رؤية اقتصاديه وبيئية لاستخدام البلازما في معالجة النفايات في مكة

أحمد رضا الجلالي
جامعة أم القرى

الملخص

وجود تشريعات صارمة في المملكة العربية السعودية بشكل متزايد على معالجة النفايات والقيود المفروضة على التقنيات التقليدية مثل المرادم والحرق الحراري، والأكسدة الحفازة تجعل من البلازما تكنولوجيا أكثر جاذبيه .والقوة الدافعة وراء مشروع استخدام البلازما في معالجة النفايات في مكة هو إعطاء الأولوية لنوعية صديقة للبيئة بتكلفة معقولة، والمساهمة في مشروع استراتيجي للتنمية المستدامة وتحقيق طرق عديدة لزيادة كفاءة عمليات المعالجة بالبلازما. نوضح من خلال هذا البحث الرؤية البيئية والاقتصادية لإنتاج الغاز ومن ثم الكهرباء من النفايات بطريقة التغويز بالبلازما الساخنة وهي أحد طرق الاستفادة من المرادم او الحاويات التي تتجمع بها النفايات بغية تثمين طرق مستدامة وصديقة للبيئة لإنتاج طاقة حرارية ومنتج كيميائي كالغازات ومن ثم مصدر للحرارة وكذلك للكهرباء بدلا من الطاقة المهدرة من الاحتراق في المحارق الخاصة بالنفايات دون الاستفادة منها وبالتالي لاستفادة من المواد المعالجة بالبلازما. جمعت بيانات عن كميات النفايات المتاحة من قبل امأنّه العاصمة المقدسة بمكة المكرمة، والإدارة العامة للنظافة، وإدارة الجودة وتقييم الأداء من عام ١٤١٤H(٢٠٠٣) حتى عام ١٤٣٦ H(٢٠١٥) وتم التركيز على شهري الذروة في عدد المعتمرين والحجاج وهما رمضان وذي الحجة وكذلك تم التركيز على نفايات مناطق معينة هي المناطق الثلاث الأعلى في كمية النفايات والمتمثلة في مناطق (منى، مزدلفة وعرفات). والمشروع يمكن الاستفادة منه في المملكة العربية السعودية وبخاصة في موسم الحج الذي يعتبر تحدى كبيرا بالنسبة لكمية النفايات حيث كمية النفايات فيها قدرت بحوالي ٧٥٠الف طن لسنة ١٤٣٥ هـ وتزداد بمعدل ٣-٥ بالمئة سنوياً ووفقا للإحصاءات فإنّ قيمة النفايات المهدرة في المملكة العربية السعودية تتراوح بين

٣٦-٤٠ مليار ريال. أمكن من خلال البحث الحصـول على كفاءة الغاز المنتج من عملية تحويل النفايات إلى غاز بطريقه التغويز بالبلازما من خلال تحاليل استعادة الطاقة بتغويز البلازما على النفايات الصلبة مع رؤية بيئية شـامله وحسـاب التكاليف لمعالج تغويز البلازما للنفايات الصـلبة والأرباح المتوقعة منه. حيث قدرت الطاقة الكهربائية المسـتهلكة أخذا في الاعتبار أنّ توليد الطاقة الكهربية للنظام من عمليه التغويز بالمعالج تقدر 5000 كيلو وات:- منها ٢٠٠٠ كيلو وات مسـتهلكه بالنظام و ٣٠٠٠ كيلو وات مباعة مع الأخذ في الاعتبار أنّ عدد العمال يصـل ١٤ فردا يعملون ٢٤ سـاعة على ورديتين خلال ٣٣٠ يوما في السـنة وذلك للمعالج الذى قدرته ١٠٠ طن من النفايات الصـلبة لكل يوم وبالنسـبة لكمية المبيعات من الكهرباء قدرت 23.8 مليون كيلو وات في السـاعة لكل عام حيث أنّ تكلفة الوحدة من مبيعات الكهرباء ٨٤ هللة سعودية لكل كيلو وات في الساعة أما الربح من بيع الكهرباء فقدر ب ١٩.٦٢ مليون ريالا سعوديا لكل عام وكذلك قدرت الأرباح من معالجة النفايات الصلبة ٣٠ مليون ريالا سعوديا لكل عام وأجمالي الربح لكل طن من النفايات الصـلبة في السـنه١٢٠٠ ريالا سـعوديا لكل طن بأجمالي سنويا٣٩.٦ مليون ريال لكل عام وهو ما سوف يتضح تفصيليا من خلال هذا البحث.

مقدمـة

فيزياء البلازما هي الحالة الرابعة للمادة، وهي واحدة من مصـادر الطاقة الجديدة والمتجددة، والتي قد تكون لا تزال يمكن استغلالها في العالم العربي بالشكل اللائق، وخاصة في المملكة العربية السعودية ونعرض في هذا البحث أشكالا مختلفة من الطاقة الناتجة من البلازما وتستخدم لأغراض سلمية مفيدة للبيئة، مما يسهل التطبيق بأقل تكلفة وفائدة كبيرة.

أي نشـاط انسـاني مرتبط مع ظهور دائم من مجموعة واسـعة جدا من النفايات العضـوية التي هي في الأغلب الأعم سامة ولديها أصول صناعية ويمكن تقسيمها إلى فئتين رئيسيتين: النفايات الناتجة من دورة الانتاج، والنفايات التي تتكون من المنتجات والمواد الصـناعية التي تم التخلص منها. ومما يثير القلق بشـكل خاص هو ما يسـمى الملوثات العضـوية الثابتة التي هي الأكثر خطورة ويمكن أنّ تتسـرب إلى المياه الجوفية[1].

وطرق علاج النفايات الأكثر اسـتخداما على نطاق واسـع هو الطرق الحرارية لعلاج النفايات العضـوية السـامة. ومن الممارسـات البشـرية الشـائعة على سـبيل المثال الاحتراق المباشـر في الأفران الصـناعية

والمراجل. وهذا ينطبق في الغالب على النفايات السائلة والصلبة مع أهدار القيمة الحرارية العالية والمحتوى الهائل من الهالوجينات. ومع ذلك، فانّ ظروف الاحتراق في هذه الأفران والمراجل لا تتطابق دائما مع الاحتياطات الضرورية للاحتراق الكامل من النفايات العضوية مما يؤدي إلى انبعاثات كبيرة من المواد الضارة في الغلاف الجوي. ونتيجة لذلك، قد تحتوي على غازات العادم للمنتجات الخطرة نتيجة لعدم اكتمال عملية الحرق الكيميائية. ويرجع ذلك إلى حقيقة أنّ طبيعة معالجة النفايات العضوية عن طريق الطرق الحرارية التقليدية تكون ضارة للبيئة بقوة لتكوينها مركبات ضارة أخرى [٢].

خلافا على احتراق المواد العضوية التي تحتوي على كلور في درجات حرارة عالية جدا، بالإضافة إلى وجود أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون خلال عمليه الاحتراق، قد يؤدي إلى تكوين الفوسجين وثنائي بنزو والديوكسين والفيوران والبنزوبيرين متعدد الكلور، والهيدروكربونات العطرية المتعددة وأكاسيد الكبريت، والسخام وغيرها من المنتجات السامة جدا بكميات تزيد عن الحد الأقصى للتركيز المسموح به بالإضافة إلى أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون. بالتالي فمعالجة النفايات العضوية التي تحتوي على كلور مشكلة خطيرة حيث أنّ كمية النفايات التي تحتوي على مركبات الكلور العضوية تقدر بملايين الأطنان[3]. وبالنسبة لإلقاء النفايات العضوية التي تحتوي على كلور في مرادم النفايات يجب التخلص منها بسبب سوء التحلل البيولوجي لها وإمكانية أكسدة العديد منهم بالأكسجين في الهواء تحت تأثير أشعة الشمس لتشكيل المنتجات السامة الثانوية (الفوسجين، وما إلى ذلك). فالبلازما الساخنة نظرا لارتفاع درجات الحرارة، يمكن أنّ تدمر أي نفايات إلى المستوى الذري، مما يجعل تكنولوجيا البلازما الأكثر تنوعا وفعالية. فتقنيات البلازما لمعالجة النفايات يتم تطبيقها على نطاق واسع لمعالجة النفايات المختلفة مثل: -البلدية والصناعية والطبية، والعسكرية المشعة [4].

استخدام الكهربائية العالية في البلازما تولد درجات الحرارة تصل إلى ١٥٠٠ c0 - ٥٠٠٠ c0 تسمح بتدمير المركبات العضوية الى ذرات والأيونات مع درجة عالية من التحويل الى غازات [5-6]. وبالإضافة إلى ذلك أنّ تدمير المركبات المعقدة بالانحلال الحراري البلازما تكون فعال جدا ويحدث كل ذلك في غياب الأكسجين.

في مقالنا هذا سوف نقدم عملية مسح شامل لكمية النفايات في مكة المكرمة وشرح لطريقه التغويز بالبلازما ومقارنتها بالطرق التقليدية الأخرى ومن ثم سوف نقوم بتوضيح طرق استعادة الطاقة بمعالج

البلازما بديلة من الحرق المباشـــر لجميع انواع النفايات وكذلك رؤية بيئية واقتصـــادية لتثمين قيمه لطاقه من الوقود والكهرباء في المملكة العربية الســعودية خصــوصــا في موســم الحج، معتمدة على أســـاس تكنولوجيا البلازما الحرارية مع الاســـتفادة من المرادم القديمة والحديثة كوســـائل تخزين لمعالجات التغويز بالبلازما

البلازما أحد مصادر الطاقة المتجددة

يعتبر النفط أكثر تكلفة وأثمن من أنّ يحرق لغرض التطبيقات الصـــناعية وله فائدة مهمه في مختلف جوانب الحياة اليومية، ومع الزيادة السريعة في عدد سكان العالم يدعونا هذا لاكتشاف الطاقة الجديدة المتجددة التي يمكن أنّ تنتج طاقات بأشـــكال وطرق مختلفة. كما نعلم أنّ الاســـتهلاك العالمي خلال الفترة ١٩٧٥-٢٠٥٠ بقدر حوالي (Q ١٠٠) حيث Q هي وحدة طاقة تساوي (1.03x 1010 Jules) ولذا فمن الواضح أنّ الحاجة ملحة إلى طاقة جديدة ونظيفة وآمنة وتستمر لفترة طويلة مع مرور الوقت [6].

في عام ٢٠١٤ أنتجت الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 4.093 مليار كيلووات ســـاعة من الكهرباء. وكان منها حوالي ٨٣٪ من الكهرباء المولدة من الوقود الأحفوري (الفحم والغاز الطبيعي والنفط)، كما هو مبين في الشكل (١)حيث نسبة الكهرباء المولدة من المصادر المختلفة للطاقة في عام ٢٠١٥ مثل الفحم والغاز الطبيعي والبترول والطاقة النووية والطاقة المتجددة كانت ممثلة بنســـبة ٣٧٪و ٢٥٪ و ٢١٪ و ٩٪ و ٨٪ على التوالي [٧].

أما الشكل (٢) يوضح توزيع قيمه ٨٪ المتمثلة في الطاقة المتجددة كمصادر من مصادر الطاقة الأكثر شـــيوعا والتي يمكن تقســـيمها كالتالي: ٤٪ لطاقة الرياح وطاقة الأمواج من المحيطات، ٠.٨٪ على الطاقة الشـمسـية، و ١.٧٪ من الوقود الحيوي (الكتلة الحيوية) و ٠.٤٪ للطاقة باطن الصـخور السـاخنة (الطاقة الحرارية الأرضية) و ١.١٪ طاقة التحويل الى غاز بواسطه البلازما (التغوير بالبلازما) [8]

الرؤية الاقتصادية لكمية النفايات في مكة

تجميع كميات هائلة من النفايات الصلبة في المناطق المزدحمة، وخصوصا خلال شهري رمضان وذي الحجة هو مهمة صعبة للسلطات بمكة المكرمة. فملايين من المسلمين تتلاقى لمسافات محدودة في مناطق الحرم والمشاعر المقدسة متمثلة في (منى و مزدلفة وعرفات) لأداء المشاعر الدينية. ونعلم أنّ الذروة في الأعداد تحدث بين أيام ٨ و ١٣ من شـــهر ذو الحجه وبالتالي انتاج كميات كبيرة من النفايات

في غضـون فترة زمنية قصـيرة تعادل خمسـه أيام والصـعوبة متمثلة في أنّ التخزين بفاعلية والجمع والنقل والتخلص من النفايات في المرادم بعيدة ولابد أنّ تتم في أيام قليله بذلك تصبح مهمة صعبة جدا بحيث ألا تعوق أو تثير مشاكل لحجاج بيت الله الحرام. وسنركز رؤيتنا الاقتصادية على النفايات من المسجد الحرام بمكة المكرمة و المناطق المحيطة بها ومناطق المشاعر (منى، مزدلفة وعرفات) والتي تمثل مناسك الحج لجميع العالم الإسلامي.

جمعت البيانات عن كميات النفايات المتاحة من قبل أمانة العاصـمة المقدسـة بمكة المكرمة، والإدارة العامة للنظافة، وإدارة الجودة وتقييم الأداء كما هو مبين في الجدول رقم (١) مجموع النفايات عن كل الشهور وكذلك مجموع النفايات باستثناء شهر ذي الحجه ورمضان من ١٤١٤ حتى ١٤٣٦[9].

في هذا البحث حسبت النفايات الصلبة التي سوف نتعامل معها عن طريق تكنولوجيا التغويز بالبلازما دون مخلفات المسـالخ وزيوت الوقود المحترقة بالسـيارات وكما يوضـح الشـكل (٣) يبين كمية النفايات بالطن سنويا في كل مكة المكرمة خلال السنوات الاثنتي عشرة الماضية وتشير النتائج إلى أنّ متوسط معدل توليد النفايات يصـل إلى ٧٥٠ ألف طن في ١٤١٤ بينما يصـل إلى حوالى مليون طن في ١٤٣٦. كما يبين الشكل (٤) أنّ النفايات خلال شهر رمضان وذو الحجة فقط تصل إلى ٦٠ و ١٠٠ ألف طن على الترتيب في العام ١٤١٤، وتصـــل إلى ١٠٠ و ١٤٠ ألف طن في العام ١٤٣٦ لنفس الشـــهرين على الترتيب[10].

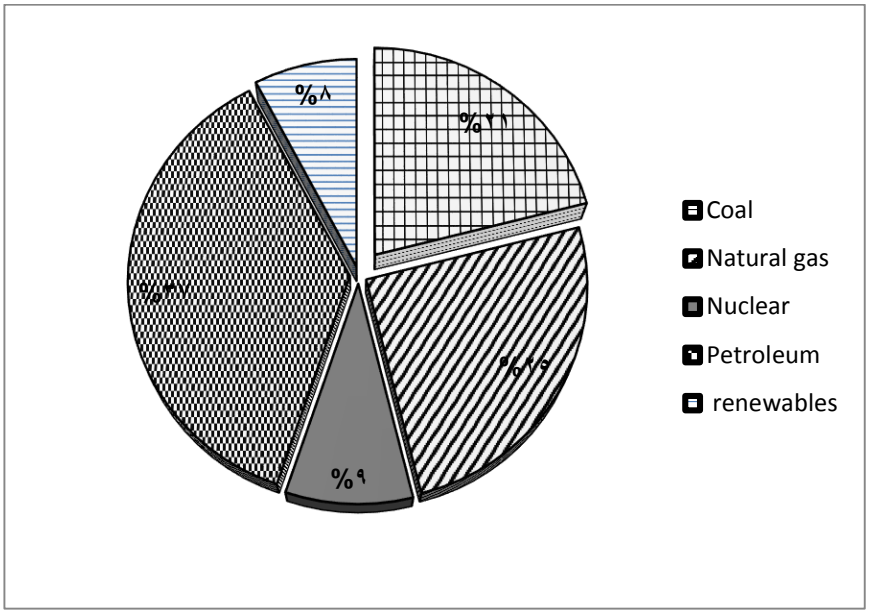
وكذلك الشـــكل (٥) يدل على أنّ النفايات من المناطق الثلاث الأعلى في كميه النفايات والمتمثلة في مناطق (منى، مزدلفة وعرفات) ليست سوى لشهر واحد من السنة (وهو ذو الحجة) حيث النفايات وصلت إلى ٢٨ ألف طن في العام ١٤١٥، ووصلت إلى ٣٦٨٠٠ ألف طن في العام ١٤٣٦[11]

وتشـير النتائج إلى أنّ متوسـط نصـيب الفرد من النفايات (معدل التوليد للنفايات) للحجاج والسـكان المحليين في العام الهجري ١٤٣٦ (٢٠١٥) كان ٢.٠٥ كجم في اليوم الواحد والشـكل (٦) يوضـح أنّ كميات النفايات التي تلقى في مرادم النفايات زاد من ١٨٠٠-٢٠٠٠ يوميا في الأيام العادية إلى ٣٠٠٠ طن / يوم خلال شهر رمضان و ٤٥٠٠ طن / يوم خلال موسم الحج هذا العام ١٤٣٦[12].

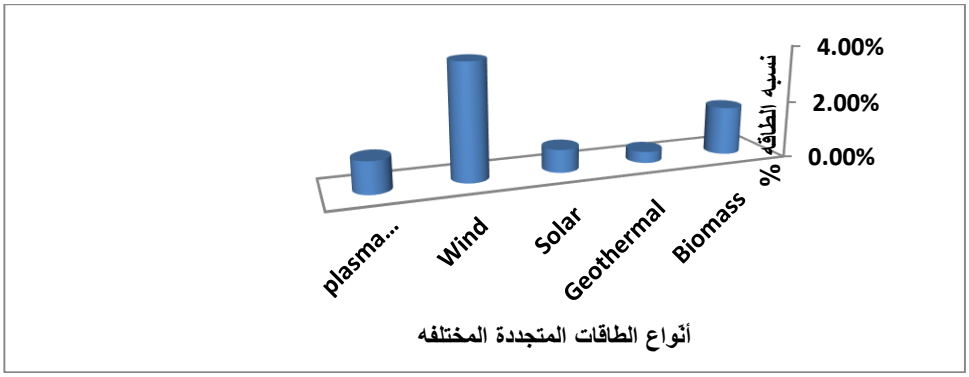
وعند تصـــنيف نوعية النفايات في مكة المكرمة خلال هذا العام (١٤٣٦) [13] فكانت على النحو التالي ٣٩٪ البلاســـتيك و١٩٪ النفايات الغذائية و ١٧٪ الورق و ٢٪ الألمنيوم و ١٪ الحفاظات و ١٢٪ المطاط و ٣ ٪ الجلود و٢٪ الزجاج و ٣٪ المنسوجات و الملابس و ٢٪ أشياء أخرى كما في شكل (٧).

ونتيجة لكل الكميات الهائلة السابقة من النفايات وكثرة انواعها وأشكالها توجب علينا استنباط طرق حديثه لعلاج النفايات غير الطرق التقليدية المتعارف عليها مثل أعادة التدوير والحرق ودفن النفايات في المرادم التي تمثل إهدارا لثروة كبيرة من المواد العضـوية وهى تمثل ٦٠٪ من قيمه النفايات في المرادم فضلا عن مشاكلها الصحية والبيئة . ولذا جاء التفكير في تحويل النفايات الى غاز ومن ثم الى كهرباء وذلك عن طريق طريقة التغويز بالبلازما وهى من الطرق الحديثة وأحد طرق الطاقة البديلة والمتجددة والمستدامة ايضا .

وسـوف نعرض في هذا البحث أشـكالا مختلفة من الطاقة الناتجة من طريقة التغويز بالبلازما لمعالجة المخلفات وتستخدم هذه الطاقة لأغراض سلمية مفيدة للبيئة، مما يسهل تطبيقها بأقل تكلفة وفائدة كبيرة.



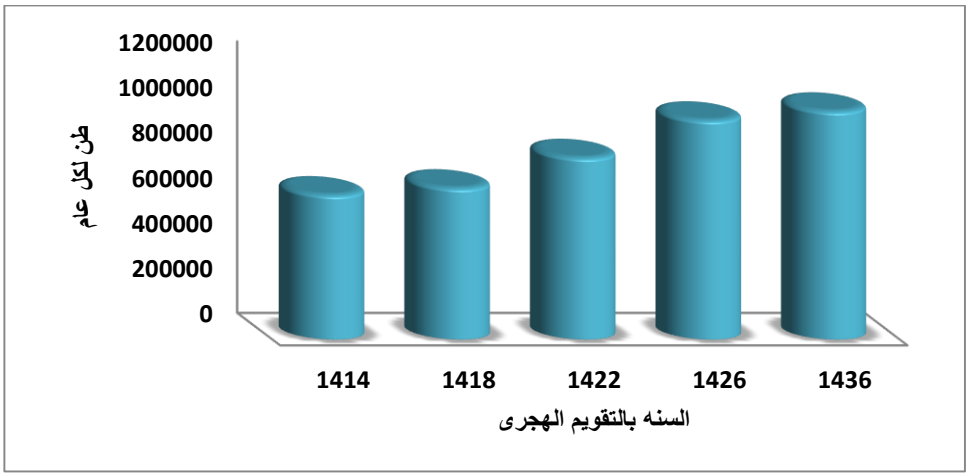
شكل (١) نسبه الكهرباء المستخرجه من مصادر الطاقه المختلفه



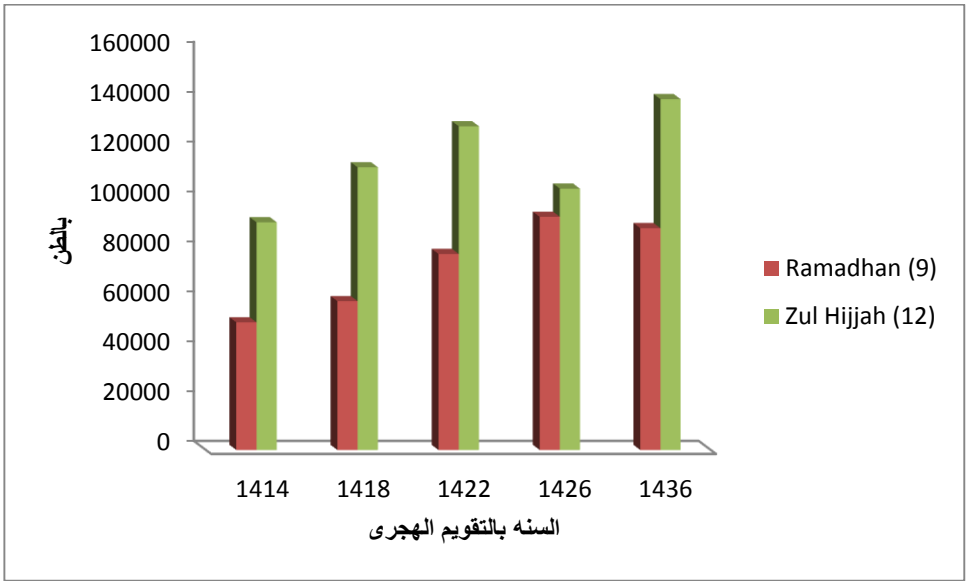
شكل (٢) يوضح مصادر الطاقة من الطاقات المتجددة المختلفة

Arabic Months		HIJRAH YEAR FROM 1414 TO 1436			
	1414	1418	1422	1426	1436
محرم	59566	49177	60528	60621	48513
صفر	58904	46257	54901	77429	81193
ربيع الاول	47578	41828	52961	78285	86307
ربيع الثاني	45550	43337	56551	79791	85911
جمادى الاول	41680	50334	55830	79300	78537
جمادى الثاني	46424	50450	57121	79448	83038
رجب	42948	52226	61729	82517	83115
شعبان	47361	49454	59192	74196	79808
رمضان	51164	59662	78596	93498	88948
شوال	50754	48263	65234	83163	75744
ذو القعدة	57428	66786	72989	77724	78534
ذو الحجة	91319	113363	129776	104796	140691
كميه النفايات لكل الأشهر بالطن	640676	671137	805408	970768	1010339
كميه النفايات فيما عدا شهري رمضان وذي الحجه بالطن	498193	498112	597036	772474	780700

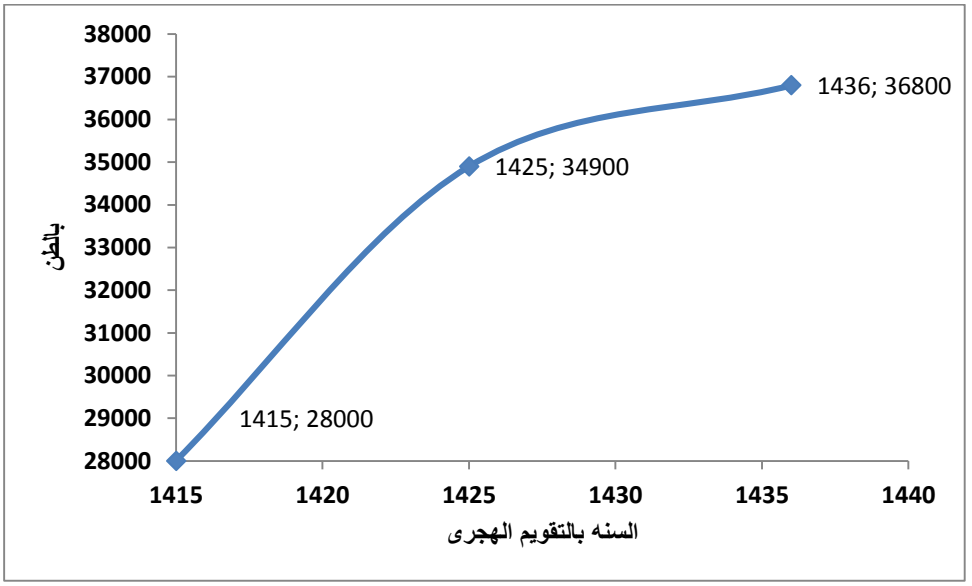
جدول(١) يوضح كميه النفايات بالطن في مكة المكرمة على مدار الأشهر من ١٤١٤ حتى ١٤٣٦



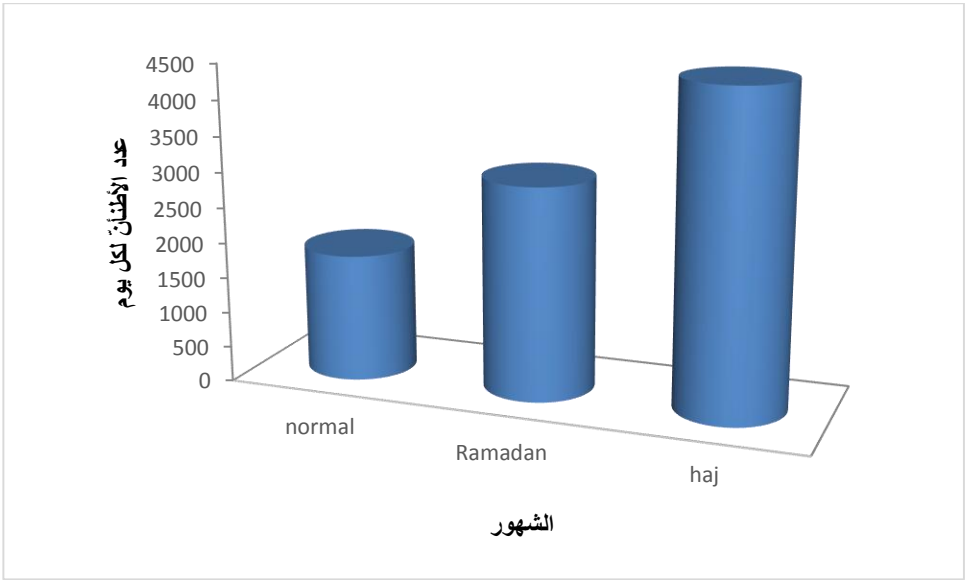
شكل(٣) يوضح كميه النفايات في مكة المكرمة من ١٤١٤ حتى ١٤٣٦ بالطن لكل عام



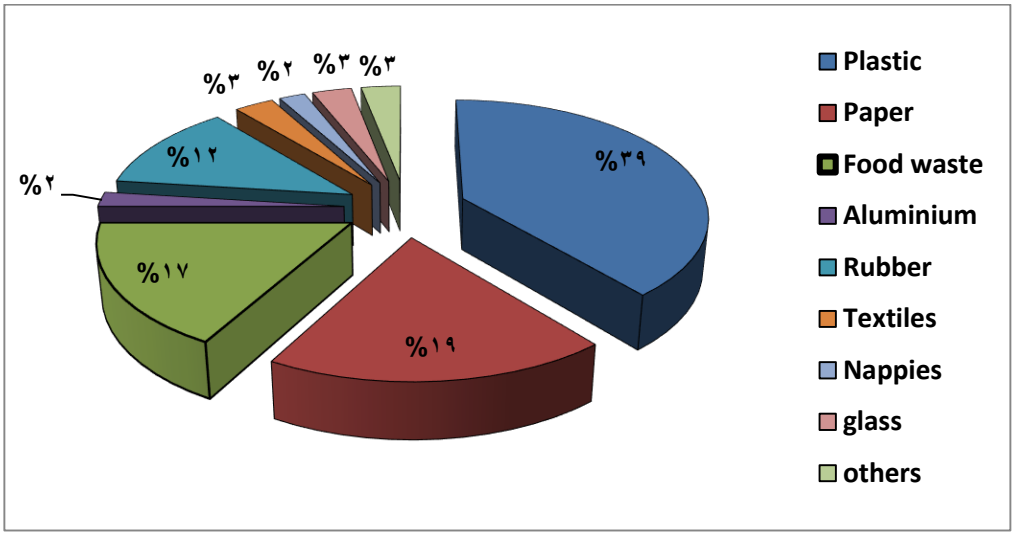
شكل(٤) يوضح كميه النفايات في مكة المكرمة من ١٤١٤ حتى ١٤٣٦ بالطن لشهري رمضان وذي القعدة



شكل(٥) يوضح كميه النفايات في مكة المكرمة من ١٤١٥ حتى ١٤٣٦ بالطن في منطقه المشاعر خلال شهر ذو الحجه



شكل(٦) يوضح كميه النفايات بالطن لكل يوم في الأيام العادية ورمضان وأيام الحج



شكل (٧) تصنيف للمخلفات في مكة خلال عام ١٤٣٦ هجريه

تكنولوجيا التغويز البلازما

تغويز البلازما هي اختصـــار لعملية تحويل للمخلفات الى غازات عن طريق الحرق بالبلازما حرقا بيئيا دون أي ملوثات بيئية من الغازات المتصاعدة وهى عملية معقدة لتحويل المركبات العضوية إلى خليط من الانواع الغازية التي تتكون أســاســا من ثاني أكســيد الكربون (CO2)، وأول أكســيد الكربون (CO) الهيدروجين (H2) والميثان (CH4) [13]. الفائدة الرئيســية من التغويز هي القدرة على تحويل جميع أنواع النفايات، من مواد عضوية ومخلفات صلبة والبلاستيك والورق، والغذاء، والمطاط، .. الخ إلى طاقة ثانوية ســمى الغاز الصــناعي (synthesis gas) وشــكل (٨) يوضــح نموذجا لعملية تحويل النفايات بواســطة غاز البلازما، حيث المرحلة الأولى تمثل المعالجة المســبقة للنفايات التي يمثلها نظام تغذية ومحدد للمدخلات من النفايات وهذا يمهد للمعالجة الســريعة (مثل الكبس لتقليل الحجم عن طريق الضــغط أو طحن أو تقطيع أو التمزيق أو الفرز أو ســحق أو التقطيع أو الفرز) قبل إرســاله إلى المرحلة الثانية وهو فرن البلازما الساخنة وفيها يوجد مدافع للبلازما الساخنة لها درجات حرارة عالية جدا كافية لتحويل النفايات إلى الغاز المتزايد والذى يحدث في غرفة تشــبه غرف الاحتراق في درجات حرارة عالية تصــل الى ١٥٠٠C0 -5000 C0 وفي وجود الأكســجين محدود يمثل معالج التغويز (فرن البلازما) جزءا مهما من نظام تغويز البلازما النموذجي. في المرحلة الثالثة يتم فيها تنظيف الغاز المصنع (SYNGAS) من الملوثات القذرة ومن ثم الى المرحلة الرابعة حيث تنقية الغازات وتبريده للحصــول على الوقود

السـائل لتكون له فائدة كمنتج للطاقة لتوليد الكهرباء أو كغاز للاسـتهلاك في المنازل كمرحلة أخيرة ومنتج نهائي [14].

الشـكل (٩) يبين جهاز تغويز البلازما وفيه تصـميم كامل للمعالج مع أجزائه المختلفة المتناسـبة مع أماكن تخزين النفايات بالمرادم في مكة المكرمة من حيث المسـاحات الصـغيرة مع الأخذ في الاعتبار أماكن المعالجة وأماكن الزحام بالحجاج، وعادة ما تتألف في البداية من الجزء الرئيسي للتغذية بالنفايات وهى طريقة تغدية مقننة محسوبة كما سوف يتضح فيما بعد ، حيث يتم إسقاط النفايات في المعالج من الجزء العلوي من فرن الحرق بالبلازما إلى منطقة مدافع البلازما الموجودة في أسـفل الفرن حيث ارتفاع في درجة الحرارة ما كما هو لشـكل مدفع البلازما بالشـكل (١٠) أحد المدافع التي تعمل بالتيار المتردد وقدرتها حوالى ٢٥٠كيلو وات حيث يظهر قوة وطول شعلة البلازما وبذلك يتم إسقاط النفايات في معالج التغويز حيث تتحلل تلك النفايات نظرا لدرجات حرارة العالية جدا من البلازما وكذلك يزيد من درجه الحرارة داخل غرفة المفاعل أنّها غرفة معزولة تتكون من المواد المقاومة للحرارة التي هي قادرة على تحمل درجات الحرارة العالية ويمكن اسـتخدام عدد من مدافع البلازما ، اثنين أو أكثر للحصول على درجة الحرارة المطلوبة، التي تزود الطاقة اللازمة للتغويز [15].

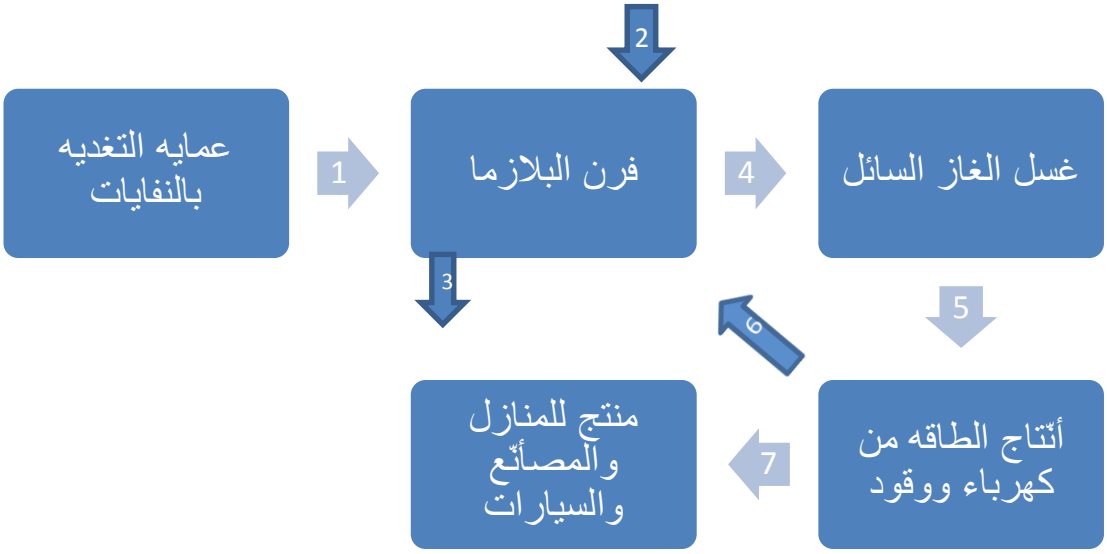
بالتالي يخرج من فرن الحرق بالبلازما جزء من المواد التي تمثل المواد غير العضـوية ويشـكل الخبث السائل الذي يتم استغلالها بشكل دوري في الجزء السفلي من المفاعل وإزالة إما بشكل مستمر أو على فترات منتظمة ، في حين أنّ يتحلل الجزء العضـوي من المواد الخام إلى غاز متزايد تصـاعده الى أعلى كما بالشكل ويسمى الغاز الصناعي ويتحرك في معالج التغويز من المنطقة المرتفعة درجة الحرارة الى المنطقة ذات درجة حرارة المنخفضـة حيث التبريد المفاجئ. الغاز المتصـاعد أسـاسـه CO و H2 من عمليـة التحويـل إلى غـاز، يسـتخرج من المعـالج الغـاز ويمرر من خلال تبريـد الغـاز الصـنـاعي (syngas)ونظم تنظيف خاصـة بالغاز، أما الحرارة المسـتخرجة من الغاز أثناء عملية التبريد للغاز يمكن إعادة استخدامها مع نظام ملائم للمكان وتحويله الى طاقة [16].

بالتلى نحن أمام غاز مصـنع نظيف يمكن حرقه لتوليد الكهرباء باسـتخدام دورة البخار، دورة توربينات الغاز، محرك الغاز، وكذلك يمكن أيضـا أنّ تسـتخدم الغاز الصـناعي لإنتاج المواد الكيميائية مثل انتاج الهيدروجين والميثانول [17]. العملية برمتها لابد من مراقبتها والسـيطرة عليها لضـمان الأداء الأمثل

للنظام عن طريق التحكم في عمليات متعددة بما في ذلك درجة الحرارة ومعدلات التغذية، طاقة البلازما، والخبث .

الرؤية البيئية لمعالج التغويز بالبلازما

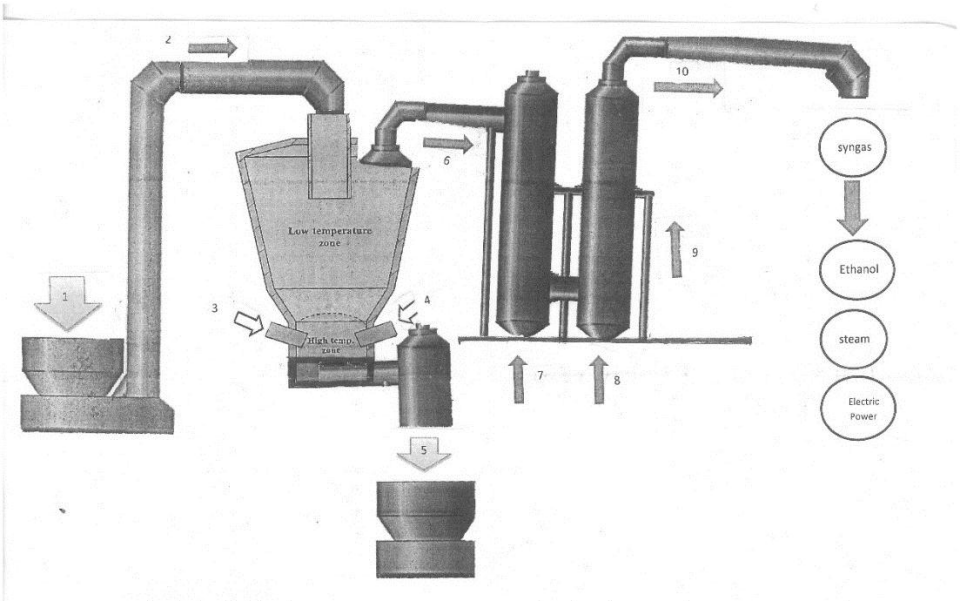
من المفيد جدا للاقتصاد في المملكة العربية السعودية استخدام تكنولوجيا التغويز بالبلازما وبخاصة في مكة المكرمة حيث تفضل أكثر من الأساليب الأخرى التقليدية وذلك لأنّها تحول النفايات إلى طاقة ، لأنّها تعتبر العلاج الأمثل للتخلص السريع والمفيد للنفايات وتحويلها إلى طاقة مفيدة باعتبارها وسيلة للتخلص من النفايات الصلبة (MSW)، وبالتالي يوفر العديد من المزايا، بما في ذلك : نسبة منخفضة من المواد التي تدفن بالمرادم، والحصول على الطاقة الكهربائية من خلال تكنولوجيا البلازما، والتخلص من أنواع مختلفة من النفايات. ويبين الجدول (٢) المقارنة بين تكنولوجيا التغويز بالبلازما والمرادم والحرق [18]. هذه المقارنة البيئية يجب أنّ تأخذ بعين الاعتبار لأنّها توضح: معدل تخفيض الرسوم اللازمة لعمل مرادم القمامة، وتمديد العمر الانتاجي للتشغيل



شكل (٨) يوضح عمليه التغويز بالبلازما لعلاج النفايات وتشمل

١. التغذية بالنفايات ٢. الغاز الداخل ٣. الخبث ٤. الغاز المصنع الذى يحتوى على ملوثات

٥. الغاز المصنع النظيف ٦.التغذية العكسية بالكهرباء ٧. المنتج النهائي



شكل(٩) معالج التغويز بالبلازما لمعالجة المخلفات الصلبة

شكل(١٠) يوضح مدفع البلازما ٢٥٠ كيلو وات ذو التيار المتردد المستخدم لعمليه التغويز في فرن البلازما

المحارق	المرادم	التغويز بالبلازما	العناصر
أكسدة أكبر من القياسات المتعارف عليه ولا ينتج الاحتراق الكامل	غاز ثاني أكسيد الكربون يتكون في مرادم النفايات في الشهور الأولى نتيجة للتحلل البيولوجي الهوائي، ولكن مع مرور الوقت يتناقص الأكسجين في المردم، ثم تبدأ عملية التحلل اللاهوائي،	تخفيض نسبة الأكسدة الى حد بعيد	طبيعة العملية
ºC 850- ºC 1200	درجه الحراة في تزايد كلما زاد العمق وزادت كميه المخلفات في المرادم وبخاصه في أدنى عمق للمردم حيث لا يمكن التحكم بدرجه الحرارة	1500ºC - 5000ºC	درجه حرارة العملية
ثاني أكسيد الكربون والماء، حرارة النفايات التي لا يمكن استردادها	غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة للتحلل البيولوجي الهوائي، ومع الوقت تبدأ عملية التحلل اللاهوائي، وينتج غاز الميثان الذي يصل نسبته تقريباً من ٤٠ - ٦٠% من الغازات التي يطلق عليها غازات المرادم، إضافة إلى غاز كبريتيد الهيدروجين وأبخرة "كلوريد الفينيل" و"الديوكسن" وغيرها من الغازات السامة، والتي مع الوقت تتسرب إلى التربة خارج منطقة المردم."	ثاني أكسيد الكربون، وأكسيد الكربون والماء والميثان والهيدروجين على شكل حرارة من الغاز الصناعي بعد التبريد	الغازات المنبعثة
دون أي استعادة للطاقة المنطلقة المهدرة حيث أنّ الهواء الزائد يؤدي إلى المزيد من تسخين كومات النفايات	دون أي استعادة للطاقة المنطلقة المهدرة	يحدث التحلل الكامل، واستعادة الطاقة الإجمالية بشكل عالي	استعادة الطاقة بكفاءة
لا شيء.	الحرارة المهدرة لا يستفاد بها تنبعث إلى الغلاف الجوي	استخدام الغاز المتزايد لتور بينات الغاز للإنتاج الكهرباء أو استخدام الغاز للاستخدامات تجارية أخرى	الاستفادة من الطاقة المنتجة
أكبر بكثير من التغويز بالبلازما واستخدام المرادم دون التقيد بضوابط تلوث الهواء المطلوبة	غازات منبعثه تلوث الهواء	منعدمه و يحد تلوث الهواء	انبعاث الغازات
القار والرماد ويمثل تقريبا ٣٠٪ من حجم الأصلي	تتراكم ومع مرور الزمن تتحلل وتضر بالبيئة المحيطة بالغلاف الجوي لتصاعد الأدخنة نتيجة للاحتراق الذاتي	الخبث الخامل. ممكن استخدامه كما في رصف الطرق وعمل عوازل المباني حيث أنّ قيمته هي من ١٠٪ الى ١٥٪ من حجم الأصلي	المخلفات المتبقية بعد العملية
أكاسيد النيتروجين وأكسيد الكبريت، والرماد المتطاير، الرماد وتطاير المعادن الثقيلة	مع الوقت تتحول هذه الغازات المتصاعدة وخاصة الميثان إلى قنابل موقوتة، إضافة إلى أنّ الدراسات العلمية أثبتت أنّها مسببة لأمراض السرطانات.	أنخفاض مستويات أكاسيد النيتروجين، والقطران، وأكسيد الكربون والملوثات الأخرى المكونة للخبث	الملوثات

جدول(٢) يوضح المقارنة بين استخدام التغويز والمرادم والحرق لمعالجة تراكم النفايات

المردم، وتمديد العمر الإنتاجي لمعدات التحكم في تلوث الهواء و تكاليف التشـغيل. ونتيجة المقارنة البيئية قد تبين أنّ تكاليف الطاقة أعلى من تغويز البلازما قد يقابله خفض التكاليف في معالجة الخبث المتبقية والمنتجة للغاز الاصطناعي.

تحاليل استعادة الطاقة باستخدام التغويز بالبلازما للنفايات الصلبة

تم التحليل لاسـتعادة الطاقة الكامنة بالنفايات من خلال دراسـة عناصـر مختلفة لمكونات النفايات الصـلبة MSW مجتمعه دون فرز وذلك من خلال التعاون بين معهد أبحاث الحج والعمرة بالمملكة العربية السـعودية ومعهد فيزياء البلازما – بدولة التشـيك وذلك لتقييم كفاءة وطاقة المدخلات اللازمة لتغويز البلازما وذلك عن طريق التغذية بكميات قليلة من النفايات الصـلبة MSW لتحليلها ودراسـتها. ويقدم الجدول (٣) تحليلا نهائيا لعينات مختلفة من النفايات الصلبة التي تم تحليلها حسب نوع النفايات الموجودة بالعاصمة المقدسة – مكة المكرمة وأوضحت النتائج تحقيق أعلى استعادة للطاقة من معالج تغويز البلازما للنفايات الصـلبة من خلال معالجة بعض المواد الأولية وتحقيق لأعلى قيمة للتدفئة وذلك حسب أعلى قيمه ومحتوى من الكربون والهيدروجين (HHV) [19].

الشـكل (١١) يبين أنّ نتائج اسـتعادة الطاقة من المدخلات الخاصـة بالمواد أوليه مختلفة. حيث المطاط والخشب لديهم نسبة أقل من الرطوبة عن المواد الأخرى، أما فضلات الطعام تحتوي على نسبة رطوبة كبيرة ولذلك البلاسـتيك أو المطاط تنتج أكبر اسـتعادة للطاقة للطن الواحد من المدخلات و بالتالي أنّها لا تتطلب المزيد من الكهرباء المسـتخدم وهذا متطلب هام جدا. أما الخشـب أو الورق فلهم أكبر قيمه من الكربون والهيدروجين المحتوى (HHV) وهو أعلى من البلاسـتيك أو المطاط ولذلك فهم لهم قيم أعلى في التدفئة بالغاز المنتج بالتغويز بالبلازما) كما هو موضح في الشكل (١٢)

يتم الحصـول على كفاءة الغاز المنتج من عملية تحويل النفايات إلى غاز بطريقه التغويز بالبلازما بمعادله رياضـيه تسـتخدم بالديناميكا الحرارية [20]. وذلك بقسـمة أقل قيمة للتدفئة من الغاز المصـنع (LHV snygas) على مجموع كلا من أقل قيمه حرارية موجودة بالمواد الخام للنفايات (LHVwaste) مجموعه على الطاقة الكهربية المسـتخدمة والمسـتهلكة لمدفع البلازما(Pplasma) وتكون صيغة الكفاءة للغاز البارد على النحو التالي:

$$\eta cold = \dot{m}\ syngas*LHV\ snygas\ /\ (\dot{m}\ waste\ *\ LHVwaste + PPlasma)$$

$\dot{m}$ = معدل التدفق الجماعي للغاز الصناعي والنفايات الصلبة

Pplasma = المستخدمة لتشغيل مدفع البلازما الطاقة الكهربائية

الطاقة الكهربائية

كفاءة الغاز الباردة ηcold لمختلف المواد الأولية النفايات يمكن تحديدها كما هو مبين في الشكل (١٣) ويمكن تحديد قيمتها من الشكل (١٢) وذلك بأخذ قيم العمود الثالث الممثل HHVsyngas مقسوما على مجموع قيم العمودين الأول والثاني الممثلين HHVrefuse والثاني Pplasma لكل المواد الأولية للوصول إلى كفاءة الغاز الباردة.[21] .

عندما يخرج الغاز المصنع من فرن معالج التغويز بالبلازما وتكون متمثلة بالغازات الساخنة التي تحتاج إلى تبريد ومن ثم معالجتها لإزالة ملوثات الهواء. ويمكن تشغيل الغازات الساخنة من خلال استرداد الحرارة لاستعادة بعض الطاقة الإنتاجية الإضافية في شكل بخار التي يمكن استخدامها لتدفئة منطقة أو لتشغيل التوربينات البخارية لتوليد الكهرباء [22].

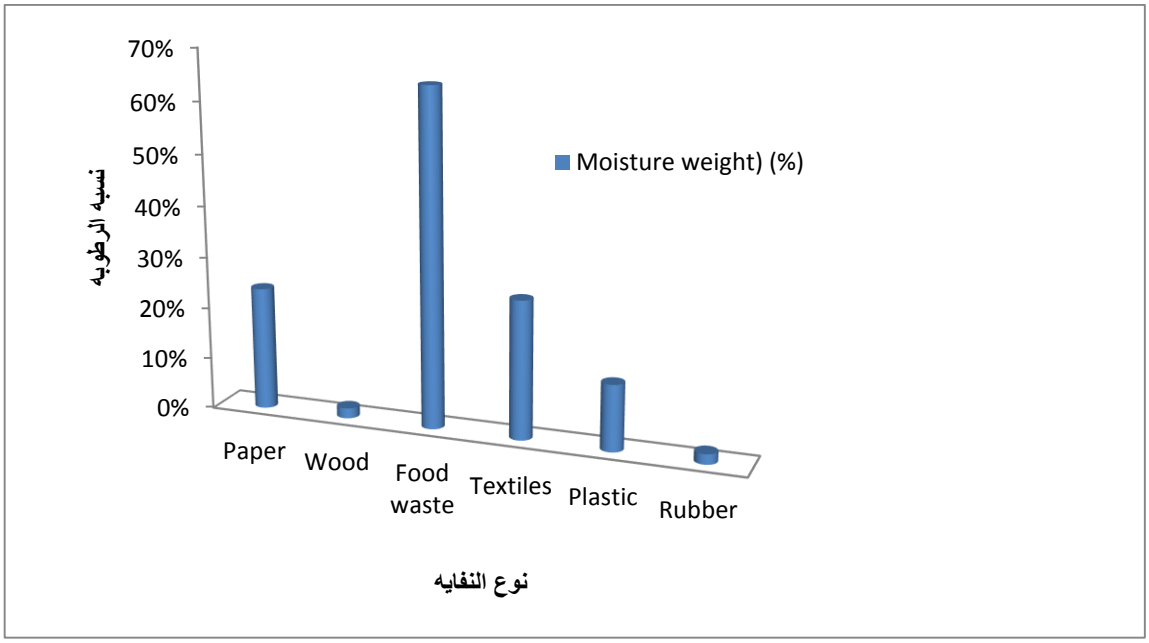
تكاليف والأرباح المتوقعة لمعالج تغويز البلازما للنفايات الصلبة

وبناء على النتائج السابقة الخاصة بكمية النفايات في مكة المكرمة (طن/ سنه / يوم)، واقتصاديات عمليات التغويز بالبلازما الحرارية و تحاليل استعادة الطاقة باستخدام التغويز بالبلازما للنفايات الصلبة يتبقى لدينا العديد من المعاملات المتغيرة مثل الخصائص الإقليمية التي يجب أنّ تتوفر في منطقه مكة المكرمة وأنواع النفايات الصلبة التي سيتم تجهيزها، والقدرة على حرقها في أفران البلازما وعدد العمال وعدد الساعات والكهرباء المطلوبة ونسبه الغاز الصناعي المستخلص لكل نوع من النفايات والاستفادة من الخبث الخارج وكل هذا تم تجميعه في ملحق مرافق لورقة العمل(APPENDEX1)

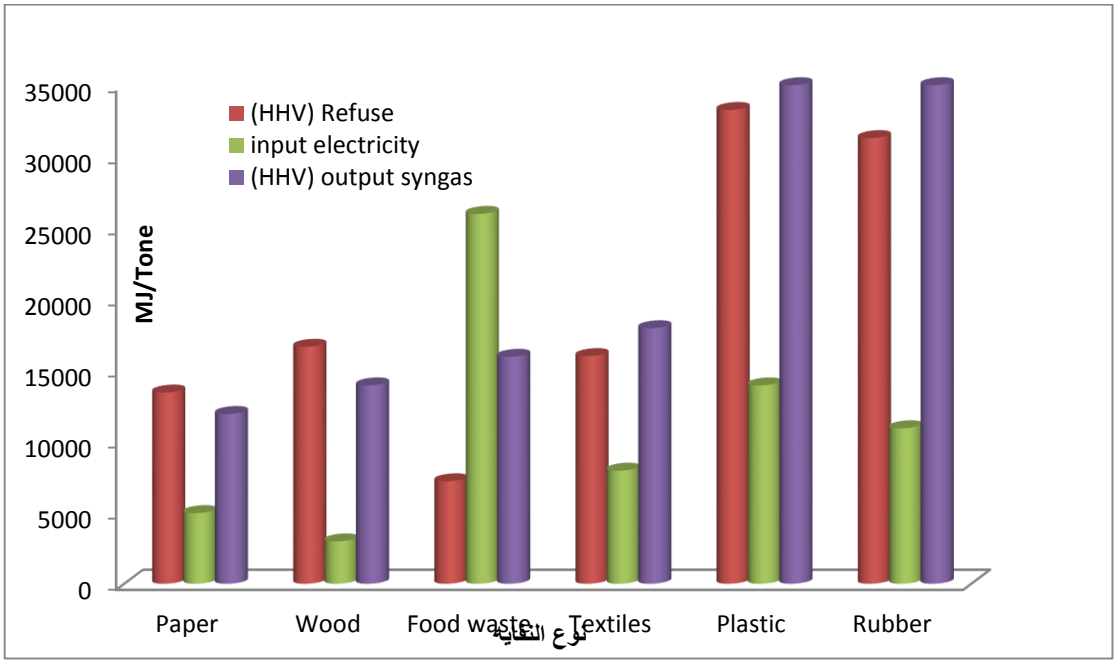
ومن خلاصه مجمل النفايات في مكة يمكن القول أنّه يمكن الاحتياج الى محطه للتغويز بالبلازما في منطقه المشاعر (منى –مزدلفه- عرفات) وأخرى قريبة من منطقة الحرم تخدم مدينه مكة بأكملها وذلك بأجمالي تكلفة

Waste Category	*% C*	*% H*	*O %*	*N %*	*% S*	*Ash*	*Moisture (% weight)*	Largest carbon and hydrogen content*(highest heating values) (HHV) (MJ/T)*
Paper	43	6.0	43.8	0.36	0.17	6.3	24%	13500
Wood	49.5	6.0	42.7	0.2	0.1	1.5	2%	16700
Food waste	45.4	6.9	32.2	3.3	0.32	11	65%	7250
Textiles	55	6.6	31.2	4.6	0.15	2.5	27%	16050
Plastic	76.3	11.5	4.4	0.26	0.2	5.3	13%	33270
Rubber	78	10	0	2	0	10	2%	31300

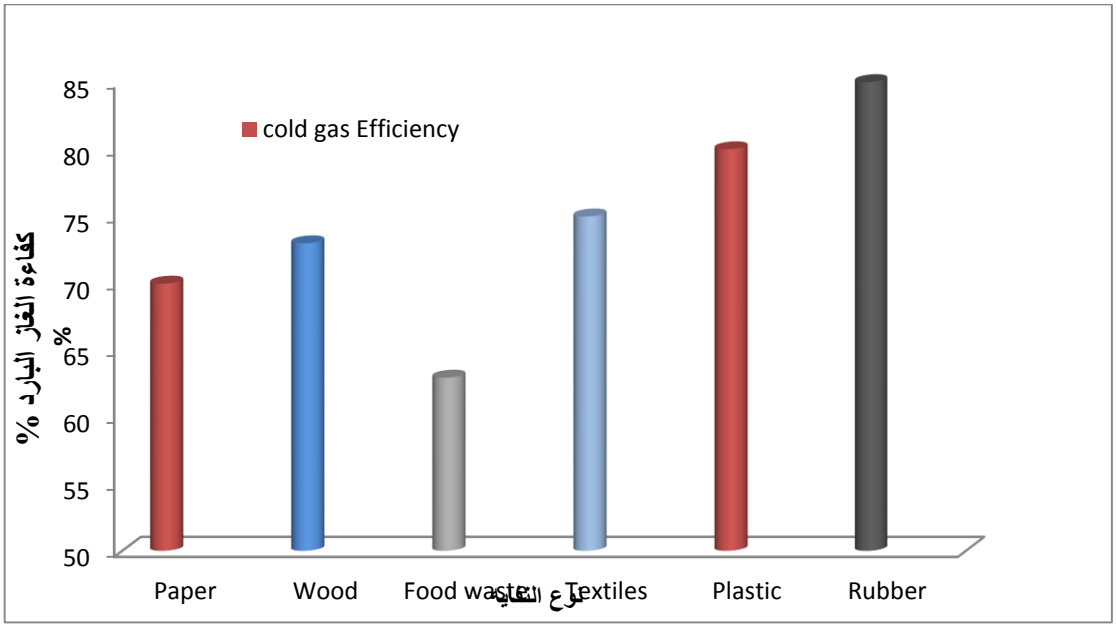
جدول(٣) يوضح نسب الغازات والرطوبة وكمية الكربون والهيدروجين التي يحتويها كل مكوّن من مكونات النفايات الأولية



شكل(١١) يوضح نسبة الرطوبة الموجودة في كل نوع من مواد النفايات الأولية



شكل(١٢) يوضح أنواع وكميات الطاقات الداخلة والخارجة لكل نوع من مواد النفايات



شكل(١٣) يوضح كفاءة الغاز البارد باستخدام عملية التغويز بالبلازما لكل نوع من مواد النفايات

العناصر	القيمة الفعلية المقدرة لمعالج تغويز البلازما سعة ١٠٠ طن يوميا
مقدار استهلاك طاقة بلازما الحرارية	0.447 MWh/ton
فقدان الحرارة من الغازات السائلة	10%
فقدان الحرارة من خلال الجدران النظام	7%
استعادة الطاقة	تستخدم من خلال التوربينات البخارية
توليد الطاقة للنظام	5,000 kW
الطاقة الكهربائية المستهلكة	2,000 kW
الطاقة الكهربائية المباعة	3,000 kW
عدد أيام العمل في سنويا	330 day
ساعة عملية في اليوم الواحد	24 hr
كمية المبيعات الكهرباء	23.8 million kWh/year
تكلفة الوحدة من مبيعات الكهرباء	14 cent/kWh
الربح من بيع الكهرباء	3.27 million Euro/year 30MWh/year × 10.9 cent/kWh
الربح من معالجة النفايات الصلبة	4.99 million Euro/year (100 TPD × 330 day/year × 151 Euro/ton (تكلفه معالجه MSW)
إجمالي الربح لكل طن من النفايات الصلبة البلدية (MSW)	200 Euro/ton إجمالي الربح لكل طن من النفايات الصلبة في السنه (6.٦ million Euro/year)

جدول (٤) يوضح خصائص معالج التغويز بالبلازما لعلاج المخلفات ذات السعة والقدرة التشغيلية ١٠٠ طن لكل يوم

البناء لمحطة واحدة سعة ١٠٠ طن يوميا في حدود ٣٥ مليون يورو .وهذا يمثل التكاليف الخاصة بالتشغيل ، والتأمين ، العمال، الاستهلاك، والنفقات العامة مثل المزايا الإضافية، وتكاليف صيانة آمنة، التدريب، والبدل اليومي ونفقات السفر مدرجة. التكلفة المتغيرة بما في ذلك الصيانة والكهرباء والمواد الكيميائية، وكذلك نأخذ في الاعتبار تكاليف المياه المستخدمة في المعالج التي تصل الى مليون يورو/عام [23,24].

والجدول (4) يوضح خصائص معالج تغويز البلازما الحرارية ذي السعه ١٠٠ طن يوميا لمعالجة النفايات الصلبة حيث يوضح أنّ مقدار استهلاك طاقة بلازما الحرارية يقدر 0.447 MWh/ton مع فقد

في الحرارة من الغازات السائلة يقدر فقط ١٠٪ ومن خلال الجدران النظام ٧٪ بحيث يمكن استعادة الطاقة وذلك باستخدام توربينات بخارية أخذا في الاعتبار أنّ توليد الطاقة الكهربية للنظام من عمليه التغويز بالمعالج تقدر 5000 KW منها ٢٠٠٠ KW مستهلكه بالنظام و٣٠٠٠ KW مباعه مع الأخذ في الاعتبار أنّ عدد العمال يصل ١٤ فرد يعملون ٢٤ ساعه على ورديتين خلال ٣٣٠ يوم في السنه .وقدرت كميه الكهرباء المنتجة في السنه 23.8 million kWh/year وتكلفه الوحدة من مبيعات الكهرباء 14 cent/kWh وبالتالي فأنّ الربح من بيع الكهرباء في السنة 3.27 million Euro/year (30MWh/year × 10.9 cent/kWh) أما الربح من معالجة النفايات الصلبة في السنه يقدر 4.99 million Euro/year وذلك يرجع الى أنّ ١٠٠ طن/يوم خلال ٣٣٠ يوم وتكلفة كل طن هي ١٥١ يورو وأجمالي الربح لكل طن من النفايات الصلبة في السنة 200 Euro/ton بأجمالي سنويا 6.6 million Euro/year

الخلاصة والتوصيات

- مزايا تقنيه التغويز بالبلازما لمعالجه النفايات في مكة المكرمة هو أنّها أكثر ملاءمة وصديقه للبيئة، حيث يمكن أنّ تقلل فرص لظاهرة الاحتباس الحراري الناتجة من غاز الميثان والتي هي أكثر خطورة وسميه من غاز ثاني أكسيد الكربون المتصاعدان من مرادم النفايات ولذلك الحصول على منتجات ثانوية مفيدة (الطاقة والوقود والمواد الخام الكيميائية) من النفايات العضوية النباتية والنفايات البيولوجية العضوية، والنفايات الصناعية (البوليمرات والبلاستيك)، والنفايات البتروكيماويات والوقود (وهى تمثل منتجات غير سامة) و التي تعتبر أهم عائد بيئي يعود على المملكة بالنفع يسبب الحد من حجم رد الفعل وتحسين السيطرة على تكوين غازات العادم بحيث تصل الى صفر انبعاث لغياب الانبعاثات الضارة.
- الى جانب التخلص الآمن بيئيا وإعادة التدوير في المواد السامه لتصبح خاملة (بما في ذلك الملوثات العضوية الثابتة)، والطبية المشعة و ومخلفات الجيش علاوة على نظافة بيئية حيث يمكن معالجة النفايات دون أدنى فرز
- مزايا تقنيه التغويز بالبلازما هو الانخفاض الحاد في كميه الغازات المنبعثة نتيجة للحرق أو استخدام المرادم. بالإضافة الى تطويل عمر المرادم وكذلك الاستفادة بها لتكون مركز تخزين

لمعالج تغويز البلازما أخذا في الاعتبار أنّ استقبال الخبث كمخلوط نظيف والتي يمكن استخدامه كمواد بناء أو عوازل للحرارة وللبرودة أو للرصف وكذلك أمكن بواسطه طريقه التغويز بالبلازما الحرارية الحصول من النفايات العضوية على الغازات القابلة للاشتعال والتي يمكن استخدامها في أغراض التكنولوجية. الى جانب فرصة الحصول على الطاقة الحرارية أو الكهربائية، حيث كثافة عالية من الطاقة ، وارتفاع كفاءة النقل الحراري.

- المستهدف من هذا المشروع هو التخلص من النفايات في العاصمة المقدسة – مكة المكرمة بخاصة في أوقات الحجيج وتحويلها إلى طاقة كهربية للاستفادة بها حيث أنّه يمكن تحويل ٣-٥آلاف طن من النفايات يوميا الى طاقة كهربية تصل الى ١٢٠ ميجاوات بواسطة البلازما الساخنة وهذا يكفي لسد احتياجات ١٠ آلاف منزل من الكهرباء في اليوم الواحد وذلك باستخدام معالجات ذات قدرة أكبر في السعه .

- في حال تطبيق تقنيه تكنولوجيا التغويز بالبلازما الساخنة في معالجة النفايات في المملكة واستغلال المرادم القديمة والحديثة وحاويات النفايات بشكل فعال يوفر ما بين ٥٠ الى ٧٥ في المائة من تكاليف إنشاء محطات توليد الكهرباء مستقبلا. ولذلك فإنّ ادارة النفايات في دول كثيرة في أوروبا تعتبر من الامور الحيوية والمهمة للمحافظة على الصحة خصوصا مع التقدم الصناعي والاقتصادي ومع العلم بأنّ الوعي البيئي احد العناصر الاساسية المهمة في سبيل الحد من التلوث في المجتمع السعودي .

- البحث يعتبر المرحلة الأولى للمشروع المكون من خمس مراحل بمكة المكرمة حيث المرحلة الأولى هي معالجة النفايات الصلبة والمرحلة الثانية معالجه مخلفات المجازر في مواسم الحجيج والمرحلة الثالثة معالجة الزيوت المحترقة من السيارات والمرحلة الرابعة معالجة إطارات السيارات والمرحلة الخامسة هى المرحلة المرافقة لكل المراحل الأربعه السابقه وهى معالجة الخبث الخارج من كل مرحلة.

المراجع

- U.S. Environmental Protection Agency " Advancing Sustainable Materials Management " Washington, DC (2015).
- N. Okafor "The disposal of municipal solid wastes in environmental microbiology of aquatic and waste systems" Springer Science and Business Media (2011)
- Tchobanoglous G., Theisen H. and Eliassen R. "{Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues" McGraw–Hill, Book Company (1993).
- Tchobanoglous G., Thiesen H., and S. Vigil. "Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues" McGraw-Hill, Inc., New York, USA (1993).
- Anubhav Ojha, Abhishek Clement Reuben and Durgesh Sharma. "Solid Waste Management in Developing Countries through Plasma Arc Gasification – An Alternative Approach." APCBEE Procedia 1 193 (2012):
- International Energy Agency "Tracking Clean Energy Progress " Paris (2015)
- Implementing Agreement for a Co-operative Programme on Energy Efficient Electrical End-Use Equipment), OECD/IEA, Paris (2015)
- International Energy Agency "Key World , Energy Stistics" Paris (2015)
- Abdul Aziz H., Isa M. H., Abdul Kadir O., Nordin N. M., Daud W. R. W., Alsebaei A. F., and Abu-Rizaiza, A. S."Study on the Baseline Data of Solid Waste Management in the Holy City of Makkah during Hajj 1427" Fifth Scientific Research Forum for Hajj and Umrah ,Makkah, K.S.A (2004).
- Alsebaei A. "Solid Waste Management and Recycling During Hajj Pilgrimage in Mina Region". PhD thesis. University of Leeds. UK (2014).
- Local holy Makkah municipality, general administration of cleanliness, and quality management and performance (2015)
- Department of Statistics, the Statistical Yearbook, No. 50, the Ministry of Economy and Planning, Kingdom of Saudi Arabia(2015).
- Hrabovsky, M. et al. "Properties of synthetic gas produced by plasma gasification of biomass" Proceedings of the XVIII International Conference on Gas Discharges and their Applications, INP Greifswald (2010).
- Dovetail Partners Inc. "Plasma Gasification: An Examination of the Health, Safety and Environmental Records of Established Facilities" (2010).

- Circeo L. J "Plasma Arc Gasification of Municipal Solid Waste" Georgia Tech Research Institute, Environmental Science and Technology Program, Electro-Optical Systems laboratory(2012)
- Arena, Umberto "Process and technological aspects of municipal solid waste gasification. A review." Waste Management 32 625 (2011)
- F. N. C. Anyaegbunam "Thermal Plasma Solution for Environmental Waste Management and Power Generation" IOSR Journal of Applied Phys. 6 (5) 8 (2014),
- F.N.C. Anyaegbunam "A New Method of Power Generation by Plasma Physics" International Journal of Engineering Research & Technology 2 (8) 2428 (2013)
- F.N.C. Anyaegbunam "Sustainable Power Generation by Plasma Physics" American Journal of Engineering Research 2 (8) 65 (2013)
- Mountouris, E. Voutsas, D. Tassios. "Solid waste plasma gasification: Equilibrium model development and exergy analysis." Energy Conversion & Management 47 1723 (2006):
- G. Galeno, M. Minutillo, A. "Perna From waste to electricity through integrated plasma gasification/fuel cell (IPGFC) system". Int. J. Hydrogen Energy 36 1692 (2011).
- M. Minutillo, A. Perna, D.D. Bona "Modelling and performance analysis of an integrated plasma gasification combined cycle (IPGCC) power plant. Energy Convers. Manage"50 2837(2009)
- A project funded by DECC, project managed by NNFCC and conducted by E4Tech "Review of Technologies for Gasification of Biomass and Wastes" (2009)
- Gasification Technologies Council, Gasification White Paper (2008)

(APPENDEX1)

Important Key Data of the Plasma Gasification Project in Makkah

1- Amount of different wastes

a- Amount of waste from raw material…… t / year
b- Amount of waste for rubber material…… t / year
c- Amount of waste for glasses material…… t / year
d- Amount of waste for MSW material…… t / year
e- Amount of waste for plastic material…… t / year
f- Amount of waste for wooden material…… t / year
g- Amount of waste for paper and carton material…… t / year
h- Amount of waste for textile material…… t / year
i- Amount of waste for aluminum material…… t / year
j- Amount of waste for Nappies material…… t / year
k- Amount of waste for (SGH) slaughterhouse material…… t / year
l- Amount of waste for RDF (refuse derived fuel) material…… t / year
m- Amount of waste for tires material…… t / year
n- Amount of waste for asbestos material…… t / year
o- Amount of medical material…… t / year

2- Working hours of uninterrupted operation Fund - 8000 hours / Year

3- Classification of input waste Material…... t / year/month/day

As: Organic wastes-Non-Organic wastes-Industrial waste-Hazardous waste-Biomass (straw, shavings, sewage sludge)

4- Planned Outputs
electric energy……..MW / h -Thermal energy MW / h of steam parameters temperature ° C, MPa pressure hot water entering the system ° C / ° C return branch-BioJetFuel

5- Properties of main building of the project (Size W x L (m) Area m²-Industrial area- Agricultural land -Compliance of project and site development plan in the - Availability of land for truck

6- How to remove the material input and the distance between landfill and the reactor …..km

7- Supply networks
as:Gas supply pressure MPa parameters - installed capacity power supply, transformer j / n, parameters

8- Technological water yield

As: water analysis-Sewerage system-Wastewater treatment plants

9- Parameters of the incoming wastewater, the measurement / registration (of the treatment plant) are subject

10- Power dissipation

11- Connection Points
UN kV power parameters
Distance from the property line…..km
Steam line / hot water / temperature/ pressure

12- Distance from the property line km

13- Definition of input materials

14- The quantity specified changes in summer and winter? ...

15- Calorific value of waste min. MJ / kg

16- Physical properties of the waste

17- Waste composition - basic information

18- waste elements in the dry mass (mass%)
as: H%- C% -O% -N% -S%

19- Combustible component

20- Unsorted waste energy content (calorific value) - MJ / kg

21- Sorted waste energy content (calorific value) - MJ / kg

22- Moisture- max. values % and Components (mass%)

As: Paper%- cardboard% -Cardboard%- non organic waste% -Wood% -Textile% -Rubber% -Plastic% -Organic waste%- Glass%- Metals% -Soil%

23- Elemental composition of the waste (% dry mass fractions)
Examples(C –N-S –H-O-Cl and Ash content%

24- Burning waste content in mass% of finished fabrics

25- Content of incombustible waste (ash) in mass%

26- Ash composition (wt%)

As: Na%- K%- Ca%- Mg%- Fe%- Si%

27- Climatic conditions

28- Average annual temperature of the environment
Relative humidity

29- Average summer temperature of the ambient ° C

30- Average winter temperature of the ambient ° C

31- Maximum ambient temperature ° C

32- Minimum temperature of the environment - ° C

33- Mean atmospheric pressure

34- Temperature of the technological water **° C**

35- Height above sea level in meters above sea level

36- Average annual rainfall mm

37- Impact of snow cover Ø cm 57 cm

38- Frost Depth

39- Average temperature and the width below the ground of the landfill area
40- Prevailing wind direction is predominant flow directions ... with average speed m / s
41- The kind of the project (strategic project or academic and scientific project)