

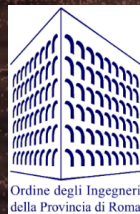
SOSTENIBILITA', ECONOMIA CIRCOLARE E TRANSIZIONE ECOLOGICA

IL COMPOSTAGGIO e la BIO-DIGESTIONE dei RIFIUTI
SOLIDI URBANI: processi ed evoluzione tecnologica

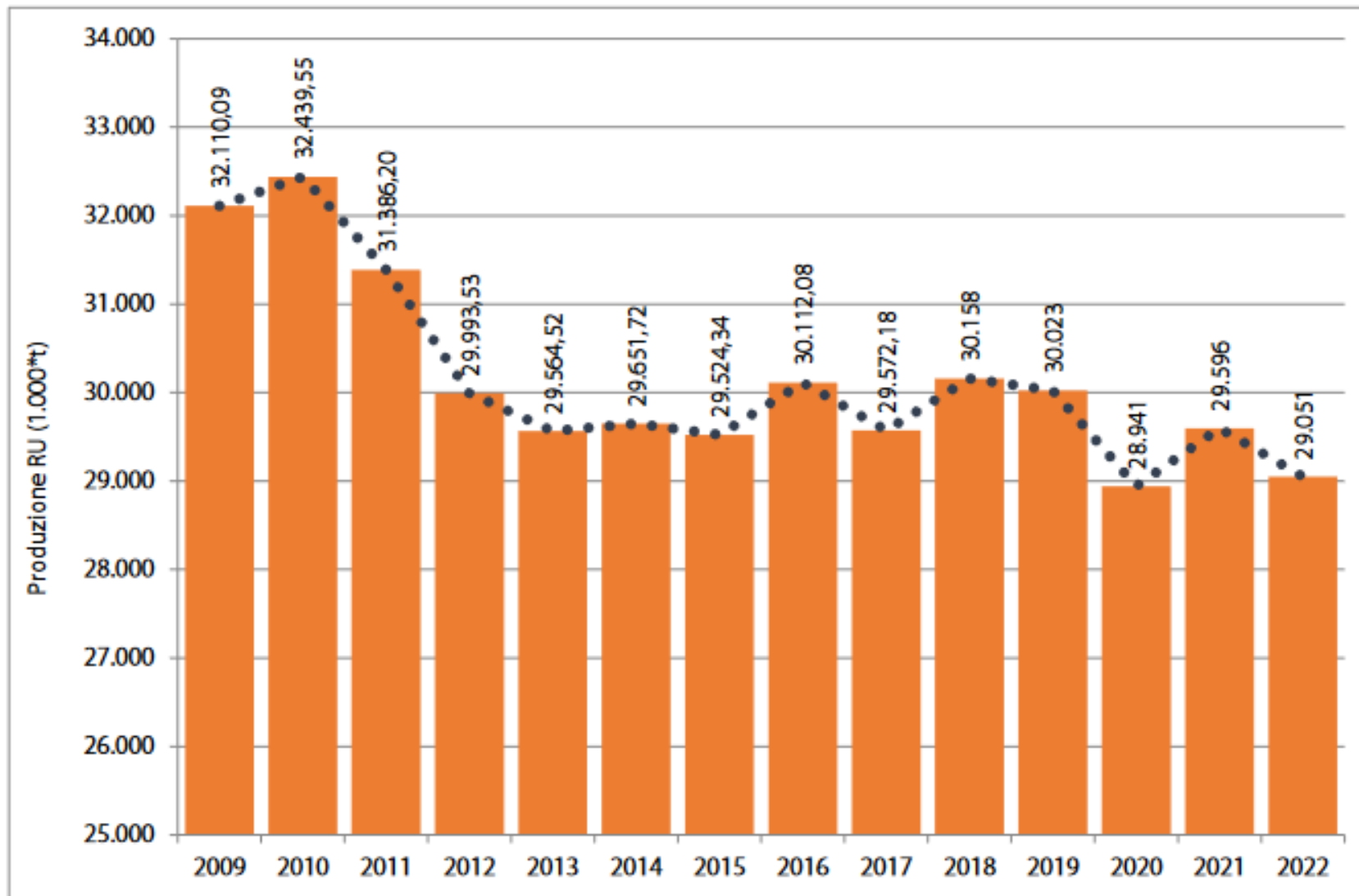
Ing. Andrea ELEUTERI – Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

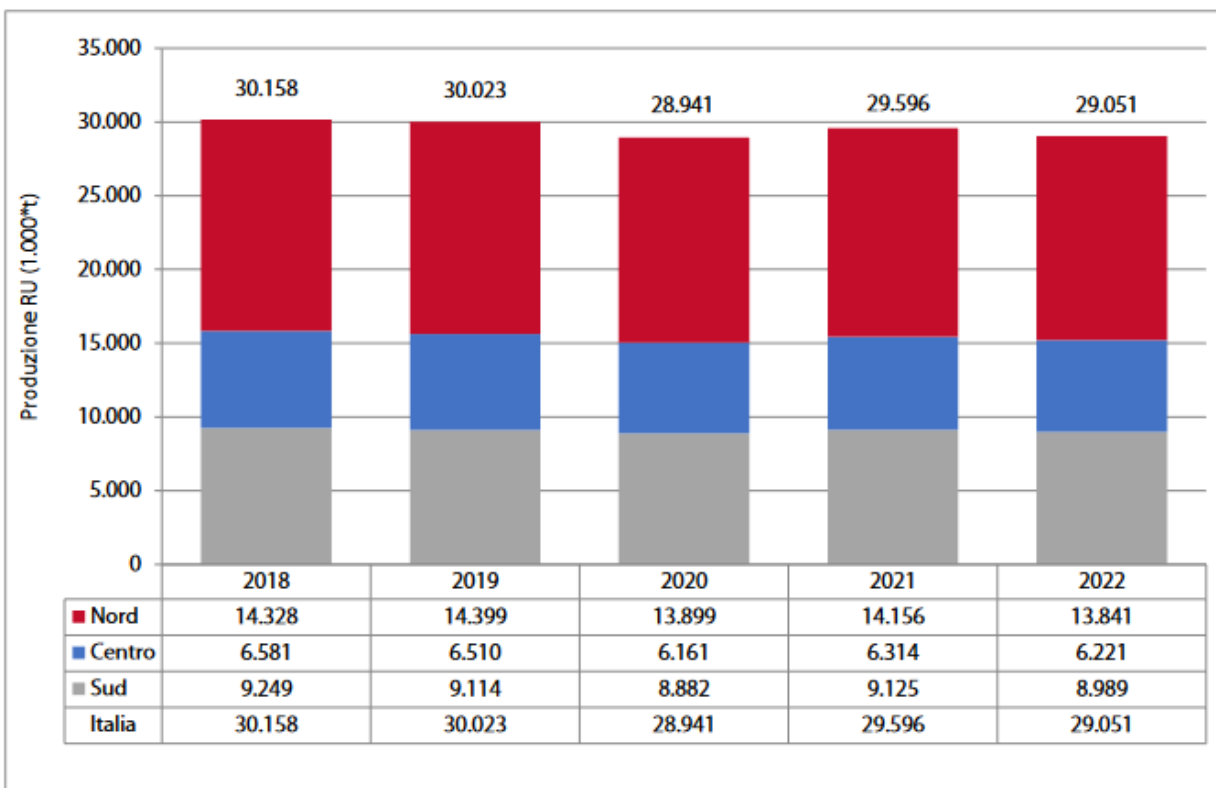


LA PRODUZIONE DEI RIFIUTI URBANI IN ITALIA



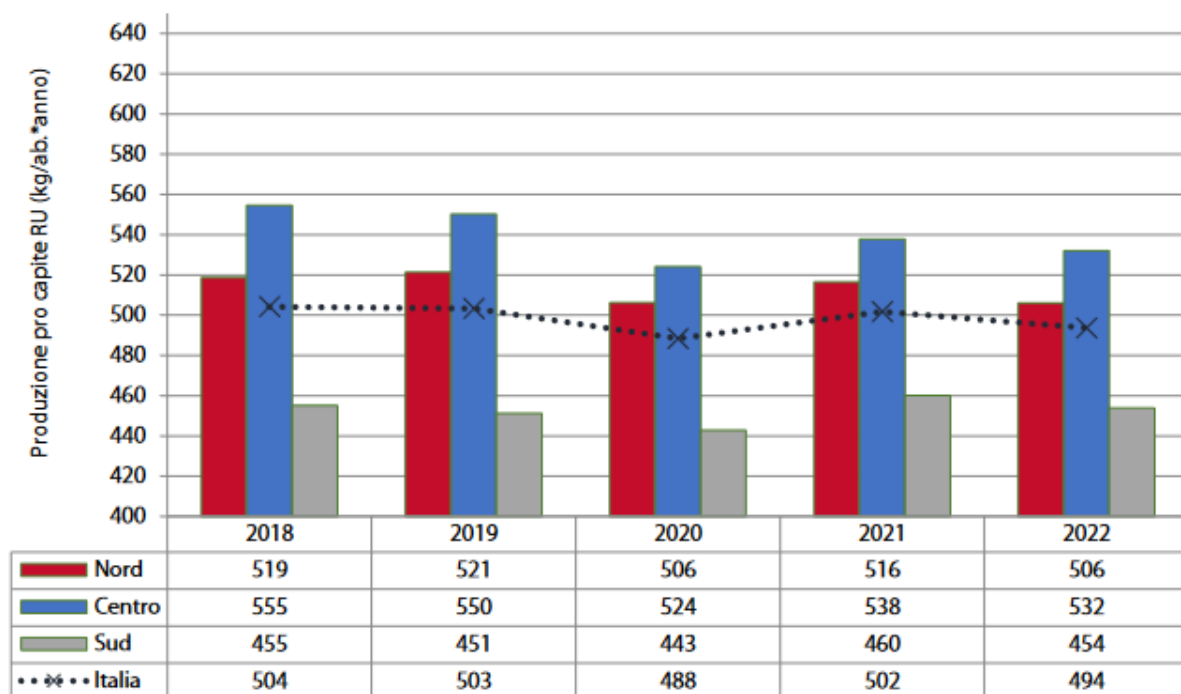
Fonte: ISPRA

LA PRODUZIONE DEI RIFIUTI URBANI IN ITALIA - MACROAREE



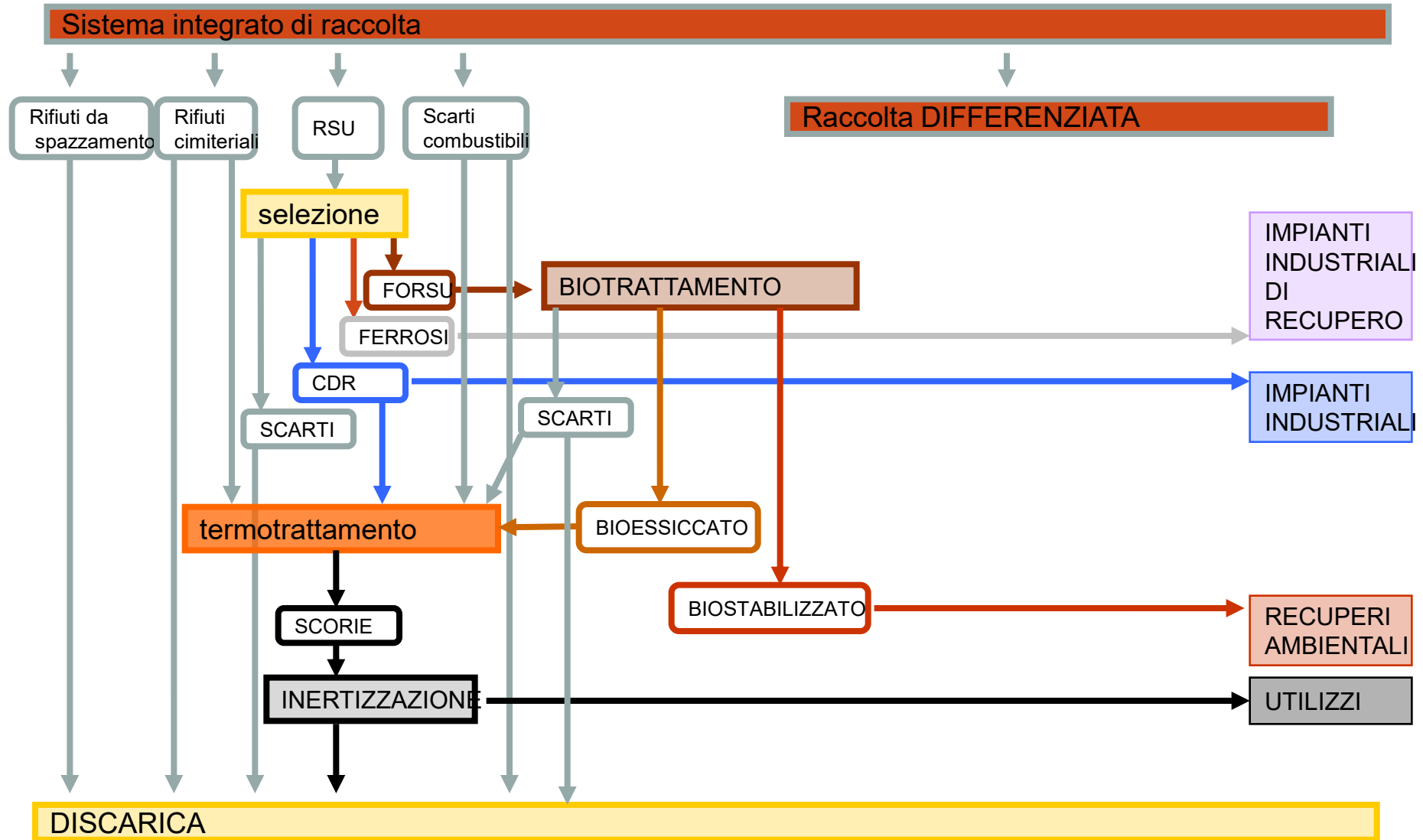
Fonte: ISPRA

LA PRODUZIONE PRO CAPITE DEI RIFIUTI URBANI IN ITALIA - MACROAREE

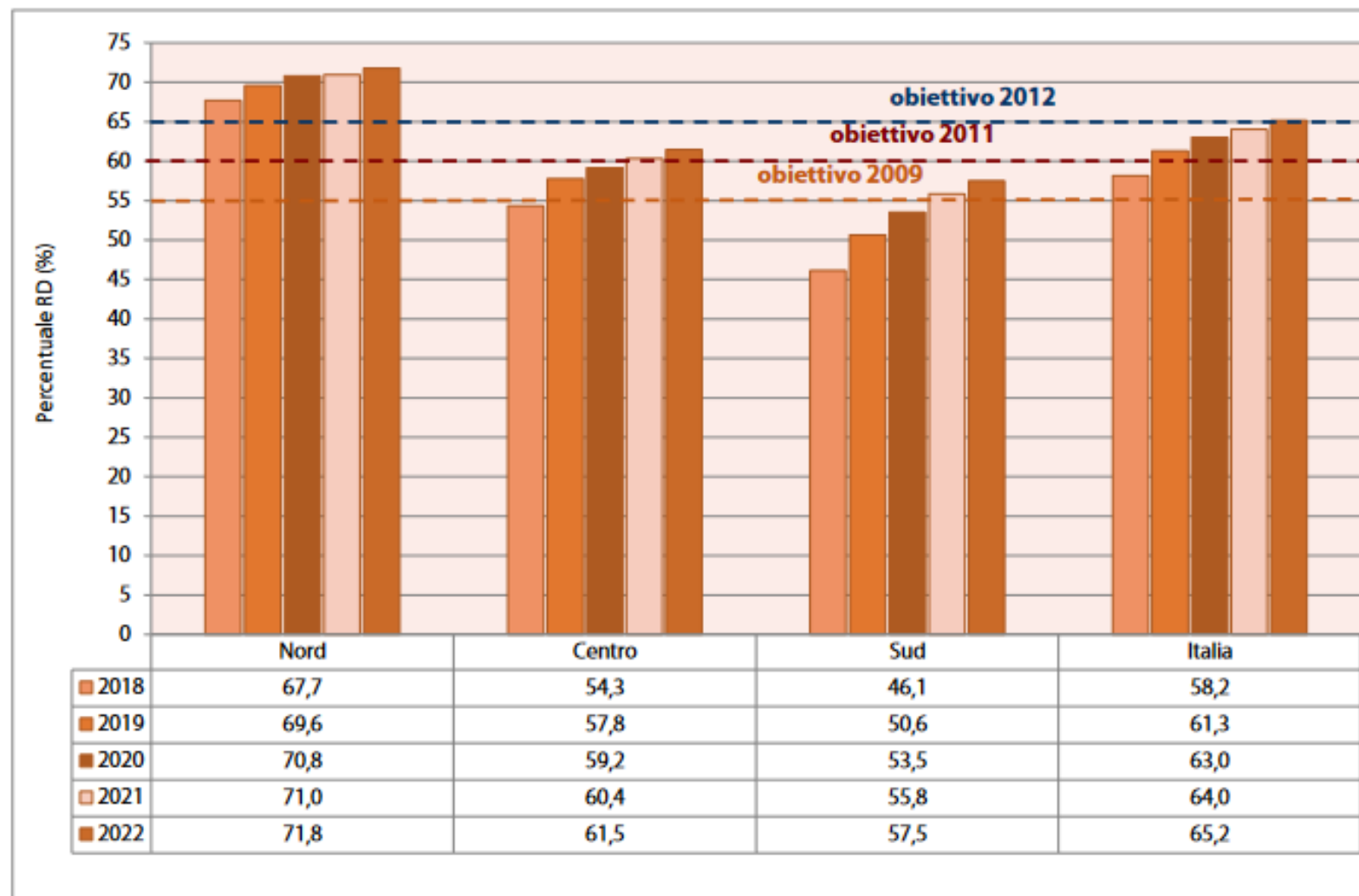


Fonte: ISPRA

IL SISTEMA INTEGRATO DI GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI



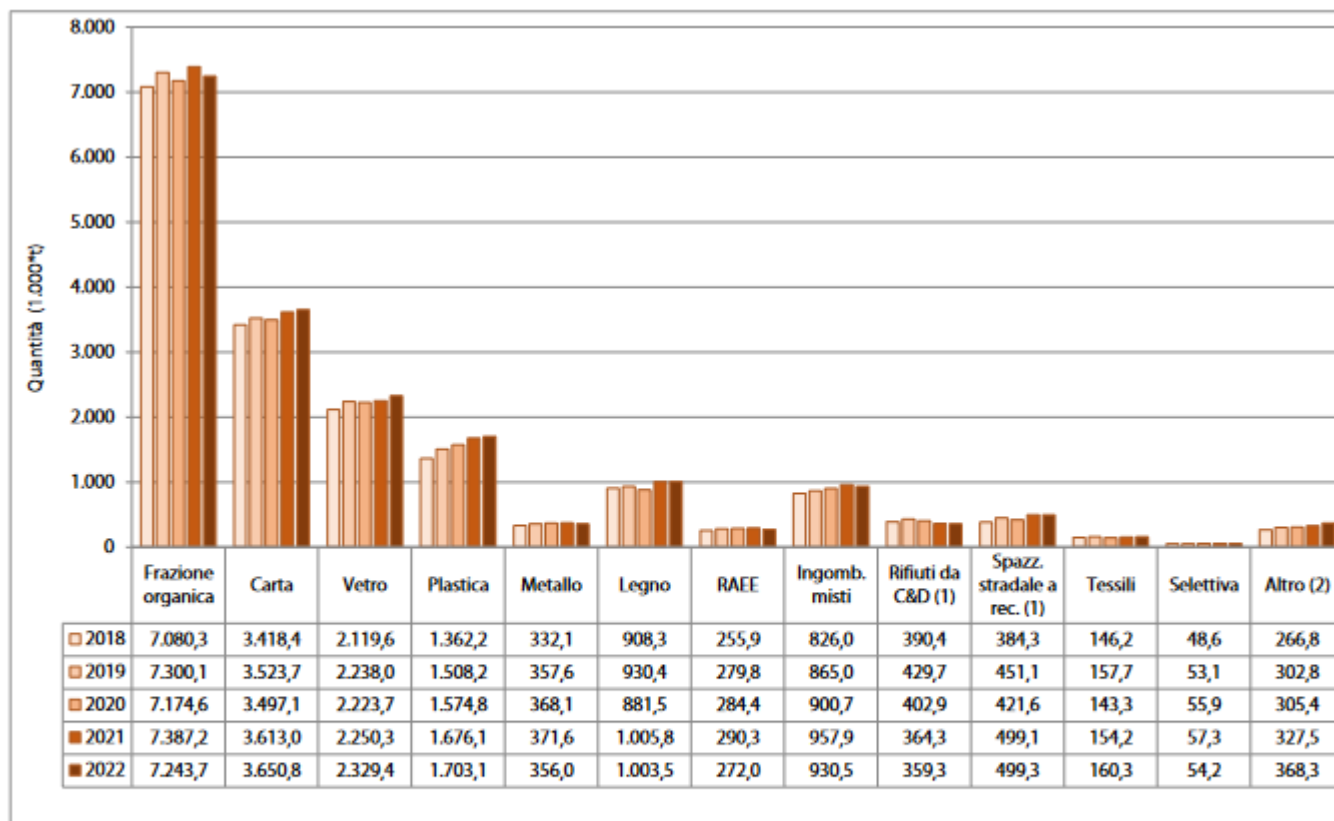
ANDAMENTO DELLA PERCENTUALE DI RACCOLTA DIFFERENZIATA DEI RIFIUTI URBANI



Fonte: ISPRA

Nel 2022, la percentuale di raccolta differenziata (RD) è pari al 65,2% della produzione nazionale, con una crescita di 1,2 punti rispetto al 2021. **In termini quantitativi, la raccolta differenziata si mantiene pressoché invariata** (-0,1%, quasi 23 mila tonnellate in meno rispetto al 2021) attestandosi a 18,9 milioni di tonnellate.

LA RACCOLTA DIFFERENZIATA PER FRAZIONE MERCEOLOGICA



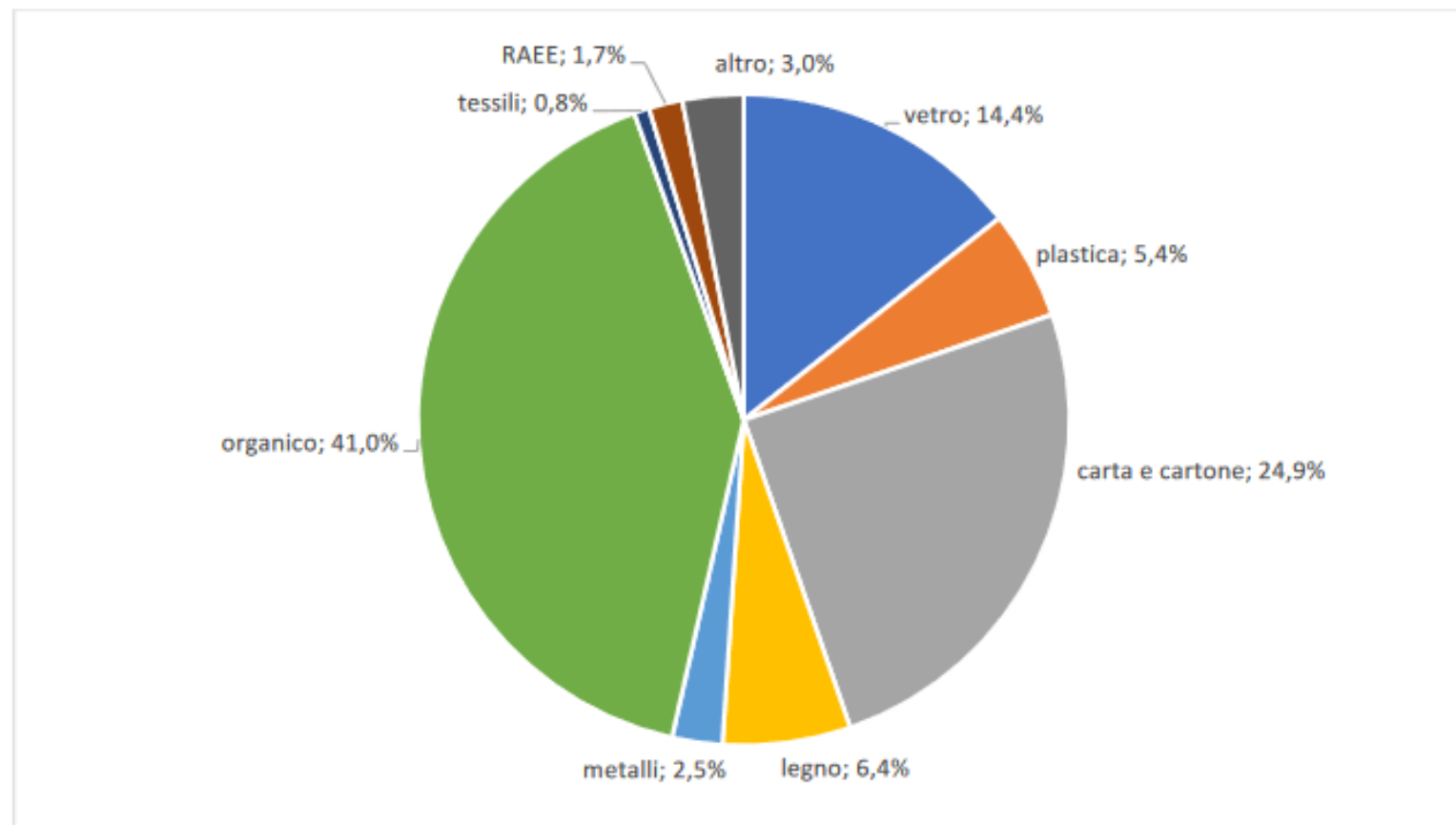
Relativamente alle singole frazioni merceologiche, si rileva che la raccolta dei rifiuti organici passa da circa 7,4 milioni di tonnellate a poco più di 7,2 milioni di tonnellate, a fronte di un quantitativo complessivo di rifiuti raccolti in modo differenziato che si mantiene pressoché invariato nell'ultimo biennio.

Note (1) Frazioni merceologiche incluse a partire dal 2016 sulla base dei criteri stabiliti dal DM 26 maggio 2016.

(2) Nella voce "Altro" sono conteggiati, a partire dal 2016, anche gli scarti della raccolta multimateriale. In base ai criteri stabiliti dal DM 26 maggio 2016, quest'ultima deve, infatti, essere integralmente computata (al lordo della quota degli scarti) nel dato della RD. Le quote relative alle frazioni carta e cartone, vetro, plastica, metalli e legno sono date dalla somma dei quantitativi raccolti di imballaggi e di altre tipologie di rifiuti costituiti da tali materiali.

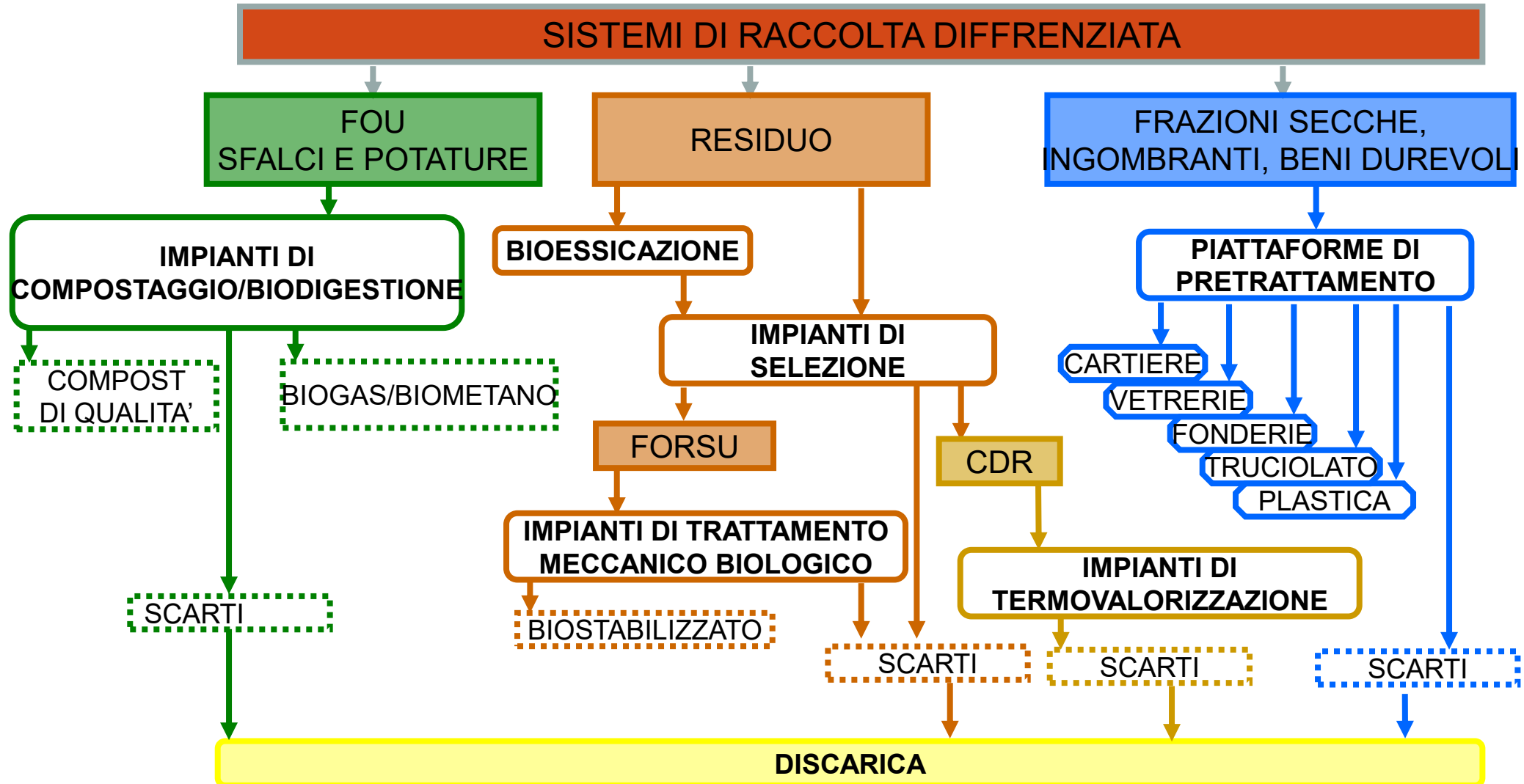
Fonte: ISPRA

RIPARTIZIONE PERCENTUALE DEL QUANTITATIVO DI RIFIUTI URBANI AVVIATO A RICICLAGGIO, ANNO 2022



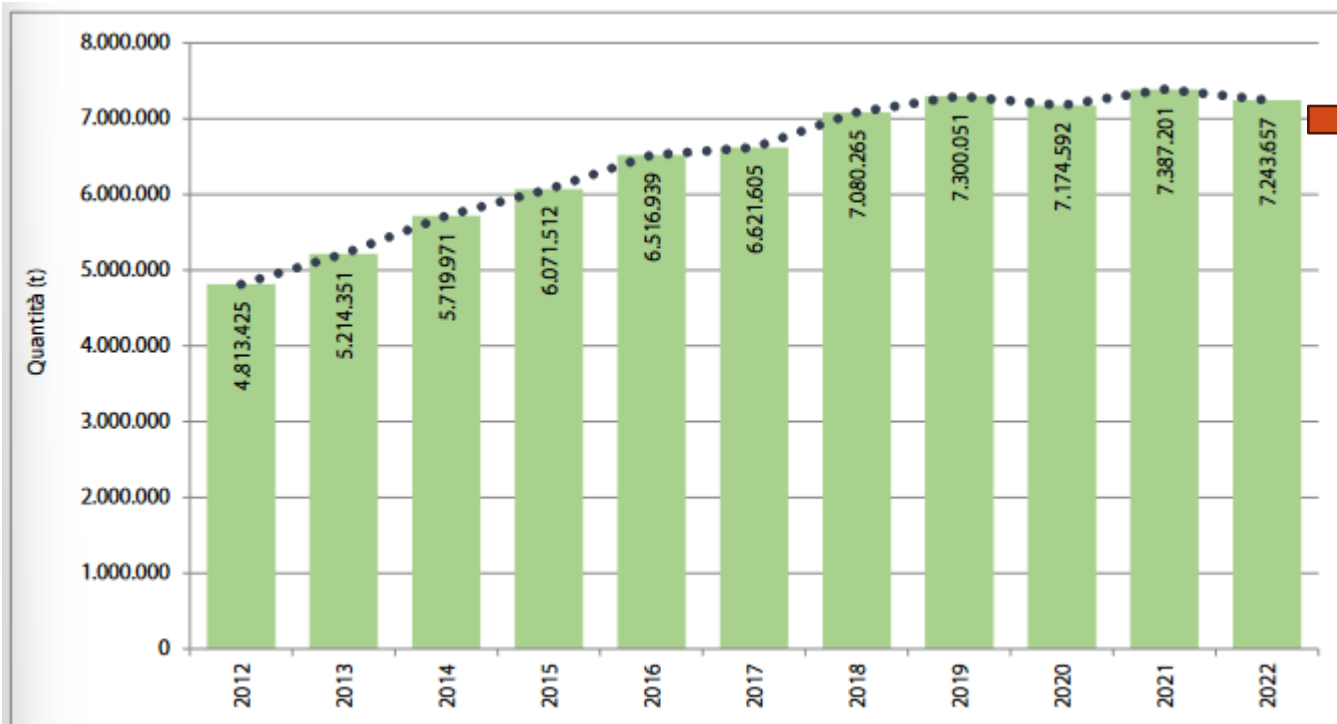
Fonte: elaborazioni ISPRA

LA GESTIONE DEI RIFIUTI DA RACCOLTA DIFFERENZIATA



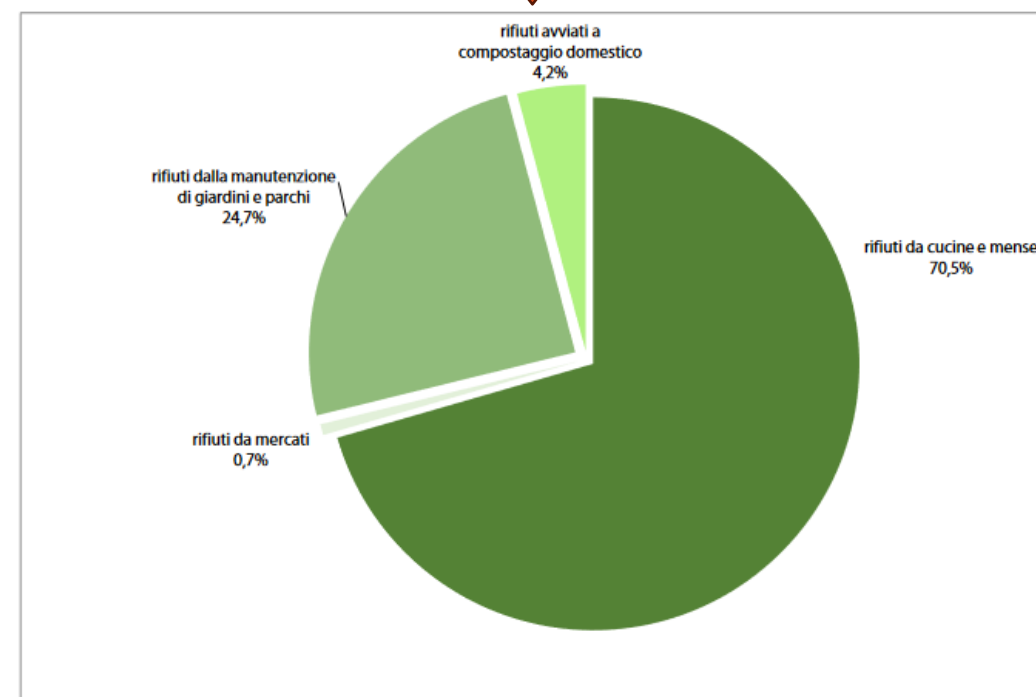
LA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI URBANI

- La frazione organica è costituita dall'insieme dei quantitativi di rifiuti biodegradabili prodotti da cucine e mense(frazione umida), dalla manutenzione di giardini e parchi (frazione verde), dalla raccolta presso i mercati e dai rifiuti biodegradabili destinati alla pratica del compostaggio domestico (questi ultimi, essenzialmente costituiti da frazione umida, non sono conferiti al sistema di raccolta).
- Complessivamente, dopo l'aumento registrato nel 2021, correlato alla riapertura delle attività commerciali, industriali, artigianali e alla ripresa degli spostamenti e dei flussi turistici, si registra un calo per questa frazione merceologica dell'1,8%, corrispondente a 136 mila tonnellate in meno. Il calo, confermato anche da un andamento analogo dei dati di gestione presso gli impianti di trattamento biologico, è **legato ad una riduzione del valore della raccolta dei rifiuti biodegradabili provenienti dalla manutenzione di giardini e parchi, che fa registrare una contrazione di 139 mila tonnellate (-7,2%). [Centrali a biomassa??]**



Fonte: ISPRA

Ripartizione della
raccolta
differenziata
nazionale della
frazione organica,
anno 2022



Fonte: ISPRA

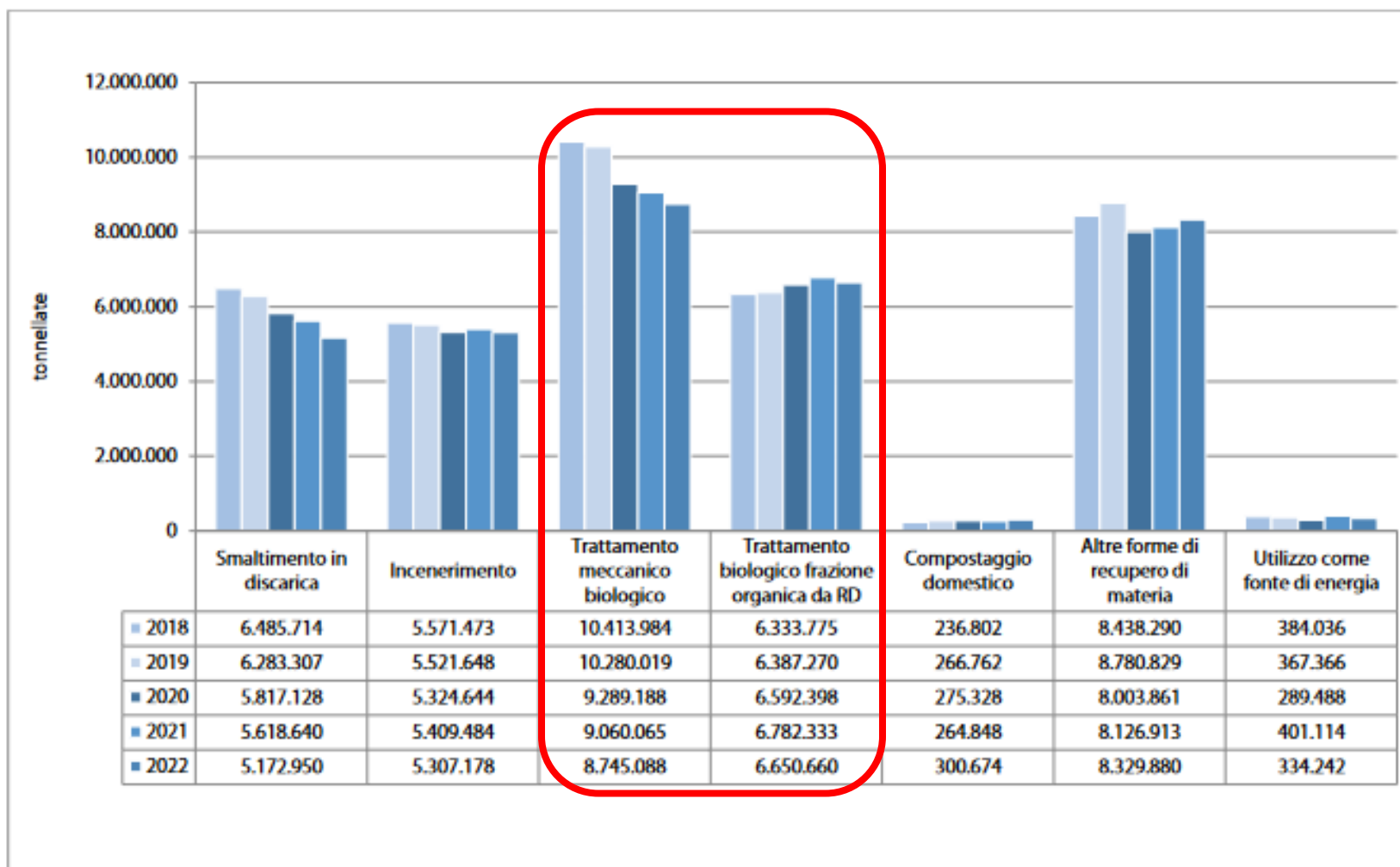
Nelle regioni settentrionali sono stati intercettati quasi 3,6 milioni di tonnellate di frazione organica (-3% rispetto al 2021), nel Centro circa 1,4 milioni di tonnellate (-1,7%) e nel Sud, analogamente al 2021, 2,2 milioni di tonnellate.

In termini di raccolta pro capite si rilevano valori pari a 131 chilogrammi per abitante nel Nord, 124 chilogrammi nel Centro e 112 chilogrammi nel Sud, con una media nazionale pari a 123 chilogrammi

TRATTAMENTO BIOLOGICO DEI RIFIUTI ORGANICI

- I rifiuti organici rappresentano un flusso fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi di recupero e riciclaggio dei rifiuti urbani previsti dalla normativa vigente in materia.
- Il Programma Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) ha introdotto specifici investimenti finalizzati a migliorare la capacità di gestione efficiente e sostenibile dei rifiuti attraverso, tra gli altri, la realizzazione di nuovi impianti di trattamento e riciclaggio dei rifiuti organici.
- Il PNRR individua tra i flussi strategici proprio la gestione dei rifiuti organici e dei relativi scarti. Tali rifiuti rappresentano un flusso strategico fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi di recupero e riciclaggio.
- Il continuo incremento della raccolta differenziata dei rifiuti organici ha favorito un corrispondente un sviluppo nel settore del trattamento biologico che si è evoluto attraverso l'adozione di tecnologie impiantistiche innovative. Accanto ai sistemi tradizionali di trattamento aerobico volti alla produzione di ammendanti da utilizzare in agricoltura, il sistema impiantistico nazionale, anche attraverso la riconversione di impianti esistenti, si sta dotando, di sistemi integrati che uniscono tale modalità di trattamento alla digestione anaerobica, abbinando, quindi, il recupero di materia a quello di energia, contenendo le emissioni e utilizzando, infine, il biogas generato e purificato, per la produzione di energia e biometano.

EVOLUZIONE DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO E SMALTIMENTO DEI RIFIUTI URBANI



Fonte: ISPRA

L'IMPIANTISTICA PER LA VALORIZZAZIONE E IL TRATTAMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI

Tipologia		Numero impianti			
		Nord	Centro	Sud	Totale
Trattamento biologico	Compostaggio	172	37	76	285
	Trattamento integrato	34	8	9	51
	Digestione anaerobica	19	1	2	22
Trattamento meccanico o meccanico biologico	TMB	24	26	46	96
	TM	17	14	5	36
Coincenerimento		7	1	3	11
Incenerimento		25	5	6	36
Discariche		50	25	42	117
Totale		348	117	189	654

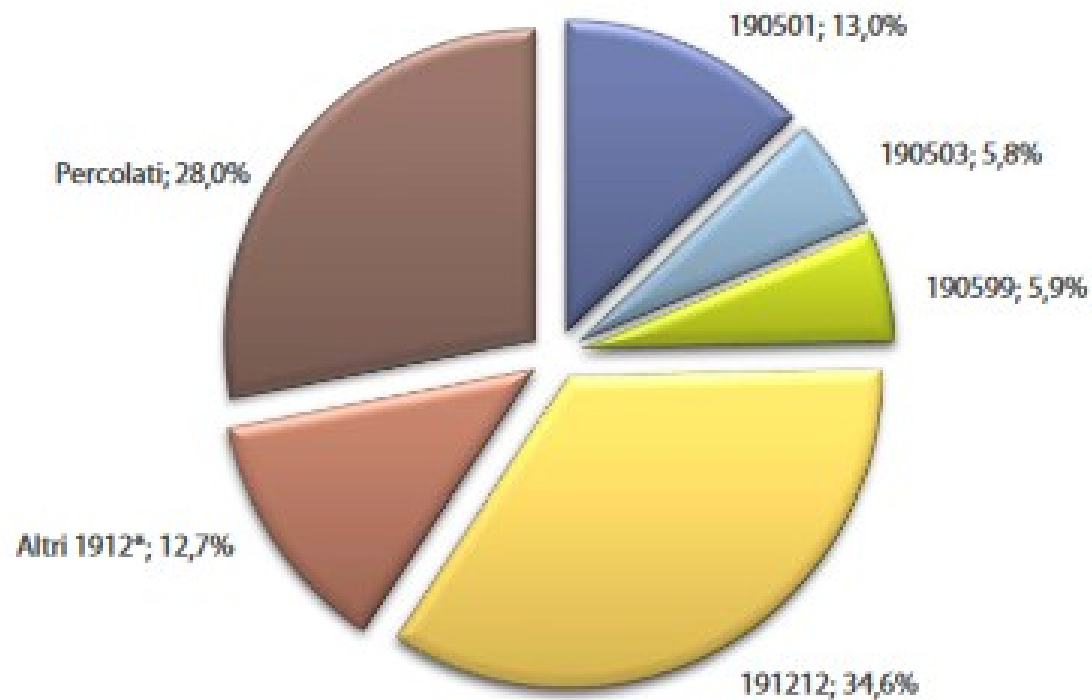
Fonte: ISPRA



Regione	N. Impianti operativi (1)	Quantità autorizzata	Totale rifiuti trattati		Variazione (%)	Frazione organica da RD		Variazione (%)
		anno 2022	2021	2022		2021	2022	
		(t/a)	(t/a)			(t/a)		
Piemonte	17	382.930	279.471	216.288	-22,6%	216.530	130.463	-39,7%
Valle d'Aosta	0	-	-	-	-	-	-	-
Lombardia	63	1.410.635	944.144	829.972	-12,1%	740.193	604.559	-18,3%
Trentino-Alto Adige	11	58.560	38.737	43.921	13,4%	35.342	39.978	13,1%
Veneto	50	557.202	455.215	409.812	-10,0%	311.979	268.405	-14,0%
Friuli-Venezia Giulia	15	58.791	31.341	37.479	19,6%	30.973	37.117	19,8%
Liguria	5	49.900	25.587	19.740	-22,9%	22.742	17.710	-22,1%
Emilia-Romagna	11	263.470	189.084	244.239	29,2%	151.923	183.069	20,5%
Nord	172	2.781.488	1.963.579	1.801.451	-8,3%	1.509.682	1.281.301	-15,1%
Toscana	14	480.600	315.413	301.644	-4,4%	278.813	256.835	-7,9%
Umbria	2	87.000	45.535	26.672	-41,4%	11.771	9.669	-17,9%
Marche	5	141.900	112.909	98.250	-13,0%	90.893	83.016	-8,7%
Lazio	16	267.485	167.032	131.213	-21,4%	143.360	108.469	-24,3%
Centro	37	976.985	640.889	557.779	-13,0%	524.837	457.989	-12,7%
Abruzzo	5	196.650	178.599	155.015	-13,2%	156.654	135.450	-13,5%
Molise	2	32.400	17.672	13.490	-23,7%	16.077	11.581	-28,0%
Campania	5	186.520	82.712	68.583	-17,1%	59.152	29.635	-49,9%
Puglia	8	425.331	283.536	298.021	5,1%	268.349	270.941	1,0%
Basilicata	0	-	-	-	-	-	-	-
Calabria	12	284.200	148.164	121.711	-17,9%	145.299	120.232	-17,3%
Sicilia	22	766.070	444.077	547.168	23,2%	308.912	409.967	32,7%
Sardegna	22	376.600	249.439	248.263	-0,5%	241.648	238.944	-1,1%
Sud	76	2.267.771	1.404.199	1.452.251	3,4%	1.196.091	1.216.750	1,7%
ITALIA	285	6.026.244	4.008.667	3.811.481	-4,9%	3.230.610	2.956.040	-8,5%

(1) Nel numero di impianti indicato in tabella sono incluse le linee di impianti di trattamento meccanico biologico aerobico dedicate al trattamento delle frazioni organiche provenienti dalla raccolta differenziata, per la produzione di compost.
Fonte: ISPRA

TIPOLOGIA DEI RIFIUTI PRODOTTI DAGLI IMPIANTI DI COMPOSTAGGIO 2022



I rifiuti prodotti dagli impianti di compostaggio, nell'anno 2022, risultano pari ad oltre 691 mila tonnellate e rappresentano circa il 18% del totale dei rifiuti trattati

IL COMPOSTAGGIO (O BIO-DIGESTIONE)

- Il rifiuto a matrice organica a rapida degradazione, separato dal flusso dei rifiuti urbani mediante raccolta differenziata e non smaltibile tal quale in discarica, viene avviato a trattamento biologico in impianti dedicati.
- Il trattamento biologico può avvenire in condizioni aerobiche (COMPOSTAGGIO) o anaerobiche (DIGESTIONE) o in impianti che prevedono entrambe le fasi.
- Il compostaggio è un processo aerobico di decomposizione della sostanza organica che avviene in condizioni controllate e che permette di ottenere un prodotto biologicamente stabile, in cui la componente organica presente un elevato grado di evoluzione. Il processo avviene ad opera di diversi ceppi di microrganismi operanti in ambiente aerobico: batteri funghi, attinomiceti, alghe, protozoi, presenti naturalmente nelle biomasse organiche.
- La digestione anaerobica è un processo biologico per mezzo del quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene trasformata in biogas (energia rinnovabile) costituito principalmente da metano e anidride carbonica

- In natura non esiste il concetto di rifiuto: tutto ciò che viene scartato da un organismo diventa una risorsa per altri esseri viventi, così che nulla viene sprecato ma tutto si trasforma. Gli organismi morti, le deiezioni animali o i resti vegetali vengono decomposti da particolari organismi, detti decompositori, che trasformano gli scarti degli altri esseri viventi in preziose risorse.
- Il processo aerobico può essere descritto con la seguente relazione:

Materiale organico + O_2 + microrganismi $\rightarrow$ Compost + CO_2 + H_2O + NO_3^- + SO_4^{2-} + calore



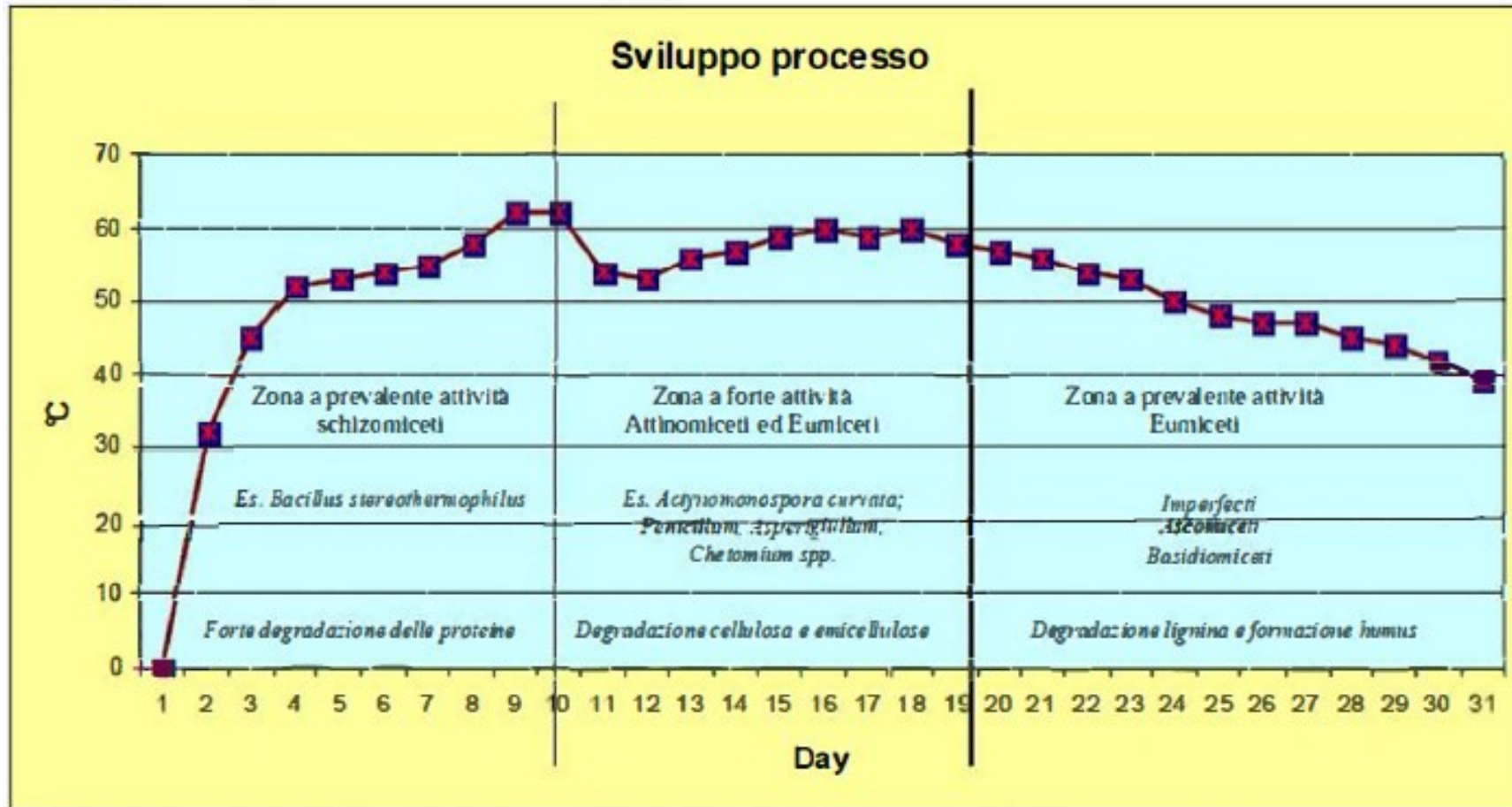
Gli agenti del processo sono:

- **Batteri:** Sono i più piccoli organismi viventi unicellulari o pluricellulari. Sempre presenti sulle biomasse. Le specie sono circa 1000, subiscono una forte crescita in ambienti ad elevata umidità e soprattutto in presenza di materiale biodegradabile
- **Attinomiceti:** Sono batteri di natura filamentosa, per la presenza di concatenazioni di cellule simili alle ife dei funghi, ma più piccole e prive di nucleo. Sono presenti nel processo del compostaggio sono aerobi e termofili. La maggior parte vive nel terreno a cui conferisce il tipico odore di terra.
- **Funghi:** Sono agenti della decomposizione della materia organica nel terreno soprattutto in condizioni di acidità, diversamente dai batteri possono vivere in substrati secchi sfruttando l'umidità della atmosfera. Vivono in un ampio range di pH, possono operare tra $2 < pH < 9$. I funghi possono essere distinti in muffe e lieviti.

LE FASI DEL COMPOSTAGGIO

- Nella **fase di bio-ossidazione accelerata (ACT)** si ha:
 - Intensi processi di degradazione delle componenti organiche più facilmente degradabili (zuccheri, amminoacidi)
 - Consumo di O_2 e produzione di anidride carbonica durante la respirazione dei microrganismi (necessario apporto di aria fresca in questa fase)
 - Liberazione di calore: l'energia termica è prodotta dalla rottura dei legami chimici dei diversi composti organici. La temperatura può arrivare ai 65-70°C, per cui in questa fase sono necessari rivoltamenti o la bagnatura dei cumuli per la dissipazione del calore
 - L'igienizzazione della massa e morte dei semi delle piante infestanti, grazie alle temperature raggiunte.
 - A seconda delle tecnologie a disposizione la fase dura dai 7 ai 21 giorni.
- Nella fase di **maturazione** si ha:
 - Processi di decomposizione che interessano le molecole organiche più complesse (amido, lignina, cellulosa)
 - Temperature che vanno dai 40-45°C
 - Durata della fase di alcuni mesi durante i quali il materiale si arricchisce di sostanze uniche.
- Alla fine del trattamento si ottiene un compost maturo a livello biologico e agronomico.

ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE DURANTE IL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO

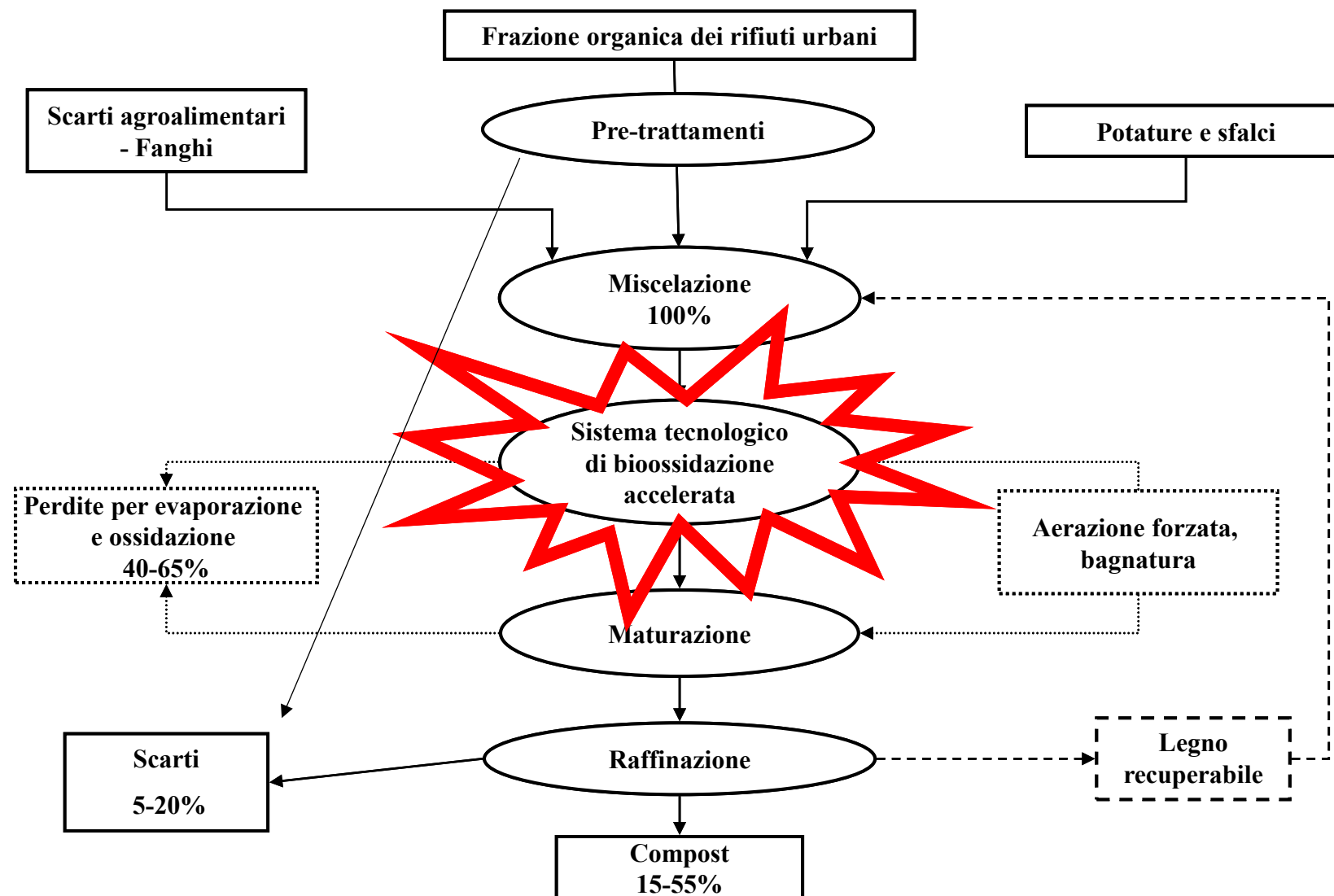


- Il monitoraggio delle temperature durante le fasi del compostaggio è lo strumento più diffuso per il controllo dell'andamento del processo. In base alle temperature rilevate si può approfondire l'analisi delle altre variabili per poter correggere eventuali deviazioni del processo dall'andamento ottimale

PARAMETRI DI PROCESSO

- Temperatura
- Porosità del substrato: valori ottimali tra il 35% e il 50%
- Umidità del materiale: valori ottimali tra il 40% e il 60%
- Tenore di ossigeno: fabbisogno di aria ($15-40 \text{ Nm}^3/\text{h} \cdot \text{tSS}$); valori ottimali tra il 16% e il 20% (in atmosfera il 21%)
- Rapporto Carbonio/Azoto (C/N): valori ottimali tra 25 e 35 (in caso di eccesso di azoto $[\text{C/N} < 30]$ si ha liberazione di NH_3)
- pH: valori ottimali prossimi alla neutralità o leggermente acidi

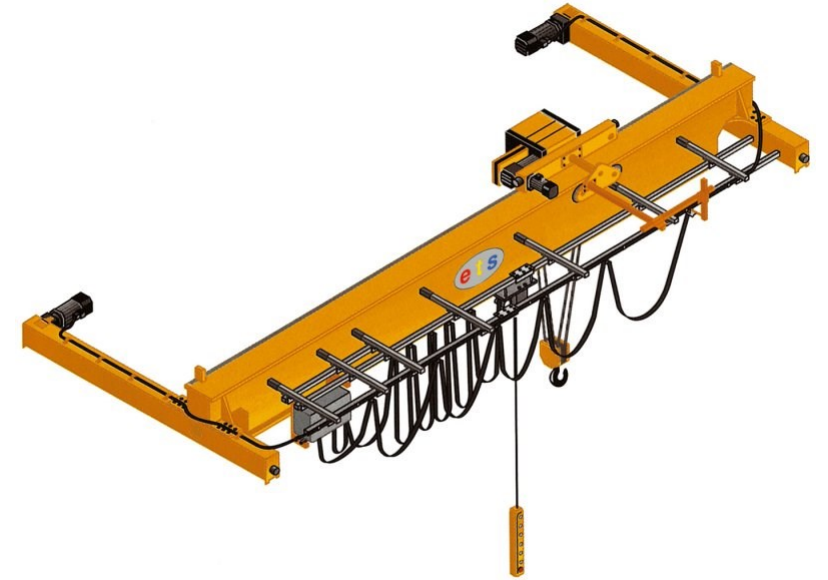
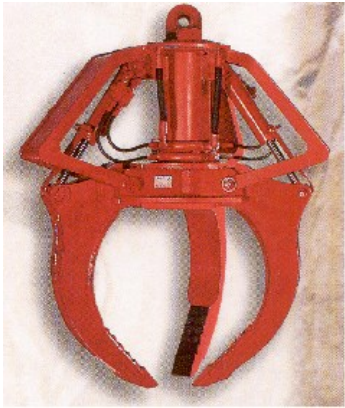
BILANCIO DI MASSA- COMPOSTAGGIO



I PRE-TRATTAMENTI

- La sezione di pretrattamento ha la funzione di preparare il rifiuto organico per le operazioni successive di recupero. I macchinari che negli impianti attuali compongono la sezione di pretrattamento sono:
 - Benne di carico
 - Pick – up
 - Carroponti
 - Rompisacchi
 - Vaglio
 - Separatore magnetico
 - Separatore a corrente indotta
 - Nastri trasportatori

BENNE DI CARICO E CARROPONTE

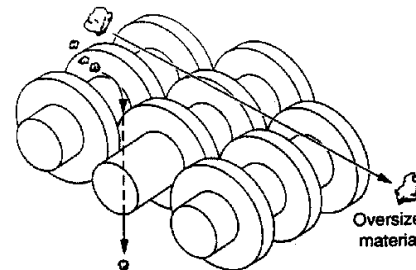
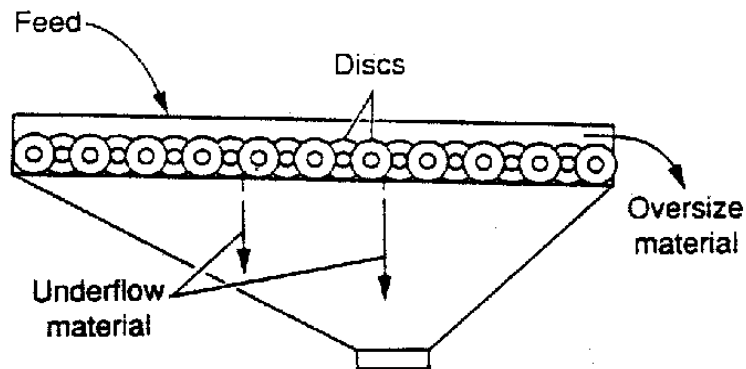
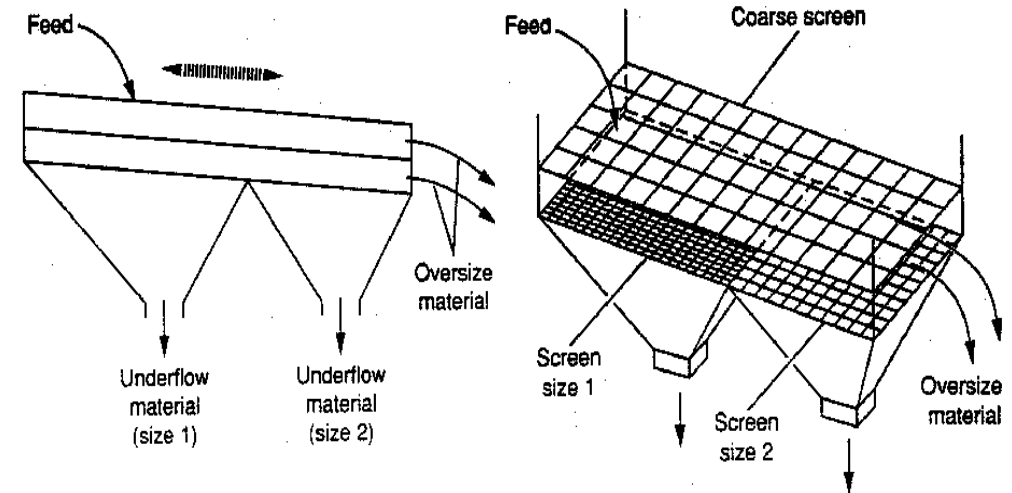
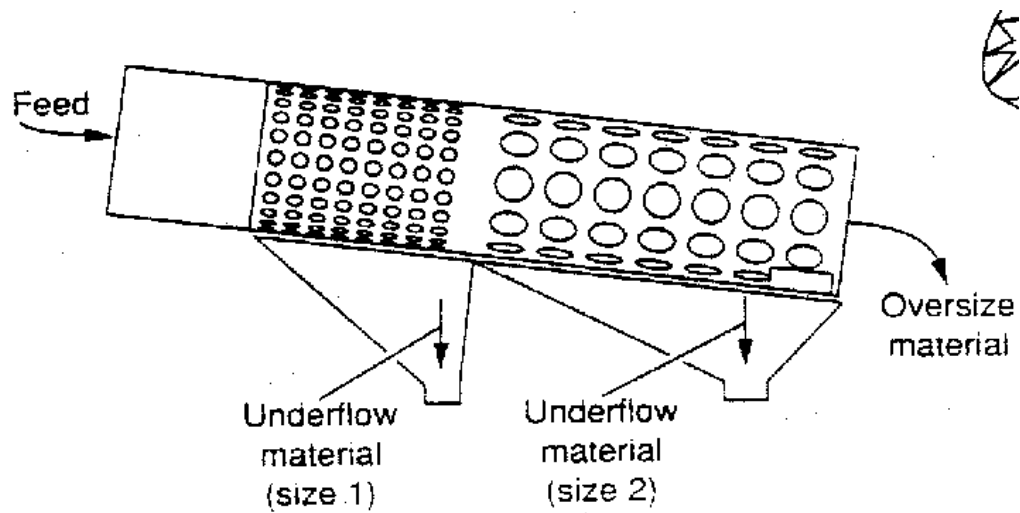


LA ROMPISACCO

- La ROMPISACCHI ha lo scopo di liberare il rifiuto dal sacco e, nei modelli più complessi e funzionali di permettere l'eliminazione dei rifiuti ingombranti dal flusso.
- Tale operazione può essere accompagnata o meno da una triturazione del rifiuto. Ciò dipende essenzialmente dal tipo di rifiuto e dalle finalità del processo.
- TIPI DI ROMPISACCO:
 - A CESOIA
 - ROTATIVA
 - A COCLEE

VAGLIO

- Separa i materiali in base alla loro dimensione trasversale
- Monostadio o bistadio
- Tipologie di vaglio:
 - Rotante
 - Vibrovaglio
 - A dischi



▪ VAGLIO ROTANTE:

- Macchina di grandi dimensioni
- Il passaggio attraverso i fori è dovuto alla combinazione di gravità e forza centrifuga
- Elevata produttività
- Bassi consumi

▪ VIBROVAGLIO:

- Adatto a materiali di piccola pezzatura
- Problemi di intasamento
- Scarsa efficienza con materiali bidimensionali (fil di ferro, ecc.)

▪ VAGLIO A DISCHI:

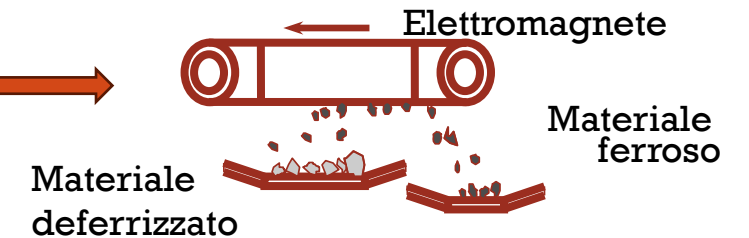
- Alta produttività
- Monostadio
- Difficile messa a punto
- Rumoroso

SEPARATORE MAGNETICO

- Separa unicamente materiali ferromagnetici
- Necessità di avere una distribuzione uniforme sul nastro di alimentazione
- Richiede pezzatura del materiale da trattare uniforme e < 150 mm

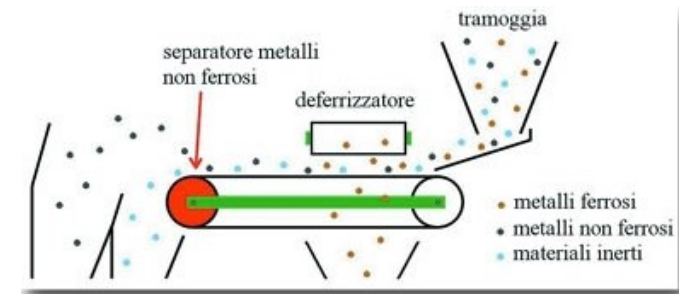
TIPOLOGIE

- Elettromagnete overbelt
- Puleggia magnetica permanente



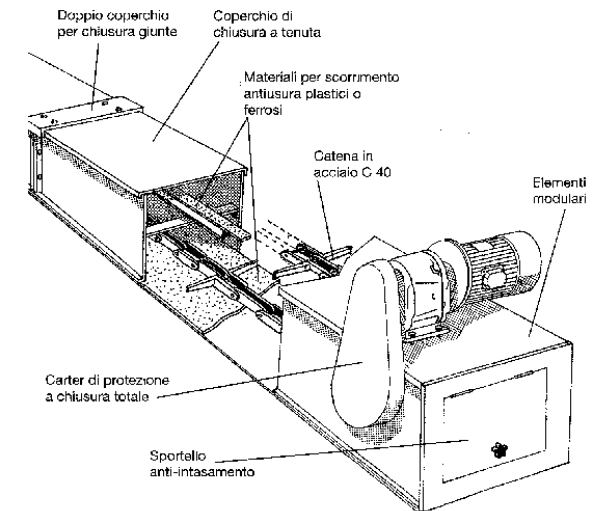
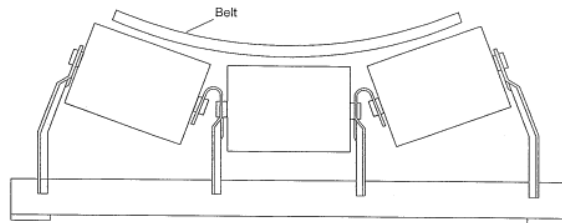
SEPARATORE A CORRENTI INDOTTE

- Separa metalli non ferromagnetici sfruttando il fenomeno dell'induzione elettromagnetica
- Necessita materiale di pezzatura < 150 mm
- Necessita di flussi < 15 t/ora



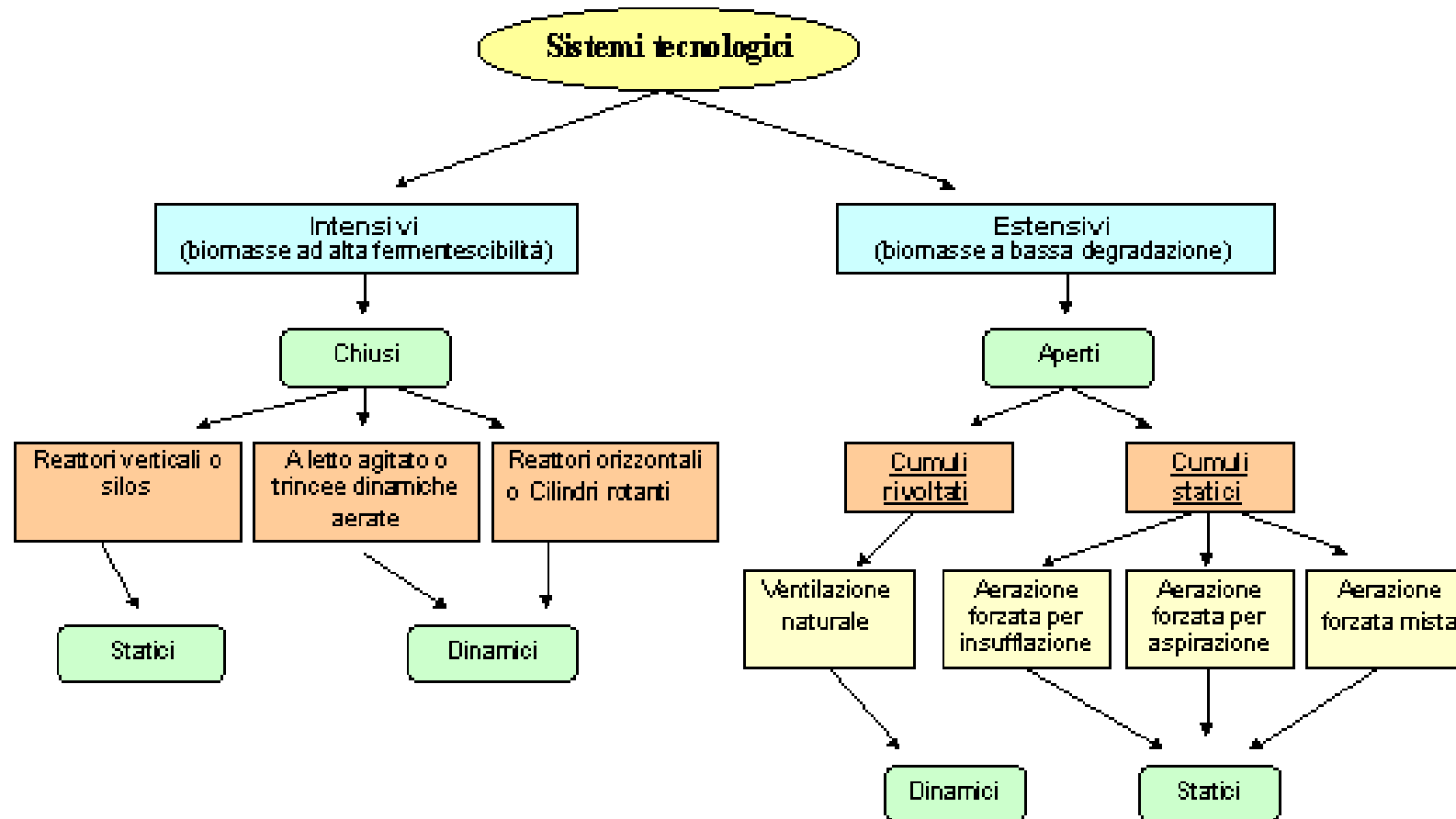
NASTRI TRASPORTATORI

- Effettuano la movimentazione in automatico del materiale all'interno degli impianti
- Con tappeto in gomma (liscio o spinato) o con metallico (sistema REDLER)
- Possono essere aperti o con carter e teli di copertura



Trasportatori per medie-lunghe distanze

I SISTEMI TECNOLOGICI PER LA BIO-OSSIDAZIONE ACCELERATA



I sistemi più utilizzati sono intensivi, chiusi, con aerazione forzata, statici (biocelle) o dinamici (corsie dinamiche e bacini con sistemi di rivoltamento)



BIOCELLE — SISTEMA STATICO



BACINI CON RIVOLTAMENTO A COCLEE SISTEMA DINAMICO



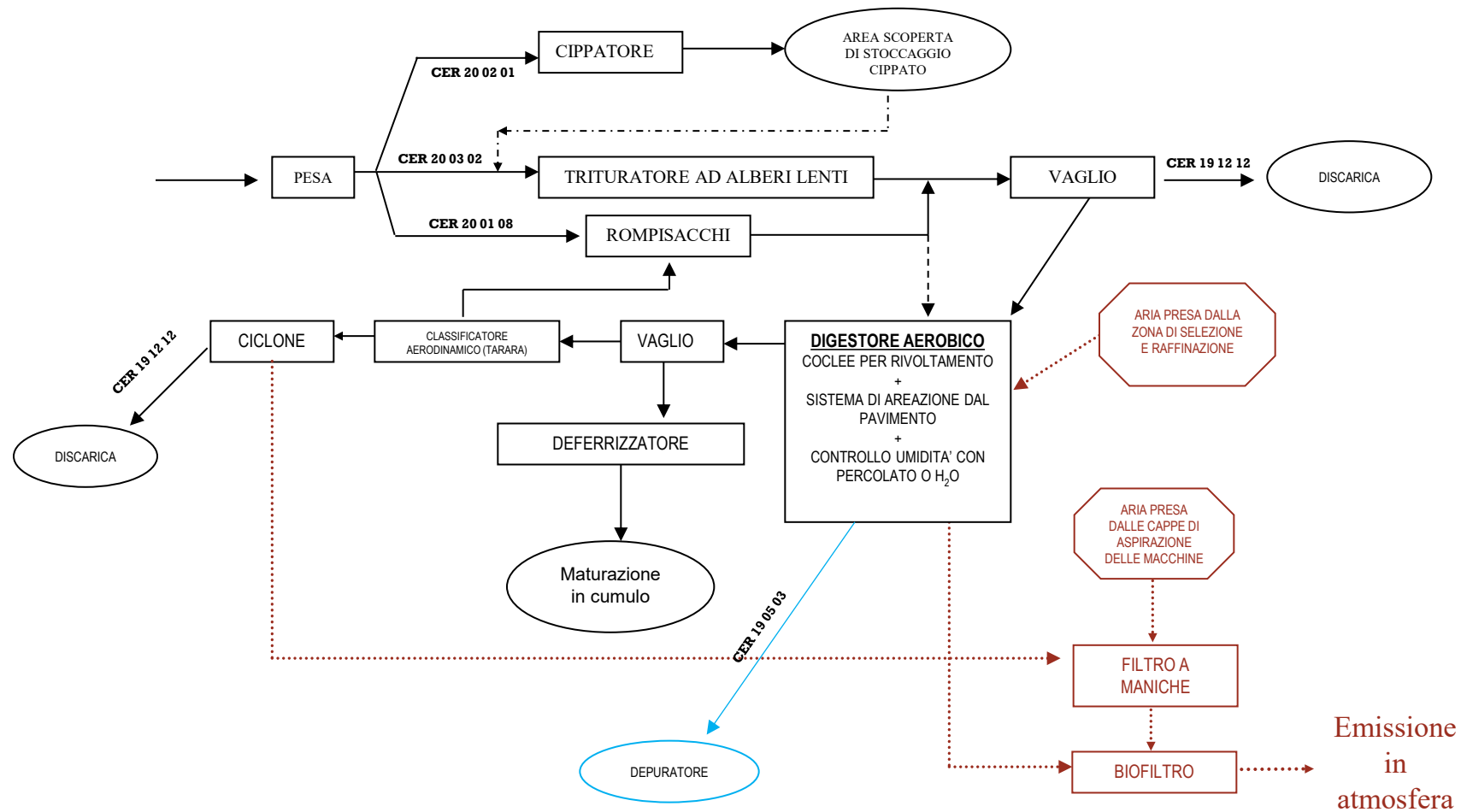
SISTEMI A CORSIE DINAMICHE



BIOCELLA DINAMICA



SCHEMA TIPO DI UN IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO CON I PRESIDI AMBIENTALI



I SISTEMI DI CONTROLLO DELLE EMISSIONI

- Deodorizzazione: tutta l'aria entrata in contatto con i rifiuti viene convogliata al biofiltro
- Contenimento delle polveri: cappe di aspirazione sui macchinari e filtro a maniche
- Gestione percolati:
 - Impermeabilizzazione di tutte le superfici dell'impianto
 - Sistema di drenaggio nella zona di ricezione e nel digestore con ricircolo dei percolati raccolti



UTILIZZO DEL COMPOST IN AGRICOLTURA

- Miglioramento struttura terreni sfruttati
 - Maggiore ritenzione idrica
 - Riduzione della formazione della crosta superficiale
 - Riduzione del compattamento
- Miglioramento attività biologica del suolo
 - Aumento competizione microbica
- Dosaggio di elementi nutritivi (N, P, K), microelementi e metalli
- CARBON SINK

Superficie	10000	m ²
Spessore strato lavorato	0,3	m
Densità terreno	1,2	t/m ³
Quantità di suolo	3600	t/ha

Quantità sostanza organica	2%	s.s.
	72000	kg/ha

Coefficiente di mineralizzazione	2%	Suolo franco e ricco di scheletro
----------------------------------	----	-----------------------------------

Quantità di humus mineralizzato	1440	kg/ha
---------------------------------	------	-------

Sostanza organica nel compost	40%
Coefficiente isoumico del compost	20%
Umidità del compost	25%

Necessità teorica di compost per il reintegro della sostanza organica mineralizzata	72,0	tonn/ha
Compost spandibile annualmente a parziale sostituzione del concime di sintesi (30% del teorico)	21,6	tonn/ha

Superficie agricola arabile italiana	10.000.000	ha
Compost spandibile annualmente	216.000.000	tonn/ha
Rendimento impianto compostaggio	30%	della FOU entrante
FOU trattabile potenziale	720.000.000	tonn/anno

FOU intercettabile potenziale	100	kg/ab*anno
Abitanti	60.000.000	
FOU intercettabile potenziale	6.000.000	tonn/anno
FOU intreccettabile/ FOU trattabile	0,8%	

LA RICHIESTA DI COMPOST

NUOVI SVILUPPI IMPIANTI INTEGRATI CON PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FOTOVOLTAICO



LA SICUREZZA DEGLI OPERATORI NELLA GESTIONE DEGLI IMPIANTI DI BIO-OSSIDAZIONE

INAIL

**La sicurezza per gli operatori
degli impianti di trattamento
e di stoccaggio
dei Rifiuti Solidi Urbani**



RISCHI E PREVENZIONE

Questa pubblicazione è stata realizzata dalla Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (CONTARP) dell'INAIL

Autori:

P. FIORETTI¹
L. FRUSTERI¹
A. GUERCIO¹
B. PRINCIPE²
P. SANTUCCIU²
N. TODARO¹

Supporto per la comunicazione: A. Schneider Graziosi¹, A. Terracina¹, D. Velardi¹

Disegni: N. Todaro¹

Foto: P. Fioretti¹, F. Cavarani³, A. Carai³, M. De Rossi³

¹ INAIL Direzione Generale, CONTARP

² INAIL Direzione Regionale Lombardia, CONTARP

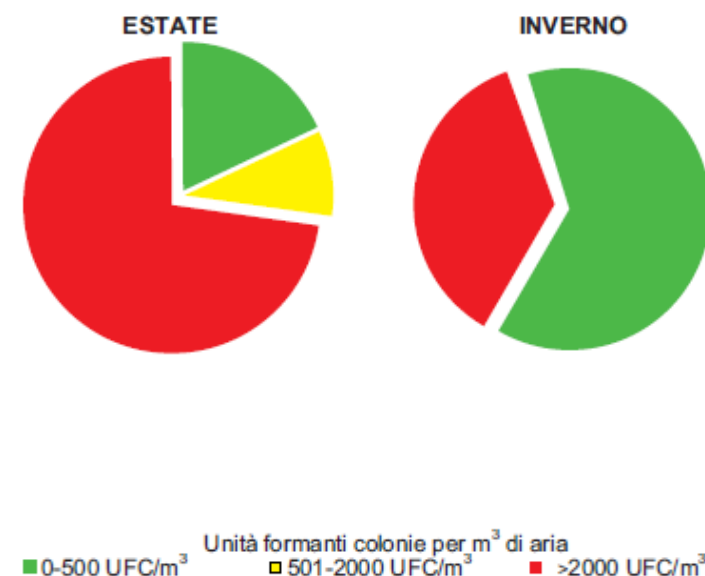
³ Laboratorio di Igiene Industriale della ASL di Viterbo

Ambiente di lavoro	Attività
Sale comandi ed uffici	- registrazione automezzi in ingresso; - ricevimento e pesatura dei rifiuti; - supervisione e controllo; - attività amministrativa.
Ricezione Raccolta Triturazione	- apertura automatica dei portoni della zona di scarico; - scarico dei rifiuti dai mezzi di trasporto in vasche interrate o in cumuli; - chiusura dei portoni; - alimentazione dei rifiuti nella tramoggia del trituratore; - stoccaggio temporaneo del rifiuto triturato; - separazione della frazione organica dalla frazione secca (carta, plastica), dei metalli e dell'alluminio (eventuale); - interventi di manutenzione.
Vasca di bio-essiccazione	- movimentazione del rifiuto triturato; - interventi di manutenzione; - captazione e trattamento deodorizzante aria di processo.
Raffinazione e invio CDR	- vagliatura del prodotto bioessiccato (CDR); - separazione dei metalli e dell'alluminio (eventuale); - compattazione e imballaggio del CDR; - carico del CDR su camion per l'invio agli impianti di termovalorizzazione; - pulizia dell'area sottostante ai nastri di trasporto del prodotto bioessiccato raffinato.
In tutto l'impianto	- supervisione e controllo; - manutenzione: ▫ taglio erba nelle zone di stretta vicinanza alla proprietà; ▫ pulizia generale dell'impianto comprendente le strade interne; ▫ pulizia dei locali adibiti ad uso spogliatoio, sale comandi ed ufficio, svolta da personale esterno; ▫ interventi programmati sulle macchine per la movimentazione e sugli impianti di insufflaggio dell'aria e di depurazione delle emissioni in aria, svolti da ditte specializzate; piccoli interventi e operazioni di buona tenuta delle macchine, svolti direttamente dal personale interno.

Rischi professionali

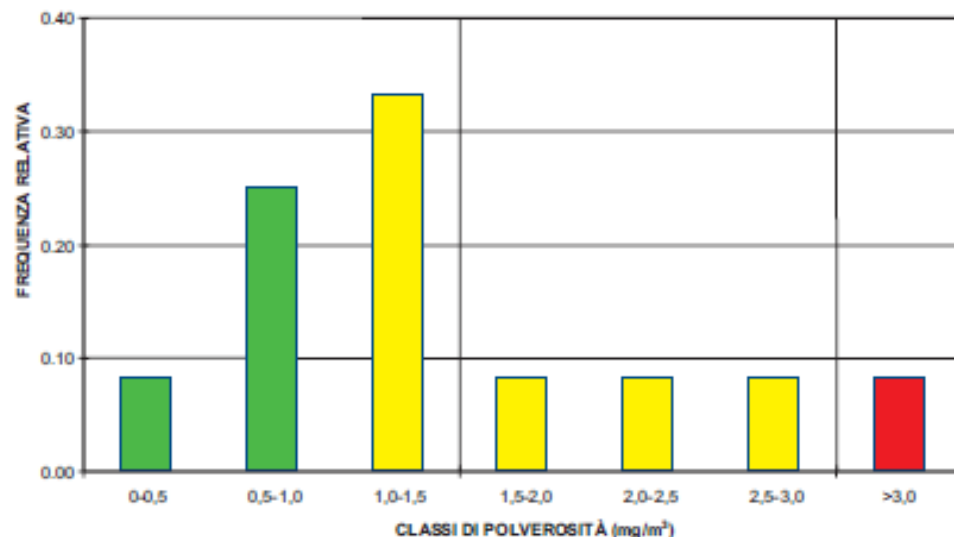
Sia negli impianti di trattamento di RSU sia in discarica, gli **agenti di rischio biologici** rendono critici tutti i luoghi analizzati, ivi compresi gli uffici, gli ambienti indoor dove non è prevista la compartimentazione e l'interno delle macchine operatrici, nei quali i livelli di contaminazione batterica e fungina sono spesso molto elevati ($>>2000 \text{ UFC}^*/\text{m}^3$).

Andamento stagionale della contaminazione batterica



Elevati livelli di **polverosità** e situazioni di rischio sono stati riscontrati in ambienti chiusi di ricezione, di selezione ed in prossimità dei nastri trasportatori, durante le operazioni di pulizia giornaliera; in ambienti aperti, sono stati riscontrati anche in aree vicine alle macchine operatrici.

CLASSI DI POLVEROSITÀ RILEVATE



La Frequenza relativa è il numero di misure appartenenti alla classe in esame (intervallo di concentrazioni) rispetto al numero di misure totali.

Dalla lettura del grafico delle classi di polverosità emerge che:

- i bassi valori di concentrazione sono prevalenti, in accordo con la tipica distribuzione di inquinanti aerodispersi in ambienti di lavoro;
- la maggior parte delle misure (il 70% circa) è localizzata al di sotto della metà del valore limite di esposizione (TLV-TWA = 3 mg/m³); di queste la metà delle misurazioni (33% del totale) si colloca a valori decisamente bassi (situazione verde);
- solo nell'8% dei casi (situazione rossa) è stato osservato il superamento del valore limite di esposizione.

Sono in ogni caso da tenere in considerazione i **rischi infortunistici** legati a possibili urti, abrasioni e contatti accidentali con materiale infetto ed, eventualmente amplificati da **interferenze**¹ tra lavoratori e fornitori di opera, servizi o materie e trasportatori di rifiuti. Tali rischi sono connessi sia alla circolazione di mezzi del fornitore all'interno degli impianti, con possibili conseguenze sul personale gestore degli impianti, sia al rischio biologico a cui sono esposti i lavoratori delle ditte terze, intrinseco a un qualsiasi impianto di trattamento rifiuti.

Sistemi di prevenzione

Sui punti di emissione di polvere o in corrispondenza della fuoriuscita dei gas di scarico degli automezzi sarebbe opportuno predisporre aspiratori localizzati, dimensionati secondo le esigenze.

Impianti di ventilazione in grado di captare l'aria in ingresso da posizione sicura, lontana da contaminazioni sono necessari in **locali chiusi** destinati allo stazionamento del personale (cabine di automezzi, sale controllo, uffici, spogliatoi, ...); in alternativa, i locali possono essere dotati di **sistemi di filtrazione**. In ogni caso, tali ambienti dovrebbero essere mantenuti in sovrappressione, per impedire l'infiltrazione di agenti nocivi.

I microrganismi possono essere trasportati in aria dalla polvere ed essere inalati, provocando nell'uomo infezioni e allergie

Sarebbe opportuno dotare i **bacini di ossidazione** di un **sistema di aspirazione** costante delle masse in biodegradazione per condurre quindi l'aria all'adeguato sistema di depurazione.

Negli **uffici di ricezione e pesa in discarica**, solitamente ubicati in gabbie prefabbricate, sarebbe preferibile mantenere **porte e finestre chiuse** per evitare l'entrata della polvere, potenzialmente contaminata da microrganismi trasportati dai mezzi con i rifiuti, oltreché dei gas di scarico dei mezzi stessi.

In generale, la compartimentazione degli ambienti ed il conseguente isolamento sono di fondamentale importanza per garantire la salubrità dell'aria.

E' raccomandabile situare gli **uffici amministrativi** o, comunque, destinati al personale non direttamente coinvolto nel processo, in **aree separate** e distanti dagli ambienti operativi.

Nell'area di ricezione degli impianti di trattamento, i rifiuti non devono rimanere accumulati in quantità superiore a quella strettamente necessaria per la lavorazione giornaliera ed, in ogni caso, per periodi di tempo che consentano la putrefazione.

I **nastri trasportatori** dovrebbero essere dotati, nei tratti di raccordo, di **dispositivi di captazione** di polveri e di **tunnel di segregazione** al fine di limitarne la dispersione.

L'installazione di nastri trasportatori opportunamente segregati, dove tecnicamente possibile, può limitare sia il rischio di intrappolamento o perdita di materiali sia il peggioramento dello stato di pulizia degli ambienti.

Mantenere in buone condizioni la pavimentazione degli ambienti di lavoro al chiuso evita l'accumulo e la diffusione di polvere, oltre a ridurre i rischi di scivolamento e di cadute.



Nastro trasportatore

Nei **bacini di ossidazione**, l'**automazione** delle operazioni di movimentazione dei rifiuti ed un **programma di manutenzione** dettagliato delle attrezzature, per evitare guasti imprevisti durante le normali operazioni, limitano il numero di accessi necessari in tali zone, riducendo i rischi di natura biologica, chimica e fisica (microclima).

Le sale controllo, climatizzate, dovrebbero essere mantenute separate dalle rispettive aree di lavorazione.

E' preferibile proteggere i sistemi di videosorveglianza dalla polvere e renderli accessibili senza rimuovere le coperture dei nastri trasportatori o delle macchine.

E' necessario stabilire, applicare e mantenere aggiornate procedure di accesso a luoghi di lavoro dove sia possibile il manifestarsi ed il permanere di **atmosfere pericolose**, in particolare per la presenza di gas, vapori o nebbie tossici o asfissianti. In tali casi, l'accesso deve essere permesso solo se:

- i lavoratori sono stati addestrati sui rischi specifici dell'ambiente;
- è stato verificato che non sussistano pericoli per la vita e per l'integrità fisica dei lavoratori;

- è stato effettuato il risanamento dell'atmosfera mediante ventilazione o altri mezzi idonei.

In ogni caso, i lavoratori devono essere legati con cintura di sicurezza, vigilati per tutta la durata del lavoro e forniti di apparecchi di protezione (autorespiratore).

Sicurezza degli impianti

Misure preventive generali convergono nell'automazione degli impianti e dei processi.

Nei settori di **impianto indoor**, controlli visivi continui dalla sala comandi, attraverso **telecamere a circuito chiuso**, consentono di seguire le operazioni di ricezione e di trattamento e di controllare l'intero processo, fino al conferimento del prodotto stabilizzato alla raffinazione, limitando l'intervento "manuale" degli operatori.

Il grado di automazione è più elevato negli impianti di trattamento che prevedono lo scarico dei rifiuti in ingresso all'interno di vasche interrate. In tal caso, infatti, la movimentazione del materiale verso il successivo trattamento non necessita della presenza di operatori, a differenza degli impianti in cui i rifiuti sono depositati in cumuli, necessariamente movimentati tramite pale meccaniche.

In generale, sono necessari:

- **sistemi di arresto** delle macchine in caso di conferimento non conforme di materiali;
- **tritutori a basso numero di giri** per ridurre la possibilità di formazione di scintille per attrito;
- **installazione di rilevatori di fumo**;
- **segnaletica di sicurezza** adeguata ai pericoli presenti e alle norme generali di prevenzione incendi.

E' necessario adottare **soluzioni tecnico-organizzative** per la **gestione della circolazione degli automezzi** sia esternamente sia internamente agli impianti (semafori, apertura delle porte



Operazioni di pulizia all'interno del trituttore

In tutti i casi, gli **interventi di manutenzione** devono essere **registrati e realizzati da personale esperto ed addestrato**, secondo schemi, regole e prescrizioni, chiare, diffuse e condivise a tutti i livelli.

L'esecuzione della **manutenzione** deve essere effettuata a **macchine ferme** o con **misure straordinarie** se gli impianti rimangono in funzione, soprattutto nelle situazioni in cui è necessario il coordinamento tra imprese diverse, o per attività contemporanee.

Il ripristino dell'alimentazione deve essere possibile solo in assenza di pericolo per i lavoratori interessati.

Precauzioni generali di sicurezza per gli interventi su macchine ed impianti sono:

- distacco della forza motrice elettrica;
- distacco dei gas/fluidi di servizio;
- deviazioni o chiusure flussi acqua;
- allerta distaccamento VVF interni/esterni;
- allerta impianti esterni e comunicazione alle autorità civili locali
- bonifica con gas inerti di condotte, recipienti, attrezzature, locali nei quali possano essere presenti vapori, gas o polveri suscettibili di incendio o di formare atmosfere esplosive.

In ogni caso **la manutenzione non può essere improvvisata** e necessita di precise **procedure operative** che indichino, anche nelle situazioni di emergenza, le mansioni specifiche, le modalità di esecuzione dell'intervento, i dispositivi di protezione individuale o collettiva da adottare, i controlli ed il personale in appoggio ed i mezzi di salvataggio da predisporre.

Particolare attenzione deve essere riservata agli impianti di captazione e trattamento del biogas e del percolato.

Sistemi di protezione

L'adozione di **sistemi di protezione collettiva**, come le aree di rispetto attorno alle macchine in funzione, vie delimitate per il transito dei mezzi, adeguate distanze di sicurezza dalle torce, i microinterruttori di sicurezza, le segnalazioni acustiche e luminose di avvertimento **possono evitare infortuni gravi o mortali**. Efficaci

sistemi di controllo e sicurezza sono fondamentali soprattutto durante le fasi di pulizia e manutenzione, dove l'automazione, ormai attuata nella maggior parte degli impianti di nuova concezione, viene meno ed interviene manualmente l'operatore.

È la sensibilizzazione alla tutela della salute e sicurezza che impedisce che tali sistemi siano resi inefficaci, manomessi o evitati.

DPI idonei, ben mantenuti, sull'uso dei quali i **lavoratori** devono essere **informati e formati**, ovvero addestrati come previsto per gli autorespiratori, **aumentano il livello di sicurezza** in tutti i reparti e, principalmente, nello svolgimento di operazioni di pulizia e manutenzione. L'idoneità ed un attento controllo circa l'impiego dei DPI sono fondamentali al fine di proteggere gli operatori dal rischio biologico e dagli infortuni da taglio o puntura con oggetti infetti.

D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81
Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
TITOLO III – Uso delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale
CAPO II – Uso dei dispositivi di protezione individuale

INCENDI ED ESPLOSIONI

La **fornitura individuale** per ogni operatore deve comprendere al minimo:

- facciale filtrante FFP1 per la polvere (a perdere);
- calzature antinfortunistica con suola antiscivolo e puntale rinforzato;
- tuta in tessuto non tessuto (a perdere);
- guanti antitaglio;
- cuffie o tappi auricolari;
- elmetto;
- occhiali paraschizzi o visiera;
- cintura di trattenuta in caso di lavori, anche di manutenzione, effettuati in quota;
- autorespiratore, per gli interventi in aree fortemente contaminate o con basso tenore di ossigeno e alta concentrazione di altri gas (bacino di bioessiccazione).



DPI per i rischi biologici

Nella seguente specifica sezione, contenente una serie di schede già descritte nel Capitolo 3, sono state raccolte le informazioni relative ai **sistemi di prevenzione e protezione** che possono essere adottati per ridurre i rischi individuati nelle aree di lavorazione degli impianti analizzati.

Materiali infiammabili e esplosivi

POLVERI DI CDR SECCHIE

GAS DA DIGESTIONE MICROBIOLOGICA

MATERIALI COMBUSTIBILI NEI RIFIUTI

Fonti di ignizione

SCARICHE ELETTROSTATICHE

PARTI CALDE DI MACCHINE
O APPARECCHIATURE

IMPIANTI ELETTRICI



Effetti dannosi

USTIONI

INTOSSICAZIONI DA FUMO

Aree critiche negli impianti di trattamento

SALA SELEZIONE

VASCA DI RACCOLTA

TRITURATORE

VASCA DI BIOESSICCAZIONE

RAFFINAZIONE



Aree critiche in discarica

AREA ATTIVA DISCARICA

SISTEMA DI COLLETTAMENTO
E RECUPERO ENERGETICO
DEL BIOGAS

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Andrea Eleuteri

