

APPENDICE 1

Dati e informazioni necessarie allo sviluppo del Modello Concettuale del sito di discarica

Tabella A1_1. Elenco dei dati e delle informazioni necessarie allo sviluppo del MCS di discarica				
<i>Campo di indagine</i>	<i>Dati e informazioni necessarie</i>	<i>Fonti di provenienza in funzione della tipologia di discarica</i>		
		<i>Discariche esistenti controllate</i>	<i>Discariche in progettazione</i>	<i>Discariche esistenti incontrollate</i>
<i>discarica</i>	<i>Caratteristiche geometriche: area, profondità, volume, suddivisione in lotti</i>	<i>Dati forniti dal gestore</i>	<i>Dati di progettazione</i>	<i>Risultati da indagini dirette e indirette, quali geofisiche, geoelettriche e sondaggi puntuali</i>
	<i>Tipologie di rifiuti in ingresso: flussi, composizione merceologica</i>	<i>Dati forniti dal gestore sui rifiuti attualmente depositati</i>	<i>Rifiuti proposti per l'autorizzazione e dati di progettazione per i flussi futuri conferiti</i>	<i>Risultati da indagini di campionamento e analisi sui rifiuti depositati</i>
	<i>Modalità operative: riempimento, compattazione, ricoprimento giornaliero</i>	<i>Informazioni fornite dal gestore</i>	<i>Informazioni desumibili dagli elaborati di progetto</i>	<i>Informazioni difficilmente reperibili nella maggioranza dei casi</i>
	<i>Caratteristiche dei rifiuti in discarica: densità di abbancamento, conducibilità idraulica, contenuto di umidità</i>	<i>Dati forniti dal gestore</i>	<i>Dati di progettazione per la densità di abbancamento e di letteratura per altre proprietà</i>	<i>Risultati da indagini in sito</i>
	<i>Caratteristiche costruttive: sistema di rivestimento del fondo, delle pareti laterali e della superficie finale</i>	<i>Dati forniti dal gestore</i>	<i>Dati di progettazione</i>	<i>Informazioni non disponibili</i>
	<i>Proprietà dei sistemi di rivestimento: spessore, densità, conducibilità idraulica</i>	<i>Dati forniti dal gestore</i>	<i>Dati di progettazione</i>	<i>Informazioni non disponibili</i>

Tabella A1_1. Elenco dei dati e delle informazioni necessarie allo sviluppo del MCS di discarica				
Campo di indagine	Dati e informazioni necessarie	Fonti di provenienza in funzione della tipologia di discarica		
		Discariche esistenti controllate	Discariche in progettazione	Discariche esistenti incontrollate
	<i>Composizione del percolato</i>	<i>Dati storici forniti dal gestore dai campionamenti sul percolato estratto</i>	<i>Risultati da indagini di campionamento e analisi sul percolato esistente</i>	<i>Dati di letteratura</i>
<i>discarica</i>	<i>Composizione del biogas</i>	<i>Dati storici forniti dal gestore dai campionamenti sul biogas captato</i>	<i>Dati di letteratura</i>	<i>Risultati da monitoraggi delle emissioni superficiali</i>
	<i>Caratteristiche degli impianti tecnologici: sistema di raccolta del percolato, sistema di captazione del biogas, torce di combustione del biogas, motori di recupero energetico per il biogas</i>	<i>Dati forniti dal gestore</i>	<i>Dati di progettazione</i>	<i>Informazioni non disponibili</i>
<i>idrologia</i>	<i>Identificazione dei corpi idrici superficiali</i>	<i>Dati desumibili da sopralluogo in sito o da carte topografiche</i>		
	<i>Quantificazione dei flussi di corpi idrici superficiali</i>	<i>Dati desumibili da enti locali o da studi idrologici precedenti</i>		
	<i>Caratterizzazione della qualità delle acque superficiali</i>	<i>Dati desumibili da enti locali o da studi idrologici precedenti</i>		
	<i>Identificazione delle relazioni esistenti tra le acque sotterranee e le acque superficiali</i>	<i>Dati desumibili da enti locali o da studi idrologici precedenti</i>		
<i>geologia e idrogeologia</i>	<i>Identificazione e descrizione delle formazioni geologiche</i>	<i>Dati desumibili da indagini e da relazioni geologiche precedenti</i>		<i>Dati desumibili da relazioni geologiche precedenti o risultati da indagine di caratterizzazione</i>
	<i>Identificazione e descrizione dei sistemi acquiferi esistenti</i>	<i>Dati desumibili da indagini e da relazioni geologiche precedenti</i>		<i>Dati desumibili da relazioni geologiche precedenti o risultati da indagine di caratterizzazione</i>
	<i>Caratteristiche idrauliche della zona non satura e dell'acquifero sottostante</i>	<i>Dati desumibili da indagini e da relazioni geologiche precedenti</i>		<i>Dati desumibili da relazioni geologiche precedenti o risultati da indagine di caratterizzazione</i>

Tabella A1_1. Elenco dei dati e delle informazioni necessarie allo sviluppo del MCS di discarica				
Campo di indagine	Dati e informazioni necessarie	Fonti di provenienza in funzione della tipologia di discarica		
		Discariche esistenti controllate	Discariche in progettazione	Discariche esistenti incontrollate
	<i>Caratterizzazione della qualità delle acque sotterranee (includendo una classificazione di vulnerabilità dell'acquifero)</i>	<i>Dati desumibili da enti locali o da studi idrogeologici precedenti</i>		
<i>geologia e idrogeologia</i>	<i>Identificazione dei potenziali recettori: acquiferi, pozzi di approvvigionamento idrico (con dettagli sull'uso dell'acqua emunta)</i>	<i>Dati desumibili da sopralluoghi o da enti locali o da studi idrogeologici precedenti</i>		
<i>meteo- rologia</i>	<i>Dati storici meteorologici: precipitazioni, venti</i>	<i>Dati forniti dal gestore dalla centralina della discarica o da enti locali</i>	<i>Dati forniti da enti locali</i>	
<i>sito circostante</i>	<i>Storia e sviluppo del suolo</i>	<i>Informazione fornita da enti locali</i>		
	<i>Uso del suolo</i>	<i>Informazione fornita da enti locali</i>		
	<i>Descrizione dei caratteristiche topografiche locali</i>	<i>Informazione fornita da enti locali o da sopralluogo</i>		
	<i>Identificazione di potenziali recettori: case sparse, centri urbani, zone residenziali, zone industriali</i>	<i>Informazione fornita da enti locali o da sopralluogo</i>		
	<i>Identificazione di altre sorgenti esterne di contaminazione, ad esempio: attività agricole, attività industriali, scarichi domestici e di impianti di trattamento delle acque reflue</i>	<i>Informazione fornita da enti locali o da sopralluogo</i>		
	<i>Caratterizzazione dell'impatto sulla qualità delle acque causato da altre sorgenti esterne di contaminazione</i>	<i>Dati desumibili da enti locali o da studi precedenti</i>		

APPENDICE 2

Parametri per la caratterizzazione del percolato di discarica

Nelle seguenti tabelle si riportano alcuni parametri tipici da determinare per la caratterizzazione del percolato e alcuni dati tipici della composizione dello stesso. Si osserva che, nella elaborazione di un'analisi di rischio di livello 2, è essenziale utilizzare parametri sito-specifici determinati mediante prove di laboratorio. A titolo indicativo in tabella A2_3, sono riportate alcune distribuzioni probabilistiche di composizione del percolato che possono essere utilizzate per confrontare i dati sperimentali.

Tabella A2_1. Parametri per la caratterizzazione del percolato <i>[Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S. A.; 1993]</i>			
<i>fisici</i>	<i>componenti organici</i>	<i>componenti inorganici</i>	<i>biologici</i>
<i>apparenza</i>	<i>fenoli</i>	<i>solidi sospesi (SS), solidi totali disciolti (STD)</i>	<i>BOD</i>
<i>pH</i>	<i>COD</i>	<i>cloruri</i>	<i>batteri coliformi</i>
<i>potenziale ossido-riduzione</i>	<i>TOC</i>	<i>solforati</i>	<i>(totali, fecali,</i>
<i>conducibilità</i>	<i>acidi volatili</i>	<i>fosfati</i>	<i>streptococchi</i>
<i>colore</i>	<i>lignite, tannite,</i>	<i>alcalinità e acidità</i>	<i>fecali)</i>
<i>torbidità</i>	<i>azoto organico</i>	<i>nitrati</i>	
<i>temperatura</i>	<i>eteri solubili (oli e grassi)</i>	<i>nitriti</i>	
<i>odore</i>	<i>gruppi organici funzionali</i>	<i>ammoniaca</i>	
	<i>idrocarburi clorurati</i>	<i>sodio</i>	
		<i>potassio</i>	
		<i>calcio</i>	
		<i>magnesio</i>	
		<i>durezza</i>	
		<i>metalli pesanti (Pb, Cu, Ni, Cr, Zn, Cd, Fe, Mn, Hg, Ba, Ag)</i>	
		<i>arsenico</i>	
		<i>cianuri</i>	
		<i>fluoruri</i>	
		<i>selenio</i>	

Tabella A2_2. Dati rappresentativi della composizione del percolato da discariche giovani e vecchie [Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S. A.; 1993]

<i>componenti</i>	<i>Valori (mg/l)</i>		
	<i>discariche giovani (meno di 2 anni)</i>		<i>discariche vecchie (più di 10 anni)</i>
	<i>range</i>	<i>valore tipico</i> ^(*)	<i>range</i>
<i>BOD₅</i>	<i>2.000 – 3.000</i>	<i>10.000</i>	<i>100 – 200</i>
<i>TOC</i>	<i>1.500 – 20.000</i>	<i>6.000</i>	<i>80 – 160</i>
<i>COD</i>	<i>3.000 – 60.000</i>	<i>18.000</i>	<i>100 – 500</i>
<i>TSS</i>	<i>200 – 2.000</i>	<i>500</i>	<i>100 – 400</i>
<i>azoto organico</i>	<i>10 - 800</i>	<i>200</i>	<i>80 – 120</i>
<i>ammoniaca</i>	<i>10 - 800</i>	<i>200</i>	<i>20 – 40</i>
<i>nitrati</i>	<i>5 - 40</i>	<i>25</i>	<i>5 – 10</i>
<i>fosforo totale</i>	<i>5 - 100</i>	<i>30</i>	<i>5 – 10</i>
<i>alcalinità</i>	<i>1.000 – 10.000</i>	<i>3000</i>	<i>200 – 1.000</i>
<i>pH</i>	<i>4,5 – 7,5</i>	<i>6</i>	<i>6,6 – 7,5</i>
<i>durezza totale</i>	<i>300 – 10.000</i>	<i>3.500</i>	<i>200 - 500</i>
<i>calcio</i>	<i>200 – 3.000</i>	<i>1.000</i>	<i>100 - 400</i>
<i>magnesio</i>	<i>50 – 1.500</i>	<i>250</i>	<i>50 - 200</i>
<i>potassio</i>	<i>200 – 1.000</i>	<i>300</i>	<i>50 - 400</i>
<i>sodio</i>	<i>200 – 2.500</i>	<i>500</i>	<i>100 - 200</i>
<i>cloruri</i>	<i>200 – 3.000</i>	<i>500</i>	<i>100 - 400</i>
<i>solfati</i>	<i>50 – 1.000</i>	<i>300</i>	<i>20 - 50</i>
<i>ferro</i>	<i>50 – 1.200</i>	<i>60</i>	<i>20 - 200</i>

(*) Poiché i valori osservati per le discariche giovani corrispondono ad un range molto ampio, è stato specifico un valore tipico.

Tabella A2_3. Distribuzione di probabilità delle specie chimiche presenti nel percolato [Environment Agency; 2003d]

<i>specie</i>	<i>distribuzione di probabilità</i>	<i>valore minimo</i>	<i>valore più probabile</i>	<i>valore massimo</i>
<i>ammoniaca</i>	<i>logtriangolare</i>	32,1	267	1100
<i>arsenico</i>	<i>logtriangolare</i>	0,00371	0,00485	0,0107
<i>cadmio</i>	<i>logtriangolare</i>	0,0019	0,0101	0,105
<i>calcio</i>	<i>logtriangolare</i>	12,2	119	6650
<i>cloruri</i>	<i>logtriangolare</i>	227	997	2650
<i>cromo</i>	<i>logtriangolare</i>	0,0231	0,0981	0,416
<i>rame</i>	<i>logtriangolare</i>	0,0129	0,0509	0,191
<i>ferro</i>	<i>logtriangolare</i>	0,29	9,93	5530
<i>piombo</i>	<i>logtriangolare</i>	0,0337	0,111	0,340
<i>magnesio</i>	<i>logtriangolare</i>	7,93	183	828
<i>manganese</i>	<i>logtriangolare</i>	0,0771	0,78	324
<i>mercurio</i>	<i>logtriangolare</i>	$3,9 \times 10^{-5}$	$8,91 \times 10^{-5}$	0,00195
<i>naftalene</i>	<i>logtriangolare</i>	5×10^{-5}	1×10^{-3}	$4,2 \times 10^{-2}$
<i> nichel</i>	<i>logtriangolare</i>	0,0345	0,126	0,627
<i>nitrati</i>	<i>logtriangolare</i>	0,06	1,4	32,8
<i>nitriti</i>	<i>logtriangolare</i>	0,01	0,27	6,01
<i>fosfati</i>	<i>logtriangolare</i>	0,01	2,54	22,6
<i>potassio</i>	<i>logtriangolare</i>	40,8	321	1140
<i>sodio</i>	<i>logtriangolare</i>	13,8	1760	5410
<i>solforati</i>	<i>logtriangolare</i>	1,6	231	2800
<i>toluene</i>	<i>logtriangolare</i>	5×10^{-3}	$1,9 \times 10^{-2}$	1,3
<i>xilene</i>	<i>logtriangolare</i>	5×10^{-5}	$6,3 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-1}$

APPENDICE 3

Derivazione dei valori di “kappa” dai test di laboratorio

I valori di kappa possono essere calcolati dai risultati dei test di percolazione a flusso continuo in accordo alle norme NEN 7343 (1995) e ad una draft delle norme CEN (European Committee for Standardisation (CEN), 2002), riguardanti i test di simulazione per la percolazione. Nel seguito si espone la procedura per la derivazione del valore di kappa.

I test di percolazione sono effettuati in colonne cilindriche riempite con due o cinque chilogrammi di rifiuti. I rifiuti vengono compattati ad una opportuna densità, secondo il giudizio dell'analista, e poi saturati permettendo all'acqua di fluire verso il fondo della colonna. Il flusso di acqua, immesso dall'alto nella colonna di rifiuti, è generalmente pari a circa 15 mm/giorno.

Durante tale processo di percolazione, vengono quindi prelevati sette campioni di percolato corrispondenti a rapporti liquido/solido (L/S) di circa 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 e 10, dove L rappresenta la quantità cumulata di liquido immessa nella colonna e S la quantità di materiale solido, ossia i rifiuti. I campioni vengono in seguito analizzati per determinare le concentrazioni dei composti di interesse. Poiché il percolato viene prelevato al passare del tempo, il relativo dato di concentrazione è riportato in funzione di un intervallo di valori del rapporto L/S.

Per determinare il valore di kappa dalle informazioni ottenute, si deve prima determinare il valore del rapporto L/S (espresso in l/kg) che rappresenta il punto di mezzo dell'intervallo dei valori riportati. Tale valore è, solitamente, pari a 0.05 l/kg per il primo campione di percolato prelevato.

Si riportano quindi su di un grafico il valore del logaritmo naturale della concentrazione (espressa in mg/l) in funzione del relativo valore del rapporto L/S (espresso in l/kg) pari al valore di mezzo dell'intervallo. I dati dovrebbero

ricadere su una linea retta. Il gradiente di tale retta rappresenta il valore di kappa, espresso in kg/l.

Alternativamente, è possibile usare la funzione “pendenza” di Excel per determinare la pendenza della regressione lineare tra il range dei dati che rappresentano i valori medi dei rapporti liquido solido e il range di dati rappresentanti il logaritmo naturale dei valori di concentrazione.

A titolo di esempio, nella tabella A3_1 si riportano i dati dell’azoto ammoniacale forniti da un test di laboratorio.

Tabella A3_1. Risultati per l’azoto ammoniacale di un test di lisciviazione in laboratorio [Environment Agency.; 2003d]	
Range rapporto liquido solido (l/kg)	Concentrazione di azoto ammoniacale [C] (mg/l)
0.0 ÷ 0.1	1094
0.1 ÷ 0.2	939
0.2 ÷ 0.5	771
0.5 ÷ 1.0	581
1.0 ÷ 2.0	425
2.0 ÷ 5.0	121
5.0 ÷ 10.0	11.8

Si calcolano i valori di mezzo per ognuno degli intervalli dei rapporti L/S ed il logaritmo naturale della concentrazione di azoto ammoniacale [lnC], come riportato nella tabella A3_2:

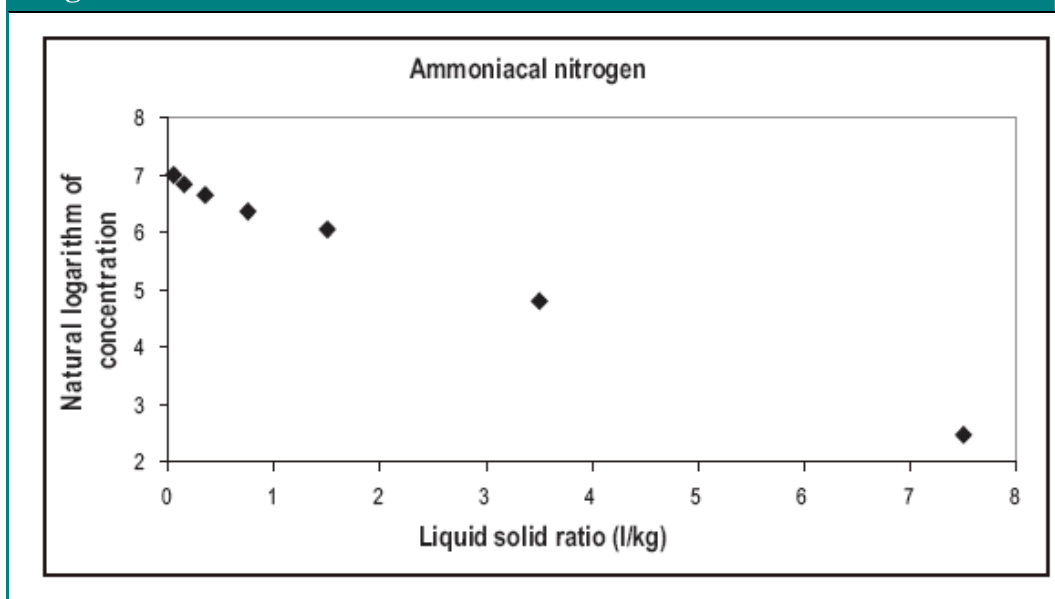
Tabella A3_2. Elaborazione dei risultati per l’azoto ammoniacale di un test di lisciviazione in laboratorio [Environment Agency.; 2003d]	
Valore di mezzo del range del rapporto liquido solido (l/kg)	Logaritmo naturale della Concentrazione di azoto ammoniacale [lnC] (mg/l)
0.05	7.00
0.15	6.84
0.35	6.65
0.75	6.36

Tabella A3_2. Elaborazione dei risultati per l'azoto ammoniacale di un test di lisciviazione in laboratorio [Environment Agency.; 2003d]

<i>Valore di mezzo del range del rapporto liquido solido (l/kg)</i>	<i>Logaritmo naturale della Concentrazione di azoto ammoniacale [lnC] (mg/l)</i>
1.5	6.05
3.5	4.80
7.5	2.47

Segue, nella figura A3_1, il grafico in cui in ascisse sono riportati i valori di mezzo degli intervalli del rapporto liquido solido ed in ordinate i valori del logaritmo naturale della concentrazione:

Figura A3_1. Curva costruita con i risultati dei test di lisciviazione



La pendenza della linea che meglio approssima i punti riportati nel grafico di figura A4_1 è circa 0.6 l/kg e tale valore è il valore di kappa.

Il metodo alternativo per il calcolo del valore di kappa sarebbe stato di riportare i valori del punto di mezzo degli intervalli del rapporto L/S in un foglio Excel, per esempio nelle celle da A1 a A7, e i corrispondenti valori del logaritmo naturale

delle concentrazioni nelle celle da B1 a B7. Applicando la funzione “= Pendenza (B1:B7,A1:A7)” nella cella D1, si ottiene il valore di kappa di 0.59 l/kg.

APPENDICE 4

Parametri per la caratterizzazione del biogas di discarica

Il biogas di discarica è costituito in prevalenza da metano (CH₄), in percentuale variabile dal 40 al 50% in volume, anidride carbonica (CO₂), 35 - 40% in volume della miscela, e piccole quantità di altri gas come acido solfidrico (H₂S), idrogeno (H₂), azoto (N₂) e composti in tracce, responsabili della formazione degli odori sgradevoli, quali mercaptani, ammoniaca, composti alogenati, ecc..

Nella tabella A4_1 è riportata una lista, abbastanza esaustiva, di composti in traccia identificati nel biogas prodotto dalla discarica, mentre nella tabella A4_2 si elencano alcuni gas contenuti tipicamente nelle emissioni delle torce e dei motori.

Si osserva che, nella elaborazione di un'analisi di rischio di livello 2, è essenziale utilizzare parametri sito-specifici determinati mediante prove di laboratorio.

Nella tabella A4_3 si indicano delle distribuzioni probabilistiche di alcuni composti in traccia presenti nel biogas prodotto che possono essere impiegate per confrontare i dati sperimentali.

Tabella A4_1. Composti in traccia presenti nel biogas prodotto [Environment Agency, *Guidance on the Management of Landfill Gas*; November 2002]

n°	composto in traccia	n°	composto in traccia
		50	1,2,4-trimethylbenzene
1	2-methyl-1-pentene	51	1,2,4-trimethylcyclohexane
2	3-methyl- 2-butanone	52	1,2,4-trimethylcyclopentane
3	p-cresol	53	1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoroethane
4	tert-butylbenzene	54	1,2-dichloro-1-fluoroethane,
5	tetrahydro-2-furanmethanol	55	1,2-dichlorobenzene
6	(1-methylethyl)benzene	56	1,2-dichloroethane
7	(1-methylethyl)cyclohexane	57	1,2-dichloroethene
8	1-(ethenylthio)-butane	58	1,2-dichlorotetrafluoroethane
9	1-(ethylothio)-butane	59	1,2-dimethyl-3-(1-methylethyl) cyclohexane
10	1,1,1,2-tetrachloroethane	60	1,2-dimethylcyclohexane (2,3)
11	1,1,1,2-tetrafluorochloroethane	61	1,2-Dimethylcyclopentane
12	1,1,1-trichloroethane	62	1,2-dimethylcyclopropane
13	1,1,1-trichlorotrifluoroethane	63	1,3,5-trimethyl cyclohexane
14	1,1,1-trifluoro-2-chloroethane	64	1,3,5-trimethylbenzene
15	1,1,1-trifluorochloroethane	65	1,3,5-trimethylcyclohexane
16	1,1,2,2-tetrachloroethane	66	1,3-butadiene
17	1,1,2,2-tetrafluoroethane	67	1,3-dichlorobenzene
18	1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane	68	1,3-dimethylcyclohexane
19	1,1,2-trichloroethane	69	1,3-dimethylcyclohexane (cis)
20	1,1,2-trifluoro-1,2,2-trichloroethane	70	1,3-dimethylcyclohexane (trans)
21	1,1,2-trifluoro-1,2-dichloroethane	71	1,3-dimethylcyclopentane
22	1,1,2-trifluoro-1-chloroethane	72	1,3-dimethylcyclopentane (trans)
23	1,1,3-trimethylcyclohexane	73	1,3-dioxolane
24	1,10-undecadiene	74	1,3-pentadiene
25	1,11-dodecadiene	75	1,4-dichlorobenzene
26	1,1-chlorofluoroethane	76	1,4-dimethylcyclohexane
27	1,1-dichloroethane	77	1,4-pentadiene
28	1,1-dichloroethene	78	1,6-dimethylnaphthalene
29	1,1-dichlorotetrafluoroethane	79	1,6-heptadiene
30	1,1-difluoro-1-chloroethane	80	1,8-nonadiene
31	1,1-dimethylcyclopropane	81	1,9-decadiene
32	1,1-thiobispropane	82	1-butanethiol
33	1,1-trichloroethane	83	1-butanol
34	1,2 dichlorobenzene	84	1-butene
35	1,2,3 trichlorobenzene	85	1-chloro-1,1-difluoroethane
36	1,2,3,4 tetrachlorobenzene	86	1-chloro-1-fluoroethane
37	1,2,3,4,6,7,8-hpcdd	87	1-chloropropane
38	1,2,3,4,6,7,8-hpcdf	88	1-decene
39	1,2,3,4,7,8,9-hpcdf	89	1-ethenyl-3-ethylbenzene
40	1,2,3,4,7,8-hxcdd	90	1-ethyl-2,3-dimethylbenzene
41	1,2,3,4,7,8-hxcdf	91	1-ethyl-2-methylbenzene
42	1,2,3,6,7,8-hxcdd	92	1-ethyl-2-methyl-benzene
43	1,2,3,6,7,8-hxcdf	93	1-ethyl-2-methylcyclohexane
44	1,2,3,7,8,9-hxcdd	94	1-ethyl-2-methylcyclopentane
45	1,2,3,7,8,9-hxcdf	95	1-ethyl-3-ethylbenzene
46	1,2,3,7,8-pecdd	96	1-ethyl-3-methylcyclohexane
47	1,2,3,7,8-pecdf	97	1-ethyl-3-methylcyclopentane
48	1,2,3-trimethylbenzene	98	1-ethyl-4-methylcyclohexane
49	1,2,4-trichlorobenzene	99	1-heptene

Tabella A4_1. Composti in traccia presenti nel biogas prodotto
 [Environment Agency, *Guidance on the Management of Landfill Gas*; November 2002]

n°	composto in traccia	n°	composto in traccia
100	1-hexene	150	2-chloro-1,1,1-trifluoroethane
101	1-methyl-2-propylbenzene	151	2-ethyl-1,3-dimethylbenzene
102	1-methyl-2-propylcyclopentane	152	2-ethyl-1,3-dimethylbenzene
103	1-methyl-3-propylbenzene	153	2-ethyl-1-butanol
104	1-methyl-4-(1-methylethyl) benzene	154	2-ethyl-1-hexanol
105	1-methyl-4-(1-methylethyl)-benzene	155	2-ethyl-cycloheptanone
106	1-methyl-4-(1-methylethyl)cyclopentane	156	2-furanmethanol
107	1-methyl-4-1 (1-methylethyl) benzene	157	2-hexanone
108	1-methyl-4-propylbenzene	158	2-methyl-1,3-butadiene
109	1-methylpropylbenzene	159	2-methyl-1-butane
110	1-octene	160	2-methyl-1-butene
111	1-pentanethiol	161	2-methyl-1-propanethiol
112	1-pentene	162	2-methyl-1-propanol
113	1-phenyl-1-propanone	163	2-methyl-1-propene
114	1-propanethiol	164	2-methyl-2-propenoic acid
115	1-propanol	165	2-methylbutane
116	1-undecene	166	2-methyldecane
117	2 ethynyl phenol	167	2-methylheptane
118	2(2-hydropropoxy)propan-1-ol	168	2-methylhexane
119	2(methylthio)propane	169	2-methylnonane
120	2,2-difluoropropane	170	2-methyloctane
121	2,2-dimethylbutane	171	2-methylpentane
122	2,2-dimethylpentane	172	2-methylpropane
123	2,2-dimethylpropanoic acid	173	2-methylpropylbenzene
124	2,2-dimethyl-propanoic acid	174	2-methylpropylcyclohexane
125	2,3,3-trimethylpentane	175	2-pentanone
126	2,3,4,6,7,8-hxcdf	176	2-pentene
127	2,3,4,7,8-pecdf	177	2-propanethiol
128	2,3,4-trimethylhexane	178	2-propanol
129	2,3,4-trimethylpentane	179	2-propenal
130	2,3,7,8-tcdd	180	2-propene-1-thiol
131	2,3,7,8-tcdf	181	2-propyl thiophene
132	2,3-dimethylheptane	182	3 ethynyl phenol
133	2,3-dimethylpentane	183	3-(ethylthio)propanal
134	2,4,4-trimethylpentane	184	3,3-dimethylpentane
135	2,4,6-trimethylheptane	185	3,5-dimethyloctane
136	2,4-dimethylheptane	186	3-carene
137	2,4-dimethylhexane	187	3-ethyl-4-methylheptane
138	2,5-dimethylheptane	188	3-ethylhexane
139	2,5-dimethylhexane	189	3-ethylpentane
140	2,5-dimethylpentene	190	3-ethyl-pentane
141	2,6-dimethylheptane	191	3-methyl pentan-2-ol
142	2,6-dimethylnonane	192	3-methyl-1-butanol
143	2,6-dimethyloctane	193	3-methyl-2-butanone
144	2,6-dimethynonane	194	3-methyl-butan-2-ol
145	2-butanethiol	195	3-methyldecane
146	2-butanol	196	3-methylheptane
147	2-butanone	197	3-methylhexane
148	2-butene	198	3-methylnonane
149	2-butoxy ethanol	199	3-methyloctane

Tabella A4_1. Composti in traccia presenti nel biogas prodotto [Environment Agency, *Guidance on the Management of Landfill Gas*; November 2002]

n°	composto in traccia	n°	composto in traccia
200	3-methylpentane	250	butyl formate
201	3-methylpentane	251	butyl methyl trisulphide
202	3-pentanol	252	butyl propyl trisulphide
203	4-carene	253	butyl trisulphides
204	4-methyl-1-hexene	254	butylbenzene
205	4-methyl-2-pentene (e)	255	butylpropyldisulphide
206	4-methyldecane	256	butynes
207	4-methylheptane	257	butyric acid
208	4-methylnonane	258	camphene
209	4-methyloctane	259	camphor
210	5-methyldecane	260	carbon disulphide
211	acenaphthene	261	carbon monoxide
212	acetaldehyde	262	carbonyl sulphide
213	acetaphenone	263	carene
214	acetic acid	264	chlorobenzene
215	acetone	265	chlorodifluoromethane
216	acetonitrile	266	chloroethane
217	alpha-pinene	267	chloroethene
218	amyl acetate (mixed isomers)	268	chlorofluoromethane
219	amyl alcohol	269	chloromethane
220	amyl mercaptan	270	chloromethylbenzene
221	anthracene	271	chloropropene
222	arsenic	272	chlorotrifluoroethene
223	benzaldehyde	273	chlorotrifluoromethane
224	benzene	274	chlorotrifluoromethene
225	benzo(a)anthracene	275	chrysene
226	benzo(a)pyrene	276	cis-1,2-dichloroethene
227	benzo(b)fluoranthene	277	cyclobutane
228	benzo(ghi)perylene	278	cycloheptane
229	benzo(k)fluoranthene	279	cyclohexane
230	benzoic acid	280	cyclohexanone
231	benzothiazole	281	cyclopentane
232	beta-cymene	282	cyclopentanone
233	beta-pinene	283	cyclopentene
234	biphenylene	284	decahydro-4,8,8-trimethyl-9-methylene-,
235	bromochlorodifluoromethane	285	Decahydronaphthalene
236	bromochlorofluoromethane	286	Decamethylcyclopentasiloxane
237	bromodichloromethane	287	Decanal
238	bromoethane	288	Decanhydronaphthalene
239	butanal	289	Dibromochloromethane
240	butane mercaptan	290	dibutyl sulphide
241	butanoic ethyl ester	291	dibutyl trisulphide
242	butene	292	dichlorobenzene (mixed isomers)
243	butyl acetate	293	Dichlorobutene
244	butyl benzene	294	Dichlorodifluoromethane
245	butyl butyrate	295	Dichlorofluoromethane
246	butyl cyclohexane	296	Dichloromethane
247	butyl ester	297	diethyl disulfide
248	butyl ethanoate	298	diethyl disulphide
249	butyl ethyl trisulphide	299	diethyl phthalate

Tabella A4_1. Composti in traccia presenti nel biogas prodotto
 [Environment Agency, *Guidance on the Management of Landfill Gas*; November 2002]

n°	composto in traccia	n°	composto in traccia
300	diethyl sulphide	350	ethylisobutyldisulphide
301	diethylbenzene	351	ethylmethyl disulphide
302	di-isooctyl phthalate	352	ethylmethyl trisulphide
303	dimethoxy methyl propanoate	353	ethyl-methylcyclohexane
304	dimethyl cyclohexane	354	ethylpentane
305	dimethyl cyclopentane	355	ethylpropyl disulphide
306	dimethyl disulphide	356	ethylpropyltrisulphide
307	dimethyl ether	357	ethylvinyl benzene
308	dimethyl ethyl methanoate	358	ethyne
309	dimethyl furan	359	fluoranthene
310	dimethyl pentan-3-one	360	fluorene
311	dimethyl styrene	361	formic acid
312	dimethyl sulfide	362	furan
313	dimethyl sulphide	363	furfural
314	dimethyl tetrasulphide	364	gamma-terpinene
315	dimethyl trisulphide	365	h6cdd 123478
316	dimethylbutane	366	h6cdd 123678
317	dipropyl ether	367	h6cdd 123789
318	dipropyl sulphide	368	h6cdf 123478
319	dipropyl trisulphide	369	h6cdf 123678
320	dodecamethylcyclohexasiloxane	370	h6cdf 123789
321	dodecene	371	h6cdf 234678
322	eicosane	372	h7cdd 1234679
323	ethanal	373	h7cdf 1234678
324	ethane	374	h7cdf 1234789
325	ethanethiol	375	HA1334
326	ethanol	376	HA1335
327	ethene	377	HA1343
328	ether	378	HA1344
329	ethyl 2-methyl butyrate	379	HA1352
330	ethyl acetate	380	HA1353
331	ethyl alcohol	381	heneicosane
332	ethyl butyrate	382	heptachlorodibenzo-dioxin
333	ethyl caproate	383	heptadecane
334	ethyl cyclohexane	384	heptadibrodibenzo-furan
335	ethyl cyclopentane	385	heptyl mercaptan
336	ethyl dimethyl propanoate	386	hexachlorobenzene
337	ethyl ethanoate	387	hexachlorodibenzo-dioxin
338	ethyl isopropyl disulphide	388	hexadecane
339	ethyl isovalerate	389	hexadibrodibenzo-furan
340	ethyl methyl ether	390	hexadiene
341	ethyl n-propyl disulfide	391	hexamethylcyclotrisiloxane
342	ethyl pentanoate	392	hexamethyldisiloxane
343	ethyl propionate	393	hexanal
344	ethyl toluene	394	Hexane, 3-ethyl-
345	ethylbenzene	395	hexyl methanoates
346	ethylcyclohexane	396	hydrogen
347	ethylcyclopentane	397	hydrogen chloride
348	ethylcyclopropane	398	hydrogen cyanide
349	ethylene oxide	399	hydrogen fluoride

Tabella A4_1. Composti in traccia presenti nel biogas prodotto
[Environment Agency, *Guidance on the Management of*
***Landfill Gas*; November 2002]**

n°	composto in traccia	n°	composto in traccia
400	hydrogen sulphide	450	n-butanol
401	indeno(123cd)pyrene	451	n-butyl disulphide
402	isobutane	452	n-butyl propionate
403	isobutyl formate	453	n-decane
404	limonene	454	n-decene
405	l-propanol	455	n-dodecane
406	m-cresol	456	n-heptane
407	mercury	457	n-hexane
408	methanal	458	n-hexanol
409	methanethiol	459	n-hexyl mercaptan
410	methanol	460	n-nonane
411	methyl 2-methyl butanoate	461	n-octane
412	methyl 2-methyl propenoate	462	nonadecane
413	methyl acetate	463	nonanal
414	methyl butyl disulphide	464	nonene
415	methyl butyrate	465	n-pentane
416	methyl caproate	466	n-propane
417	methyl cyanide	467	n-propyl acetate
418	methyl cycloheptane	468	n-propyl butyrate
419	methyl ether	469	n-tetradecane
420	methyl ethyl butanoate	470	n-tridecane
421	methyl ethyl disulphide	471	n-undecane
422	methyl ethyl ketone	472	n-undecene
423	methyl ethyl propanoate	473	ocdd
424	methyl furan	474	ocdf
425	methyl isobutyl carbinol	475	o-cresol
426	methyl isobutyl ketone	476	octachlorodibenzo-dioxin
427	methyl isobutyrate	477	octadecane
428	methyl isopropyl disulphide	478	octadibrodibenzo-furan
429	methyl isopropyl ketone	479	octadiene
430	methyl isovalerate	480	octamethylcyclotetrasiloxane
431	methyl naphthalene	481	octanal
432	methyl pentanoate	482	p5cdd 12379
433	methyl propanoate	483	p5cdf 12378
434	methyl propyl disulphide	484	p5cdf 23478
435	methyl propyl ethanoate	485	para-cymenyl
436	methyl vinyl ketone	486	pcb 101
437	methyl-4-isopropenylbenzene	487	pcb 118
438	methylal	488	pcb 126
439	methylcyclobutane	489	pcb 138
440	methylcyclohexane	490	pcb 153
441	methylcyclopentane	491	pcb 169
442	methylcyclopropane	492	pcb 180
443	methylenecyclohexane	493	pcb 28
444	methylethyl cyclohexane	494	pcb 52
445	methylethyl sulphide	495	pcb 77
446	methylpropyltrisulphide	496	pentachlorobenzene
447	methylthioethane	497	pentachlorodibenzo-dioxin
448	naphthalene	498	pentadecane
449	n-butane	499	pentadibrodibenzo-furan

Tabella A4_1 Composti in traccia presenti nel biogas prodotto
 [Environment Agency, *Guidance on the Management of Landfill Gas*; November 2002]

n°	composto in traccia	n°	composto in traccia
500	pentanal	550	trichloromethane
501	pentene	551	trifluorobenzene
502	pentyl benzene	552	trimethyl cyclopentane
503	pentyl methanoates	553	trimethylhexane
504	pentyl trisulphide	554	trimethylsilanol
505	phellandrene	555	vinyl toluene
506	phenanthrene	556	xylene
507	phenol	557	a- chlorotoluene
508	pinene		
509	propadiene		
510	propan-2-one		
511	propanal		
512	propanoic acid		
513	propene		
514	propionic acid		
515	propyl butyl disulphide		
516	propyl cyclohexane		
517	propyl methyl propanoate		
518	propyl methyl trisulphide		
519	propyl propionate		
520	propylbenzene		
521	propylthiophene		
522	propyltoluene		
523	pyrene		
524	sec-butyl alcohol		
525	sec-butylbenzene		
526	styrene		
527	sulfuric acid		
528	sulphur dioxide		
529	t4cdd 2379		
530	t4cdf 2379		
531	t-butyl alcohol		
532	terpenes		
533	tetrachlorodibenzo-dioxin		
534	tetrachloroethane		
535	tetrachloroethene		
536	tetrachloromethane		
537	tetradecane		
538	tetradibrodibenzo-furan		
539	tetrafluorochloroethane		
540	tetrahydrofuran		
541	tetramethylbenzene		
542	tetramethylcyclohexane		
543	thiophene		
544	thujene		
545	Toluene		
546	trans-1,2-dichloroethene		
547	tribromomethane		
548	trichloroethene		
549	trichlorofluoromethane		

Tabella A4_2. Elenco di alcuni composti in traccia presenti nelle emissioni dalle torce e/o dai motori [Golder Associates, *GasSim v1.02 Manual Supplement*; October 2003]

<i>n°</i>	<i>composto in traccia</i>
1	Diossine e furani
2	Fluoruri totali (espressi come HF)
3	Composti organici volatili non metanigeni (NMVOCs)
4	Monossido di carbonio
5	Cloruri totali (espressi come HCl)
6	Ossidi di azoto
7	Solfuri ridotti (espressi come SO ₂)
8	Benzo(a)pyrene
9	PM10s (polveri con diametro inferiore a 10 mm)

Tabella A4_3. Distribuzioni di probabilità di default per alcuni composti in traccia presenti nel biogas prodotto [Golder Associates, *GasSim v1.02 Manual Supplement*; October 2003]

<i>composto</i>	<i>distribuzione di probabilità</i>
1,1,1,2-Tetrafluorochloroethane	LOGTRIANGULAR(2e-3, 0.2, 2)
1,1,1-Trichlorotrifluoroethane	LOGTRIANGULAR(5e-3, 0.4, 8)
1,1,2-Trichloroethane	LOGTRIANGULAR(4e-3, 1, 10)
1,1-Dichloroethane	LOGTRIANGULAR(1e-3, 0.1, 61800)
1,1-Dichloroethene	LOGTRIANGULAR(1e-3, 0.01, 1516)
1,1-Dichlorotetrafluoroethane	LOGTRIANGULAR(0.05, 0.25, 6.4)
1,2-Dichlorotetrafluoroethane	LOGTRIANGULAR(0.01, 9.8, 300)
1-Chloro-1,1-difluoroethane	LOGTRIANGULAR(0.04, 0.57, 31)
2-Chloro-1,1,1-trifluoroethane	LOGUNIFORM(0.05, 1.5)

Tabella A4_3. Distribuzioni di probabilità di default per alcuni composti in traccia presenti nel biogas prodotto [Golder Associates, GasSim v1.02 Manual Supplement; October 2003]

<i>composto</i>	<i>distribuzione di probabilità</i>
Methyl ethyl ketone (2-butanone)	LOGTRIANGULAR(5e-3, 5e-3, 73)
Methyl isobutyl ketone	LOGTRIANGULAR(5e-3, 0.2, 9.9)
Odour Units (Predicted)	TRIANGULAR(50000, 125000, 250000)
PAH (reported as Naphthalene)	LOGTRIANGULAR(1e-3, 0.2, 17)
para-Dichlorobenzene (modelled as 1,4-Dichlorobenzene)	LOGTRIANGULAR(6e-3, 0.05, 2.7)
Pentane	LOGTRIANGULAR (0.02, 0.3, 105)
Pentene (all isomers)	LOGTRIANGULAR(1e-3, 0.2, 11)
Propane	LOGTRIANGULAR (1e-3, 1.9, 12.9)
Propanethiol	LOGTRIANGULAR(0.2, 0.2, 2.1)
Sulphide, total simulations with H2S	LOGTRIANGULAR(1e-3,2.4,5575)
Sulphide, total simulations without H2S	LOGTRIANGULAR(5e-4,8e-3,3.5)
Sulphur reduced (reported as SO2)	LOGUNIFORM(30.8, 430.5)
1,2-Dichloroethene	LOGTRIANGULAR (6e-3, 1.0, 41)
Tetrachloroethane (modelled as 1,1,2,2-Tetrachloroethane)	LOGUNIFORM(1e-3, 50)
Tetrachloroethylene (Tetrachloroethene)	LOGTRIANGULAR(1e-3, 0.01, 7700)
Toluene	LOGTRIANGULAR(0.01, 0.1, 1250)
Total chloride (reported as HCl)	LOGTRIANGULAR(14.7, 79.5, 850)
Total fluoride (reported as HF)	LOGTRIANGULAR(5.6, 251.2, 735)
Total non-methane volatile organic compounds (NMVOCs)	LOGUNIFORM(0.05,1473)
Trichlorobenzene (all isomers)	LOGTRIANGULAR(0.01, 0.01, 0.13)
Trichloroethylene (trichloroethene)	LOGTRIANGULAR(0.01, 2.0, 608)
Trichlorofluoromethane	LOGTRIANGULAR(1e-3, 0.01, 1000)
Trichlorotrifluoroethane	LOGTRIANGULAR(1e-3, 4.8, 24)
Trimethylbenzene (all isomers)	LOGTRIANGULAR(1e-3, 0.01, 187)
Vinyl chloride (chloroethene, chloroethylene)	LOGTRIANGULAR(1e-3, 0.01, 7660)
Xylene (all isomers)	LOGTRIANGULAR(1e-3, 1e-3, 61784)

APPENDICE 5

Altezza effettiva di rilascio delle emissioni dalle torce di combustione e/o dai motori di recupero energetico della discarica

L'altezza effettiva di rilascio delle emissioni dalle torce e/o dai motori della discarica viene calcolata mediante la seguente espressione:

$$h_e = h_{\text{motori/torce}} + \Delta h \quad [\text{A5.1}]$$

dove:

$h_{\text{motori/torce}}$ è l'altezza dei camini di emissione dalla torce e/o dai motori;

Δh è definita come innalzamento verticale del pennacchio.

Il Δh dipende dal fatto che l'inquinante emesso possiede una temperatura molto più elevata rispetto all'aria circostante (galleggiamento termico) oppure una velocità alla sorgente non nulla (quantità di moto). In entrambi i casi, l'inquinante tende rapidamente a salire lungo la verticale (diverse decine di metri a seconda dei casi) in modo compatto, e solo successivamente, una volta esaurito la spinta, inizia a diffondere ad opera delle azioni esercitate dal campo fluido-dinamico nel quale è immerso. In pratica, è come se il camino fosse più alto rispetto a quello effettivamente presente. Di tale fenomeno (noto come plume-rise) viene tenuto conto considerando pertanto un'altezza aggiuntiva Δh , valutabile mediante formule empiriche, definita come l'innalzamento verticale del pennacchio (figura A5_1).

Una delle espressioni valide per la determinazione di Δh è la seguente:

$$\Delta h = 2,6 \cdot \left[\frac{F_b}{u_a s'} \right]^{1/3} \quad [\text{A5.2}]$$

dove:

F_b flusso iniziale di galleggiamento (m^4s^{-3});

u_a velocità del vento mediata sull'altezza di ricaduta del plume (ms^{-1});

s' parametro di stabilità (s_2) derivabile dalla relazione:

$$s' = \frac{g}{s_2 o} \gamma \quad [A5.3]$$

dove:

- o temperatura potenziale dell'atmosfera (K);
- g accelerazione di gravità (ms^{-2});
- s_2 parametro adimensionale che rappresenta l'effetto di ritardo dell'aria sul pennacchio, il quale è invece stato accelerato dal fenomeno di galleggiamento;
- γ gradiente della temperatura potenziale dell'atmosfera (Km^{-1}).

La temperatura potenziale dell'atmosfera può essere determinata da:

$$o = t_g \left(\frac{10^5}{P} \right)^{R/C_p} \quad [A5.4]$$

dove:

- t_g temperatura dell'aria (K);
- P pressione (Pa)
- R costante dei gas pari a $8,314 \text{ JKmol}^{-1}$;
- C_p calore specifico a pressione costante ($R/C_p = 0,286$).

Il flusso iniziale di galleggiamento F_b è determinato da:

$$F_b = \frac{gW}{\pi c_p P_a T_a} \quad [A5.5]$$

dove:

- g accelerazione di gravità (ms^{-2});
- c_p calore specifico dell'aria a pressione costante ($\text{Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$);
- T_a temperatura dell'atmosfera (K),
- P_a densità dell'atmosfera (gm^{-3});
- W tasso di emissione di calore (W), il quale è ottenuto dalla:

$$W = V_{lfg} \left(\frac{CH_4 \%}{100\%} \right) \cdot \left(\frac{1}{V_m} \right) \cdot \frac{1}{3600} \cdot \Delta H_{CH_4} \quad [A5.6]$$

dove:

V_{lfg} volume del biogas ($m^3 h^{-1}$);

V_m volume molare ($0,0224 m^3 mol^{-1}$);

$CH_4\%$ percentuale di CH_4 nel biogas;

ΔH_{CH_4} entalpia del metano, il calore rilasciato nella combustione da una mole di metano ($890800 J mol^{-1}$ a $298,15 K$).

La formazione del pennacchio termico riguarda la deviazione standard della distribuzione Gaussiana (σ_z) attraverso la seguente equazione:

$$\sigma_z^2 = \sigma_{zD}^2 + \frac{r_p^2}{3} \quad [A5.7]$$

dove:

σ_z deviazione standard della distribuzione Gaussiana verticale (m) (o coefficiente di dispersione verticale) dopo l'effetto del plume;

σ_{zD} deviazione standard della distribuzione Gaussiana verticale (m) (o coefficiente di dispersione verticale);

r_p raggio della distribuzione istantanea che dovrebbe essere pari a $z_p/2$, dove z_p è l'altezza di galleggiamento del plume (m).

Il valore di z_p è differente a seconda delle condizioni di stabilità atmosferica. La [A5.8] è valida per le condizioni stabili e neutrali/instabili:

$$z_p = \left[\frac{3F_m x}{\beta u_a^2} + \frac{3F_b x^2}{2\beta^2 u_a^3} \right]^{1/3} \quad [A5.8]$$

Mentre l'equazione [A5.9] vale per le condizioni stabili:

$$z_p = \left[\frac{3 \left(s'^{1/2} F_m \sin s'^{1/2} t + F_b \left(1 - \cos s'^{1/2} t \right) \right)}{\beta^2 u_a s'} \right]^{1/3} \quad [A5.9]$$

dove:

- Fb flusso iniziale di galleggiamento ($m^4 s^{-3}$);
 ua velocità del vento mediata sull'altezza di ricaduta del plume (ms^{-1});
 s' parametro di stabilità (s^{-2}), derivato dalla [A5.3];
 β costante fissata pari a 0,6, determinata sulla base di dati sperimentali;
 t tempo dopo il rilascio (s) determinato dal rapporto tra distanza di viaggio e velocità del vento;
 x distanza dalla sorgente (m);
 Fm flusso temporaneo della sorgente derivato dalla:

$$F_m = \pi \frac{\rho_o}{\rho_a} W_o V_o \quad [A5.10]$$

dove:

- ρ_a densità dell'atmosfera (\square/m^3);
 W_o velocità di efflusso (ms^{-1}), calcolata dalla [A5.13];
 V_o tasso di volume rilasciato ($m^3 s^{-1}$);
 ρ_o densità dell'emissione effluente (gm^{-3}), determinata come segue:

$$\rho_o = \frac{(\rho_{LF} 1m^3)}{\left(\frac{1}{V_m RT} \right) \frac{P}{}} \quad [A5.11]$$

dove:

- R costante dei gas ($8,314 JKmol^{-1}$);
 P pressione (Pa);
 T temperatura della torcia (K);
 V_m volume molare ($0,0224 m^3 mol^{-1}$);
 ρ_{LF} densità del biogas (gm^{-3}), determinata come segue:

$$\rho_{LF} = \frac{((CH_4 \% \times PM_{CH_4}) + (CO_2 \% \times PM_{CO_2}))}{V_m} \quad [A5.12]$$

dove:

- V_m volume molare pari a $2,241 \times 10^{-2} m^3 mol^{-1}$;
 PM_{CH₄} peso molecolare relativa del metano (g);

PM_{CO_2}	peso molecolare relativa dell'anidride carbonica (g);
$CH_4\%$	percentuale di CH_4 nel biogas;
$CO_2\%$	percentuale di CO_2 nel biogas.

La velocità di efflusso è data da:

$$W_o = \frac{V_o}{F_{xa}} \quad [A5.13]$$

dove:

W_o velocità di effuso (ms^{-1})

V_o tasso di volume rilasciato (m^3s^{-1}), calcolato usando la [A5.14]:

$$V_o = V_{LF} \cdot (AC + 1) \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{RT}{PV_m} \quad [A5.14]$$

dove:

R costante dei gas pari a $8,314 \text{ JKmol}^{-1}$;

P pressione (Pa);

T temperatura della torcia (K),

V_m volume molare pari a $0,0224 \text{ m}^3\text{mol}^{-1}$,

V_{LF} volume del biogas (m^3h^{-1}),

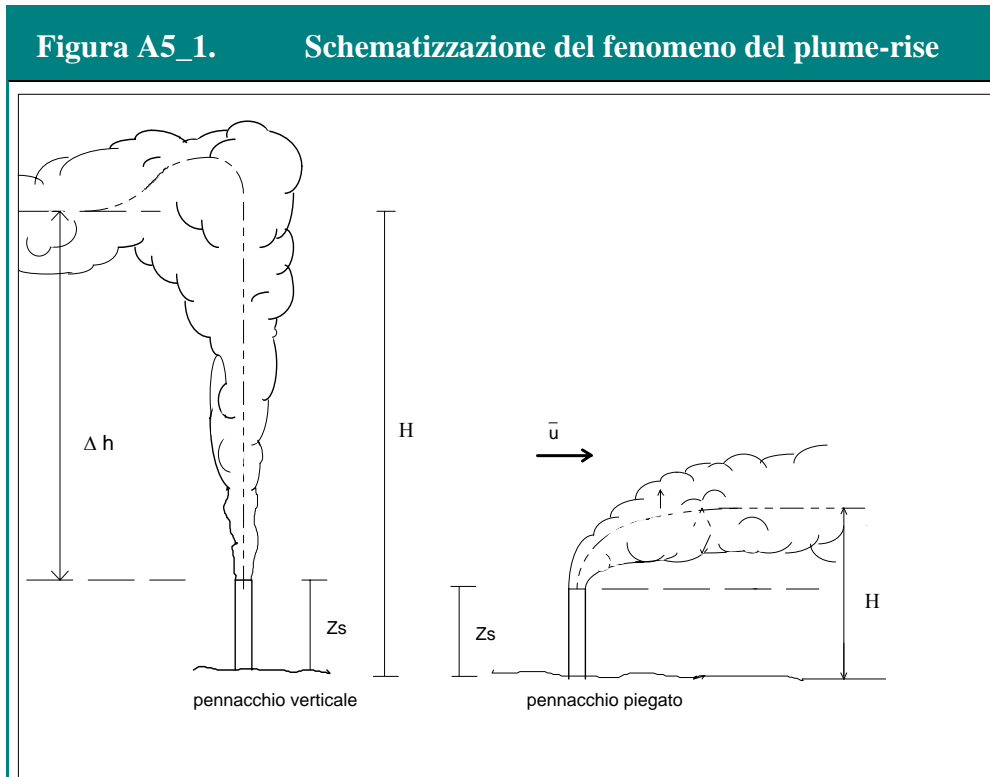
AC rapporto aria/combustibile;

F_{xa} area della sezione trasversale della torcia (m^2), calcolata dalla [A5.15]:

$$F_{xa} = \frac{\pi d^2}{4} \quad [A5.15]$$

dove:

d diametro dell'orifizio della torcia (m)



Note: per H si intende h_e (altezza effettiva di emissione) e z_s è $h_{\text{torce/motori}}$ (altezza dei motori/torce)