين (الشكل ٢) . وهي تلقم دفعة واحدة أو على نحو شبه متواصل . وتستقبل كل أنواع الفضلات العضوية . ويدوم احتباس الفضلات وقتاً طويلاً ، مما يساعد في القضاء على الطفيليات والجراثيم التي تحمل الأمراض . ويركز هذا النوع من المهتضمات على السماد وعلى قتل الطفيليات والجراثيم . وهي تنتج أقل مما تنتجه الأنواع الأخرى . ويراوح معدل إنتاج الغاز في الصين بين ٠,١٥ و ٠,٢ م^3 في اليوم في كل م^3 من حجم المهتضمة . ولكن في المناطق الاستوائية ، قد يراوح هذا المعدل بين ٠,٣ و ٠,٤ م^3 في اليوم



الشكل ١ ــ مهتضمة دائرية عمودية من الطراز الهندي



الشكل ٢ ــ مهتضمة ثابتة مقببة من الطراز الصيني

في كل م٣ من حجم المهتضمة . ويتجمع الغاز تحت قبة المهتضمة التي تبنى تحت الأرض من القرميد (الآجر) والحجار ومواد محلية أخرى . ولا يكون ضغط الغاز داخل المهتضمة ثابتاً .

ـ مهتضمة وحافظة غاز في كيس مرن (الشكل ٣)

هذا الصنف من النوع الأفقي ذي التلقيم المتواصل ، وهو مصنوع من كيس بلاستيكي . وله المميزات الآتية : يختزن الغاز في المهتضمة ، يكون ضغط الغاز فيه ثابتاً ، سهل الحمل ويمكن نقله ، كلفته ضئيلة ، يستغرق صنعه وقتاً قصيراً نسبياً . أما سيئته الرئيسية فهي قصر عمره .

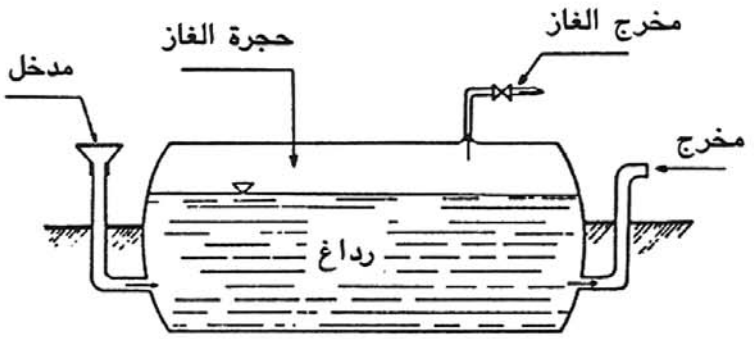
ـ مهتضمة ذات سطح ثابت (أفقية)

هنا ينتج الغاز في مهتضمة غير قابلة للتمدد ، ويختزن في وعاء منفصل .

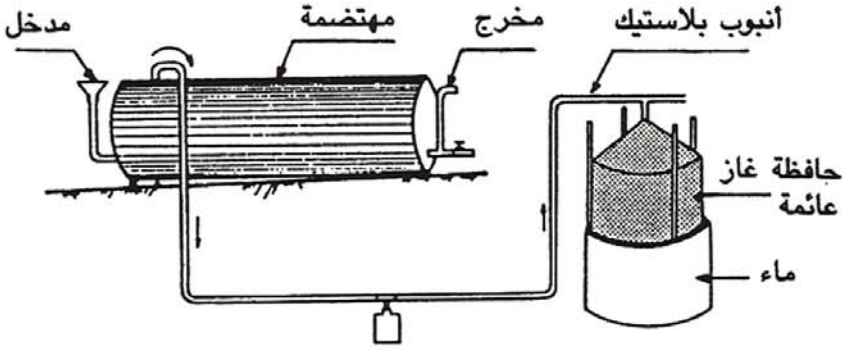
تبنى هذه المهتضمة عادة فوق الأرض . ويمكن صنع المهتضمات الأسطوانية (الشكل ٤) من مواد مختلفة كالفولاذ أو الاسمنت . وإذا طليت هذه الخزانات من الخارج بطلاء أسود غير لماع ووضعت داخل بيت زجاجي أو بلاستيكي ، فإن الحرارة الشمسية تسرّع التفاعلات البيولوجية داخل المهتضمة وتؤدي إلى إنتاج مقادير كبيرة من الغاز الحيوي . هذا النوع من المهتضمات ينتج غازاً أكثر وسماداً أنظف ، وهو سهل البناء والتشغيل والتنظيف والإصلاح . وفي طريقها من فتحة الدخول إلى فتحة الخروج ، تعبر الفضلات (الرداغ) موقعاً يبلغ فيه الهضم حده الأقصى .

ويمكن كذلك بناء مهتضمات مستطيلة ، ويستحسن أن تكون تحت سطح الأرض .

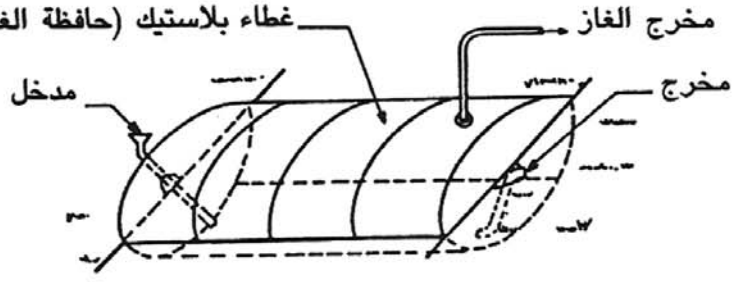
وقد استخدمت أنواع مختلفة من خزانات الغاز المنفصلة في هذه المهتضمات ذات السطح الثابت . من ذلك خزانات الفولاذ والاسمنت المسلح (فيروسمنت) العائمة وأكياس البلاستيك .



الشكل ٣ ــ مهتضمة وحافظة غاز في كيس مرن



الشكل ٤ ــ مهتضمة ذات سطح ثابت وحافظة غاز منفصلة



الشكل ٥ ــ مهتضمة ذات سطح مرن

الجدول ٢ ـ انتاج الروث والغاز

الحيوان	الروث الحديث لكل ١٠٠٠ كلغ من الوزن الحيواني (كلغ في السنة)	الوزن التقديري للحيوان (كلغ)	الروث الحديث المقدر للحيوان الواحد		محتوى الرطوبة المقدر في الروث الجديد (٪)	انتاج الغاز من الروث الحديث	
			كلغ في السنة	كلغ في اليوم		انتاج الغاز من كل كلغ من الروث في اليوم	انتاج الغاز من كل حيوان في اليوم
بقرة	٢٧,٠٠٠	٢٠٠	٥٤٠٠	١٥	٨٠	٠,٠٣٦ م٣	٠,٥٤ م٣
حصان ، بغل ، حمار	١٨,٠٠٠	١٥٠	٢٧٠٠	٧,٥	٨٠	–	–
خنزير	٣٠,٠٠٠	٥٠	١٥٠٠	٤,١	٨٠	٠,٠٧٨ م٣	٠,٣٢ م٣
خروف ، ماعز	١٣,٠٠٠	٤٠	٥٠٠	١,٤	٧٠	–	–
دجاج ، طيور	٩,٠٠٠	١,٥	١٣	٠,٠٤	٦٠	٠,٠٦٢ م٣	٢,٢ ليتر
براز بشري من دون بول	–	٤٠–٨٠	٥٠–١٠٠	٠,١٥–٠,٣	٦٦–٨٠	٠,٠٧٠ م٣	٣,٥–٧ ليترات

ـ مهتضمة ذات سطح مرن (أفقية)

الكثير من المهتضمات الجديدة الكبرى يتألف من حفرة مفتوحة تغطيها حافظة للغاز قابلة للنفخ ومصنوعة من البلاستيك أو من مادة مرنة أخرى (الشكل ٥) . وللعديد من المهتضمات في الولايات المتحدة وأمكنة أخرى أرضية وجدران ترابية مبطنة بالبلاستيك ، وتغطى المهتضمة كلها بحافظة بلاستيكية للغاز .

الشروط الضرورية لعمل مصنع الغاز الحيوي

إنتاج الغاز الحيوي عملية جرثومية ، لذلك فهو يقتضي توافر شروط الحياة والنمو للجراثيم المحللة . وهناك تسعة شروط رئيسية .

أ . البيئة اللاهوائية

جميع الجراثيم التي تؤدي دوراً رئيسياً في إنتاج الغاز الحيوي هي جراثيم لاهوائية . وأقل أثر للأوكسيجين يوقف عملية التحلل .

عند إدخال دفعة جديدة من الفضلات العضوية ، تدخل المهتضمة كمية كبيرة من الأوكسيجين . لكن الجراثيم الهوائية تستهلك هـذا الأوكسيجين سريعاً في المرحلة الهوائية الأولى من التحلل ، وتتوافر بذلك بيئة لاهوائية .

ب . أنواع الفضلات

جميع المواد العضوية صالحة للاختمار وإنتاج الغاز الحيوي ، باستثناء

الجدول ٣ ـ انتاج الغاز الحيوي من بعض المواد

المادة	ناتج الغاز (م³ من كل طن من المادة الجافة)	كمية الفضلات الجافة الضرورية لانتاج م³ من الغاز الحيوي	محتوى الميثان (٪)
روث حيواني :			
ماشية	٢٦٠ ـ ٢٨٠	٣,٦ ـ ٣,٩	٥٠ـ٦٠
خنازير	٥٦١	١,٨	٦٨
خيل	٢٠٠ ـ ٣٠٠	٣,٣ ـ ٥,٠	ـ
دجاج	٤١٠ ـ ٤٢٠	٢,٣ ـ ٢,٤	٦٠
نباتات :			
أعشاب (طازجة)	٦٣٠	١,٦	٧٠
قش (قمح)	٤٣٢	٢,٣	٥٩
ورق شجر	٢١٠ ـ ٢٩٤	٣,٤ ـ ٤,٨	٥٨
أقذار المجاري :			
رواسب	٦٤٠	١,٦	٥٠
فضلات التقطير الصناعي	٣٠٠ ـ ٦٠٠	١,٧ ـ ٣,٣	٥٨
مركبات :			
كاربوهيدرات	٧٥٠	١,٣	٤٩
شحوم وزيوت	١٤٤٠	٠,٧	٧٢
بروتينات	٩٨٠	١	٥٠

الليغنين (أو الخشبين الذي يشكل مع السليلوز قوام النسيج الخشبي) . وتحوي المواد الخشبية بعض مركبات الليغنين التي يمكن تفكيكها داخل الجهاز الهضمي في الماشية أو برش ماء الكلس على المواد النباتية .

وللحصول على الدرجة المثلى من إنتاج الغاز الحيوي ، من المهم جداً خلط مواد مختلفة لتحقيق أفضل نسبة بين الكربون والنيتروجين ، وهي ٢٠ ـ ٣٠ إلى واحد . وهذا يعني أن البكتيريا تحتاج إلى مقدار من الكربون أكثر ٢٠ ـ ٣٠ مرة من حاجتها إلى النيتروجين .

الجدول ٢ يلخص منتوج الروث لدى بعض الحيوانات .

الجدول ٣ يلخص منتوج الغاز الحيوي من بعض المواد .

الجدول ٤ يلخص نسبة الكربون إلى النيتروجين في بعض المواد .

ج . درجة الحرارة

تحقق البكتيريا اللاهوائية فعاليتها القصوى في درجة حرارة مناسبة .

إذا راوحت حرارة المهتضمة بين ٤٧ و ٥٥ درجة مئوية ، بلغ الإنتاج اليومي ٢,٥ م³ من الغاز لكل م³ من حجم المهتضمة . وإذا راوحت الحرارة بين ٣٥ و ٣٨ درجة مئوية ، بلغ الإنتاج اليومي ١ ـ ١,٥ م³ من الغاز لكل م³ من حجم المهتضمة . وإذا راوحت الحرارة بين ٢٢ و ٢٦ درجة مئوية ، بلغ الإنتاج اليومي ٠,٣ م³ لكل م³ من حجم المهتضمة . وعندما تهبط الحرارة إلى ١٣ ـ ١٥ درجة مئوية ، يتدنى الإنتاج اليومي إلى ٠,١ م³ من الغاز لكل م³ من حجم المهتضمة .

أما الإنتاج الإجمالي للغاز في كل طن من المواد الخام فهو نفسه تقريباً . فعندما تكون الحرارة مرتفعة يدوم الاختمار مدة أقصر . وعندما تكون الحرارة منخفضة تتباطأ عملية التحليل ويدوم الاختمار مدة أطول . وعندما يكون معدل الحرارة ٢٤ درجة مئوية يقتضي التحلل التام لروث البقر ٥٠ يوماً . وفي حرارة من ٣٥ درجة مئوية يستغرق ذلك ٣٠ يوماً فقط .

وإذا وضع جهاز شمسي متلقّ ، مثل بيت زجاج زراعي ، فوق المهتضمة ، ارتفعت الحرارة نحو ١٠ درجات مئوية حتى في المهتضمة المبنية تحت سطح الأرض .

د . درجة الحموضة المثالية

الدرجة المثالية لاختمار الغاز الحيوي هي ٧ ـ ٨ ، أي حين تكون الفضلات مائلة إلى القلوية . وإذا زادت نسبة الحموضة نتيجة لتلقيم خاطئ ، أو إذا أعيقت التفاعلات الطبيعية ، توقف إنتاج الغاز . ولتصحيح هذا الوضع تنبغي إضافة مواد جديدة مع ماء لتخفيف الحموضة . ومن المفيد هنا إضافة محلول من ماء الرماد .

هـ . البكتيريا البادئة

إذا أدخلت المواد الجديدة المهتضمة مع عدد ضئيل من البكتيريا البادئة ، استغرقت عملية الاختمار وقتاً أطول وكان إنتاج الغاز الحيوي بطيئاً وغير تام . ولكن إذا أضيف مقدار صغير من رواسب المهتضمة ، ازداد إنتاج الميثان بسرعة كبيرة .

و . تحريك الرداغ

أثبتت التجارب أن التحريك يزيد إنتاج الغاز الحيوي ١٠ ـ ١٥ في المئة . وفي الأجهزة الكبيرة يفضّل التحريك الآلي على التحريك الذي يحصل عبر تدفق الفضلات والأقذار .

ز . تخفيض الضغط داخل المهتضمة

إذا كان الضغط داخل المهتضمة عالياً ، هبطت سرعة إنتاج الغاز . ويرتفع الضغط في حال المهتضمات ذات القبة الثابتة حيث الغاز المتولد لا يحترق معظم الأحيان . وحافظات الغاز العائمة تحول دون ارتفاع الضغط الداخلي .

الجدول ٤ ـ نسبة الكربون / النيتروجين في بعض المواد

المادة	نسبة الكربون / النيتروجين
قش القمح	١ : ٨٧
سيقان فول الصويا	١ : ٣٢
الأعشاب	١ : ٢٧
سيقان وأوراق الفستق	١ : ١٩
روث الغنم	١ : ٢٩
روث البقر	١ : ٢٥
روث الخيل	١ : ٢٤
البراز البشري	١ : ٢,٩

ح . معوقات الاختمار

إنتاج الغاز الحيوي عملية جرثومية تحبطها المواد السامة التي تقتل البكتيريا .

إذا أدخلت مستحضرات التنظيف المصنعة إلى المهتضمة بنسبة تزيد على ٢٠ جزءاً في المليون ، فسوف يكون لها تأثير مناوئ للتفاعل البيولوجي داخل المهتضمة .

كذلك فإن قشور الليمون ليست مواد ملائمة لعمل المهتضمات .

ط . معالجة المهتضمات المتعطلة

فضلاً عما ورد في البند « د » ، قد يتسرب الماء والهواء من المهتضمة . وعندما تتخذ التدابير المناسبة للإصلاح تعود المهتضمة إلى عملها الطبيعي .

استعمالات الغاز الحيوي

يستخدم الغاز الحيوي في المناطق الريفية لأغراض الطبخ والإنارة .

حين يشتعل الغاز في الهواء ، يطلق ثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء . وناره زرقاء مثل نار طباخ الغاز العادي . أما إذا أشعل وسط فائض من الهواء ، فهو يطلق مركبات الكبريتيد (سلفايد) التي تثير حكاكاً في العيون وتنشر رائحة كريهة حادة .

في حال استخدام مواقد غاز عادية ، يتعيّن توسيع فتحة خرطوم الغاز (إلى ١,٥ ملم) أو نزعها . واحتراق الغاز في مصابيح التوهج (لوكس) يعطي نوراً أبيض لطيفاً بقوة مصباح كهربائي من ٤٠ إلى ٦٠ واط .

والغاز الحيوي وقود ممتاز لمحركات الإشعال والديزل . وأقل ما ينبغي إضافته إلى أي من هذه المحركات قطعة بسيطة لإدخال الغاز بين مصفاة الهواء والمكربن (كاربوراتور) . والكهرباء المنتجة بواسطة مولدات صغيرة تصلح للإنارة وضخ الماء وتشغيل الآلات الكهربائية . والإنارة بالكهرباء المتولدة من الغاز الحيوي أقوى ٣,٥ أضعاف من النور الناتج عن احتراق الغاز في مصابيح التوهج .

وإذا استخدم فائض حرارة المحرك لتسخين المهتضمة ، ازداد إنتاج الغاز . وهذا عامل مهم في زيادة فاعلية المهتضمات .

السماد الحيوي

الناتج الثاني للمهتضمة هو السماد العضوي الذي يدعى غالباً السماد الحيوي .

وقد يكون السماد العنصر الأهم للاكتفاء الذاتي في التنمية الزراعية . وهذا يعني محاصيل أكبر وتغذية أوفر للعائلة . والأطفال ذوو التغذية الحسنة أقل عرضة للأمراض .

المزروعات التي تنمو في تربة مسمدة بالمواد العضوية تكون أكبر وأقوى وأقل ابتلاء بالحشرات والآفات الزراعية ، وتعاني تربتها مقداراً أقل من الالتزاز (الارتصاص) والانجراف .

وتحتوي رواسب الغاز الحيوي ٩٠ في المئة من الماء و ١٠ في المئة من المواد العضوية . وينطوي الجزء السائل على محتوى قيّم من السماد في شكل نيتروجين الأمونياك (النشادر) ومركبات قريبة أخرى . ولدى تجفيف الرواسب يتبخر هذا السماد سريعاً أو ينجرف . ولن يطرح استخدام الرواسب محلياً مشكلة إذا وضعت في برك السمك أو في قنوات الري القريبة ، وذلك بعد تعريضها للهواء ١٥ ـ ٣٠ يوماً لكي يمتزج الأوكسيجين بالرواسب .

وتنتج مهتضمة بحجم ١٠ م^3 كمية من السماد تكفي هكتاراً من الأرض المزروعة . ومتوسط السماد المستعمل هو ١ م^3 من الرداغ لكل ١٠٠ م^2 من الأرض .

ومحتوى النيتروجين في رواسب الغاز الحيوي يزيد ثلاثة أضعاف على محتوى السماد الناتج عن أفضل عملية لتسميد الروث .

ويمكن استخدام الرواسب الجامدة كعلف إضافي (١٠ في المئة) للبقر وسواه من الماشية . وكما ذكرنا سابقاً ، يمكن استخدام رواسب المهتضمة لإطعام السمك وتغذية الطحالب والعوالق التي تقتات بها الأسماك . وقد أظهرت الأبحاث أن البرك التي تتلقى فضلات متحللة تحوي نسبة أكبر من الأوكسيجين الذائب وعدداً أقل من الأسماك المريضة وإنتاجاً سمكياً أكبر مما تحويه البرك التي تتلقى روثاً حديثاً .

حدود السلامة في الغاز الحيوي

الغاز الحيوي ليس أكثر خطراً من أنواع الوقود التقليدية كالحطب والكاز والغاز المضغوط . ولكن من الضروري اتخاذ احتياطات عدة خلال إنتاجه ولدى استعماله :

- عند فتح المهتضمة لتنظيفها أو إصلاحها ، احذر التدخين وإشعال الشموع . وقد ينفجر الغاز الحيوي لدى اختلاط ٦ ـ ٢٥ في المئة منه مع الهواء .
- يمكن كشف تسرب الغاز الحيوي من انبعاث رائحة كريهة شبيهة برائحة البيض الفاسد ، وهي رائحة كبريتور الهيدروجين الذي يشكل أقل من ٠,١ في المئة من الغاز الحيوي .
- الغاز الحيوي ليس سماً . لكن الإنسان يواجه خطر الإنقطاع عن التنفس إذا كثر هذا الغاز في الهواء وخفت نسبة الأوكسيجين .

- في الحالات الطبيعية يجب أن يكون الضغط داخل جهاز الغاز الحيوي أعلى من الضغط الجوي . وهذا يعادل ضغط عمود من الماء بارتفاع ٧ ـ ١٢ سم في حافظة الغاز العائمة ونحو ١٠٠ سم في المهتضمة الثابتة المقببة . وهو يقاس بواسطة ميزان الضغط المائي (مانومتر) . والضغط الإجمالي هو مجموع انزياح الماء في شعبتي الأنبوب .

- كابح اللهب أداة للسلامة توضع بين الموقد وحافظة الغاز . وهو عبارة عن لفافة من سلك نحاس رقيق يوضع ضمن أنبوب قطره بوصة واحدة وطوله ٥ ـ ١٠ سم . وفي الإمكان استخدام القسم النحاسي من أي شريط كهربائي مهمل لهذه الغاية . ووظيفته ، في حال حدوث حريق طارئ ، منع النار من الامتداد عبر أنبوب الغاز إلى المهتضمة والتسبب بانفجار .
- هناك أداة أخرى للسلامة هي وعاء تصريف الغاز الحيوي المتكثف . وهذا الوعاء يؤدي مهمتين ، أولاهما تجميع الغاز المتكثف الذي ينطوي على مقدار من الرطوبة . والشكل ٦ يبيّن هذا الوعاء في وضعه النموذجي بحيث تنحدر الأنابيب إليه . أما المهمة الأخرى للوعاء فهي مباشرة تصريف الغاز بعد أن يزيد ضغطه على المعدل . ويخرج الغاز الفائض عبر الأنبوب في أسفل وعاء التصريف .

الجدول ٥ ـ محتوى الطاقة في بعض أنواع الوقود

الوقود	القيمة الحرارية *		
	كيلو كالوري / كلغ	كيلو كالوري / ليتر	كيلو كالوري / م٣
الهيدروجين			٢,٤٠٣
أول أوكسيد الكربون			٢,٨١٢
الغاز الحيوي			٥,٥١٧
الميثان	١٣,٢٤٣		٨,٨٤٦
الغاز الطبيعي			٨,٨٩٩
البروبان	١١,٩٨٣	٦,٠٩٥	٢٢,٣٩٠
روث البقر المجفف	٢,٧٧٥		
الخشب اللين	٤,٩٩٥		
الفحم	٧,٢١٥		
الكحول المثيلي	٦,٣٨٣	٤,٢٤١	٨,٥٢٥
الكحول الاثيلي (سبيرتو)	٩,٢٦٩		
الديزل	١٠,٨٧٨	٩,٠٠٥	
الكاز	١١,٠٠٦	٨,٧٢٩	
الغازولين (البنزين)	١١,٢٦٧	٨,٢٦٣	
المازوت	١١,١٨٣	٨,٨٥٦	

(*) القيمة الحرارية العليا تشمل حرارة التبخر الكامنة في بخار الماء المتولّد .

بناء مصنع صغير للغاز الحيوي بأربعة براميل فارغة

إن وصف بناء مصنع كبير للغاز يتجاوز هدف هذا الكتيب . واختيار التصميم يقوم ، في جانب كبير منه ، على توافر المواد الأولية والنفايات التي تستخدم وقوداً .

والأسهل من هذا بناء جهاز صغير باستخدام أربعة براميل فارغة (الشكل ٦) ، يخصص اثنان منها لتأدية وظيفة المهتضمة واثنان لتأدية وظيفة حافظة الغاز العائمة . وإذا أحسن استعمال الجهاز ، ففي الإمكان طهو الأرز فيه مرتين أو ثلاث مرات يومياً .

وبعد اكتساب الخبرة ، يستطيع صاحب العلاقة بناء جهاز أكبر . وفي هذا الكتيّب وصف مفصّل للنموذج الصيني العائلي من المهتضمات ، وهو المهتضمة الثابتة المقبّبة .

المواد اللازمة :

المادة	الكمية
ـ أنابيب بلاستيك شفافة قطرها ١/٢ أو ٣/٤ بوصة (انش)	١٠ أمتار
ـ براميل فارغة سعة ٢٠٠ ليتر	٣
ـ برميل فارغ سعة ٢٢٠ ليتراً	١
ـ أكواع وصل ١/٤ بوصة	٤
ـ أنابيب فولاذ مطلية بالزنك بقطر بوصتين	٤ م
بقطر ١/٢ بوصة	١ م
ـ طلاء مانع للصدأ	٢ كلغ
أسود غير لماع	١ كلغ
أبيض	١/٢ كلغ
ـ موقد غاز صغير	١
ـ أكواع T بقطر بوصتين	٢

المادة	الكمية
L بقطر بوصتين	٤
صمام بقطر بوصتين	٢

● بناء جهاز الغاز الحيوي

ـ المهتضمة

ضع برميلين سعة ٢٠٠ ليتر أفقياً على الأرض وثبت الأكواع كما يبيّن الشكل ٦ . وإذا لم تكن الثقوب موجودة في البرميلين ، وجب فتح ثقبين متقابلين في كل برميل ، على أن يبلغ قطر الواحد بوصتين وتلتحم به « قطع الوصل » .

ـ حافظة الغاز

افتح جانباً واحداً في كل برميل من سعة ٢٠٠ ليتر و ٢٢٠ ليتراً . نسقهما كما يبيّن الشكل ٦ .

ـ جهّز مقياس الضغط من أنبوب بلاستيك شفاف ، وثبته على لوح خشبي مرقم بالسنتيمتر .

ـ أضف الماء الملون ليملأ شعبتي الإناء حتى العلامة «0» .

ـ جهّز وعاء تصريف الغاز المتكثف كما في الرسم .

ـ اصنع كابح اللهب من سلك نحاسي دقيق وأدخله في قطعة أنبوب قطرها بوصة واحدة ، ثم صلها كما في الرسم .

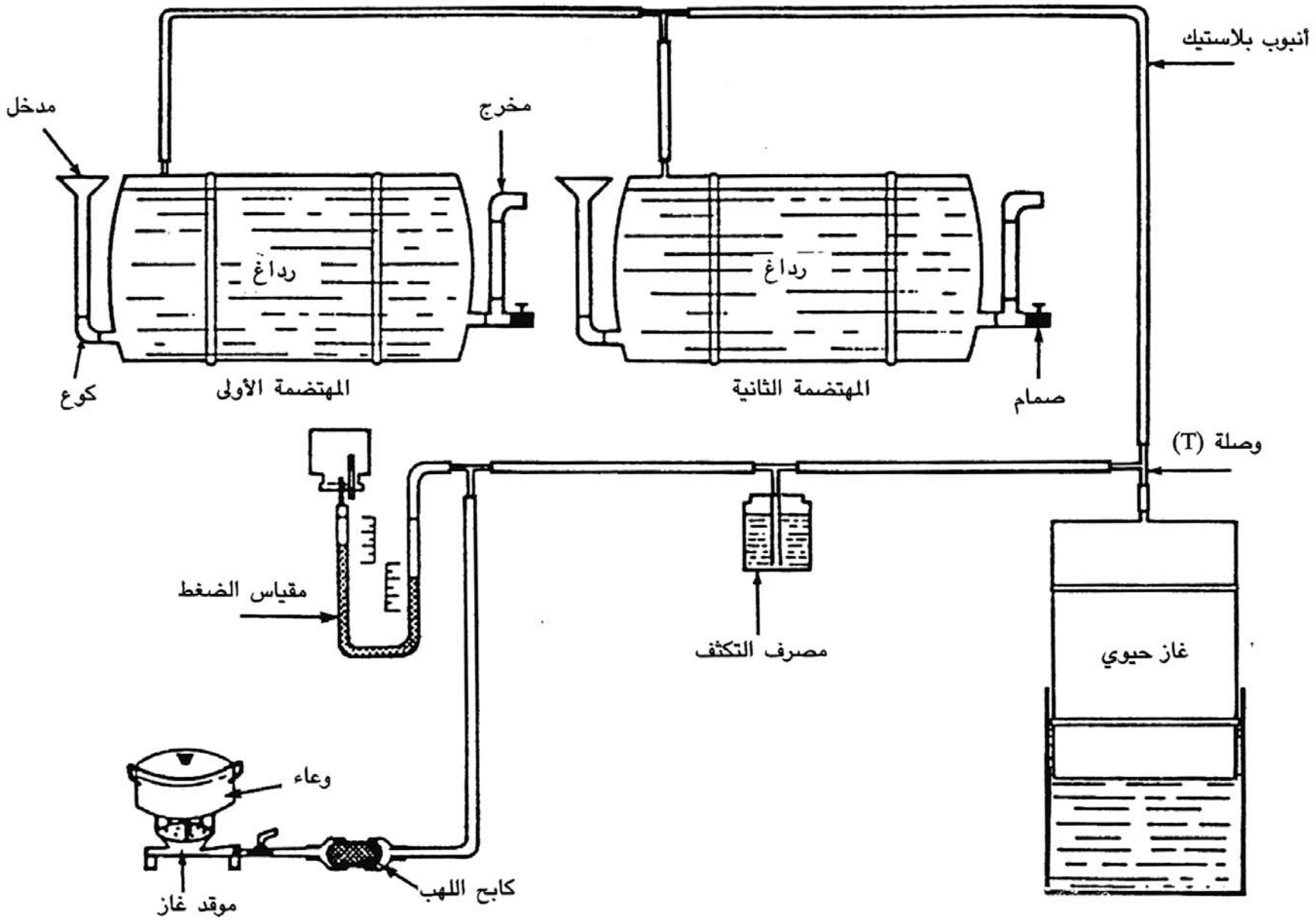
ـ وسع فتحة الغاز في الموقد إلى ١,٥ ملم .

ـ صل الأجزاء كما في الرسم .

● تشغيل الجهاز

ـ تلقيم المهتضمة

ـ املأ المهتضمتين بالرداغ عبر الفتحات : جزء واحد من الفضلات



الشكل ٦ ــ نموذج لجهاز غاز حيوي من النوع الأفقي فوق سطح الأرض مصنوع من أربعة براميل

الجدول ٦ ـ قياسات مهتضمة مقببة ثابتة مصنوعة من الأسمنت (بالمليمتر)

الحجم بالمتر المكعب	ط	ب	ع	ق	ش ١	ف ١	ش ٢	ف ٢
٦	٤٥٨٠	٢٨٨٠	٢٤٤٠	٢٤٠٠	١٧٤٠	٤٨٠	٢٥٥٠	٣٠٠
٨	٤٨٨٠	٣١٨٠	٢٥٤٠	٢٧٠٠	١٩٦٠	٥٤٠	٢٨٦٠	٣٤٠
١٠	٥١٨٠	٣٤٨٠	٢٦٤٠	٣٠٠٠	٢١٨٠	٦٠٠	٣١٨٠	٣٨٠
١٢	٥٣٨٠	٣٧٨٠	٢٧٠٠	٣٢٠٠	٢٣٢٠	٦٤٠	٣٤٠٠	٤٠٠

مخلوط بتسعة أجزاء ماء . أضف مقداراً ضئيلاً من الرواسب المتحللة القديمة ـ لتبذير البكتيريا ـ من مهتضمة شغالة أو من خزان تعفن .

ـ انتظر ٧ أيام إلى ١٢ يوماً كي تبدأ التفاعلات البيولوجية داخل المهتضمة ، وتملأ الحافظة بالغاز الحيوي . وتجدر الإشارة هنا إلى عدم إشعال الدفعة الأولى من الغاز . فهي قد تحوي هواء ، مما قد يؤدي إلى انفجار . وينصح أيضاً بتصريف الدفعة الثانية من الغاز الحيوي ، فهي قد تكون غير قابلة للاحتراق لوجود نسبة عالية من ثاني أوكسيد الكربون فيها .

ـ تلقيم الرداغ

ـ حين تشغل المهتضمة على نحو غير صحيح ، ولدى إصلاحها ، فهي قد لا تعطي النتيجة المتوخاة . والمزج اليومي لكمية الفضلات الصحيحة مع كمية الماء الصحيحة ـ أي نحو جزء لكل تسعة أجزاء إذا كانت الفضلات جافة ، وجزء لكل جزئين إذا كانت الفضلات حديثة ـ هو عامل كبير الأهمية . إن بكتيريا الميثان لا تحب التغيير .

ـ إذا دام الاحتباس ٣٠ يوماً ، فيجب أن يكون حجم التلقيم اليومي ١/٣٠ من حجم المهتضمة . وإذا كانت مدة الاحتباس ٥٠ يوماً ، فيجب أن يكون حجم الرداغ الملقم يومياً ١/٥٠ من حجم المهتضمة . ولمعرفة الشروط المطلوبة لفاعلية مثلى ، راجع القسم الرابع من هذا الكتيب (الشروط الضرورية لعمل مصنع الغاز الحيوي) .

ـ يجب تنظيف المهتضمة مرة في السنة .

ـ إذا وضعت المهتضمة في بيت زجاج زراعي ، ارتفع معدل إنتاج الغاز .

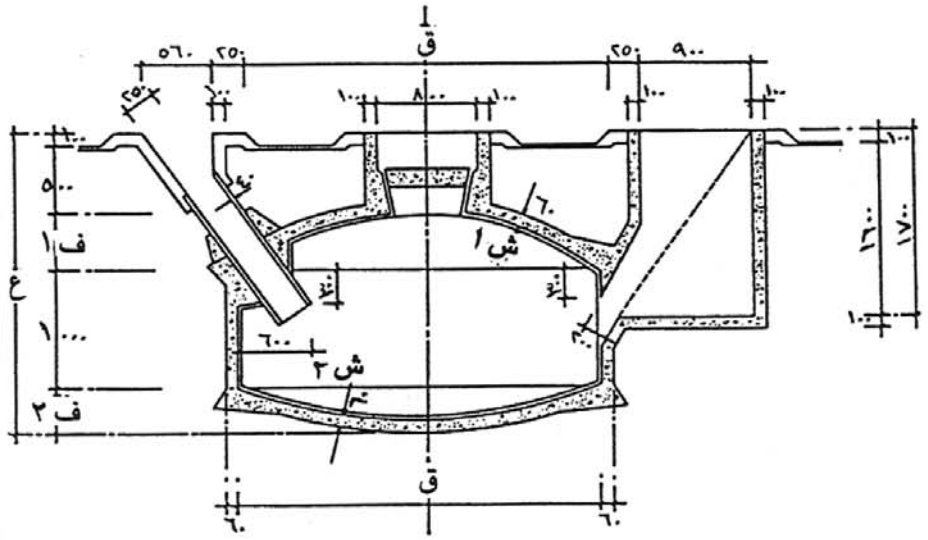
المهتضمة الصينية

تبنى المهتضمة الثابتة المقببة (النموذج الصيني) عادة تحت سطح الأرض لتأمين عزل حراري جيد ومستمر ولتسهيل وصل المرحاض بالمهتضمة وللاقتصار على أقل مساحة ممكنة . وغالباً ما تكون المهتضمة مستديرة الشكل ليأتي الضغط متساوياً على جدرانها الأسطوانية التي تشكل جزءها الأعلى والأغطية البيضويّة التي تشكل جزءها الأسفل .

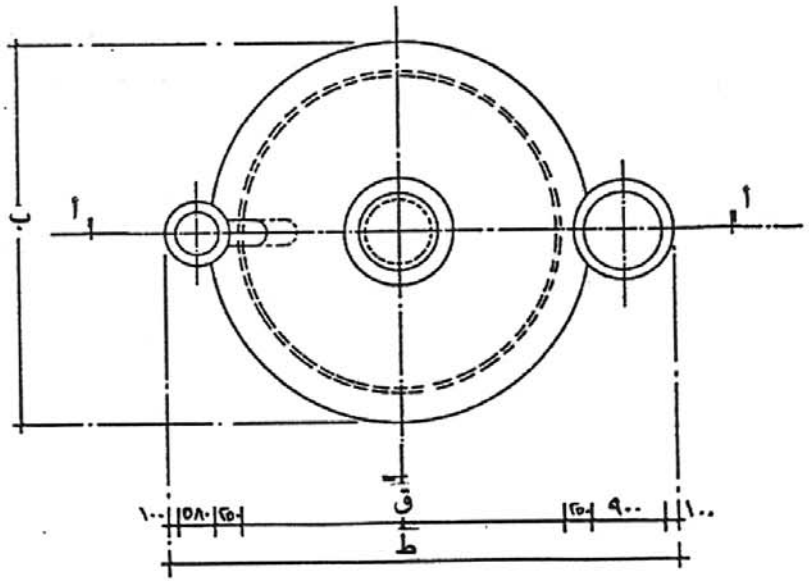
والمهتضمة الصينية تبنى عادة من الاسمنت ، لكن يمكن استخدام الطوب عند الحاجة . والخطوة الأولى للبناء هي حفر الأرض ثم صب الاسمنت وتمهيده فوق قاعدة محددة الجوانب . بعد ذلك تبنى الجدران الجانبية ويرصّ التراب الرطب خارجها لحمايتها من الضغط الداخلي

الناشئ عن الرداغ والغاز . وينبغي أن يكون البناء عازلاً للماء والهواء لئلا يحصل أي تسرب .

والشكلان ٧ و ٨ يعرضان رسمين لمهتضمة ثابتة مقببة . والجدول ٦ يقدم معلومات حول طاقة مهتضمات بحجم ٦ أمتار مكعبة ، ٨ م٣ ، ١٠ م٣ ، ١٢ م٣ .



الشكل ٧ ــ مقاييس المهتضمة الصينية: مقطع جانبي



الشكل ٨ ــ مقاييس المهتضمة الصينية: منظر علوي

REFERENCES

— UNEP. **Biogas Fertilizer System: A Technical Reportona Training Seminarin China.** UNEP, Nairobi (Kenya). 1981.

— **UN/ESCAP Guidebook on Biogas Development. (Energy Resources Series No. 21).** UN. Hong Kong. 1980.

— Arnott, Michael. **The Biogas/Biofertilizer Business Handbook.** Peace Corps. Washington, D.C. 1982.

— Eggeling, Gerhard et. al. **Biogas Plants Building Instructions.** GATE. Eschborn, West Germany. 1980.

— ENDA/GRET. **Manuel du Biogaz chinois. Environnement Africain 1 & 4.** ENDA. Dakar. Senegal. 1981.

— Hamad, M.A. et. al. «Design Parameters Affecting Success and Failure of Biogas Systems. **Conference on State of the Art on Biogas Technology Transfer and Diffusion.** Cairo, Egypt. 17-24 Nov. 1984.

— Fathy, A. et. al. «An Integrated Renewable Energy System». **Conference on State of The Art on Biogas Technology Transfer and Diffusion.** Cairo, Egypt. 17-24 Nov. 1984.

— «Biogas Programme in India». **Conference on State of the Art on Biogas Technology Transfer and Diffusion.** Cairo, Egypt. 17-24 Nov. 1984.

— Stuckey, David. «Biogas: A Global Perspective». **Conference on State of the Art on Biogas Technology Transfer and Diffusion.** Cairo, Egypt. 17-24 Nov. 1984.

— Sasse, Ludwig. «Engineering Aspects of Small Scale Biogas Plants». **Conference on State of the Art on Biogas Technology Transfer and Diffusion.** Cairo, Egypt. 17-24 Nov. 1984.

— Pluschke, Peter. «Analysis of Economic Factors in the dissemination of biogas plants. Case studies from Africa and the Caribbean». **Conference on State of the Art on Biogas Technology Transfer and Diffusion.** Cairo, Egypt. 17-24 Nov. 1984.

— Stout, B.A. and Loudon, T.L. «Energy from Organic Residues». Seminar on **Residue Utilization Management of Agricultural Agro-Industrial Residues.** Rome. 18-21 jan. 1977. UNEP/FAO. Rome 1977.

— Thery, D. et. al. **Pratique du Biogaz dans le Tiers-Monde.** ENDA, Dakar. 1981.

— Scharma, P.C. and Gopalaratnam, V.S. **Ferrocement Biogas Holder.** IFIC/AIT, Bangkok, 1980.

Appropriate Technology
HOW-TO SERIES

التكنولوجيا الملائمة
تطبيقـات عمليـة

- **Instruction Manuals:**

1. Biogas Production
2. Solar Cabinet Dryer
3. Latrines and Domestic Wastewater Management
4. Solar Water Heating
5. Solar Cooking
6. Domestic Greenhouses and Food Processing

- **Audio Visuals (Slides and Text):**

1. What is Appropriate Technology
2. Latrines and Domestic Wastewater Management
3. Solar Cooking

- **كتيّبات :**

١ . مصنـع الغـاز الحيـوي
٢ . المجففـة الشمسيـة
٣ . المراحيض الصحيـة وتصريف الميـاه
٤ . سخانـة المـاء الشمسيـة
٥ . الطبـاخ الشمسي
٦ . البيـوت الزجاجيـة المنزلية وإنتاج الغـذاء

- **صوت وصورة (شرائح / سلايدز مع نص) :**

١ . ما هي التكنولوجيـا الملائمـة (٦٠ شريحة)
٢ . المراحيض الصحية والمياه المستعملة (٦٠ شريحة)
٣ . الطبـاخ الشمسي (٤٠ شريحة)

MECTAT
MIDDLE EAST CENTER FOR THE TRANSFER OF APPROPRIATE TECHNOLOGY
A member of Middle East Engineers and Architects S.A.R.L. Tarazi Bldg. Labban St. (Hamra) Beirut, Lebanon
P.O.Box: 113 / 5474, Telex: MEEA 41224 LE, Tel: 346465 - 341323
Joint AT Programme with UNICEF Regional Office for the Middle East and North Africa