

L'INVENTARIO DEI GAS SERRA APPLICATO AL SISTEMA DI GESTIONE INTEGRATO DEI RIFIUTI

L'AMMINISTRAZIONE DELLA PROVINCIA DI SIENA, IN ACCORDO CON IL GESTORE UNICO DEI RIFIUTI (SIENA AMBIENTE SPA), SI È DOTATA AUTONOMAMENTE DEGLI INVENTARI DEI GAS SERRA DEGLI IMPIANTI PER LO SMALTIMENTO DEI RIFIUTI ALLO SCOPO DI OTTENERE UNO STRUMENTO DI PIANIFICAZIONE DEL SISTEMA DI GESTIONE INTEGRATO



Fig. 1
 Impianti per lo smaltimento dei rifiuti in Provincia di Siena

Gestione dei rifiuti in Provincia di Siena

Lo sviluppo di meccanismi volontari di abbattimento dei gas serra può creare buone possibilità di mitigazione dei cambiamenti climatici, mostrando nuove opportunità di sviluppo per le aziende private e le Pubbliche Amministrazioni [1]. A tale proposito, il monitoraggio presentato in questo studio ha lo scopo di mostrare che l'elaborazione di inventari dei gas serra è un valido strumento di programmazione del sistema di gestione integrato dei rifiuti. Abbiamo quantificato la variazione nel tempo delle emissioni dei gas climalteranti dalle attività svolte dalla società Siena Ambiente SpA, il gestore unico in Provincia di Siena degli impianti per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani (RSU) ed industriali non pericolosi, proponendo alcune strategie per la riduzione delle emissioni [2].

Gli 8 impianti per lo smaltimento dei rifiuti che compongono il sistema di gestione integrato della Provincia di Siena, sono localizzati in punti strategici del territorio e presentano la capacità di gestire tutto il rifiuto prodotto all'interno dei confini provinciali. Le strutture coinvolte, mostrate in Fig. 1, sono:

- 3 discariche (Poggio alla Billa, Torre a Ca-

stello e Le Macchiaie), dove sono conferite circa 36.500 t annue di rifiuto;

- 1 termovalorizzatore (Pian dei Foci), dove 225 t al giorno di rifiuto incenerito producono una potenza termica complessiva pari a circa 30.000.000 kcal/h;
- 2 impianti di compostaggio (Poggio alla Billa e Le Cortine), nei quali sono trattati circa 1.400 t di rifiuto al mese con 300/400 t di compost prodotto;
- 1 impianto di selezione (Le Cortine), dove sono gestite circa 55.500 t annue di rifiuto;
- 1 impianto di valorizzazione (Le Cortine), nel quale sono trattate annualmente circa 17.000 t di carta/cartone e 8.000 t di multimateriale.

In Italia, gli enti gestori di impianti per il trattamento dei rifiuti ad elevata potenzialità sono soggetti agli obblighi dell'*Emission Trading Scheme* (http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm) e operano un costante monitoraggio delle emissioni di gas serra. Siena Ambiente SpA non rientra in questa categoria perché gestisce impianti di piccola taglia che non rientrano nella normativa. Tuttavia, l'elaborazione di un sistema di monitoraggio è stata considerata un prerequisito essenziale



per attuare un piano di miglioramento delle prestazioni ambientali del sistema integrato di gestione dei rifiuti. Il piano prevede un aumento della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e un'attenta gestione dei rifiuti in ingresso agli impianti, con una conseguente riduzione delle emissioni di gas serra in atmosfera.

Il monitoraggio presentato in questo studio si colloca nell'ambito del più ampio progetto di inventario di emissioni climalteranti su scala territoriale di cui si è dotata l'Amministrazione Provinciale di Siena a partire dal 2006 [3, 4]. Nel territorio provinciale, la percentuale di abbattimento delle emissioni di gas serra risulta superiore al 100% a partire dall'anno 2011, fattore che consente alla Provincia di Siena di essere considerata un esempio interessante per la pianificazione delle politiche ambientali, incluse quelle relative al sistema di gestione dei rifiuti.

Metodologia

Per la stima delle emissioni, è stata utilizzata una metodologia standardizzata e, quindi, riproducibile e confrontabile nel tempo. Sono state, infatti, applicate le linee guida proposte

dall'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) nel 2006 per la realizzazione degli inventari dei gas serra a scala nazionale, contabilizzando le emissioni di anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O) [5]. Questa metodologia per la stima delle emissioni e gli assorbimenti di gas serra, oltre ad essere applicata a sistemi a scala territoriale, può essere utilizzata anche per sistemi con diverse caratteristiche, come per esempio le attività produttive ed aziendali [6, 7].

Le linee guida IPCC 2006 sono suddivise in 4 settori di emissione: 1) Energia, 2) Processi Industriali ed Uso dei Prodotti, 3) Agricoltura, Foreste ed Altri Usi del Suolo (AFOLU) e 4) Rifiuti. I settori connessi con il sistema di gestione dei rifiuti sono 1) Energia e 4) Rifiuti (gli altri due settori non sono d'interesse per questo studio). Il monitoraggio è stato eseguito in serie storica dal 2008 al 2011 per tutti gli impianti studiati, ad eccezione del termovalorizzatore, che è entrato in esercizio a partire dal 2009.

I dati di attività delle potenziali fonti di emissione sono stati raccolti direttamente all'interno della società Siena Ambiente SpA, seguendo un approccio *bottom-up*, che prevede

la raccolta dati direttamente dal sistema che emette e non usa valori medi.

Oggetto del computo sono state sia le emissioni dirette che quelle indirette: le dirette sono proprie dei siti considerati (criterio geografico), mentre quelle indirette si manifestano al di fuori degli impianti ma vengono attribuite ad essi (criterio di responsabilità). Fanno parte delle emissioni dirette quelle dovute alla degradazione, combustione e bio-ossidazione dei rifiuti, come anche quelle dovute all'uso di combustibili all'interno degli impianti. Il consumo di energia elettrica importata dalla rete nazionale fa parte delle emissioni indirette, come i combustibili utilizzati per il trasferimento degli scarti del ciclo produttivo ad altri impianti adibiti allo specifico smaltimento.

Per quanto riguarda la stima delle emissioni di CH₄ dalla decomposizione della sostanza biodegradabile conferita in discarica, abbiamo utilizzato l'*IPCC Waste Model*, dopo averlo opportunamente modificato. Sono state aggiunte alle frazioni merceologiche contabilizzate di solito, anche altri tipi di rifiuto smaltiti in discarica: la frazione leggera, lo scarto legno, il compost fuori specifica, la parte biodegradabile del combustibile da rifiuti (CDR), lo scarto umido e la frazione organica stabilizzata (FOS) ottenuti negli impianti di compostaggio e selezione.

Per determinare le emissioni di anidride carbonica dai rifiuti inceneriti nel termovalorizzatore, abbiamo utilizzato la quantità di CO₂ nei fumi di combustione rilevata da Siena Ambiente SpA per mezzo di misurazioni in continuo [8]. A questo valore sperimentale sono state sottratte le tonnellate di anidride carbonica derivate dalla combustione della frazione di carbonio non fossile presente all'interno del rifiuto trattato.

Abbiamo deciso di utilizzare il criterio di responsabilità per la stima delle emissioni dovute al consumo di energia elettrica importata dalla rete nazionale, determinando uno specifico fattore di emissione calcolato a partire dalla produzione di energia elettrica in Italia. Per la selezione degli altri fattori di emissione abbiamo adottato il manuale dei fattori di emissione nazionali [9].

Tutte le emissioni di gas serra diverse dalla CO₂ sono state trasformate in CO₂equivalente (CO₂-eq), usando i Global Warming Potentials (GWPs) a 100 anni pubblicati nell'IPCC 4th Assessment Report [10].

Tab. 1

Emissioni di gas serra dalle discariche

Settori di emissione	2008	2009	2010	2011
	t CO ₂ -eq	t CO ₂ -eq	t CO ₂ -eq	t CO ₂ -eq
Discarica di Poggio alla Billa				
Decomposizione dei rifiuti in discarica	5.328,25	5.141,75	3.955,50	3.387,50
Riscaldamento	0,00	0,00	0,00	1,42
Mezzi di trasporto interni	4,51	5,00	5,34	4,44
Macchinari da lavoro - mobili	34,72	64,95	66,60	102,85
Consumo di energia elettrica importata	14,40	18,00	15,44	15,80
Viaggi trasporto percolato	34,79	53,57	146,35	65,07
Altri viaggi	0,48	0,21	0,92	2,32
Totale Discarica di Poggio alla Billa	5.417,15	5.283,47	4.190,16	3.579,39
Discarica di Torre a Castello				
Decomposizione dei rifiuti in discarica	13.003,00	14.709,25	10.371,25	6.103,75
Mezzi di trasporto interni	2,15	2,32	2,48	3,08
Macchinari da lavoro - mobili	228,88	52,32	26,31	36,75
Consumo di energia elettrica importata	24,40	18,55	10,83	9,76
Viaggi trasporto percolato	62,06	70,89	35,71	45,97
Altri viaggi	0,11	0,23	0,48	0,19
Totale Discarica di Torre a Castello	13.320,60	14.853,55	10.447,06	6.199,50
Discarica Le Macchiaie				
Decomposizione dei rifiuti in discarica	6.732,75	6.336,98	8.126,05	4.222,67
Mezzi di trasporto interni	0,00	0,38	2,08	0,00
Macchinari da lavoro - mobili	141,23	135,87	120,91	26,72
Consumo di energia elettrica importata	23,65	23,05	15,52	11,39
Viaggi trasporto percolato	47,69	77,19	110,41	48,01
Altri viaggi	0,29	0,17	0,45	0,09
Totale Discarica Le Macchiaie	6.945,61	6.573,64	8.375,41	4.308,87

Tab. 2
Emissioni di gas serra dal termovalorizzatore

Settori di emissione	2009	2010	2011
	t CO ₂ -eq	t CO ₂ -eq	t CO ₂ -eq
Termovalorizzatore di Pian dei Foci			
Combustione dei rifiuti (recupero energetico)	28.786,87	32.643,08	34.588,46
Combustione di metano nei forni	1.539,80	1.491,36	1.219,06
Macchinari da lavoro - mobili	7,32	6,07	5,93
Motori per la produzione di energia	5,02	2,04	1,61
Consumo di energia elettrica importata	1.408,28	400,30	249,75
Viaggi trasporto ceneri pesanti e scorie, contenenti sostanze pericolose	0,00	0,00	84,93
Viaggi trasporto ceneri pesanti e scorie, contenenti sostanze non pericolose	76,04	96,35	58,92
Viaggi trasporto residui di filtrazione prodotti dal trattamento dei fumi	33,21	205,59	166,27
Viaggi trasporto rifiuti idrici	30,32	41,36	29,54
Altri viaggi	4,88	0,80	1,80
Totale Termovalorizzatore di Pian dei Foci	31.891,74	34.886,95	36.406,26

Tab. 3
Emissioni di gas serra dagli impianti di compostaggio, selezione e valorizzazione

Settori di emissione	2008	2009	2010	2011
	t CO ₂ -eq	t CO ₂ -eq	t CO ₂ -eq	t CO ₂ -eq
Compostaggio di Poggio alla Billa				
Produzione di compost	938,08	977,02	980,35	946,95
Riscaldamento	0,00	0,00	0,00	1,89
Macchinari da lavoro - stazionari	57,22	70,71	66,34	62,13
Macchinari da lavoro - mobili	67,24	77,30	84,73	80,25
Consumo di energia elettrica importata	129,58	162,02	139,00	142,21
Viaggi trasporto percolato	18,74	28,84	78,80	35,04
Altri viaggi	0,26	0,11	0,50	1,25
Totale Compostaggio di Poggio alla Billa	1.211,11	1.316,01	1.349,72	1.269,71
Compostaggio Le Cortine				
Produzione di compost	1.401,23	1.467,55	1.583,43	1.494,38
Riscaldamento	4,56	4,82	3,52	2,97
Macchinari da lavoro - stazionari	37,71	18,98	19,51	16,71
Macchinari da lavoro - mobili	96,47	85,46	64,35	64,10
Motori per la produzione di energia	0,04	0,06	0,07	0,15
Consumo di energia elettrica importata	336,23	452,52	400,88	465,43
Viaggi trasporto scarti di produzione	6,83	3,45	21,82	30,15
Viaggi trasporto percolato	25,54	27,69	23,41	18,62
Altri viaggi	0,77	0,96	6,05	1,52
Totale Compostaggio Le Cortine	1.909,37	2.061,48	2.123,04	2.094,04
Selezione Le Cortine				
Stabilizzazione rifiuto organico	407,89	739,49	1.101,52	1.067,50
Riscaldamento	4,56	4,82	3,52	2,97
Macchinari da lavoro - mobili	9,10	7,49	7,23	7,47
Motori per la produzione di energia	0,04	0,06	0,07	0,15
Consumo di energia elettrica importata	311,63	419,41	371,55	431,37
Viaggi trasporto scarti di produzione	87,28	309,34	389,77	393,80
Viaggi trasporto percolato	9,82	10,65	9,01	7,16
Altri viaggi	0,30	0,37	2,33	0,58
Totale Selezione Le Cortine	830,61	1.491,64	1.885,00	1.911,01
Valorizzazione Le Cortine				
Riscaldamento	4,56	4,82	3,52	2,97
Macchinari da lavoro - mobili	86,88	110,95	112,82	104,11
Motori per la produzione di energia	0,04	0,06	0,07	0,15
Consumo di energia elettrica importata	172,22	231,78	205,33	238,39
Viaggi trasporto scarti di produzione	15,63	21,35	19,54	37,83
Viaggi trasporto percolato	3,93	4,26	3,63	2,87
Altri viaggi	0,12	0,15	0,93	0,23
Totale Valorizzazione Le Cortine	283,37	373,38	345,85	386,56

Emissioni di gas serra dal sistema di gestione integrato dei rifiuti

Per le tre discariche, le emissioni all'anno 2011 sono in diminuzione rispetto al 2008. La decomposizione della frazione biodegradabile presenta i maggiori impatti sul clima rispetto alle altre fonti di emissione dalle discariche. Un'ulteriore sorgente di emissioni è il consumo di combustibili fossili per i macchinari da lavoro (compattatori ed escavatori cingolati) e per i trasporti (Tab. 1).

Le emissioni dovute all'incenerimento dei rifiuti coprono circa il 90% del totale dei gas serra rilasciati dal termovalorizzatore, anche se la combustione del metano per mantenere la temperatura nei forni ha un ruolo non trascurabile (Tab. 2). La forte diminuzione delle emissioni di gas serra dal 2009 al 2011 per quanto riguarda il consumo di energia elettrica importata della rete nazionale è dovuto principalmente all'uso dell'elettricità auto-prodotta all'interno dell'impianto di termovalorizzazione.

In Tab. 3 sono riportate le emissioni di gas serra derivanti dalle operazioni di selezione, valorizzazione e compostaggio dei rifiuti. Nella fase di selezione, il 50% delle emissioni è dovuto alla stabilizzazione della frazione organica del rifiuto indifferenziato mentre, riguardo agli impianti di compostaggio, il 73% è da attribuire alla produzione di compost. Le emissioni legate al consumo di energia elettrica importata dalla rete nazionale non sono trascurabili per quanto riguarda i suddetti impianti.

Le linee di compostaggio, selezione e valorizzazione mostrano delle emissioni dei gas serra per unità di rifiuto trattato poco elevate, mentre la termovalorizzazione è il tipo di smaltimento che provoca più impatti sul clima. La Fig. 2, peraltro, mostra che l'intensità di emissione (t CO₂-eq per t di rifiuto trattato) delle discariche è dello stesso ordine di grandezza di quella rilevata per il processo di termovalorizzazione; la discarica di Torre a Castello mostra per gli anni 2009 e 2010 delle emissioni per tonnellata di rifiuto smaltito addirittura più elevate rispetto al termovalorizzatore, facendo supporre che un eccessivo conferimento in discarica determina emissioni di gas serra più elevate rispetto alla combustione controllata dei rifiuti (Fig. 2).

Dai risultati aggregati (29.918 t CO₂-eq nel 2008, 63.845 t CO₂-eq nel 2009, 63.603 t



CO₂-eq nel 2010 e 56.155 t CO₂-eq nel 2011) emerge una riduzione del 12% delle emissioni totali degli impianti attivi nel sistema di gestione integrato dei rifiuti dovuta principalmente alla complessiva diminuzione dei conferimenti in discarica ed alla maggiore quantità di biogas captato dal 2009 al 2011.

Politiche ambientali e buone pratiche per la gestione dei rifiuti

Possibili scenari di miglioramento degli impatti includono una serie di azioni di mitigazione/compensazione delle emissioni di gas serra. Tra questi possono essere citati programmi tradizionali, ma anche soluzioni sito-specifiche - alcune delle quali oggetto di ricerca - che possono essere ispirate da attività di monitoraggio sistematico, come quella descritta in queste pagine:

- aumentare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (fotovoltaico) e alternative (rifiuti inceneriti e recupero di biogas dalle discariche) fino ad una riduzione delle emissioni di gas serra maggiore del 34%. Questo valore è stato stimato considerando il quantitativo di emissioni evitate grazie alla produzione locale di energia elettrica da fonti rinnovabili/alternative;
- bruciare nel termovalorizzatore frazioni merceologiche con minore contenuto di carbonio fossile, privilegiando quindi rifiuti a matrice organica. Il termovalorizzatore di Pian dei Foci è caratterizzato da temperature al limite massimo (>1.000 °C), elemento che fa prevedere rese energetiche buone nonostante una moderata riduzione del rifiuto ad alto contenuto di carbonio fossile incenerito [11];
- dotare il termovalorizzatore di uno specifico sistema per la captazione delle emissioni di CO₂ [12];
- incrementare il recupero del biogas dalle discariche, installando tubature con una maggiore potenzialità di captazione in punti strategici [13];
- attribuire alle discariche un ruolo marginale, conferendo solo gli scarti del ciclo produttivo ed i rifiuti che non possono essere smaltiti in altri modi;
- conferire in discarica frazioni merceologiche che si decompongono lentamente come la plastica e gli inerti (non si considerano inerti il legno e la carta);
- ossigenare i cumuli di rifiuto negli impianti di compostaggio e selezione, tramite il fre-

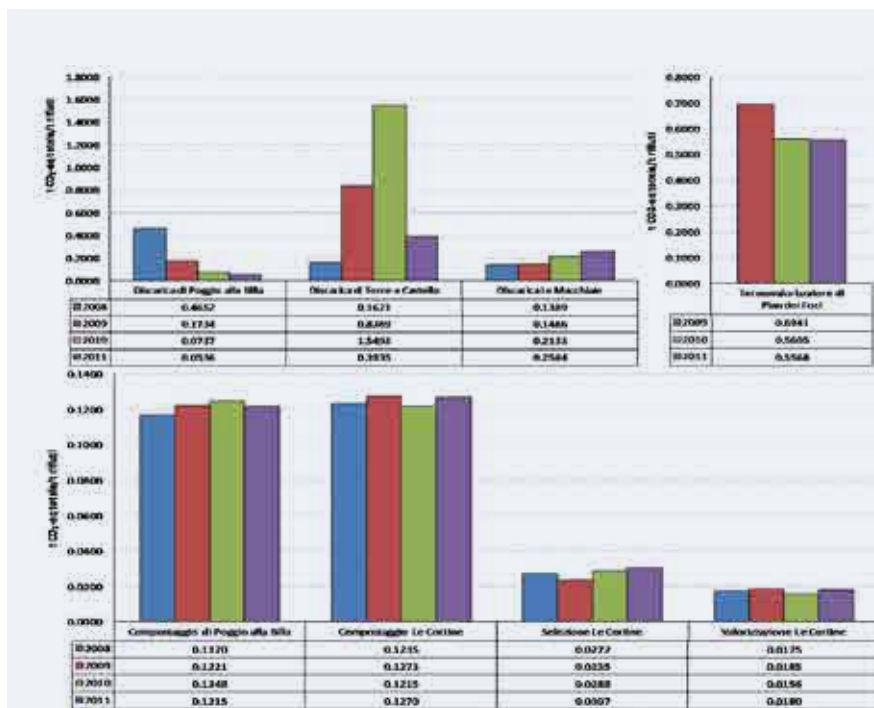


Fig. 2 Emissioni di gas serra per tonnellata di rifiuto trattato

quente rivoltamento meccanico e la verifica del corretto funzionamento dei ventilatori;

- migliorare la bio-filtrazione dell'aria delle linee produttive del compostaggio e della selezione in maniera tale da permettere il recupero di N₂O sintetizzato durante l'ossigenazione dell'ammoniaca [14];
- installare un nuovo digestore anaerobico, a integrazione dei processi di selezione e compostaggio, in maniera tale da accorciare i tempi della bio-ossidazione e produrre energia elettrica;
- utilizzare l'energia elettrica autoprodotta negli impianti in sostituzione di quella assorbita dalla rete nazionale;
- sostituire il gasolio con combustibili a minore impatto ambientale (metano e bio-combustibili prodotti da rifiuti);
- trovare l'equilibrio tra la riduzione delle emissioni di gas serra e l'aumento della produzione di energia elettrica generata in loco, affinché possano essere quantificati dei vantaggi sia economici che ambientali.

Oltre al valore etico ambientale, la riduzione delle emissioni dei gas serra dagli impianti

per lo smaltimento dei rifiuti è funzionale alla produzione dei crediti VER (*Verified Emission Reduction credits*) generati da progetti di riduzione dei gas serra che, previa verifica/validazione ISO 14064, sono potenziale oggetto di scambio sul mercato volontario dei crediti di carbonio. Questi crediti possono essere acquistati da altre organizzazioni che vogliono ridurre le loro emissioni di gas serra.



Fig. 3 Dialogo tra la comunità scientifica, il sistema normativo e politico

Conclusioni

La realizzazione della serie storica degli inventari dei gas serra degli impianti per lo smaltimento dei rifiuti del sistema di gestione integrato della Provincia di Siena fa intuire la sensibilità di questa realtà territoriale verso un problema ambientale globale come l'effetto serra di origine antropica. La stima delle emissioni climalteranti getta le basi sulle quali costruire un piano d'azione rivolto alla loro riduzione.

Gli inventari dei gas serra degli impianti presentati in questo studio sono un valido strumento di pianificazione per lo smaltimento dei rifiuti in Provincia di Siena. L'analisi proposta può essere considerata un modello da seguire per organizzazioni pubbliche e private (a differenti scale geografiche) con l'obiettivo di calibrare il sistema di pianificazione della gestione dei rifiuti in funzione dei risultati ottenuti da inventari dei gas serra standardizzati, verificati e validati ISO 14064 da un ente certificatore indipendente.

L'analisi presentata in questo studio si inserisce nell'ambito del Progetto "Siena Carbon Free", con il quale la Provincia di Siena, sulla scorta del più maturo progetto locale denominato REGES (Riduzione delle Emissioni dei Gas ad Effetto Serra, 2007-2015) [3, 4], ha fissato l'ambizioso obiettivo di raggiungere il totale abbattimento delle emissioni di anidride carbonica da parte delle aree verdi entro il 2015. La Provincia di Siena ha raggiunto il traguardo prefissato nell'anno 2011, grazie anche all'interazione reciproca tra il mondo scientifico, il sistema amministrativo e normativo. La cooperazione di queste tre distinte entità ha portato all'elaborazione di inventari di gas serra standardizzati, validati e verificati ISO 14064 e alla graduale diminuzione delle emissioni climalteranti del territorio analizzato (Fig. 3). Questi sono uno strumento ripetibile nel tempo, replicabile in altri sistemi territoriali/produttivi e capace di suggerire strategie ambientali rivolte alla riduzione delle emissioni in atmosfera [15, 16].

Gli inventari dei gas serra del sistema di gestione integrato sono una delle strategie ambientali della Provincia di Siena per ridurre le emissioni dei gas serra dovute al settore Rifiuti. Inoltre, anche l'azienda gestore del sistema integrato (Siena Ambiente SpA) potrebbe ottenere vantaggi, sia economici che ambientali, nel sottoporsi a meccanismi volontari di abbattimento dei gas serra e sce-

gliando politiche ambientali con ragionevole fiducia. L'operazione di conversione in termini di CO₂ equivalente dei dati puntuali relativi ai diversi impianti che costituiscono il sistema integrato di gestione dei rifiuti si è dimostrata fattibile e ripetibile nei diversi anni oggetto di monitoraggio. Il monitoraggio effettuato permette sia di avere un quadro di insieme dell'influenza del settore sull'inventario dei gas serra a livello di area vasta (modulo 4 "Rifiuti" della metodologia IPCC 2006 [5]), che di intervenire con appropriate politiche mirate all'ottimizzazione di ogni singola componente o impianto del sistema integrato di gestione dei rifiuti.

Ringraziamenti

Lo studio presenta i risultati di un progetto di ricerca finanziato dalla Provincia di Siena nell'ambito del programma "Ricerca in Azienda". Un ringraziamento particolare è rivolto a Siena Ambiente SpA per avere reso possibile la realizzazione del suddetto programma e aver contribuito a fornire i dati di attività.

BIBLIOGRAFIA

[1] E. Gentil, T.H. Chistensen, *Waste Management & Research*, 2009, **27**, 696.
 [2] M. Marchi *et al.*, *The Sustainable City IX*, WIT Press, 2014, pp. 1291.
 [3] <http://www.provincia.siena.it/index.php/Aree-tematiche/Ambiente/Sviluppo-sostenibile/Blancio-dei-gas-serra-in-atmosfera>
 [4] <http://www.ecodynamics.unisi.it/?p=213&lang=it>
 [5] IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IGES, Japan, 2006.
 [6] A. Priambodo, S. Kumar, *Energy Conversion and Management*, 2001, **42**, 1335.
 [7] S. Bosco *et al.*, Environmental Management, NOVA Science Publishers, USA, 2008, 297.
 [8] Siena Ambiente SpA, Dichiarazione Ambientale, EMAS Report, 2012.
 [9] ANPA CTN-ACE, Manuale dei fattori di emissione nazionali, 2002.
 [10] IPCC, Climate Change - The Physical Science Basis, IPCC 4th Assessment Report, 2007.
 [11] J. Vanneste *et al.*, *Science of The Total Environment*, 2011, **409**(19), 3595.

[12] M. Olivares-Marín, M. Maroto-Valer, *Greenhouse Gas Science and Technology*, 2012, **2**, 20.
 [13] GMI, Global Methane Initiative, Landfill Methane, 2011.
 [14] F. Amlinger, *Waste Management & Research*, 2008, **26**(1), 47.
 [15] S. Bastianoni *et al.*, *Environmental Science & Policy*, 2014, **44**, 97.
 [16] M. Marchi *et al.*, *Ecological Modelling*, 2012, **225**, 40.

The GHG Inventory Applied to the Integrated Waste Management System

The Province of Siena Administration, in agreement with the only waste operator (Siena Ambiente SpA), has independently equipped itself of the greenhouse gas inventories of the waste disposal plants in order to obtain a planning tool of the integrated management system.

MICHELA MARCHI¹ - FEDERICO MARIA PULSELLI¹ - FABIO MENGHETTI² - SIMONE BASTIANONI¹ - NADIA MARCHETTINI¹

¹DIPARTIMENTO DI SCIENZE FISICHE, DELLA TERRA E DELL'AMBIENTE ECODYNAMICS GROUP UNIVERSITÀ DI SIENA
²SIENA AMBIENTE SPA

MARCHI27@UNISI.IT