تقدير غازات الاحتباس الحراري الناتج عن احتراق مادة الديزل في المحطات الكهربائية التقليدية بساحل حضرموت

سالم ربيع بازار ، خالد عوض الرباكي ، خالد صالح باواحدي ، محمد أحمد باوادي

قسم العلوم البيئية ، كلية العلوم البيئية والأحياء البحرية ، جامعة حضرموت للعلوم والتكنولوجيا ، حضرموت ، اليمن

(تاريخ الاستلام: 17 / 2 / 2013 ---- تاريخ القبول: 16 / 6 / 2013)

الملخص

يهدف البحث إلى حساب وتقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الرئيسية (CO_2،CH_4،N_2O) ومكافئ غاز (CO_2E)، الناتجة عن احتراق وقود الديزل في المحطات الكهربائية الرئيسية (الريان، خلف والمنورة) العاملة بمنطقة ساحل حضرموت خلال الفترة (2000م – 2010م). أظهرت النتائج أن عامي 2003م و 2000م شهدت أعلى وأدنى إجمالي ومتوسط سنوي على التوالي لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري،و أن محطة الريان الكهربائية شهدت على التوالي في عامي 2010م و 2000م أعلى وأدنى إجمالي سنوي لانبعاثات غازات (CO_2،CH_4،N_2O)، بينما سجلت محطة خلف أعلى انبعاث سنوي في عامي 2003م (بالنسبة CO_2) و 2006م (بالنسبة CH_4،N_2O)، وسجل عام 2008م أدنى انبعاث سنوي من غازات الاحتباس الحراري. أما أعلى وأدنى انبعاث سنوي لمحطة المنورة فكان في عامي 2006م و 2000م على التوالي. تبين كذلك أن محطة الريان احتلت المرتبة الأولى في الإجمالي والمتوسط التجميعي للفترة (2000م – 2010م)، تليها محطة خلف، ثم محطة المنورة في انبعاثات غازات (CO_2،CH_4،N_2O).و أظهرت نتائج حساب انبعاثات مكافئ غاز (CO_2E)، أن عامي 2003م و 2000م شهدت أعلىو أدنى إجمالي ومتوسط سنوي لانبعاثته، حيث بلغ حوالي 57581 و 19194 ، 16439 و 5480 طن متري. تبين أيضاً من نتائج الدراسة أن المحطات الكهربائية التقليدية شهدت خلال فترة الدراسة انبعاثات متفاوتة لمكافئ (CO_2E)، حيث سجل أعلى انبعاث سنوي له في عامي 2010م (محطة الريان) و 2006م (محطتي خلف والمنورة)، بينما سجل في عامي 2000م (محطتي الريان والمنورة) و 2008م (محطة خلف) أدنى انبعاث له. بينت نتائج الدراسة أيضاً أن 2003م شهد أعلى معدل لنصيب الفرد من انبعاثات مكافئ غاز (CO_2E)من قطاع الكهرباء لسكان منطقة الدراسة (ساحل حضرموت) ، حيث بلغ 137 كجم/فرد، في حين شهد عام 2000م أدنى معدل لنصيب الفرد بلغ حوالي 44 كجم/فرد.

الكلمات المفتاحية : غازات الاحتباس الحراري، المحطات الكهربائية، انبعاثات، مكافئ غاز (CO_2E)، وقود الديزل.

المقدمة

تعد مسألة الاحتباس الحراري من بين أكثر التحديات التي تواجه القرن الحالي، وليس هنالك بلد متمتع بالحصانة ضد هذا التحدي، ولا يمكن لأي بلد بمفرده التصدي للتحديات المترابطة التي يثيرها تغير المناخ، لذا يتطلب التصدي لهذا التحدي الهائل والمتعدد الأبعاد تعاوناً دولياً، فمن المؤكد الآن أن تغير المناخ يمثل كارثة متزايدة ذات أبعاد اقتصادية وصحية وأبعاد تتعلق بالسلامة وإنتاج المواد الغذائية والأمن وغيرها [1,2]. وتعرف ظاهرة الاحتباس الحراري على أنها " الزيادة التدريجية في درجة حرارة الطبقات السفلى للغلاف الجوي المحيط بالأرض "، وأهم غازاتها الرئيسية هي: H_2O، CO_2، CH_4، O_3 التي يتسبب كل منهم بـ 36 – 70%، 26 – 9%، 4 - 9%، 3 - 7% على التوالي من الاحتباس الحراري، وسبب هذه الظاهرة زيادة انبعاثات هذه الغازات الناتجة عن النشاطات البشرية المختلفة ومنها محطات القوى الكهربائية، والذي أصبح مقدارها يفوق ما يحتاجه الغلاف الجوي للحفاظ على درجة حرارة سطح الأرض بصورة ثابتة، فوجود كميات إضافية من هذه الغازات وتراكم وجودها في الجو يؤدي إلى الاحتفاظ بكمية أكبر من الطاقة الحرارية في الغلاف الجوي مما يؤدي إلى تهديد التوازن الطبيعي للغازات المكونة له [3،4،5،6،7،8]. فقد ازداد متوسط درجة حرارة كوكب الأرض فعلياً بحوالي (1^{0}م) منذ بداية الثورة الصناعية، حيث اكدت الأبحاث الجديدة والنمذجة المناخية المنشورة في عام 2006م إلى تقوية الحجج الداعية لعمل شيء ما تجاه الاحترار العالمي،وقد وجدت دراسة جديدة لإدارة الطيران والفضاء القومية (ناسا -الولايات المتحدة الامريكية) أن درجة حرارة العالم كانت قد ارتفعت بحوالي (0.2^{0}م) لكل عقد في الثلاثين عاماً الأخيرة، لتصل إلى أعلى معدلاتها منذ نهاية العصر الجليدي الأخير، وهي الآن ضمن نطاق (1^{0}م) من أعلى درجة حرارة للمليون سنة الماضية، وهو ما ينذر بتغيرات مناخية خطيرة [9]، ويشير التقرير التقييمي الرابع الصادر عن الهيئة المعنية بتغير المناخ المشتركة بين الحكومات، (وهو دراسة اتفقت بشأنها آراء أكثر من 2000 عالم من كافة البلدان الأعضاء في الأمم المتحدة) أن ارتفاع حرارة النظام المناخي لا لبس فيه [10]، فالتركيزات العالمية من غاز CO_2 في الغلاف الجوي زادت تدريجياً حتى تراوحت بين 200 - 300 *(ppm)* لمدة 800000 سنة، ولكنها ارتفعت سريعاً إلى حوالي 387 *(ppm)* في السنوات المائة والخمسين الماضية [11،12]. و أعطى تقرير خاص صادر عن اللجنة الدولية للتغيرات المناخية، تصورات مختلفة حول تغير معدل الانبعاثات الغازية في المستقبل مشيراً إلى أن نسبة غاز CO_2 ستزداد من 541 إلى 970 *(ppm)* بحلول عام 2100م، خاصة أن احتياطي الوقود الاحفوري سيكون كافياً في الفترة القادمة للوصول إلى مثل هذه المستويات [12،13]. ويأتي في المرتبة الثانية بعد غاز CO_2 من ناحية الأهمية غاز الميثان، الذي يشكل أحد لغازات الرئيسية الحابسة للحرارة، حيث يقدر تركيزه في الجو بحوالي 7.1 *(ppm)* ، ويقدر المعدل السنوي

لزيادته في الجو بحوالي 1%، وأن مقدار تركيزه ازداد إلى ضعف مقدار تركيزه قبل الثورة الصناعية، وتقدر كمياته الموجودة في الغلاف الجوي بحوالي 4700 مليون طن، بمعدل سنوي ما بين 300 . 350 مليون طن تنتج من مصادر مختلفة، وفي عامي 2007 و 2008، بدأت تركيزات الميثان في تصاعد، بعد فترة من الاستقرار[14،15]. أما أكسيد النيتروز أصبح أعلى بحوالي 18% من مقدار تركيزه قبل الثورة الصناعية [3،5].

ينبعث في الهواء الجوي من قطاع الطاقة بما في ذلك قطاع الكهرباء ما يزيد عن 90% من انبعاثات غاز CO_2 و 75% من إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، كما يمثل الاحتراق الثابت ما يقرب من 70% من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الصادرة من قطاع الطاقة، وتشير الإحصائيات الى الاستخدام الواسع للكهرباء، حيث تزايدت حصة الكهرباء في إجمالي الاستهلاك العالمي للطاقة من 9.6% عام 1973م إلى 15.6% في عام 2001م [16، 17]. وتعد المحطات الكهربائية مصدر الطاقة في كثير من البلدان ومنها منطقة ساحل حضرموت (منطقة الدراسة)، فهي مصدر رئيس من مصادر تلوث الهواء، وأهم مصدر يغذي ظاهرة الاحتباس الحراري، ويشير تقرير وكالة حماية البيئة الأمريكية أن انبعاثات محطات الطاقة الكهربائية آخذة في الارتفاع، حيث تمثل 39%، 67% و 22% من غاز ات CO_2، SO_2 و NO_x على التوالي، خلال الفترة من عام 1995 حتى 2003م [18]. وتمثل نسبة انبعاثات غازات (N_2O،CH_4،CO_2) من المحطات الكهربائية ذات القدرة العالية (اكبر من 300 ميجاوات) ما نسبته 79.0، 5.5، 35.7% على التوالي، أما المحطات ذات القدرة بين 50 . 300 ميجاوات فتمثل نسبتها 6.5، 0.6، 1.9% على التوالي، في حين المحطات الكهربائية التي تبلغ قدرتها أقل من 50 ميجاوات فان نسبة انبعاثاتها تصل الى 0.2، 0.05، 0.1% على التوالي من إجمالي انبعاثات الملوثات [19].

وسيعتمد تغير المناخ في المستقبل إلى حد كبير على مدى التراكم السريع لغازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي، وعلى كمية الغازات التي يمكن للطبيعة امتصاصها [2،20]. من هذا المنطلق جاءت فكرة إجراء هذا البحث نظراً لأهمية الغازات المتسببة في ظاهرة الاحتباس الحراري من ناحية، ومن ناحيةً أخرى لم يتطرق أحد من الباحثين من قبل لدراسة هذه الغازات الناتجة عن المحطات الكهربائية في ساحل حضرموت.

منطقة الدراسة

تم تحديد ثلاث محطات تقليدية للقوى الكهربائية تغذي معظم مناطق ساحل حضرموت بالطاقة الكهربائية، وهي محطات الريان، خلف والمنورة كمناطق للدراسة، وذلك بهدف تقدير انبعاثات غازات (CO_2)، (CH_4) و (N_2O) كغازات للاحتباس الحراري. وتقع منطقة الدراسة (ساحل حضرموت) على امتداد السواحل الجنوبية من الجمهورية اليمنية المطلة على شواطئ سواحل خليج عدن وبحر العرب، (شكل رقم 1). يتدرج ارتفاع السهل الساحلي لمنطقة الدراسة عن مستوى سطح البحر حتى يصل إلى 150م قرب النطاق الجبلي الداخلي، ويقطع عدد من الوديان الواسعة التي تنبع من الجبال والمسيلات وتصب في البحر. ويغلب على سكان ساحل حضرموت الذي يبلغ تعداده وفقاً لتعداد 2004م حوالي 560799 نسمة مزاولة النشاط السمكي نظراً لما تتميز به المنطقة من سواحل بحرية طويلة وغنية بالثروة السمكية. وتعتبر مدينة المكلا عاصمة محافظة حضرموت الساحل والوادي ومن أهم المدن التاريخية في اليمن، وتبعد عن العاصمة صنعاء حوالي 620 كم، وتتميز منطقة الدراسة عامة بمناخ حار رطب صيفاً ومعتدل.

شكل رقم (1) خارطة ساحل حضرموت (منطقة الدراسة)

شتاءاً، ذو سيادة ريح تهب من الاتجاه الجنوبي الشرقي (SE) وبمعدل سرعة سنوي حوالي 8 عقدة/ دقيقة، حرارة الهواء كمعدل يومي 29.6 مئوية صيفاً و21.5 مئوية في الشتاء، وتعتبر منطقة ساحل حضرموت قليلة التساقط بحسب المعدلات السنوية لكمية الإمطار التي تهطل على معظم أراضي اليمن، والصفة الواضحة لصيف منطقة الدراسة هي الرطوبة النسبية التي تتعدى الـ 60% طوال الوقت، ويمكن أن تسود بمؤشر 85% في سبتمبر كمعدل شهري . ويلعب البحر في مناخ منطقة الدراسة دوراً هاماً في التغيرات اليومية لحالة الطقس، حيث أن حركة الرياح في منطقة الدراسة تتغير وفق الظروف الجوية اليومية أو ما يعرف بنسيم البحر ونسيم البر نتيجةً لموقعها الساحلي [21،22،23،24]. ويبين الجدول (1) إحداثيات مواقع المحطات الكهربائية قيد الدراسة.

جدول رقم (1) يوضح إحداثيات المحطات الكهربائية بساحل حضرموت (قيد الدراسة)

المنطقة	الإحداثيات		الارتفاع عن سطح البحر (متر)
	الطول	العرض	
المنورة	49^0 07' 156"	14^0 32' 453"	19
خلف	49^0 09' 087"	14^0 31' 175"	9
الريان	49^0 18' 047"	14^0 38' 416"	27

كهرباء مديريات ساحل حضرموت

يساهم قطاع الكهرباء في الجمهورية اليمنية بشكل عام وساحل حضرموت بصورةً خاصة في مد الاقتصاد الوطني بالطاقة المحركة لأدوات وسائل الإنتاج، وا ٍنارة المدن وتشغيل الأجهزة المنزلية. وحققت محافظة حضرموت بشكل عام وحضرموت الساحل بوجه خاص في السنوات الماضية نقلة نوعية ومتطورة في مجال الطاقة الكهربائية [21]. وتعتمد مديريات ساحل حضرموت (منطقة الدراسة) بشكل أساسي على ثلاث محطات كهربائية عاملة مرتبطة بمنظومة وشبكة كهربائية واحدة وتعتبر كمغذي واحد مشترك تقريباً لمعظم المناطق الساحلية لحضرموت بالإضافة إلى محطات الشحر والريدة وقصيعر وجزيرة سقطرى. وتعمل هذه المحطات بالديزل (السولار)، وهو وقود هيدروكربوني سائل يتم الحصول عليه من خلال تقطير النفط الخام، حيث يتم تقطيره في درجة حرارة ما بين 200 ـ 380 درجة مئوية، و درجة الاشتعال لهدائماً أعلى من 50 درجة مئوية، والوزن النوعي له أعلى من 0.82، وتتولى المؤسسة العامة للكهرباء تزويد معظم السكان والقطاعات الأخرى بمديريات الساحل بالطاقة الكهربائية من خلال محطات المنورة، خلف، الريان [25]. والجدول رقم (2) يبين مؤشرات الأداء التقييمي الإحصائي لكهرباء ساحل حضرموت خلال فترة الدراسة [26].

جدول رقم (2) يبين المؤشرات الإحصائية لكهرباء ساحل حضرموت خلال السنوات (2000م . 2010م)

المؤشرات	الوحدة	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
الطاقة المنتجة	م.و.س	177592	187352	202951	220337	241714	283931	318346	352137	370522	418774	440616
الطاقة المستهلكة	م.و.س	4864	6194	4909	5840	5654	6912	7201	4785	4640	4991	4182
الطاقة المرسلة	م.و.س	172729	181159	198043	214497	236060	277019	311145	347352	365882	413784	436434
الطاقة المباعة	م.و.س	125002	142327	153905	173785	191588	228866	262296	299140	314187	339580	345169
الطاقة المفقودة	م.و.س	47728	43009	44147	40712	44472	48153	48849	48213	51695	74204	91265
نسبة الفقدان	%	27.40	23.30	22.29	18.98	18.84	17.38	15.70	13.88	14.13	17.93	20.91
القوة المركبة	م.و	80.0	80.0	84.9	84.9	95.5	97.0	120.0	138.8	145.1	142.3	165.8
القوة المتاحة	م.و	56.10	56.80	58.30	54.10	58.30	69.65	74.35	85.77	90.20	94.70	95.00
أقصى حمل	م.و	32.550	35.600	37.950	45.114	47.192	59.539	67.659	76.173	79.601	86.357	86.101
ادني حمل	م.و	0.0	10.3	12.1	11.6	12.4	14.1	14.6	20.5	13.5	20.6	20.0
الديزل المستهلك	ك.لتر	8450	13015	11025	26122	21066	19779	30631	65676	56635	64898	72606
معدل استهلاك الوقود	لتر/ك.و.س	0.000	0.247	0.246	0.257	0.250	0.249	0.257	0.270	0.264	0.269	0.279
ساعات التشغيل	ساعة	41246	52424	62637	81309	75212	99760	107485	78269	72038	81729	74383
عدد المشتركين	مشترك	48564	51315	54950	58660	63165	67004	71069	76937	80952	85326	90522

طريقة العمل

تم تجميع بيانات استهلاك الوقود الشهري لمادة الديزل (باللترات) لتشغيل المحطات الكهربائية الرئيسية الثلاث (الريان، خلف والمنورة) بساحل حضرموت من المؤسسة العامة للكهرباء فرع ساحل حضرموت للفترة من 2000م إلى 2010م، وذلك بهدف حساب انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الرئيسية (CO_2،CH_4 وN_2O)، وتقدير مكافئ غاز (CO_2E) المنبعث من المحطات الكهربائية العاملة والناتجة عن احتراق وقود الديزل.

أن الوحدات المعتمدة دولياً التي تغطي قياسات كميات الوقود والطاقة هي اللترات والمتر المكعب والطن المتري والجول، واشتقت هذه

الوحدات من المتر والكيلو جرام والثانية والتي اشتمل عليها النظام الدولي للوحدات (SI). ويتم القياس والتعبير عن إنتاج الكهرباء واستهلاكها والتجارة بها بمضاعفات الواط في الساعة. وتتطلب عملية تحويل كمية من الوقود من الوحدات الفيزيائية أو بعض الوحدات الوسيطة (الكتلة) إلى وحدات الطاقة وجود عامل تحويل يعبر عن الحرارة المكتسبة من وحدة واحدة من الوقود، ويطلق على عامل التحويل هذا اصطلاحاً القيمة السُعرية أو القيمة الحرارية للوقود. ويتم التعبير عن كميات الوقود القابل للاحتراق المستخدمة في إنتاج الطاقة الكهربائية والحرارة بوحدات فعلية مثل الأطنان المترية والأمتار المكعبة واللترات وغيرها من الوحدات وذلك حسب نوع الوقود، لذا ومن أجل حساب وتقدير غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن الاحتراق في المحطات التقليدية للقوى الكهربائية تم تحويل مثل هذه الوحدات إلى وحدات طاقة، حيث يلزم التعبير عن كل أنواع الوقود القابل للاحتراق بالتيراجول (TJ)، نظراً لاستخدامها المتزايد، ولإتباع توصيات منظمة المعايير الدولية (الأيزو) [25,16]. تعتمد طريقة حساب كميات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن المحطات الكهربائية التقليدية على نوعية الوقود المستخدم، حيث إنه يمكن تقدير انبعاثات أي نوع من أنواع غازات الاحتباس الحراري على أساس كمية الوقود المحترق، ومتوسط معاملات الانبعاث لهذه الغازات، وتختلف نوعية معاملات الانبعاث هذه باختلاف الغازات. لهذا ومن اجل حساب وتقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتج عن محطات القوى الكهربائية قيد الدراسة ولإجراء التحويل من الوحدات الفعلية إلى التيراجول لجأ الباحثون إلى الطرق المعتمدة في تحويلات معاملات الطاقة [16،17،27، 28، 29، 30،31]. لقد تم استخدام المعادلة الأساسية المبينة أدناه لتقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري [32]:-

$$E = B \times C, \ldots\ldots (1)$$

حيث أن:

E – انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بوحدات الكتلة.

B – كميات الوقود المحترقة بوحدات الطاقة ، أو بوحدات الكتلة.

C – بارومتر الانبعاث.

لذا من اجل حساب انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الرئيسية (CO_2، CH_4 وN_2O) كلٌ على حده، تم إتباع الآتي:-

أولاً: من اجل حساب وتقدير غاز (CO_2) الناتج عن احتراق وقود الديزل المستهلك في محطات الكهرباء المحددة في دراستنا، تم استخدام المعادلة الآتية [32]:-

$$E = M \times K_1 \times NCV \times K_2 \times 3.7 \ldots\ldots (2)$$

حيث أن:

E – الانبعاث السنوي لغاز (CO_2) الناتج عن الاحتراق السنوي لمادة الديزل (طن لكل سنة – (T/year)).

M – الكمية السنوية لوقود الديزل المستهلك فعلياً في المحطات الكهربائية (طن لكل سنة – (T/year)).

K_1 – معامل أكسدة الكربون في الوقود (يعطي مؤشر لنسبة الكربون المحترق)، وهو يساوي في المتوسط 0.99 للنفط الخام والمشتقات النفطية الأخرى.

NCV – القيمة الحرارية لوقود الديزل، وهي تساوي 10323 kcal/kg.

وعليه فأن القيمة الحرارية لوقود الديزل = 10323 X 0.004187 = 43.2 MJ/kg أو تساوي 0.0432 (TJ/T).

3.7– معامل تحويل الكربون إلى غاز (CO_2).

K_2 – معامل انبعاث الكربون (T/TJ)، ويتم إيجاده من خلال الصيغة الآتية:-

$$K_2 = CC \times 1/H_u \ldots\ldots (3)$$

حيث أن:-

H_u – القيم الحرارية الصافية لوقود الديزل (TJ/T).

CC – المحتوى الكربوني *(Carbon Content)* لوقود الديزل، ويتم إيجاده من خلال الصيغة الآتية [16،27]:-

$$CC = 76.99 + (10.9 \times SG) - (0.76 \times \text{Sulfur Content}) \ldots\ldots (4)$$

حيث أن:-

Sulfur Content – المحتوى الكبريتي للوقود وهو يساوي 0.001.

SG – الثقل النوعي للوقود، ويتم إيجاده من خلال المعادلة الآتية:-

$$SG = \frac{141.5}{(API + 131.5)} \ldots\ldots (5)$$

حيث أن:-

API– هو مقياس اصطلاحي لتحديد الثقل النوعي للوقود، أو يسمى كذلك رقم التصنيف (Gravity, °API).

ثانياً: من أجل حساب وتقدير انبعاثات غازات الميثان والنيتروز كلٌ على حده، تم ذلك على أساس الكمٌيات الفعلية المستهلكة والمحترقة من وقود مادة الديزل في محطات الكهرباء المحددة في دراستنا، حيث تم تقدير ذلك من خلال الصيغة الرياضية الآتية [32]:-

$$E = M \times NCV \times K_3 \ldots\ldots (6)$$

حيث أن:-

E – الانبعاث السنوي لغازات (الميثان والنيتروز) (طن لكل سنة – (T/year)).

M – الكمية السنوية لوقود مادة الديزل المستهلكة فعلياً (طن لكل سنة – (T/year)).

NCV – القيمة الحرارية الصافية لوقود مادة الديزل (تيراجول لكل طن – (TJ/T)).

K_3 – معامل انبعاثات غازات (الميثان والنيتروز) بوحدة (الطن لكل تيراجول – (T/TJ))، حيث أن معامل انبعاثات غازي الميثان والنيتروز، الناتج عن احتراق النفط ومشتقاته، $K_3 = 3$ و $K_3 = 0.6$ على التوالي.

ثالثاً: لتحديد ومعرفة تأثير غازات الاحتباس الحراري (CO_2، CH_4 وN_2O) مجتمعة تم تحويلها إلى وحدة مكافئ ثاني اوكسيد الكربون

(CO_2E). لذا فأن تأثير غازات الاحتباس الحراري مجتمعة يتم الحصول عليها كحاصل جمع انبعاثات كل غاز على حده مضروباً في معامل الاحترار العالمي لكل غاز. معامل تأثير الاحترار العالمي لغاز CO_2 يساوي الواحد، أما انبعاثات الغازات الاخرى يتم تحديدها عن طريق الضرب في معامل الاحترار العالمي للأرض، لذا عند تحويل انبعاثات غازات (CH_4) و (N_2O) إلى وحدة مكافئ (CO_2E)، تم الضرب في 21 بالنسبة لغاز الميثان، وفي 310 لغاز النيتروز. لهذا من اجل تحويل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (N_2O،CH_4،CO_2) إلى مكافئ (CO_2E)، تم استخدام المعادلة الآتية [32, 14]:

CO_2E (طن متري) = CO_2 (طن متري) x 1.0 + CH_4 (طن) x 310 (طن متري) + N_2O x 21 (متري) ..... (7)

النتائج والمناقشة

أولاً انبعاثات غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO_2):.

أظهرت نتائج حساب انبعاثات ثاني اوكسيد الكربون، المبينة في الجدول (3)، أن عام 2003م شهد أعلى إجمالي ومتوسط سنوي لانبعاث غاز CO_2، يليه عام 2006م، ثم 2010م، في حين شهدت السنوات 2009م، 2007م، 2005م، 2004م قيم متقاربة إلى حدٍ ما لانبعاثاته، أما أدنى أجمالي ومتوسط سنوي له فكان في عامي 2000م، 2002م.

جدول (3): يوضح كميات انبعاثات (CO_2) الناتج عن احتراق وقود الديزل (بالطن المتري لكل سنة) لمحطات توليد الكهرباء بحسب السنوات

السنوات	محطة كهرباء الريان	محطة كهرباء المنورة	محطة كهرباء خلف	الإجمالي	المتوسط
2000م	2733.9	1466.2	12184.9	16385.1	5461.7
2001م	3165.3	4644.8	19553.0	27363.1	9121.0
2002م	5062.9	2617.5	12595.1	20275.5	6758.5
2003م	28972.2	8146.2	20264.9	57383.4	19127.8
2004م	23062.4	5025.9	15757.8	43846.1	14615.4
2005م	7894.8	11907.0	17054.6	36856.4	12285.5
2006م	12531.6	20196.1	21236.3	53964.0	17988.0
2007م	24094.6	12187.6	10536.1	46818.2	15606.1
2008م	16266.0	4179.0	4996.8	25441.7	8480.6
2009م	29112.5	1767.9	7696.3	38576.7	12858.9
2010م	42287.2	3281.8	8357.9	53926.9	17975.6
الإجمالي	195183.4	75419.9	150233.7	420837.1	140279.0
المتوسط	17743.9	6856.4	13657.6	38257.9	

يتبين كذلك من الجدول (3) أن محطة الريان الكهربائية شهدت منذ عام 2003م ارتفاع في انبعاثات غاز CO_2 (مع ملاحظة حدوث انخفاض متفاوت نوعاً ما في أعوام 2005م و 2008م) حتى بلغ ذروة الارتفاع في عام 2010م، حيث بلغ حوالي 42287 طن متري، ويعزي ذلك إلى التوسع والتطور التي شهدته المحطة خلال السنوات الأخيرة، حيث تبين أن القدرة المركبة لمحطة الريان ارتفعت من 38.4 ميجاوات في عام 2002م إلى 70ميجاوات في عام 2010م [26]. في حين لوحظ أن أعوام 2000م، 2001م و 2002م شهدت أدنى انبعاث لغاز CO_2. على العكس من ذلك شهدت محطة خلف الكهربائية تراجع متقارب في قيم انبعاثات غاز CO_2 في السنوات الأخيرة (2006م . 2010م)، حيث بلغت أدنى قيمة لانبعاث CO_2 حوالي 5000 طن في عام 2008م، في حين شهدت السنوات (2000م . 2005م) تذبذب متقارب في قيم انبعاثاته، وذلك بسبب أن هذه المحطة كان يعتمد عليها في تغذية معظم مدينة المكلا (عاصمة المحافظة) في السنوات من 2001م إلى 2005م. أما محطة المنورة فكان أعلى قيمة لانبعاثات غاز CO_2 في عام 2006م، حيث بلغ 20196 طن متري، في حين أن بقية السنوات قيم الانبعاث فيها من غاز CO_2 متباين إلى حد ما، حيث بلغ أدنى قيمه له 1466 طن متري في عام 2000م. يتبين أيضاً من الجدول (3) أن محطة الريان احتلت المرتبة الأولى في الإجمالي والمتوسط التجميعي للفترة من 2000م إلى 2010م لانبعاثات غاز CO_2، حيث بلغ الإجمالي 195183 والمتوسط 17744، تليها محطة خلف بـ 150234 و 13658، ثم محطة المنورة التي احتلت المرتبة الأخيرة بإجمالي 75420 ومتوسط 6856 طن متري، ويعود السبب المنطقي في ذلك إلى زيادة الطاقة المنتجة في محطة الريان التي اصبحت تقريباً تغذي معظم مناطق ساحل حضرموت، وتقليص ساعات عمل المولدات الكهربائية في محطات خلف والمنورة. أظهرت كذلك النتائج المبينة في الجدول (3)أن التغيٍر السنوي لانبعاثات غاز CO_2، متباين إلى حد ما من عام لأخر، حيث لوحظ أن أعلى تذبذب في انبعاثات غاز CO_2 شهدته السنوات الأخيرة (2006م . 2010م)، على العكس من

ذلك شهدت السنوات (2000م . 2005م) أقل تذبذب في قيم انبعاثاته، حيث يعزي ذلك إلى التباين في ساعات التشغيل وكميات وقود الديزل المستهلكة والمؤشرات الأخرى من محطة كهربائية لأخرى.

الجدول (4) يبين مقارنة بين انبعاثات ونصيب الفرد من غاز CO_2 لمنطقة الدراسة مع انبعاثات ونصيب الفرد من غاز CO_2 الناتج عن قطاع الكهرباء لبعض الدول لعام 2008م [33]، يتضح أن انبعاثات غاز CO_2 من قطاع الكهرباء في منطقة الدراسة أقل بكثير من انبعاثاته في جميع الدول، حيث تراوحت نسبة انبعاثات غاز CO_2 لمنطقة الدراسة مقارنة بانبعاثات الدول ما بين 0.19 . 12.5%، أما حصة نصيب الفرد من انبعاثات CO_2 لسكان منطقة الدراسة في عام 2008م كان أقل من جميع الدول باستثناء اريتريا.

جدول (4): يبين مقارنة انبعاثات CO_2 ونصيب الفرد من قطاع الكهرباء بين منطقة الدراسة وبعض الدول لعام 2008م

المنطقة	انبعاثات CO_2 (مليون طن)	نسبة انبعاثات CO_2 لمنطقة الدراسة مقارنة بالدول (%)	نصيب الفرد (طن/فرد)	السكان (مليون نسمة)
منطقة الدراسة	0.025	100.0	0.05	0.51
قطر	11.5	0.22	8.85	1.30
سلطنة عمان	13.5	0.19	4.82	2.80
لبنان	7.5	0.33	1.83	4.10
البحرين	7.8	0.32	9.75	0.80
اريتريا	0.2	12.5	0.04	5.00

ثانياً : انبعاثات غاز الميثان (CH_4):.

يتبين من الجدول (5) أن أعلى إجمالي ومتوسط سنوي لانبعاث غاز CH_4 كان في 2003م، ثم عامي 2006م، 2010م، يليه عامي 2007م، 2004م، في حين شهدت أعوام 2000م، 2002م أدنى أجمالي ومتوسط سنوي لانبعاثه. يبين نتائج الجدول (5) أن أعلى إجمالي سنوي لانبعاث غاز الميثان شهدته محط الريان الكهربائية كان في السنوات 2010م، 2009م، 2003م، في حين سجل أدنى انبعاث لغاز الميثان في السنوات 2000م، 2001م، و 2002م، أما بقية السنوات فتراوح إجمالي انبعاثات غاز CH_4 ما بين 0.32 – 0.98 طن متري. بينما محطة خلف الكهربائية شهدت انبعاثات لغاز الميثان قيمها نوعاً ما متقاربة، حيث سجل أعلى وأدنى انبعاث له في عامي 2006م و 2008م على التوالي. في حين كان أعلى وأدنى إجمالي سنوي لانبعاثات غاز الميثان في محطة المنورة الكهربائية في عامي 2006م و 2000م بلغ على التوالي 0.82 و 0.06 طن متري.

جدول (5): يبين كميات انبعاثات غاز (CH_4) الناتج عن احتراق وقود الديزل (بالطن المتري لكل سنة) لمحطات توليد الكهرباء بحسب السنوات

السنوات	محطة كهرباء الريان	محطة كهرباء المنورة	محطة كهرباء خلف	الإجمالي	المتوسط
2000م	0.11	0.06	0.50	0.67	0.22
2001م	0.13	0.19	0.80	1.12	0.37
2002م	0.21	0.11	0.51	0.83	0.28
2003م	1.18	0.33	0.83	2.34	0.78
2004م	0.94	0.21	0.64	1.79	0.60
2005م	0.32	0.49	0.70	1.51	0.50
2006م	0.51	0.82	0.87	2.20	0.73
2007م	0.98	0.50	0.43	1.91	0.64
2008م	0.66	0.17	0.20	1.03	0.34
2009م	1.19	0.07	0.31	1.57	0.52
2010م	1.73	0.13	0.34	2.20	0.73
الإجمالي	7.96	3.08	6.13	17.17	5.71
المتوسط	0.72	0.28	0.56	1.56	

وتبين نتائج الجدول (5) أن محطة الريان احتلت المرتبة الأولى، تليها محطة خلف، وفي المرتبة الأخيرة محطة المنورة الكهربائية، حيث بلغ الإجمالي والمتوسط التجميعي للسنوات 2000م – 2010م لانبعاثات غاز CH_4 لهما على التوالي 7.96 و 0.72، 6.13 و 0.56، 3.08 و 0.28 طن متري من CH_4. كما أظهرت النتائج المبينة في الجدول (5)أن التغيّر السنوي لانبعاثات غاز الميثان يتراوح في مدى ما بين

0.06 – 1.73 طن متري، وأن أعلى تذبذب لانبعاثاته شهدته السنوات الأخيرة 2008م – 2010م، في حين سجلت النتائج أدنى تذبذب في انبعاثات غاز الميثان في سنوات 2000م – 2002م، أما السنوات من 2003م إلى 2007م فشهدت تذبذب في قيم انبعاثات الميثان نوعاً ما متقاربة، هذا يرجع بشكل عام إلى عدم استقرار تشغيل المنظومة الكهربائية في منطقة ساحل حضرموت[26].

ثالثاً: انبعاثات غاز النيتروز (N_2O):-

أظهرت نتائج الجدول (6) الذي يوضح كميات انبعاثات غاز النيتروز الناتج عن احتراق وقود الديزل لمحطات توليد الكهرباء قيد الدراسة بحسب السنوات، أن أعلى إجمالي ومتوسط سنوي لانبعاث غاز N_2O للفترة 2000م – 2010م، شهدته الأعوام 2003م، 2010م، 2006م، في حين شهدت الأعوام 2007م، 2004م، 2009م، 2005م نوعاً ما قيم متقاربة له، أما أدنى أجمالي ومتوسط لانبعاثاته سجلت في السنوات 2000م، 2002م، 2008م، 2001م. وأظهرت كذلك النتائج المبينة في الجدول (6) أن محطة المنورة الكهربائية شهدت تقريباً خلال معظم سنوات الدراسة أدنى انبعاث لغاز النيتروز، حيث كانت قيم انبعاثاته إلى حد كبير متقاربة، حيث بلغ أعلى وأدنى انبعاث على التوالي 0.16 و 0.01 طن متري. أما محطة الريان الكهربائية فقد شهدت أعلى انبعاثات لغاز N_2O مقارنةً بمحطتي المنورة وخلف، حيث سجل عام 2010م أعلى إجمالي سنوي لانبعاثات غاز النيتروز، حيث بلغ 0.35 طن متري، في حين سجل أدنى انبعاث في الاعوام 2000م، 2001م، 2002م، حيث بلغ على التوالي 0.02، 0.03، 0.04 طن متري. أما بالنسبة لمحطة خلف فأن السنوات الأخيرة (2008م، 2009م، 2010م) شهدت أدنى انخفاض في انبعاثاته، حيث بلغ على التوالي 0.04، 0.06، 0.07 طن متري، على العكس من ذلك فقد سجلت السنوات من عام 2000م إلى عام 2007م أعلى إجمالي سنوي لانبعاثات غاز N_2O ، بقيم نوعاً ما متقاربة تراوحت ما بين 0.09 إلى 0.17 طن متري من غاز النيتروز.

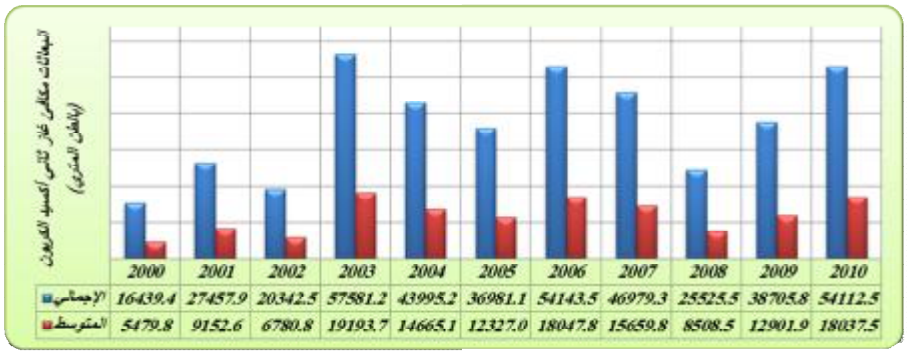
جدول (6): يبين كميات انبعاثات غاز (N_2O) الناتج عن احتراق وقود الديزل (بالطن المتري) لمحطات توليد الكهرباء بحسب السنوات

السنوات	محطة كهرباء الريان	محطة كهرباء المنورة	محطة كهرباء خلف	الإجمالي	المتوسط
2000م	0.02	0.01	0.10	0.13	0.04
2001م	0.03	0.04	0.16	0.23	0.08
2002م	0.04	0.02	0.10	0.16	0.05
2003م	0.24	0.07	0.17	0.48	0.16
2004م	0.19	0.04	0.13	0.36	0.12
2005م	0.06	0.10	0.14	0.30	0.10
2006م	0.10	0.16	0.17	0.43	0.14
2007م	0.20	0.10	0.09	0.39	0.13
2008م	0.13	0.03	0.04	0.20	0.07
2009م	0.24	0.01	0.06	0.31	0.10
2010م	0.35	0.03	0.07	0.45	0.15
الإجمالي	1.60	0.61	1.23	3.44	1.14
المتوسط	0.15	0.06	0.11	0.31	

كذلك تبين نتائج الجدول (6) أن محطة المنورة الكهربائية احتلت المرتبة الأخيرة في الإجمالي والمتوسط التجميعي للسنوات من 2000م إلى 2010م لانبعاثات غاز N_2O، حيث بلغ 0.61 و 0.06، تليها محطة خلف في المرتبة الثانية بـ 1.23 و 0.11، ثم في المرتبة الأولى تأتي محطة الريان الكهربائية بـ 1.60 و 0.15 طن متري N_2O. كما أظهرت النتائج المبينة في الجدول (6)أن التغيّر السنوي لانبعاثات غاز النيتروز، متباين إلى حد ما من عام لأخر، حيث لوحظ أن المدى العام يتراوح ما بين 0.01 – 0.35 طن متري، وبشكل عام فأن التغير في قيم انبعاثات غاز النيتروز متقاربة إلى حد ما، حيث يعزي ذلك إلى التباين في ساعات التشغيل وكميات وقود الديزل المستهلكة والمؤشرات الأخرى من محطة كهربائية لأخرى [26].

رابعاً: انبعاثات مكافئ غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2 E):-

أظهرت نتائج حساب انبعاثات مكافئ غاز ثاني اوكسيد الكربون، والمبينة في الشكل (2) أن عام 2003م شهد أعلى إجمالي ومتوسط سنوي لانبعاث مكافئ غاز (CO_2 E)، حيث بلغ كإجمالي حوالي 57581، وكمتوسط 19194، في حين شهدت السنوات 2009م، 2007م، 2005م، 2004م قيم متقاربة إلى حدٍ ما لانبعاثاته تتراوح كإجمالي ما بين (36981 –46980) وكمتوسط (12327 – 15660)، أما أدنى أجمالي ومتوسط سنوي لانبعاثاته فكان في عام 2000م، حيث بلغ كإجمالي 16439 وكمتوسط 5480 طن متري E CO_2.



شكل (2) يوضح إجمالي ومتوسط انبعاثات مكافئ غاز (CO_2 E) للمحطات الكهربائية بحسب السنوات

يتبين من الشكل (3) أن محطة الريان الكهربائية شهدت خلال فترة الدراسة انبعاثات متفاوتة لمكافئ غاز CO_2 E، حيث سجل عام 2010م أعلى انبعاث له بلغ 42432، في حين شهد الأعوام 2003م، 2009م، 2004م، 2007م انبعاثات متقاربة، بينما سجل في عامي 2000م و2001م أدنى انبعاث لمكافئ غاز CO_2 E بلغ على التوالي 2742، 3177 طن متري. يلاحظ من الشكل (3) أن أعلى انبعاث سنوي لمكافئ غاز (CO_2 E) لمحطة خلف كان في عامي 2006م و2003م، حيث بلغ على التوالي 21307 و 20335 طن متري، في حين شهدت الاعوام 2005م، 2004م، 2000م، 2002م انبعاثات متقاربة إلى حد ما، بينما سجل أدنى انبعاث لمكافئ غاز (CO_2 E) في عامي 2008م و 2009م بلغ على التوالي 5013 و 7721 طن متري. أما محطة المنورة فكان أعلى قيمة للانبعاثه السنوي شهده عام 2006م، بلغ 20263، بينما شهدت السنوات 2007م، 2005م، 2003م انبعاثات قيمها إلى حد كبير متقاربة، في حين تراوحت انبعاثات اعوام 2010م، 2008م، 2001م، 2004م ما بين 3294 – 5043 طن متري، بينما كان أدنى انبعاث في الاعوام 2000م و 2009م، حيث بلغ على التوالي 1471 و 1773 طن متري من مكافئ غاز CO_2 E.

شكل (3) يوضح الانبعاثات السنوية لمكافئ غاز *(CO_2 E)* للمحطات الكهربائية التقليدية

يتبين من الشكل (4) أن محطة الريان احتلت المرتبة الأولى في الإجمالي والمتوسط التجميعي لانبعاثات مكافئ غاز (CO_2 E)، تليها محطة خلف، ثم محطة المنورة التي احتلت المرتبة الأخيرة، ويعود السبب المنطقي في ذلك إلى زيادة الطاقة المنتجة في محطة الريان التي اصبحت تقريباً تغذي معظم مناطق ساحل حضرموت، وتقليص ساعات عمل المولدات الكهربائية في محطات خلف والمنورة.

شكل (4) يوضح إجمالي ومتوسط انبعاثات مكافئ غاز (CO_2 E) الناتج عن المحطات الكهربائية للفترة من 2000م إلى 2010م

يتضح من الجدول (7) الذي يبين نصيب الفرد من انبعاثات مكافئ غاز (CO_2 E) من قطاع الكهرباء لمنطقة الدراسة، أن 2003م شهد أعلى معدل لنصيب الفرد من انبعاثات (CO_2 E) الناتج عن احتراق وقود الديزل من قطاع الكهرباء بمنطقة الدراسة، حيث بلغ 137 كجم/فرد، في حين شهد عام 2000م أدنى معدل لنصيب الفرد بلغ حوالي 44 كجم/فرد.

جدول رقم (7) يوضح نصيب الفرد من انبعاثات مكافئ غاز (CO_2 E) من قطاع الكهرباء منطقة الدراسة (ساحل حضرموت)

العام	الإسقاطات السكانية لساحل حضرموت	إجمالي انبعاثات CO_2 E (بالكيلوجرام)	حصة نصيب الفرد (كيلوجرام/فرد)
2000	375453	16439400	43.8
2001	389880	27457900	70.4
2002	404862	20342500	50.2
2003	420417	57581200	137.0
2004	436571	43995200	100.8
2005	452725	36981100	81.7
2006	469476	54143500	115.3
2007	486846	46979300	96.5
2008	504859	25525500	50.6
2009	523538	38705800	73.9
2010	542910	54112500	99.7

المصادر

[1] المواد الكيميائية الخطرة على صحة الإنسان والبيئة (2005م)، مرجع لطلاب المدارس والكليات والجامعات، منظمة الصحة العالمية – المكتب الإقليمي لشرق المتوسط،المر كز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة. عمان – الأردن.

[2] تقرير عن التنمية في العالم (2010م)، التنمية وتغيّ ر المناخ – البنك الدولي للإنشاء والتعمير/البنك الدولي Washington DC 20433 H Street NW 1818. www.worldbank.org.

[3] المجموعة الهندسية للأبحاث البيئية، قسم الأبحاث البيئية العامة: env-gro.com/vb/Forumdisplay.php?f=25 .:http//www.

[4] Kiehl.J.T.; Kevin E. Trenberth (1997). "Earth's Annual Global Mean Energy Budget" (PDF). Bulletin of the American Meteorological Society 78(2): 197-208.doi:10.1175\1520-0477(1997) 078<0197: EAGMEB>2.0.CO;2.
http://www.realclimate.org/index.php?p=142. .

[5] Water vapour: feedback or forcing? Real Climate (6 Apr 2005). http://www.realclimate.org/ index.php?p=142.

[6] دلشان مصطفى، المجموعة الهندسية للأبحاث البيئية، (2010م)، رصد الغازات المسببة للاحتباس الحراري بواسطة الاستشعار عن بعد – www.env-gro.com.

[7] محمد أمين عامر، مصطفى محمود سليمان، تلوث البيئية مشكلة العصر، الطبعة الثانية (2003م)، دار الكتاب الحديث، القاهرة . جمهورية مصر العربية.

[8] محمد عبدالعودات، عبد الله بن يحي باصهي، التلوث وحماية البيئية، الطبعة الثالثة.(1997م)، مطابع جامعة الملك سعود، الرياض . المملكة العربية السعودية.

[9] Hansen , J. , Sato , M. , Ruedy , R. , Lo , K. , Lea , D. W. and Medina – Elizade , M. (2006) Global temperature change. Proceedings of the National Academy of Sciences. doi:10.1073/pnas. 0606291103.
http://www.pnas.org/cgi/content/full/103/39/14288.

[10] IPCC 2007. "Summary for Policymakers."In Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change , ed. S. Solomom, D. Qin, M. Manning , Z. Chen, M.
Marquis , K. B. Averyt , M. Tignor , and H. L. Miller. Cambridge , UK : Cambridge University Press.

[11] NOAA (2006). Mauna Loa CO_2 monthly mean data. National Oceanic & Atmospheric Administration.
http://www.cmdl.noaa.gov/projects/web/trends/co$_2$_mm_mlo.dat .

[12] Prentice، I. Colin; et al. (2001-01-20). 3.7.3.3 SRES scenarios and their implications for future CO_2 concentration. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change.
http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/123.htm.

[13] Resource Availability. IPCC Special Report on Emissions Scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change.
http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/104.htm.

[14] Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP), Guide Calculating Greenhouse Gas Emissions, Estimating Greenhouse Gas Emissions, April 2003. Review by March 2004, Replaces CAPP Pub #2000-0004. Global Climate Change, Voluntary

Challenge Guide, Docs # 55904. Website: www.capp.ca .

[15] Simpson I. J., Rowland F. S., Meinardi S. and Blake D. R. (2006). Influence of biomass burning during recent fluctuations in the slow growth of global tropospheric methane. Geophysical Research Letters , 33 , L22808, doi:10.1029/2006GL027330.

[16] الخطوط التوجيهية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (2006م)، أعدها برنامج القوائم الوطنية لحصر غازات الاحتباس الحراري، المحررون، سيمون إغلستون، لياندرو بوينديا، كيوكو ميوا، تود نغارا، كيوتو تانابي. الناشر، معهد الاستراتيجيات البيئية العالمية – اليابان – وحدة الدعم الفني لبرنامج الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، ترجمه من الإنجليزية International Translation Agency Ltd (ITA Ltd)، الترقيم الدولي الموحد-92 ISBN 9169-620-X.

[17] دليل إحصاءات الطاقة بالتعاون مع مكتب الإحصاء الأوروبي (يوروستات) (2007م) : وكالة الطاقة الذرية: de la Fe'de'ration, 75739 Paris Cedex 15, France. 9 rue

[18] تقارير الهواء النظيف: التلوث في الارتفاع : الاتجاهات المحلية في تلوث محطة توليد الكهرباء. http//www. env-gro.com:.

[19] Görner, K.: Technische Verbrennun gssysteme – Grundlagen , Modellbildung , Simulation ; Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1991.

[20] الكتاب السنوي لبرنامج الامم المتحدة للبيئة (2009م)، علوم وتطورات جديدة في بيئتنا المتغيرة، أعداد شعبة الإنذار المبكر والتقييم (DEWA)، برنامج الأمم المتحدة للبيئة،-978-92-807 :ISBN 2992-4 UNEP/GC.25/INF/2 DEW/1126/NA. http://www.unep.org/geo/yearbook.

[21] إستراتيجية النمو والتخفيف من الفقر لمحافظة حضرموت، محافظة حضرموت (2006 – 2015)، وزارة التخطيط والتعاون الدولي بالتعاون مع المؤسسة الألمانية للتعاون الفني GTZ ، مايو 2007م.

[22] كتاب الإحصاء السنوي(2008م)، وزارة التخطيط والعلاقات الدولية – الجمهورية اليمنية – صنعاء.

[23] وثائق اللقاء التشاوري الموسع للقطاعات الإنتاجية في محافظة حضرموت. المكلا، 18– 20 ديسمبر 2006م.

[24] إنجازات حاضرة لتنمية مستدامة 2003 - 2008م ، محافظة حضرموت . الجمهورية اليمنية . رئاسة مجلس الوزراء.

[25] سالم ربيع بازار، مجلة جامعة حضرموت للعلوم الطبيعية والتطبيقية، المجلد الثامن، (2011م)، العدد الثاني – ديسمبر 2011م.

[26] التقارير السنوية (2000 - 2010م) للمؤسسة العامة للكهرباء فرع ساحل حضرموت.

[27] Combustion in energy and transformation industries, Combustion Plants as Point Sources. Activities 010101–010105, ps010101. Emission Inventory Guidebook, December 2006, B111-1. http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR/group01.pdf.

[28] Distance and Length Converter: http://www.unitconversion.org/unit_converter/length.html .

[29] IEA Statistics. Unit Converter. http://www.iea.org/dbtw-wpd/Textbase/stats/unit.asp.

[30] Oil and Gas Conversion Calculator. Basic Conversions. http://www.rigzone.com/calculator/ about. asp.

[31] Unit Conversion: Oil Industry Conversions. http://www.UNIT-OIL.html.

[32] طرق حسابات وتقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ، بموافقة وزارة حماية البيئة –جمهورية كازاخستان بقرار رقم 251 بتاريخ 24 نوفمبر 2009م (باللغة الروسية).

[33] CO_2 emissions from fuel combustion highlights, edition 2010. International energy agency. www.iea.org/CO_2 highlights/CO_2 highlights.pdf.

Assessment of greenhouse gases resulting from the combustion of diesel in conventional electric power stations of Hadhramout coast

Salem R. Bazar, Khaled A. Al-Rabaki, Khaled S. Bawahidi, Mohammed A. Bawadi

Department of environmental science, Faculty of environmental science & marine biology, Hadhramout University for Science & Technology, Hadhramout, Mukalla, Yemen

(Received: 17 / 2 / 2013 ---- Accepted: 16 / 6 / 2013)

Abstract

Data of fuel consumption for diesel to run conventional power stations of the Public Electricity Corporation Hadhramout Coast branch (Al Rayyan, Khalf, and Mo'nowara were collected monthly within the period from 2000 to 2010. The results revealed that in 2003 and 2000 saw the highest and lowest total and annual average of greenhouse gas emissions respectively. The Rayyan electric station witnessed in 2010 and 2000 the highest and lowest annual emissions of (CO_2،CH_4،N_2O), while Khalf station recorded the highest annual emissions in 2003 (for CO_2) and 2006 (for CH_4, N_2O), In 2008 registered the lowest annual average emission. The highest and lowest annual emission for station Mo'nowara was in the years 2006 and 2000 respectively, reaching the highest and lowest value for greenhouse gases (CO_2, CH_4, N_2O) Rayyan station ranked first in total and cumulative average for the period 2000 to 2010 for greenhouse gases emissions (CO_2, CH_4, N_2O), followed by Khalf station and Station of Mo'nowara. The results of equivalent emissions of carbon dioxide (E CO_2) that in 2003 and 2000 were the highest and lowest total annual average emitted, at about 57,581 and 19194, 16439 and 5480 metric tons. Also the results show varying equivalent (E CO_2) from conventional electric stations, the highest emissions yearly in 2010 (Al Rayyan station) and 2006 (Khalf and Mo'nowara stations), In 2000the lowest emissions registered in (Al Rayyan and Mo'nowara stations) and 2008 in (Khalf station).

The study illustrated that, 2003 witnessed the highest rate of per capita emissions equivalent (E CO_2) from the electricity sector of the study area (coast of Hadhramout), where reached 137 kg / capita, whereas the year 2000 the lowest rate per capita reached about 44 kg / capita.

Keywords: greenhouse gases, electric power stations, emissions, equivalent carbon dioxide, diesel fuel.