

2023-2028



ADDENDUM AL

5° aggiornamento Piano provinciale di gestione dei rifiuti - Stralcio rifiuti urbani

APPA



PROVINCIA
AUTONOMA
DI TRENTO

TRENTINO



ADDENDUM AL

5° aggiornamento Piano provinciale di gestione dei rifiuti - Stralcio rifiuti urbani



*In copertina
compattatore su Valle dell'Adige
- foto archivio APPA*

Coordinamento generale
Gabriele Rampanelli
Settore Autorizzazioni e controlli

Redazione a cura di
Chiara Lo Cicero
U.O. rifiuti e bonifica dei siti
inquinati

Osservatorio rifiuti
Marianna Marconi
U.O. rifiuti e bonifica siti inquinati
Claudio Zatelli
Agenzia per la depurazione
Servizio gestione degli impianti

Collaborazione esterna di
UNITN
Dipartimento di Ingegneria Civile
Ambientale e Meccanica
FBK
Centro Sustainable Energy

ADDENDUM

Parte Prima: valutazione degli scenari

Indice generale

1. PREMESSA.....	3
2. LA PRODUZIONE DEI RIFIUTI URBANI.....	4
2.1 La produzione dei rifiuti urbani nel 2021.....	4
3. La gestione dei rifiuti urbani.....	7
3.1 La gestione del rifiuto urbano residuo nel 2021-2022.....	7
L’esperienza della Comunità dell’Alto Garda e Ledro: il passaggio al sistema porta a porta....	9
3.2 La futura gestione dei rifiuti urbani nel 2023.....	10
4. DATI DI PARTENZA PER VALUTAZIONE SCENARI.....	12
4.1 Vincoli normativi.....	12
Precisazioni sull’impianto di trattamento meccanico biologico (TMB).....	12
4.2 Dati ipotizzati di produzione e di costo di gestione dei rifiuti.....	17
4.3 Approfondimenti tecnici ed economici sulle tecnologie di conversione energetica dei rifiuti	20
Combustione.....	20
Impianti di combustione in Italia.....	24
Coincenerimento dei rifiuti.....	34
Gassificazione.....	34
Gassificazione con cogenerazione.....	39
Gassificazione con produzione di Metanolo.....	40
Gassificazione con produzione di Dimetil etere.....	41
Gassificazione con produzione di Etanolo.....	43
Gassificazione con produzione di Idrogeno.....	44
4.4 Tecnologie al plasma.....	44

4.5 Confronto tecnico ed economico tra le diverse tecnologie.....	45
5. Scenari di gestione che non prevedono l’impianto termico locale.....	53
5.0 Scenario 0 (situazione 2023).....	53
5.1 Scenario 1 (Rifiuto indifferenziato all’impianto TMB).....	58
5.2 Scenario 2 (Rifiuto indifferenziato all’impianto TMB con massimizzazione RD).....	61
5.3 Altri scenari analizzati.....	69
5.4 Confronto degli scenari senza impianto termico locale.....	71
6 Scenari di gestione che prevedono l’impianto termico locale.....	72
6.1 Scenario 3.1 (produzione rifiuto: dati 2023).....	72
6.2 Scenario 3.2 massimizzazione RD (senza raccolta dei tessili sanitari).....	77
6.3 Scenario 3.3 Raggiungimento obiettivi di Piano.....	80
6.4 Confronto degli scenari con impianto termico locale.....	86
6.5 Confronto di tutti gli scenari con e senza impianto termico locale.....	87
7 Conclusioni e scelta dello scenario.....	88
7.1 Localizzazione dell’impianto.....	90
7.2 La tecnologia dell’impianto.....	90
7.3 Il dimensionamento dell’impianto.....	90
7.4 Impatto sanitario dell’impianto.....	91
7.5 Impatto economico ed energetico dell’impianto.....	92
8. Azioni per la gestione dei rifiuti organici in funzione della fauna selvatica.....	94
9. Approvazione Regolamento centri di raccolta, Regolamento tariffario e Riciclabolario.....	98

1. **PREMESSA**

Con deliberazione n. 1506 di data 26 agosto 2022, la Giunta Provinciale ha approvato il Piano provinciale di gestione dei rifiuti - Stralcio per la gestione dei rifiuti urbani – Quinto aggiornamento (di seguito 5° aggiornamento).

Questo documento, dopo aver analizzato la gestione dei rifiuti fino al 2019, ha evidenziato le principali criticità e le necessità di adeguamento alle ultime direttive europee e alla recente normativa nazionale. Ha individuato nuove azioni e interventi da attuare nella gestione dei rifiuti urbani introducendo indicatori specifici per monitorare l'attuazione degli obiettivi pianificatori.

In particolare, dalla trattazione dell'obiettivo 5 "Individuare il sistema impiantistico per il trattamento dei rifiuti", riportato nel capitolo 3 del citato Piano, ne è scaturita la seguente azione 5.3:

“5.3 entro il 31 dicembre 2022 è necessario che la Giunta provinciale individui lo scenario di Piano più idoneo al fine di garantire le azioni precedenti ed il trattamento finale dei rifiuti. Gli aspetti che dovranno essere approfonditi a supporto di tale decisione riguarderanno anche i seguenti punti:

- 1) individuare la localizzazione impianto: il piano apre a diversi scenari, ma non indica quale sia il Comune amministrativo che dovrà ospitare l'impianto;*
- 2) stimare l'impatto economico, ambientale, sanitario, energetico, viabilistico sul territorio che ospiterà l'impianto e introdurre congrue forme di ristoro;*
- 3) indicare l'adeguato-ottimale dimensionamento dell'impianto di smaltimento in base al fabbisogno del territorio trentino con le possibili conseguenze in caso di sovrastima (necessità di reperire conferimento di rifiuti da trattare dall'esterno etc.);*
- 4) approfondire le conseguenze dello scenario alternativo alla realizzazione dell'impianto, in termini di accordi-convenzione (es. Provincia di Bolzano) o affidamento di servizi tramite appalto a impianti-discariche extra provincia e relativi effetti sulla tariffa di conferimento in discarica e, di conseguenza, sulla tariffa da riversare sull'utente finale;*
- 5) chiarire il futuro della convenzione con Bolzano, cui attualmente sono conferiti 13.000 Ton/anno a un costo ancora molto appetibile (111 €/Ton);*
- 6) delineare nel dettaglio gli scenari e i relativi impatti economici sul territorio in fase transitoria, di gestione intermedia: in che tempi sarà realizzato ed attivo il catino nord di Ischia Podetti, per quanti anni e quale quantità di rifiuto potrà ospitare; quali e quante aree di stoccaggio dovranno essere predisposte in attesa che venga realizzato l'impianto oppure che siano affidati/conferiti all'esterno i rifiuti e quali costi, di conseguenza, si profilano”.*

Questo documento costituisce appunto quanto previsto dal Piano, con una trattazione specifica degli scenari proposti nel 5° aggiornamento.

Per la sua redazione l'APPA si è avvalsa della collaborazione della Fondazione Bruno Kessler (FBK) e dell'Università di Trento. I loro contributi sono stati riportati, rispettivamente, nel capitolo 4.3 del presente documento e nel rapporto ambientale di VAS.

2. LA PRODUZIONE DEI RIFIUTI URBANI

2.1 La produzione dei rifiuti urbani nel 2021

Come riportato nello “Aggiornamento 2022 del capitolo rifiuti del rapporto sullo stato dell’ambiente del Trentino”, a cura dell’Agenzia provinciale per la protezione dell’ambiente (APPA) con dati dell’osservatorio rifiuti dell’Agenzia per la depurazione (ADEP), rispetto ai dati del 2019 riportati nel 5° aggiornamento del Piano di settore, i dati del 2021 registrano un calo della produzione di rifiuto residuo non differenziato (66.943 ton nel 2021 contro le 69.965 ton del 2019) – costituito da ingombranti (7.716 ton), spazzamento stradale (10.690 ton) e residuo (48.537 ton) - ed un leggero aumento della raccolta differenziata (213.530 ton nel 2021 contro le 213.496 ton del 2019).

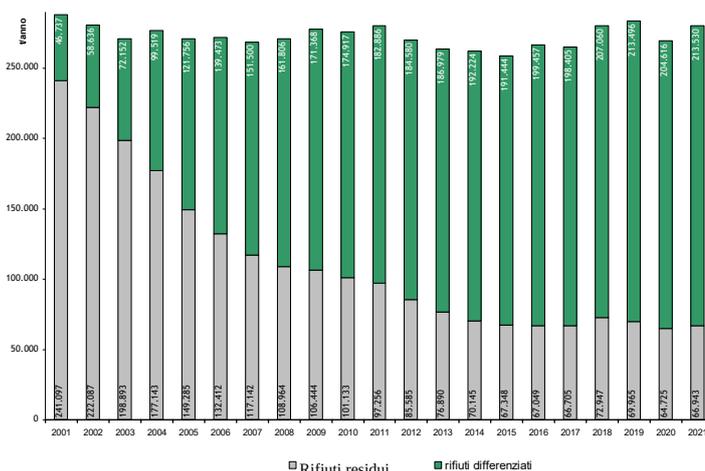
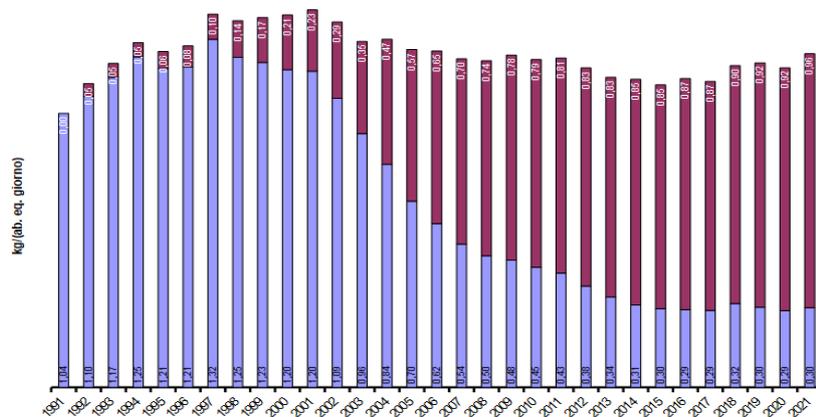


Grafico 1: Produzione di rifiuti urbani in Trentino (2011-2021)
[Fonte: ADEP - Servizio gestione degli impianti]

Il totale dei rifiuti urbani prodotti risulta pari a 280.473 ton nel 2021, in calo rispetto alle 283.461 ton del 2019, ma in ripresa rispetto alle 269.341 ton del 2020 (valori condizionati dall’emergenza sanitaria).

La motivazione di tali dati risiede nella parziale ripresa di tutte le attività economiche presenti prima dell’emergenza sanitaria, anche se molti esercizi commerciali e di ristorazione, non risultano oggi essere stati più riaperti.



Rapportando i rifiuti prodotti con gli abitanti equivalenti si nota un aumento della produzione pro-capite nel 2021 (1,26 kg/ab eq*giorno o 460,9 kg/ab eq*anno per 608.598 abitanti equivalenti) rispetto al 2019 (1,23 kg/ab eq*giorno o 448,1 kg/ab eq*anno per 632.546 abitanti equivalenti) e ancor di più rispetto al 2020.

Grafico 2: Produzione pro-capite in Trentino (2011-2021)

giornaliera di raccolta differenziata e rifiuti residui
[Fonte: ADEP - Servizio gestione degli impianti] –

Come si vede dal grafico, la produzione pro-capite del rifiuto residuo è rimasta pressoché invariata dal 2014 (0,30 kg/ab eq*giorno), mentre è aumentata la raccolta differenziata pro-capite nell'ultimo anno raggiungendo il valore di 0,96 kg/ab eq*giorno.

Secondo i dati registrati nel 2021 è aumentata infatti la percentuale di raccolta differenziata media provinciale, raggiungendo il 79,1%.

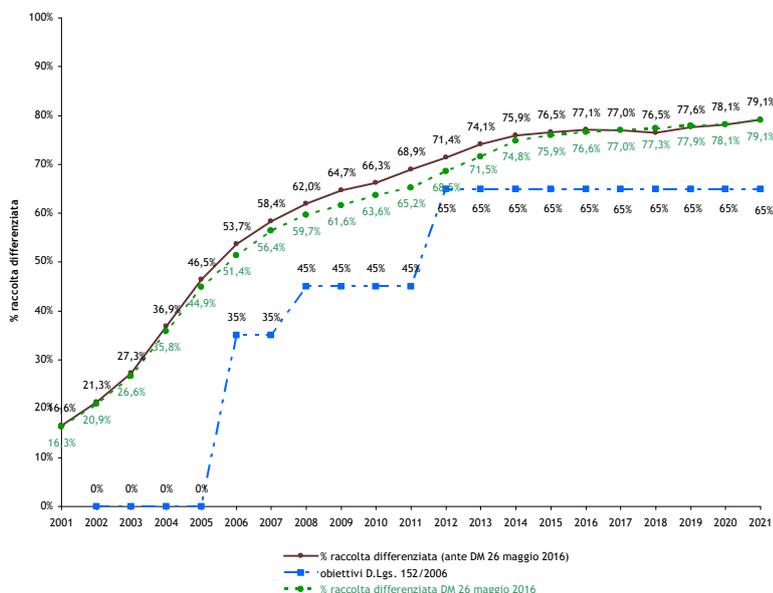


Grafico 3: Andamento raccolta differenziata di rifiuti urbani in Trentino (2011-2021) [Fonte: ADEP - Servizio gestione degli impianti]

Considerando i dati pro-capite per bacino del 2021 si nota chiaramente come la Comunità dell'Alto Garda e Ledro produce ancora il maggior quantitativo di rifiuto residuo pro-capite (0,53 kg/ab eq*giorno) anche se in leggera riduzione rispetto allo stesso dato del 2019 (0,55 kg/ab eq*giorno), seguito dalla Vallagarina e Val di Fassa. Il minor quantitativo di rifiuto residuo è prodotto nella Piana Rotaliana, Cembra, valle dei laghi e Paganella con 0,20 kg/ab eq*giorno (nel 2019 0,19 kg/ab eq*giorno), seguito dalla Val di Non e Val di Sole (0,24 kg/ab eq*giorno).

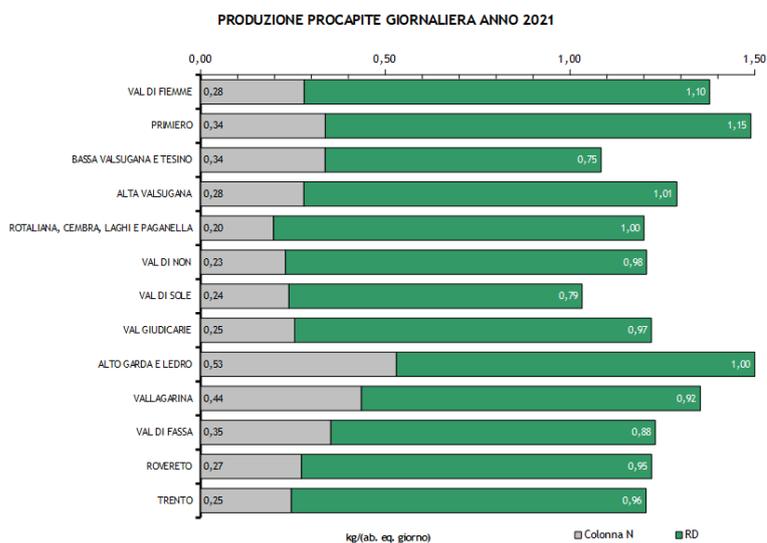
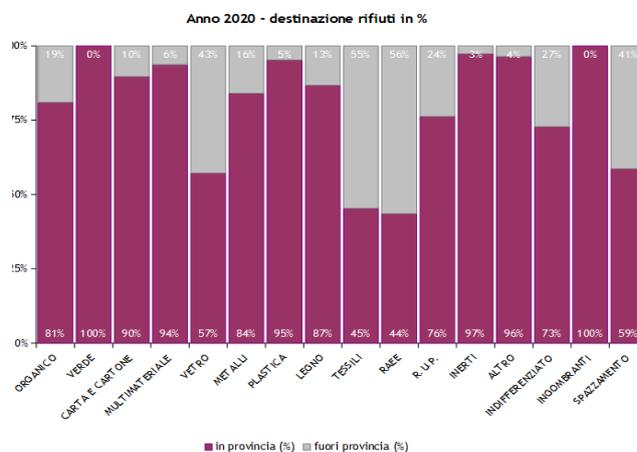
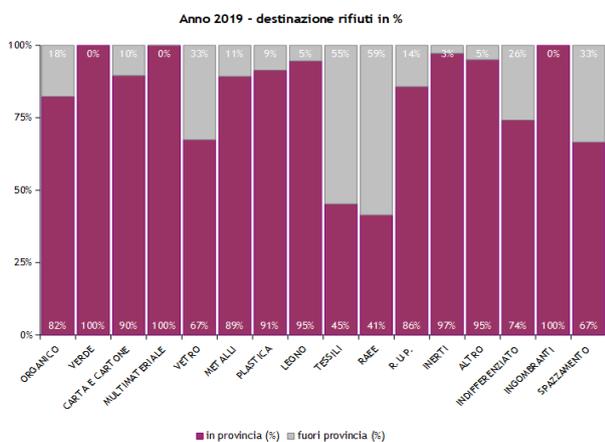
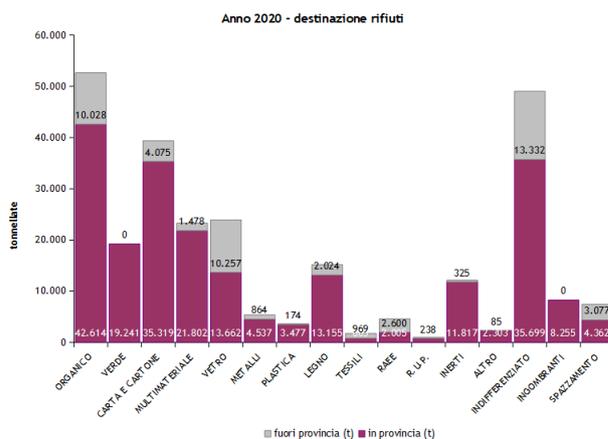
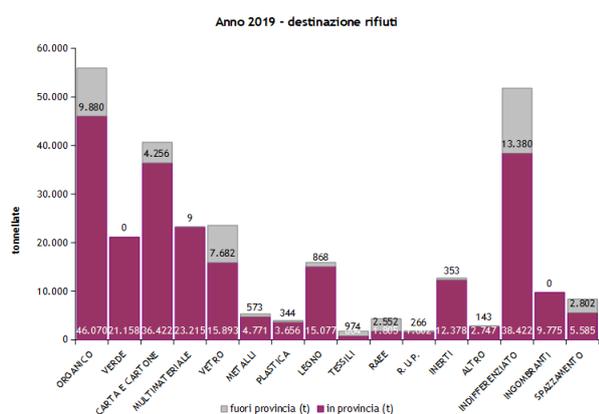


Grafico 4: Produzione pro-capite giornaliera di raccolta differenziata e rifiuti residui per ogni bacino del Trentino (2021) [Fonte: ADEP - Servizio gestione degli impianti]

La raccolta differenziata maggiore si registra nel Primiero (1,15 kg/ab eq*giorno), seguito dalla Val di Fiemme (1,10 kg/ab eq*giorno).

Come chiarito nel 5° aggiornamento, l'attuale metodo nazionale per il calcolo della percentuale di raccolta differenziata, previsto dal DM 26/05/2016, non tiene conto degli scarti (classificati principalmente con EER 191212) presenti nel rifiuto differenziato e oggi smaltiti dal gestore dell'impianto di selezione.

Per avere una stima di tali rifiuti, in mancanza di altri indicatori, è quindi necessario calcolare gli scarti dei singoli impianti di selezione. Questa ricerca non è semplice in quanto molti rifiuti vengono gestiti fuori provincia, come si rileva dai grafici successivi, perdendo il relativo dato.



Grafici 5-8: Destinazione delle singole raccolte di rifiuto in tonnellate ed in percentuale- anni 2019 e 2020 [Fonte: ADEP - Servizio gestione degli impianti]

Da un controllo sui dati MUD degli impianti di stoccaggio/selezione dei rifiuti urbani presenti sul territorio provinciale è risultato per il 2019 un quantitativo di scarti di 21.932,60 ton (pari al 10,73% dell'intera raccolta differenziata, ma più correttamente, pari al 23,52% della quota parte della raccolta differenziata avviata ad impianti di selezione).

Oggi, a causa della chiusura delle discariche provinciali di rifiuti non pericolosi e della mancanza di impianti di trattamento, questi scarti vengono trattati in impianti di recupero fuori provincia.

3. La gestione dei rifiuti urbani

I rifiuti urbani si possono suddividere in: rifiuti raccolti in maniera differenziata (RD) e rifiuto residuo.

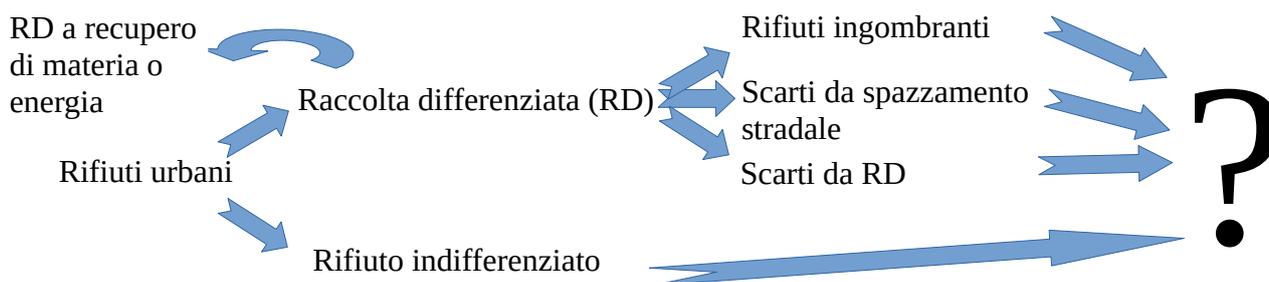
I primi vengono intercettati dai diversi sistemi di raccolta definiti dai singoli gestori e vengono trattati presso impianti di stoccaggio/selezione e trattamento finale al fine del recupero di materia. Di questi rifiuti, ai fini del presente documento e dunque della quantificazione dei rifiuti da sottoporre a recupero energetico, sono da considerare:

- gli scarti o le frazioni estranee di tutti gli altri flussi di raccolta differenziata, selezionati nei vari impianti di selezione o trattamento.

Tutto quello che non viene raccolto in maniera differenziata è il rifiuto residuo, costituito da:

- rifiuto indifferenziato;
- rifiuti ingombranti, che per quanto raccolti in maniera specifica, vengono oggi principalmente smaltiti in discarica o sottoposti a recupero energetico;
- rifiuti da spazzamento stradale, costituiti da tutti quei rifiuti intercettati tramite il servizio pubblico di pulizia strade (effettuato in autonomia dai Comuni o dai gestori della raccolta oltre che dal Servizio provinciale competente per le strade provinciali). Di questi, la maggior parte è costituita da ghiaino che viene recuperato in impianti dedicati, mentre circa il 12,3% è costituito da rifiuti vari quali foglie, terra e rifiuti vari.

Come riportato nel 5° aggiornamento, i rifiuti sopra elencati (indifferenziato, ingombranti, scarto dello spazzamento stradale e scarto della RD) in passato sono stati principalmente smaltiti in discarica. Con la chiusura delle discariche provinciali e le recenti modifiche normative - che promuovono la gerarchia dei rifiuti e limitano lo smaltimento in discarica dei rifiuti urbani al 10%, o a una percentuale inferiore, del totale in peso dei rifiuti urbani prodotti, entro il 2035 (art. 4, comma 4-ter del D.Lgs. n. 36/2003 e s.m.) - è necessario trovare destini alternativi allo smaltimento definitivo in discarica.



3.1 La gestione del rifiuto urbano residuo nel 2021-2022

Il 22 settembre 2021 è giunto ad esaurimento il 4° lotto della discarica Ischia Podetti di Trento. I conferimenti sono proseguiti tramite Ordinanza del Presidente della Provincia prot n. 646334 di data 20 settembre 2021 con la quale sono state autorizzate operazioni di stoccaggio (deposito preliminare o messa in riserva) nel futuro catino nord della discarica sita a Ischia Podetti, in

previsione del loro trasferimento in impianti esterni o del loro conferimento nelle discariche provinciali di Dimaro-Monclassico e di Imer.

Con successiva deliberazione della Giunta Provinciale n. 1729 del 18.10.2021, e successive modifiche, sono stati riattivati i conferimenti presso le discariche di Dimaro-Monclassico (conferimento ripresi il giorno 11/11/2021) e di Imer (conferimento ripresi il giorno 15/11/2021) che si sono conclusi rispettivamente il 31 ottobre 2022 (per un totale di circa 25.000 ton) e il 30 giugno 2022 (per un totale di circa 7.200 ton).

Come riportato nel 5° aggiornamento, ci troviamo adesso nella situazione transitoria in cui non è più presente alcuna discarica attiva nel territorio provinciale né alcun impianto di chiusura del ciclo del rifiuto residuo. Pertanto si deve esportare fuori provincia tutto il rifiuto prodotto.

22/09/2021	23/09/2021	11/11/2021	15/11/2021	30/06/2022	31/10/2022	Oggi
Conferimenti in discarica IP	Conferimenti presso piazzale nord IP con ordinanza per trasporto successivo a destino					
	Conferimenti in discarica Dimaro - Monclassico					Esportazione totale fuori provincia
	Conferimenti in discarica Imer					

Per ottimizzare i carichi e per coordinare l'esportazione dei rifiuti, oggi vengono utilizzati due siti di stoccaggio:

1. il piazzale del c.d. "catino nord" di Ischia Podetti (Comune di Trento), da liberare quanto prima per consentire l'avvio del cantiere di realizzazione del nuovo bacino di discarica;
2. un'area di stoccaggio provvisorio presso il piazzale sommitale del lotto 1 della discarica Lavini di Rovereto, autorizzata per 5.500 mc imballati.

I destini finali, individuati tramite gare pubbliche (oltre all'impianto di termovalorizzazione di Bolzano), sono stati i seguenti:

Rifiuto indifferenziato (EER 200301)	Anno 2022
REA Dalmine SpA (BG)	12.000,00 ton
Intermediario CSS	8.000,00 ton
Termovalorizzatore BZ	13.000,00 ton
Discarica Dimaro-Monclassico	13.757,40 ton
Discarica Imer	3.818,91 ton
Stoccaggi RU a Rovereto e Ischia Podetti	3.500,00 ton
TOT rifiuto indifferenziato	54.076,31 ton
Rifiuto ingombrante (EER 200307)	Anno 2022
SNUA Srl - Aviano	466,46 ton
Nekta Ambiente Srl	346,78 ton
Discarica Dimaro-Monclassico	3940,00 ton
Discarica Imer	335,00 ton
Stoccaggi RU a Rovereto e Ischia Podetti	600,00 ton
TOT rifiuto ingombrante	5.688,24 ton

L'esperienza della Comunità dell'Alto Garda e Ledro: il passaggio al sistema porta a porta

Restando nella gestione dei rifiuti degli ultimi due anni, si riportano di seguito i recenti risultati del bacino dell'Alto Garda e Ledro, che dal 2021 ha iniziato il passaggio dalla raccolta stradale al sistema porta a porta e/o stradale con accesso controllato, si riporta di seguito una sintesi dei risultati raggiunti in detto bacino.

La Comunità Alto Garda e Ledro ha utilizzato risorse proprie per l'implementazione di:

- un sistema di raccolta porta a porta integrale per i Comuni di Arco, Dro, Riva del Garda e Tenno;
- sistema stradale ad accesso controllato per le sole utenze domestiche dei Comuni di Ledro, Nago-Torbole e Drena. Le utenze non domestiche (i.e. imprese) sono tutte servite con il sistema porta a porta.

Tale sistema risulta un primo passo verso l'applicazione della tariffa puntuale, qualora il gestore della raccolta decidesse di attivarla. Si osserva che assieme alla raccolta porta a porta, di cui è il naturale completamento, la tariffazione puntuale è lo strumento che meglio di tutti consente di raggiungere i risultati ottimali di raccolta differenziata, di riduzione dei rifiuti e di limitazione dei costi di gestione, come peraltro sottolineato anche nell'ultimo rapporto sui rifiuti urbani 2022 di ISPRA.

Prendendo a riferimento Dro, in quanto primo Comune partito con il nuovo sistema, si riportano di seguito gli investimenti effettuati:

Investimenti effettuati per il Comune di Dro:

1. esecuzione dei lavori per tre isole seminterrate multi materiale composta da cinque elementi di raccolta con accesso controllato con badge,
2. acquisto e installazione di 15 sistemi di rilevamento elettronici su cassonetti condominiali da 1,100 l (EMZ) e acquisto e installazione di 15 sistemi elettronici tipo Colombo con riconoscimento della mastella domestica della frazione secca, per un totale di circa 15 condomini serviti,
3. acquisto e distribuzione dotazioni per utenze domestiche e non domestiche

Appalto servizio affidato a fine 2021, con avvio per step:

- entro aprile 2022 per tutte le utenze non domestiche;
- entro maggio 2022 per i Comuni di Ledro, Tenno, Nago Torbole e Drena oltre a Dro che è partito in sperimentazione a marzo 2021;
- entro gennaio/febbraio 2023 per le utenze domestiche dei Comuni di Arco e Riva del Garda

Di seguito i dati principali dei primi 10 mesi (gennaio-ottobre) del 2022:

ARCO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022
	RECUPERO	520.805	572.919	713.674	567.555	597.881	602.415	564.934	622.661	597.482	566.332	0	0	5.926.660
	SMALTIMENTO	153.100	145.870	174.520	182.080	190.140	174.020	184.360	201.680	167.460	172.010	0	0	1.745.240
	%RD	77,3%	79,7%	80,4%	75,7%	75,9%	77,6%	75,4%	75,5%	78,1%	76,7%			77,3%

DRENA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022
	RECUPERO	14.420	8.890	13.530	37.280	21.650	24.780	20.560	34.520	29.520	21.490	0	0	226.640
	SMALTIMENTO	1.940	2.210	2.240	3.620	3.040	4.150	4.180	5.190	2.900	5.290	0	0	34.760
	%RD	88,1%	80,1%	85,8%	91,1%	87,7%	85,7%	83,1%	86,9%	91,1%	80,2%			86,7%

DRO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022
	RECUPERO	139.740	225.881	288.961	204.900	207.216	192.250	181.229	204.404	176.512	192.676	0	0	2.013.770
	SMALTIMENTO	32.900	23.680	24.860	26.710	34.260	25.650	35.460	31.440	34.250	27.090	0	0	296.300
	%RD	80,9%	90,5%	92,1%	88,5%	85,8%	88,2%	83,6%	86,7%	83,7%	87,7%			87,2%

LEDRO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022
	RECUPERO	130.680	122.880	185.471	201.501	235.100	264.269	271.134	343.548	224.025	164.919	0	0	2.143.527
	SMALTIMENTO	85.840	73.160	89.420	104.750	119.320	92.000	86.740	99.380	75.300	56.660	0	0	882.570
	%RD	60,4%	62,7%	67,5%	65,8%	66,3%	74,2%	75,8%	77,6%	74,8%	74,4%			70,8%

NAGO-TORBOLE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022
	RECUPERO	93.494	127.785	206.991	441.533	314.378	266.260	239.694	319.160	214.416	162.630	0	0	2.386.342
	SMALTIMENTO	45.010	47.350	62.480	99.280	105.850	109.640	125.560	137.480	107.490	75.870	0	0	916.010
	%RD	67,5%	73,0%	76,8%	81,6%	74,8%	70,8%	65,6%	69,9%	66,6%	68,2%			73,2%

RIVA DEL GARDA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022
	RECUPERO	506.584	522.642	676.455	575.730	648.592	724.339	726.669	818.080	662.717	610.701	0	0	6.472.509
	SMALTIMENTO	287.560	246.970	294.140	357.170	402.350	402.740	409.530	469.910	382.080	347.700	0	0	3.600.150
	%RD	63,8%	67,9%	69,7%	61,7%	61,7%	64,3%	64,0%	63,5%	63,4%	63,7%			64,3%

TENNO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022
	RECUPERO	42.644	45.301	69.920	46.574	50.928	55.548	61.809	71.953	68.045	49.062	0	0	561.783
	SMALTIMENTO	28.860	25.440	31.220	29.470	34.260	17.000	15.000	24.440	14.480	11.980	0	0	232.150
	%RD	59,6%	64,0%	69,1%	61,2%	59,8%	76,6%	80,5%	74,6%	82,5%	80,4%			70,8%

Dalla tabella si evidenziano i seguenti risultati.

- Tenno (accessi controllati alle isole) passato da 59,6% di gennaio 2022 a 80,4% ottobre 2022;
- Dro (1° Comune partito con porta a porta integrale nel 2021) con una media di RD nel 2022 pari a 87,2%;
- laddove è partita la raccolta non integrale, in quanto le campagne ad accesso controllato sono ancora aperte, si è comunque visto un leggero miglioramento passando ad esempio a Ledro da un 66,3% a un 77,4%.

L'incremento percentuale di costo registrato nella Comunità dell'Alto Garda e Ledro per il passaggio da un sistema stradale ad un porta a porta integrale è stato pari a circa il 30%.

L'esperienza di questa Comunità, conferma che il cambiamento della modalità di raccolta abbia fatto registrare risultati positivi in tempi brevi e analogamente che vi sia stata un'istantanea risposta da parte dell'utente.

3.2 La futura gestione dei rifiuti urbani nel 2023

Con Deliberazione della Giunta provinciale n. 1455 di data 3 settembre 2021 è stata localizzata nel Piano provinciale di gestione dei rifiuti l'area del piazzale nord come area destinata alla realizzazione di una discarica per rifiuti non pericolosi con volumetria massima di 250.000 mc. Il progetto sta ultimando la procedura di VIA per poi partire con i lavori di realizzazione. La consegna dell'impianto è prevista a fine del 2023.

Per iniziare le opere di predisposizione del cantiere della discarica, si dovrà liberare l'area dagli stoccaggi attuali di rifiuti.

I costi di realizzazione della discarica, comprensivi delle opere di apprestamento e messa in sicurezza del sito con un tomo paramassi, sono pari a 6.737.627,44 €.

Poichè per tutto il 2023 il rifiuto prodotto nel territorio provinciale dovrà essere esportato fuori provincia, l'Agenzia per la Depurazione sta predisponendo una nuova area di stoccaggio dei rifiuti, destinata a diventare il sito principale di riferimento per l'anno 2023 insieme allo stoccaggio già autorizzato presso la discarica Lavini di Rovereto (5.500 mc rifiuti imballati pari a ca 5.500 ton). La nuova area di stoccaggio sarà ubicata tra il 1° ed il 2° lotto della discarica di Ischia Podetti ed avrà una capacità di 21.000 ton. Le prime piattaforme sono previste in consegna nei primi mesi del 2023.

I costi di realizzazione di dette piazzole, sono pari a € 895.000,00 (iva esclusa) che, ammortizzate per un periodo pari a 20 anni, risultano con un costo annuo di 44.750,00 €.

Per la definizione dei destini finali, sono stati attivati nuovi canali di smaltimento/recupero.

In particolare, per il rifiuto residuo, è stata aggiudicata una gara europea per 3 lotti per un totale di 8.000 ton (2 lotti da 2.000 ton ed un lotto da 4.000 ton), previa deferrizzazione e triturazione, a 220 €/ton. Questi rifiuti, tramite un intermediario aggiudicatario della gara, verranno portati a recupero energetico in impianti europei.

Altre 10.000 ton sono state aggiudicate al termovalorizzatore di REA Dalmine (BG) per due lotti da 5000 ton ciascuno ad un prezzo pari a 180 €/ton per il primo lotto e 160 €/ton per il secondo.

Infine, 13.000 ton verranno conferite al termovalorizzatore di Bolzano tramite la convenzione esistente tra le due provincie (ad un prezzo pari a 111 €/ton).

Il restante rifiuto residuo verrà stoccato in attesa di essere conferito nel nuovo catino di Ischia Podetti o in nuovo sito da individuare.

I rifiuti ingombranti (stimati in 8.000 ton) verranno conferiti ad impianto di recupero energetico da individuare tramite gara di 3 lotti – in via di espletamento - con importo di base pari a 300 €/ton (incluse le spese di trasporto).

STOCCAGGIO:	COSTI (iva esclusa)
21.000 ton a Ischia Podetti (rifiuto triturato e imballato)	44.750 €/anno (=895.000,00 € ammortizzato per 20 anni)
<u>5.500 ton a Lavini – C Rovereto</u> (rifiuto triturato e imballato)	
26.500 ton Totali stoccate in attesa di individuazione nuovi siti o conferimento presso nuova discarica "catino nord"	90,5 €/ton (costo triturazione e imballaggio) + 40.500€/mese (noleggio macchinario)
DESTINO RIFIUTO RESIDUO (produzione stimata in 55.000 ton) [ton]	
13.000 in termovalorizzatore BZ	111 €/ton + trasporto [15,00-24,80 €/ton]
8.000 gara per rifiuto triturato con intermediario verso impianto UE	220 €/ton + costo triturazione [24 €/ton]
5.000 REA Dalmine	180 €/ton + trasporto [23,00-35,31 €/ton]
<u>5.000 REA Dalmine</u>	160 €/ton + trasporto [23,00-35,31 €/ton]
31.000 ton Totali recuperate	
DESTINO RIFIUTO INGOMBRANTE (produzione stimata in 8.000 ton) [ton]	
8.000 ton in impianti UE con gara effettuata	300 €/ton (importo a base gara incluso il trasporto)

4. DATI DI PARTENZA PER VALUTAZIONE SCENARI

4.1 Vincoli normativi

La normativa vigente in materia di rifiuti pone dei chiari vincoli che è necessario seguire ai fini di una corretta definizione dello scenario possibile.

Questi dettati normativi sono stati riportati sinteticamente nella tabella seguente.

Vincolo normativo	Riferimento normativo
A partire dal 2030 è vietato lo smaltimento in discarica di tutti i rifiuti idonei al riciclaggio o al recupero di altro tipo, in particolare i rifiuti urbani, ad eccezione dei rifiuti per i quali il collocamento in discarica produca il miglior risultato ambientale	<i>D.Lgs. n. 36/2003, art. 5, comma 4-bis</i>
Entro il 2035 la quantità di rifiuti urbani collocati in discarica deve essere ridotta al 10 per cento, o a una percentuale inferiore, del totale in peso dei rifiuti urbani prodotti. Le Regioni conformano la propria pianificazione, predisposta ai sensi dell'articolo 199 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, al fine di garantire il raggiungimento di tale obiettivo	<i>D.Lgs. n. 36/2003, art. 5, comma 4-ter</i>
1. Lo smaltimento dei rifiuti ed il recupero dei rifiuti urbani non differenziati sono attuati con il ricorso ad una rete integrata ed adeguata di impianti, tenendo conto delle migliori tecniche disponibili e del rapporto tra i costi e i benefici complessivi, al fine di: a) realizzare l'autosufficienza nello smaltimento dei rifiuti urbani non pericolosi e dei rifiuti del loro trattamento in ambiti territoriali ottimali; b) permettere lo smaltimento dei rifiuti ed il recupero dei rifiuti urbani indifferenziati in uno degli impianti idonei più vicini ai luoghi di produzione o raccolta, al fine di ridurre i movimenti dei rifiuti stessi, tenendo conto del contesto geografico o della necessità di impianti specializzati per determinati tipi di rifiuti; c) utilizzare i metodi e le tecnologie più idonei a garantire un alto grado di protezione dell'ambiente e della salute pubblica.	<i>D.Lgs. n. 152/2006, art. 182-bis, comma 1</i>
Condizioni in cui non è obbligatorio sottoporre il rifiuto indifferenziato a stabilizzazione	<i>D.Lgs. n. 36/2003 – all. 8</i>

Precisazioni sull'impianto di trattamento meccanico biologico (TMB)

Viste le proposte e osservazioni emerse al 5° aggiornamento, pare opportuno ribadire dei chiarimenti circa l'impianto di trattamento meccanico biologico (TMB).

Questo è un impianto di pre-trattamento dei rifiuti e pertanto esso non chiude il ciclo, né recupera il rifiuto. Generalmente le operazioni a cui vengono sottoposti i rifiuti in questo tipo di impianto sono costituite, da una deferrizzazione, seguita da triturazione e vagliatura (generalmente 5 cm). Da questa si genera un sopravaglio che costituisce ancora un rifiuto (EER 191212) che, essendo privo della frazione più piccola (sottovaglio), ha un potere calorifico più alto e quindi risulta maggiore l'efficienza del recupero energetico. Per questo motivo, il rifiuto di sopravaglio può essere ulteriormente trattato per produrre Combustibile Solido Secondario (CSS) che viene utilizzato in impianti di incenerimento o recupero energetico autorizzati al trattamento di rifiuti o secondo il Decreto 14 febbraio 2013, n. 22 “Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di determinate tipologie di combustibili solidi secondari (CSS), ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni”. Questi primi trattamenti sono prettamente meccanici e servono quindi per ridurre le dimensioni del rifiuto e per dividerle in sopra e sotto-vaglio.

Il sottovaglio, invece, contiene la maggior parte della frazione organica e pertanto ha la necessità di essere sottoposto ai trattamenti biologici successivi che consistono in un'areazione forzata del rifiuto per circa 21 giorni, per la degradazione di tale componente. Da quest'ultima operazione viene prodotto un nuovo rifiuto stabilizzato (c.d. Biostabilizzato) che può essere smaltito in discarica (come materiale di copertura e quindi senza il pagamento del tributo speciale).

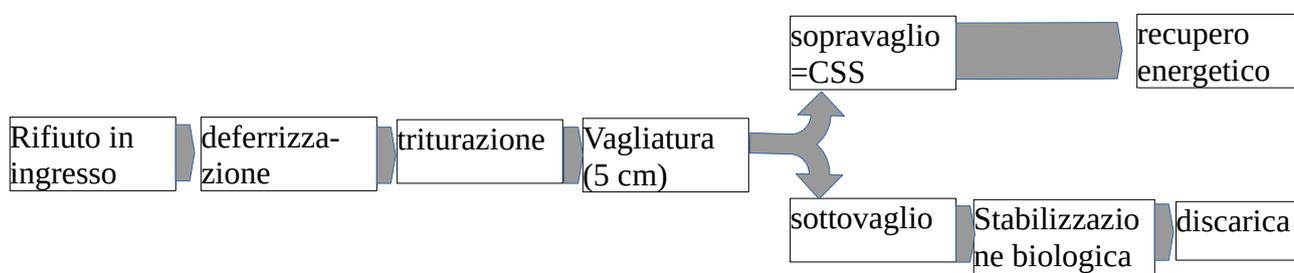
Generalmente questo pre-trattamento viene fatto sia per permettere lo smaltimento in discarica di quei rifiuti con un contenuto di frazione putrescibile maggiore ai limiti di conferibilità a smaltimento, sia per un aumento del potere calorifico inferiore (PCI) del rifiuto, richiesto da alcuni tipi di impianti termici.

Si ribadisce che da queste tipologie di impianto non è possibile effettuare recupero di materia o continuare la raccolta differenziata. Una volta che il rifiuto viene conferito dal cittadino nell'indifferenziato, da questo non è più possibile differenziare altre frazioni in quanto troppo sporche, se non in quantità irrilevanti (pari a circa l'1% del rifiuto in ingresso, come ben illustrato nel rapporto ISPRA 2022).

Nel sito della discarica Lavini di Rovereto è presente un impianto TMB (gestito dalla ditta Ecoopera) autorizzato per il trattamento di 57.000 ton di rifiuto in ingresso. Le sue rese di funzionamento sono mediamente pari a:

- 56,26% di produzione di sopravvaglio o, previa ulteriore lavorazione, CSS dal rifiuto in ingresso
- 37,05% di produzione di biostabilizzato dal rifiuto in ingresso
- 6,69% di perdite di processo

Il costo più aggiornato per questo trattamento nell'impianto di Rovereto è pari a 24 €/ton.

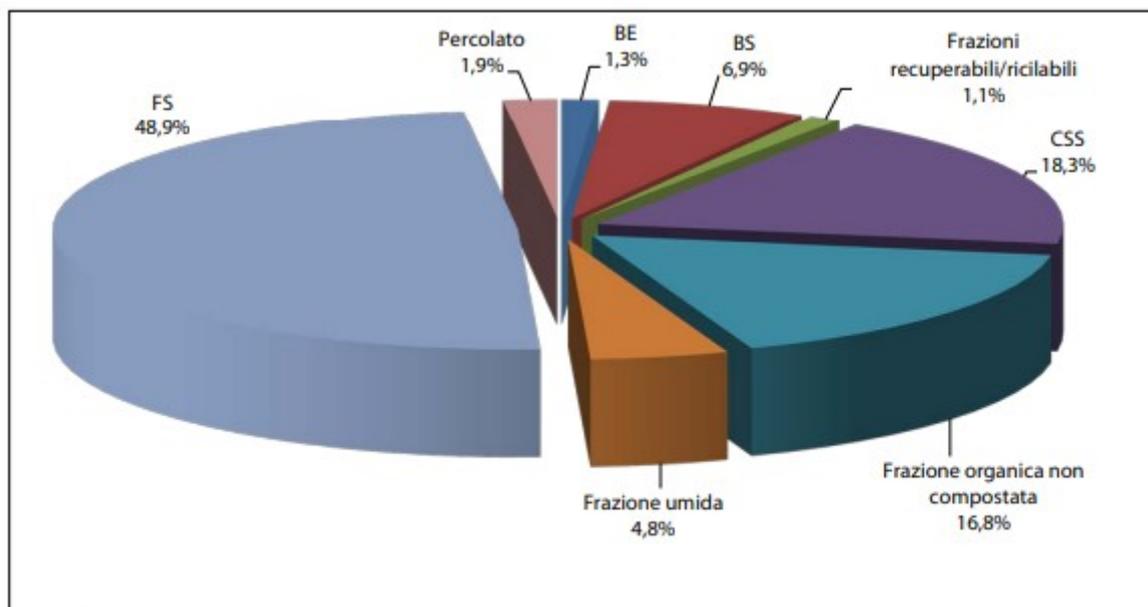


Schema tipo impianto trattamento meccanico biologico (TMB)

Come riportato nell'ultimo rapporto 2022 ISPRA sui rifiuti urbani, i rifiuti prodotti dagli impianti di trattamento meccanico biologico e trattamento meccanico presenti nel territorio nazionale, nell'anno 2021, sono complessivamente pari a circa 8,1 milioni di tonnellate e sono costituiti da:

- frazione secca (FS): oltre 3,9 milioni di tonnellate (48,9% del totale dei rifiuti prodotti);
- combustibile solido secondario (CSS): quasi 1,5 milioni di tonnellate (18,3%);
- frazione organica non compostata: circa 1,4 milioni di tonnellate (16,8%);
- biostabilizzato (BS): oltre 560 mila tonnellate (6,9%);
- bioessiccato (BE): quasi 104 mila tonnellate (1,3%);
- frazioni recuperabili/riciclabili avviate a operazioni di recupero, incluso il riciclaggio, quali carta, plastica, metalli, legno, vetro: quasi 91 mila tonnellate (1,1%).
- frazione umida: 387 mila tonnellate (4,8%);

- percolato: 151 mila tonnellate (1,9%).



Fonte: ISPRA

La figura seguente riporta le operazioni di gestione a cui sono destinati i rifiuti prodotti dal trattamento meccanico biologico e meccanico nell'anno 2021. La quota destinata ad "ulteriore trattamento" è comprensiva dei quantitativi avviati alle operazioni di biostabilizzazione e produzione/raffinazione di CSS effettuata presso altri impianti di trattamento meccanico biologico e trattamento meccanico. Le quantità di rifiuti destinate a "trattamento preliminare" invece sono quelle avviate ad impianti di gestione autorizzati allo scambio di rifiuti per sottoporli ad una delle operazioni indicate da R1 a R11 (R12). Le frazioni merceologiche quali carta e cartone, plastica e gomma, metalli, vetro, legno, ecc. sono state incluse nelle operazioni di recupero/riciclaggio.

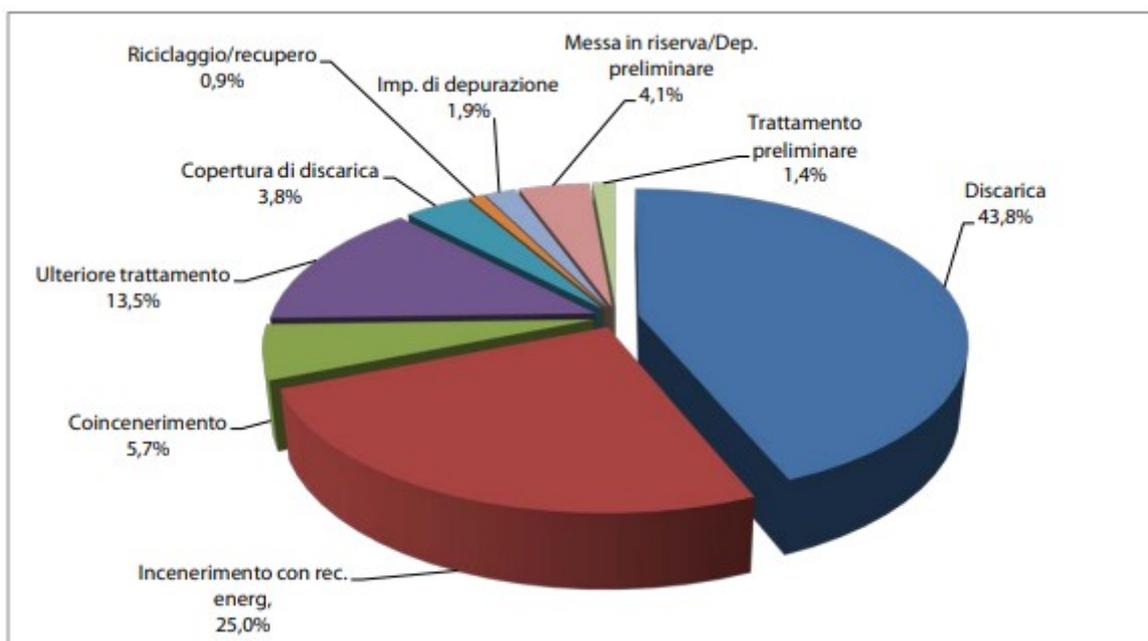
L'analisi mostra che il 43,8% del totale dei rifiuti prodotti, corrispondente a oltre 3,5 milioni di tonnellate, viene smaltito in discarica. Si tratta, principalmente, di frazione secca (circa 2,2 milioni di tonnellate), di frazione organica non compostata (quasi 916 mila tonnellate), di biostabilizzato (quasi 343 mila di tonnellate).

Agli impianti di incenerimento con recupero di energia sono avviati circa 2 milioni di tonnellate di rifiuti (25% del totale prodotto), costituiti, principalmente, da frazione secca (oltre 931 mila tonnellate), da CSS (quasi 829 mila tonnellate) e da frazione organica non compostata (oltre 136 mila tonnellate). Rispetto al 2020 i quantitativi di rifiuti avviati ad incenerimento con recupero di energia registrano un decremento del 10%.

Il 13,5%, pari a circa 1,1 milioni di tonnellate, è, invece, destinato a ulteriore trattamento, ovvero a processi di biostabilizzazione e produzione/raffinazione di CSS che interessano prevalentemente la frazione secca (quasi 651 mila tonnellate), la frazione umida (oltre 242 mila tonnellate), la frazione organica non compostata (circa 135 mila tonnellate), il CSS (33 mila tonnellate) e il BS (quasi 24 mila tonnellate). Rispetto al 2020 si osserva un aumento del 16,5% di tale forma di trattamento intermedio. Al coincenerimento presso impianti produttivi (cementifici, produzione energia elettrica e lavorazione legno) sono avviate quasi 459 mila tonnellate di rifiuti, ovvero il 5,7% del totale

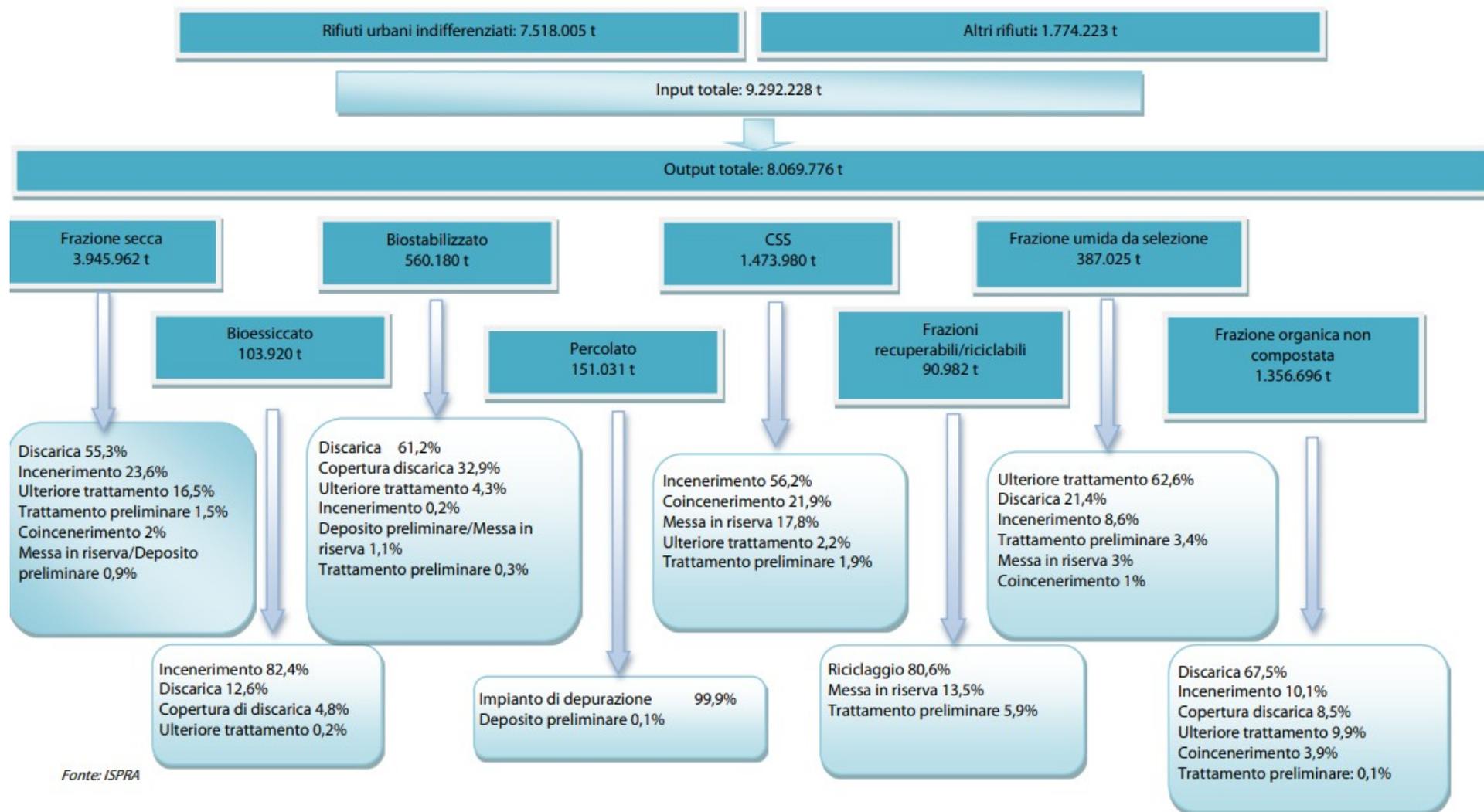
prodotto. Tali rifiuti sono costituiti da CSS (323 mila tonnellate), da frazione secca (quasi 79 mila tonnellate) e da frazione organica non compostata (circa 53 mila tonnellate). Dal confronto con il 2020 si osserva un aumento del 40,6%. A copertura di discarica sono destinate 304 mila tonnellate di rifiuti prodotti (3,8% del totale), costituite, per lo più, da biostabilizzato (184 mila tonnellate) e da frazione organica non compostata (115 mila tonnellate).

Le quantità destinate al riciclaggio, infine, sono pari a oltre 73 mila tonnellate (0,9% del totale prodotto) con una riduzione del 13,9% rispetto al 2020.



Fonte: ISPRA

Schema delle tipologie e delle destinazioni finali dei rifiuti/materiali in uscita dagli impianti di TMB/TM, anno 2021



Fonte: ISPRA

4.2 Dati ipotizzati di produzione e di costo di gestione dei rifiuti

I dati del 2021 e del 2022 hanno confermato un quadro pressoché costante di produzione dei rifiuti che conferma il quadro “intermedio” previsto dal paragrafo 5.1 del 5° aggiornamento e cioè la quantificazione secondo i dati del 2019.

I quantitativi presi a riferimento dei singoli rifiuti sono riportati nella tabella seguente.

Si precisa che piuttosto che stimare i quantitativi in eccesso, si è preferito sottostimarli, anche se con misura. Si ritiene infatti che prevedere la gestione finale di un quantitativo troppo elevato di rifiuti, porterebbe ad ipotizzare grandi soluzioni che risulterebbero poco efficienti e troppo onerose.

Al contrario, trovare soluzioni per quantitativi troppo esigui di rifiuti rispetto la situazione reale, non risolverebbe la gestione complessiva dei rifiuti trentini.

Nella consapevolezza delle possibili variazioni della produzione dei rifiuti in funzione del contesto circostante poco stabile (economico, geografico e normativo), si ritiene verosimile la stima delle quantità riportata sotto, auspicando anche in una risposta positiva da parte dei cittadini proiettata verso una riduzione della produzione dei rifiuti ed una maggiore raccolta differenziata.

In maniera sintetica i dati considerati negli scenari descritti di seguito, sono i seguenti:

Rifiuto	Caratteristiche di variabilità
Rifiuti ingombranti	<p>I rifiuti ingombranti, negli ultimi 4 anni (2018-2021), sono stati prodotti con un valore medio provinciale pari a 8.772 ton/a. La produzione maggiore proviene dalla Vallagarina, Giudicarie e Comune di Trento.</p> <p>NB. poiché fino all’emanazione del 5° aggiornamento, mancava una definizione univoca di tale rifiuti, da controlli effettuati si è constatato che all’interno di essi si trovavano rifiuti riconducibili all’indifferenziato. In ogni caso, sia gli ingombranti che l’indifferenziato vengono gestiti dalla provincia e quindi sono oggetto delle seguenti valutazioni.</p> <p>Considerando un quantitativo esiguo di rifiuti che possono essere classificati in altri flussi di RD (es. porte, finestre negli inerti, etc...), si ipotizza un quantitativo di circa 8.000 ton/a di rifiuti ingombranti da gestire.</p>
Rifiuti da spazzamento stradale	<p>Ai fini del presente studio si considerano solo gli scarti dei rifiuti da spazzamento stradale prodotti dai Comuni e Gestori, cioè quelli che residuano dal recupero del ghiaino. Non si considerano i rifiuti prodotti dal Servizio provinciale gestione strade, in quanto vengono gestite in autonomia.</p> <p>Nell’ottica di un futuro impianto, dovranno poi essere considerati anche gli scarti provenienti dal trattamento di questa quota parte di rifiuti che comunque risulta esigua in quanto poco superiore a 1.000 ton (dati 2019).</p> <p>In merito ai dati dell’osservatorio ADEP (dei Comuni e Gestori), nel 2021 su un tot di 10.445 ton, sono state mandate a smaltimento 2.500 ton (24%). Si considera quindi la quantità di 2.500 ton/a nella definizione dei futuri scenari.</p>
Scarto da RD	<p>Considerando i soli impianti di selezione dei rifiuti siti nel territorio provinciale, si è registrato nel 2019 una produzione di 21.932,60 ton di scarti conferiti in discarica.</p> <p>Questo dato risulta sottostimato in quanto non considera gli impianti finali di recupero di materia (che selezionano altro scarto) e tutti gli impianti (di selezione e di recupero) ubicati fuori provincia.</p> <p>Ai fini delle presenti valutazioni si tiene valido il valore del 2019, arrotondandolo a 22.000 ton/a.</p> <p><u>In tutti gli scenari senza impianto termico locale si lascia il loro trattamento a cura dell’impianto di selezione della raccolta differenziata, pur riportando una stima dei costi della loro gestione.</u></p> <p>NB. Questo dato dipende dall’attenzione posta dal cittadino nella raccolta differenziata. Pur consapevoli che il dato reale possa essere notevolmente superiore, si mantiene il dato al 2019 e comunque pari al 10,3% della raccolta differenziata, auspicando in una riduzione degli attuali valori ed una maggiore attenzione del cittadino.</p>
Rifiuto indifferenziato	<p>Il valore considerato di rifiuto indifferenziato è quello relativo al 2021 (48.537 ton), inferiore rispetto al dato del 2019 (51.548 ton).</p> <p><u>Si è ipotizzata, inoltre, una qualità dell’indifferenziato pari a quella attuale che non necessita di una stabilizzazione prima del suo smaltimento in discarica.</u></p>
Varie	Non sono stati considerati negli scenari seguenti altri tipi di rifiuti, urbani o speciali, come ad es. i rifiuti

cimiteriali o gli scarti degli impianti di depurazione. Su queste tipologie di rifiuti, in funzione delle scelte effettuate, si faranno valutazioni più di dettaglio.

Inoltre, ai fini del calcolo dei quantitativi pro-capite, sono stati considerati gli abitanti equivalenti relativi al 2019, pari a 632.546.

I costi riportati nell'analisi degli scenari sono i seguenti:

Attività	Costo [€/ton]	note
Triturazione	24	Come da ultima offerta 2023 per impianto a Rovereto
Triturazione e imballaggio	90,5	Come da ultima offerta 2023 per nuovo impianto da installare nelle piazzole di stoccaggio a Ischia Podetti
Trattamento meccanico biologico (TMB)	24	Costi previsti per l'impianto esistente di Rovereto
Recupero energetico al termovalorizzatore di Bolzano (BZ)	111	Costo previsto in convenzione tra le due provincie
Recupero energetico CSS	270	Come da ultima gara aggiudicata
Recupero energetico fuori provincia	300	Costo ipotizzato alla luce del mercato attuale, comprensivo di trasporto. Solo per lo scenario 0 (situazione 2023) sono stati previsti costi inferiori perchè aggiudicati negli anni precedenti
Recupero energetico nel futuro impianto di Trento	NC	Come riportato nel capitolo specifico sugli impianti tecnologici è stato ipotizzato un costo nullo di gestione (CapEx e OpEx). Questa scelta è risultata la più semplice anche per sommare un eventuale costo aggiuntivo per l'esercizio dell'impianto, al netto dei ricavi.
Recupero di materia dei tessili sanitari (prodotti assorbenti per la persona PAP)	700	Costo di gestione attuale dell'unico impianto esistente in Veneto, al netto dei ricavi della vendita della plastica recuperata
Trasporto Trento-Bolzano	18,78	Costo medio dai vari bacini provinciali
Trasporto Trento - Bergamo	23	Costo attuale trasporto
Trasporto Trento – fuori TN	29,155	Costo medio trasporto ultime gare dai vari bacini provinciali
Trasporto in impianti ubicati/da ubicare all'interno del territorio provinciale	NC	Non considerato
tariffa per lo smaltimento in discarica dei rifiuti urbani e speciali in provincia dal 2022	225	Come da dGP n. 2390 dd 30/12/2021

Per i rifiuti conferiti in discarica sono state calcolate le seguenti voci di costo:

Costo costruzione discarica catino nord	6.737.627,44 €	Da ammortizzare per gli anni di vita utile. NB. La vita utile della discarica è stata calcolata considerando il 30% di terra di copertura.
Costo post-gestione discarica catino N	10.000.000,00 €	Da ammortizzare per gli anni di vita utile. NB. La vita utile della discarica è stata calcolata considerando il 30% di terra di copertura.
Costo gestione discarica catino nord	661.992,00 €/anno	Ipotizzato uguale al costo gestione del 4° lotto di Ischia Podetti
Oneri fidejussori AIA discarica	48.000,00 €/anno	
Movimentazione rifiuto	5,2 €/ton di rifiuto	
Trasporto percolato	4,2 €/ton di percolato	Ipotizzato 70.000 ton/anno di percolato dopo la realizzazione del capping
Tariffa depurazione	16 €/ton di percolato	Ipotizzato 70.000 ton/anno di percolato dopo la realizzazione del capping

Contributo localizzazione	30 €/ton di rifiuto	Valore massimo previsto dalla normativa provinciale
Tributo speciale per rifiuti urbani	12,86 €/ton di rifiuto	Non dovuto per biostabilizzato e CSS

Nel calcolo dei costi di gestione delle discariche, non viene tenuto conto delle discariche provinciali per rifiuti non pericolosi che hanno fatto parte del sistema di gestione dei RU fino al loro esaurimento. Tali somme, stante la chiusura delle discariche, rappresentano comunque un importo che anno per anno dovrà essere sostenuto e che calerà man mano che verranno realizzati i lavori di copertura finale delle varie discariche per il prevedibile calo di produzione del percolato.

4.3 Approfondimenti tecnici ed economici sulle tecnologie di conversione energetica dei rifiuti

Di seguito si riportano delle valutazioni sulle seguenti principali tecnologie:

- combustione
- gassificazione
- tecnologia al plasma.

Combustione

La combustione (o incenerimento) è un processo di ossidazione completa e controllata che trasforma i rifiuti in una miscela gassosa contenente principalmente anidride carbonica e vapore acqueo, e in un residuo solido (ceneri). Il calore generato dalle reazioni di combustione può essere ulteriormente convertito in energia elettrica, così da valorizzare il rifiuto e il suo smaltimento, tramite un impianto costituito da una turbina a vapore alimentata dal vapore generato e surriscaldato dal processo di combustione. L'energia termica in eccesso, inoltre, può essere recuperata per il teleriscaldamento o per altri processi che lo richiedano. Si parla dunque di impianto cogenerativo (produzione combinata di energia elettrica e termica) e di termovalorizzazione dei rifiuti, poiché dal loro smaltimento si ottiene come risultato non solo quello di ridurre notevolmente il volume e la massa originali e di renderli quindi più gestibili ai fini dello smaltimento in discarica, ma anche quello di produrre energia da destinarsi ad altri usi, a partire da prodotti di scarto.

Le problematiche associate a questo tipo di conversione energetica dei rifiuti sono di carattere principalmente ambientale. Gli effluenti gassosi del processo di combustione dei rifiuti sono infatti diossine e furani, particolato, cloro, zolfo e altri prodotti derivanti da combustione incompleta o poco omogenea, oltre agli ossidi di azoto (NOx) che si formano alle temperature elevate raggiunte durante la combustione. Tutti questi inquinanti richiedono di essere trattati/rimossi adeguatamente prima di rilasciare i fumi di combustione in atmosfera tramite il camino.

A livello impiantistico le principali sezioni di un impianto di termovalorizzazione sono le seguenti:

- Sezione di combustione (con eventuale pre-trattamento del feedstock)
- Sezione di pulizia fumi
- Sezione di recupero energetico

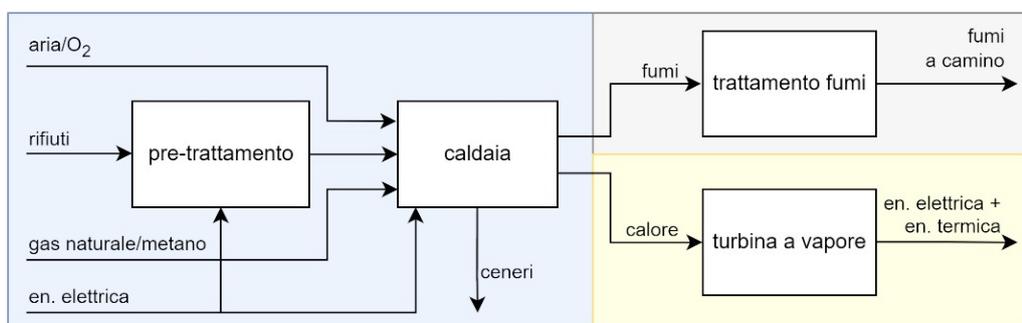


Figura 1. Schema di impianto di termovalorizzazione, con indicazione delle sezioni di combustione dei rifiuti (area blu), di pulizia dei fumi (area grigia) e di recupero energetico (area gialla).

Per quanto riguarda la sezione di combustione le tecnologie maggiormente diffuse per il trattamento dei rifiuti urbani sono il forno a griglia e il forno a letto fluido¹. I forni a griglia sono la tecnologia più utilizzata e sono costituiti da una griglia su cui è disposto un letto di rifiuti dello spessore di alcune decine di centimetri. L'aria di combustione è iniettata sotto la griglia e nella parte alta della camera di combustione così da controllare la temperatura del processo e garantire allo stesso tempo l'ossidazione completa dei composti organici e la minimizzazione delle emissioni di prodotti incombusti. I forni a letto fluido sono costituiti da una camera di combustione all'interno della quale una corrente ascendente di aria comburente mantiene in sospensione il letto costituito dal combustibile (rifiuti) e da un materiale inerte (sabbia) che garantisce una temperatura uniforme e una miscelazione omogenea, e perciò una combustione continua e completa. Tuttavia, questa tecnologia è adatta a materiali combustibili omogenei e di pezzatura ridotta, quindi i rifiuti urbani possono essere utilizzati come feedstock solamente previo trattamento di vagliatura e triturazione per soddisfare le specifiche richieste dal forno.

I fumi prodotti dalla combustione dei rifiuti devono essere opportunamente raffreddati e trattati nella sezione di pulizia fumi prima del rilascio in atmosfera, in modo da ridurre le concentrazioni di sostanze inquinanti al di sotto dei limiti imposti dalle normative vigenti. Nei fumi sono presenti macroinquinanti quali polveri, ossidi di zolfo e di azoto, monossido di carbonio, acidi alogenidrici (e.g., acido cloridrico, acido fluoridrico), e microinquinanti quali metalli pesanti (e.g., Cd, Cr, Hg, Pb, Ni), diossine, furani e idrocarburi policiclici aromatici.

Per rimuovere le ceneri leggere (*fly ash*) si utilizzano filtri a maniche e filtri elettrostatici (o elettrofiltri); per i gas acidi quali HCl, HF e SO₂ si usano lavaggi a umido, a secco o a semisecco; per gli ossidi di azoto (NO_x) si adottano misure primarie da applicare al processo stesso di combustione (e.g., ricircolo dei gas di scarico, diluizione con aria, air staging, combustione a stadi) o misure secondarie da applicare a valle del processo di combustione (e.g., riduzione selettiva catalitica, SCR, o non catalitica, SNCR). Per quanto riguarda i microinquinanti, diossine e furani in particolare possono essere rimossi all'interno dei sistemi SCR utilizzati per l'abbattimento degli ossidi di azoto, ma anche con carboni attivi.

Le ceneri pesanti o scorie (*bottom ash*) sono considerate rifiuti speciali non pericolosi, per cui, previo trattamento, se ne può prevedere l'utilizzo nel settore edilizio o dei cementifici. I residui metallici in esse contenuti possono essere separati e recuperati. In particolare, i materiali ferrosi vengono rimossi tramite separatori magnetici, mentre quelli non ferrosi vengono rimossi con separatori a correnti parassite². Nel 2017 (ultimo dato disponibile) l'85% delle ceneri pesanti non pericolose prodotte dagli impianti di incenerimento in Italia e il 100% dei metalli da queste estratti è stato avviato a recupero di materia, minimizzandone così lo smaltimento in discarica.

La sezione di recupero energetico (termovalorizzazione) di un impianto di incenerimento prevede il raffreddamento dei fumi di combustione e l'utilizzo del calore recuperato per generare vapore per la produzione di energia termica e/o elettrica. Il vapore prodotto può essere utilizzato per:

1 A. De Santis, C. Martini, F. Martini, and M. Salvio, "Quaderni dell'Efficienza Energetica - Incenerimento", 2021.

2 F. Neuwahl, G. Cusano, J. G. Benavides, S. Holbrook, and R. Serge, *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration: Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. Publications Office, 2019.

- Fornitura diretta di vapore a utenze termiche industriali o di acqua calda a utenze civili tramite rete di teleriscaldamento (produzione di sola energia termica)
- Produzione di sola energia elettrica tramite espansione in turbina del vapore prodotto ed accoppiamento con alternatore
- Produzione combinata di energia elettrica e termica (cogenerazione)

In Tabella 1 sono indicati i sistemi e sotto-sistemi principali di ciascuna delle principali sezioni di un impianto di termovalorizzazione, mentre in Tabella 2 sono riportati gli input energetici necessari per il funzionamento di un generico impianto di incenerimento oltre all'input energetico dato dai rifiuti. Si osserva che il pre-trattamento dei rifiuti utilizzati come feedstock può prevedere processi diversi (e.g., vagliatura, triturazione, produzione CSS) a seconda della tipologia di forno utilizzata e delle caratteristiche degli stessi rifiuti, e ciascuno di questi processi può prevedere specifici input di energia elettrica o termica. Come descritto precedentemente, gli output energetici di un impianto di combustione dei rifiuti sono, invece, energia elettrica e/o termica.

Sezioni	Componenti
Pre-trattamento e alimentazione rifiuti	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema di triturazione e/o apertura balle • Selezione meccanica • Biostabilizzazione • Produzione CSS • Essiccamento fanghi e/o altri rifiuti speciali • Sistema di scarico rifiuti da automezzi dedicati • Sistema di movimentazione carroponti
Combustione e ciclo termico	<ul style="list-style-type: none"> • Forno/generatore di vapore • Sistema di ventilazione aria primaria, aria secondaria e ricircolo fumi • Sistema movimentazione griglia e raffreddamento • Bruciatori di post-combustione • Sistema di pulizia caldaia • Sistema di evacuazione, spegnimento, trasporto e stoccaggio scorie • Sistema di condensazione ed estrazione condense • Sistema di acqua alimento caldaia • Degasatore • Sistema di controllo turboalternatore
Depurazione fumi	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema di estrazione fumi • Sistema di rimozione polveri e inquinanti • Sistema di stoccaggio, alimentazione e dosaggio sostanze chimiche e additivi • Sistemi di convogliamento, trasporto e stoccaggio ceneri leggere
Altro	<ul style="list-style-type: none"> • Trattamento scorie/ceneri • Trattamento acque reflue di processo • Impianti complementari (e.g., caldaie ausiliarie)

Tabella 1. Sezioni e componenti principali di un tipico impianto di termovalorizzazione dei rifiuti

Input	Utilizzo
Energia elettrica	<ul style="list-style-type: none"> • Funzionamento di tutti i sistemi e sotto-sistemi che richiedono input elettrico
Vapore/calore/acqua calda	<ul style="list-style-type: none"> • Funzionamento di tutti i sistemi e sotto-sistemi che richiedono input termico
Combustibili ausiliari (e.g., gas naturale, metano)	<ul style="list-style-type: none"> • Pre-riscaldamento aria di combustione • Aumento/mantenimento della temperatura di combustione in caldaia nelle fasi di avvio/spengimento e, se necessario, durante il funzionamento dell'impianto • Riscaldamento dei fumi nella sezione di rimozione inquinanti (e.g., sistemi SCR richiedono determinate temperature)

Tabella 2. Input energetici di un tipico impianto di termovalorizzazione dei rifiuti.

Si osserva che la decisione di esecuzione (UE) 2019/2010 della Commissione Europea stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) per l'incenerimento dei rifiuti solidi urbani e quindi le migliori soluzioni tecniche finalizzate alla riduzione dei livelli emissivi e degli impatti sull'ambiente. In particolare, vengono definiti i livelli di efficienza energetica associati alle migliori tecniche disponibili (BAT Associated Energy Efficiency Levels, BAT-AEEL) per l'incenerimento. Per gli impianti di nuova costruzione si definisce un'efficienza elettrica lorda (per impianti con turbina a condensazione orientati principalmente alla produzione di energia elettrica) nell'intervallo 25 – 35% ed un'efficienza energetica lorda (per impianti con turbina a contropressione orientati principalmente alla produzione di calore) nell'intervallo 72 – 91%. Sono definiti, altresì, i livelli di emissione associati alle migliori tecniche disponibili (BAT Associated Emission Levels, BAT-AEL) per le emissioni nell'atmosfera (e.g., NO_x, N₂O, CO, SO₂, HCl, HF, polveri, metalli) e nell'acqua (e.g. solidi sospesi, metalli, carbonio organico totale).

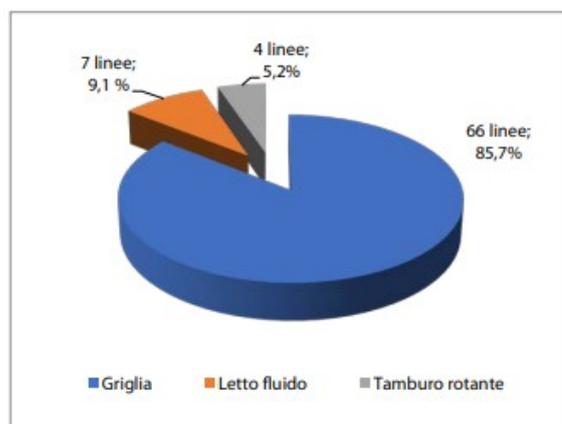
Impianti di combustione in Italia

Come riportato nel **Rapporto rifiuti urbani 2022 di ISPRA**, gli impianti di combustione presenti sul territorio nazionale risultano 37 (riportati nella figura accanto) e trattano rifiuti urbani e rifiuti derivanti dal trattamento degli stessi quali rifiuti combustibili (CSS), frazione secca (FS) e bioessiccato (BS).



Fonte: ISPRA

La maggior parte degli impianti ha un forno a griglia (85,7%), ma non mancano esempi con letto fluido (9,1%) o tamburo rotante (5,2%).



Fonte: ISPRA

Principali caratteristiche tecniche degli impianti di combustione italiani, anno 2021 [Rapporto rifiuti urbani 2022 - ISPRA]

Regione	Comune	Anno avviam. - ristruttur.	N. Linee	Carico termico	Potenza elettrica	Forno	Sistema di trattamento fumi	Data rilascio autorizzazione	Data scadenza autorizzazione
				MW					
Piemonte	Torino	2013	3	206,3	66	MG	EP+DA+FF+SCR	provvedimento di riesame AIA n. 353-28635 del 28/11/2018	
Lombardia	Bergamo	2002	1	48	10,6	BFB	FF+DA+FF+SCR	26/01/2015	25/01/2027
Lombardia	Brescia	1998	3	304,5	117	MG	SNCR+SCR+DA+FF	25/02/2014	25/02/2022
		2004							
Lombardia	Busto Arsizio (VA)	2000/07	2	61	11	MG	SNCR+SD+FF+WS	05/11/2015	04/11/2027
		2000/10							
Lombardia	Como	1967/09	2	39	5,8	MGWC	EP+DA+FF+SCR	30/05/2016	30/05/2032
		1997/04				MG			
Lombardia	Corteolona e Genzone (PV)	2004	1	34	8,1	BFB	SNCR+CY+QC+FF	19/11/2012	16/01/2030
Lombardia	Cremona	1997/07	2	35,6	6,1	MG	DA-EP-DA-FF-SCR	26/10/2017	25/10/2029
		2001					SCR+DA+FF		
Lombardia	Dalmine (BG)	2002	2	55,8	15,5	MGWC	DA+EP+DA+FF+SCR	06/12/2016	06/12/2028
							EP+DA+FF+SCR		
Lombardia	Desio (MB)	1976/09	2	42	8,25	MG	DA+SNCR+EP+FF+SCR	24/01/2017	23/01/2029
Lombardia	Milano	2000	3	196,9	59	MG	(*)+EP+DA+FF+SCR	29/02/2016	28/02//2032
Lombardia	Parona (PV)	2000	2	147,8	44,8	CFB	SNCR+CY+DA+FF	24/10/2016	24/10/2028
		2007							
Lombardia	Sesto S. Giovanni (MI)	2001	3	31,3	5,5	MG	SNCR+EP+SCR+WS+FF	17/07/2014	17/07/2026

Regione	Comune	Anno avviam. - ristruttur.	N. Linee	Carico termico	Potenza elettrica	Forno	Sistema di trattamento fumi	Data rilascio autorizzazione	Data scadenza autorizzazione
				MW					
Lombardia	Trezzo d'Adda (MI)	2002	2	82,4	20,2	MGWC	SNCR+DA+FF+SCR+WS	09/02/2016	09/02/2032
Lombardia	Valmadrera (LC)	1981/08	2	45,3	10,5	MG	DA+FF+SCR+WS	17/09/2014	16/09/2030
		2006							
Trentino-Alto Adige	Bolzano	2013	1	58,9	15,1	MG	DA+FF+FF+SCR	19/11/2015	19/04/2023
Veneto	Padova	1962/11	3	79,8	18,1	MG	SNCR+DA+FF+DA+FF+SCR	31/01/2014	30/01/2030
		2000/2011					DA-FF-DA-FF-SCR		
		2010					DA-FF-DA-FF-SCR		
Veneto	Schio (VI)	1983/16	3	39,34	6,7	MG	EP+DA+FF+SCR	30/11/2011	n.d.
		1992/11							
		2003/11							
Veneto	Venezia	1998	1	20	5,7	MG	SNCR+WS+FF+Torre lavaggio	nd	nd
Friuli-Venezia Giulia	Trieste	2000/04	3	67,3	17,5	MG	SNCR+DA+FF+WS	23/06/2015	23/06/2027
		2004				MGWC			
		2000/11				MGWC			
Emilia-Romagna	Coriano (RN)	2010	1	46,5	13	MGWC	SNCR-DA-FF-DA-FF-SCR	22/03/2016	28/01/2025
Emilia-Romagna	Ferrara	2007	2	55,8	12,8	MGWC	SNCR+DA+FF+FF+SCR	30/10/2007	29/10/2023
		2008							
Emilia-Romagna	Forlì	2008	1	46,5	10,5	MGWC	SNCR+DA+FF+DA+FF+SCR	16/04/2013	15/04/2029
Emilia-Romagna	Granarolo dell'Emilia	2004	2	81,4	22	MGWC	FF+WS+SCR	29/07/2015	29/07/2031

Regione	Comune	Anno avviam. - ristruttur.	N. Linee	Carico termico	Potenza elettrica	Forno	Sistema di trattamento fumi	Data rilascio autorizzazione	Data scadenza autorizzazione
				MW					
Emilia-Romagna	Modena	2009	1	78	24,8	MG	SNCR+EP+DA+FF+SCR	07/10/2011	06/10/2023
Emilia-Romagna	Piacenza	2002	2	45,3	12,03	MG	SNCR+SCR+EP+FF	26/10/2007	26/10/2019
Emilia-Romagna	Parma	2013	2	71,4	17,8	MGWC	SNCR+FF+FF+SCR	01/02/2016	31/01/2028
Totale Nord			52	2020,1	564,4				
Toscana	Arezzo	2000	1	14,5	3	MG	SNCR+SD+FF	18/08/2009	18/08/2021
Toscana	Livorno	1974/10	2	31,2	6,7	MGWC	SNCR+DA+FF	30/10/2007	30/10/2023
Toscana	Montale	1978/10	3	28,5	7,7	RK	SNCR+DA+FF	24/06/2014	n.d.
		1978/09							
		2001/09							
Toscana	Poggibonsi (SI)	1977/08	3	34,9	9,9	MG	SNCR+DA+DA+FF	24/09/2008	23/09/2020
						MG			
		2009				MGWC			
Lazio	S. Vittore del Lazio (FR)	2011	3	160	51,3	MGWC	SNCR+EP+DA+FF+SCR	13/01/2016	25/07/2021
		2011					EP+DA+FF+SCR		
Totale Centro			12	269,1	78,6				
Molise	Pozzilli (IS)	1992/07	1	47	13,2	MG	SNCR+DA+FF	14/07/2015	14/07/2031
Campania	Acerra (NA)	2009	3	340	108	MGWC	SD+FF+SCR	01/12/2014	01/12/2030
Puglia	Massafra (TA)	2004	1	49,5	12,3	BFB	SNCR+DA+FF	07/09/2012	08/01/2029
Calabria	Gioia Tauro (RC)	2005	2	60	17,3	BFB	SNCR+CY+DA+FF	28/12/2015	27/12/2025
Basilicata	Melfi (PZ)	2000	2	50,1	7,3	MG/MGWC	SD+DA+FF+WS+SCR	14/04/2014	13/04/2026

Regione	Comune	Anno avviam. - ristruttur	N. Linee	Carico termico	Potenza elettrica	Forno	Sistema di trattamento fumi	Data rilascio autorizzazione	Data scadenza autorizzazione
				MW					
						RK			
Sardegna	Capoterra	1995/06	4	254,09	9,4	MG	SNCR+DA+SD+FF	10/11/2010	10/11/2020*
		2004/06					SNCR+DA+FF+WS		
		2006					SNCR+EP+DA+FF+WS		
Totale Sud			13	800,7	167,5				
Totale Italia			77	3089,9	810,5				

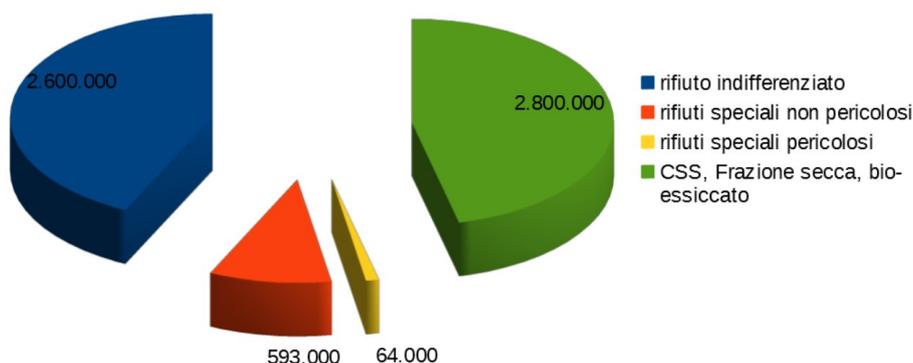
Nota: * Proroga rilasciata dalla Città Metropolitana di Cagliari in data 07/10/2020

Legenda	
Tecnologia abbattimento fumi	Tecnologia forno
FGC = Condensazione fumi	Gas= Gassificatore
EP = Elettrofiltro	MGAc = Griglia Mobile Raffreddata ad Aria
FF = Filtro a maniche	MGWc = Griglia Mobile raffreddata ad Acqua
SD = Depurazione a semisecco	FCB = Letto Fluido Ricircolato
WS = Depurazione a umido	FBB = Letto fluido bollente
DA = Depurazione a secco	RK = Tamburo Rotante
SNCR = abbattimento Nox non catalitico	
SCR = abbattimento Nox catalitico	
Cy = Ciclone	
Qc = Quencer	
Et = Torre evaporativa	
EPw = Elettrofiltro ad umido	
DeH ₂ S = abbattimento H ₂ S	

Fonte: ISPRA

Nel 2021, i rifiuti urbani trattati negli impianti di combustione italiani, comprensivi del CSS, della frazione secca e del bioessiccato ottenuti dal trattamento dei rifiuti urbani stessi, sono 5,4 milioni di tonnellate (+1,6% rispetto al 2020; +2,7% rispetto al 2017) pari ad un quantitativo pro-capite nel 2021 di 91,71 Kg/ab anno, con un incremento del 2,1% rispetto all'anno precedente.

rifiuti trattati negli impianti di combustione italiani [ton]



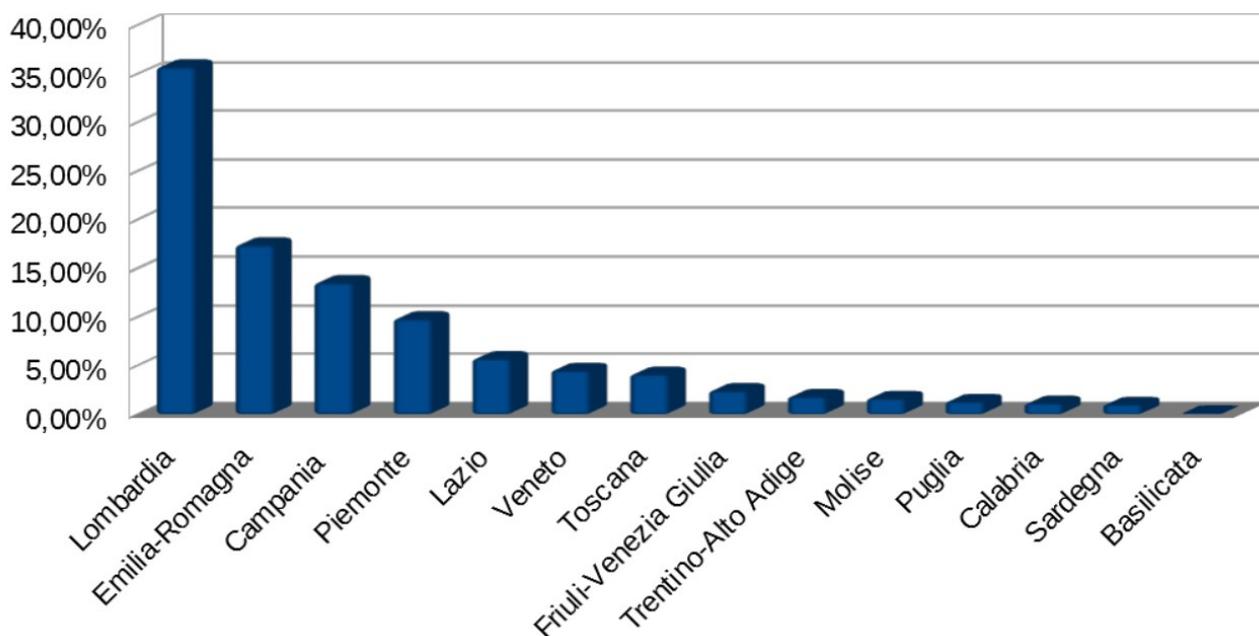
Di queste 5,4 milioni di tonnellate di rifiuti, poco più della metà (oltre 2,7 milioni di tonnellate) è rappresentata da rifiuti derivanti dal trattamento dei rifiuti urbani (rifiuti combustibili, frazione secca e, in minor misura, bioessiccato) mentre la restante quota è costituita da rifiuti urbani tal quali.

Con riferimento a questi ultimi, si osserva che il 96% (quasi 2,6 milioni di tonnellate) è costituito da rifiuti urbani non differenziati (codice EER 200301) che sono inceneriti prevalentemente in Lombardia (quasi 984 mila tonnellate), in Emilia-Romagna (oltre 644 mila tonnellate) e in Piemonte (419 mila tonnellate). Inoltre, negli stessi impianti, vengono trattati anche rifiuti speciali per un totale di quasi 657 mila tonnellate di cui circa 64 mila sono rifiuti pericolosi; questi ultimi sono in prevalenza di origine sanitaria (quasi 41 mila tonnellate).

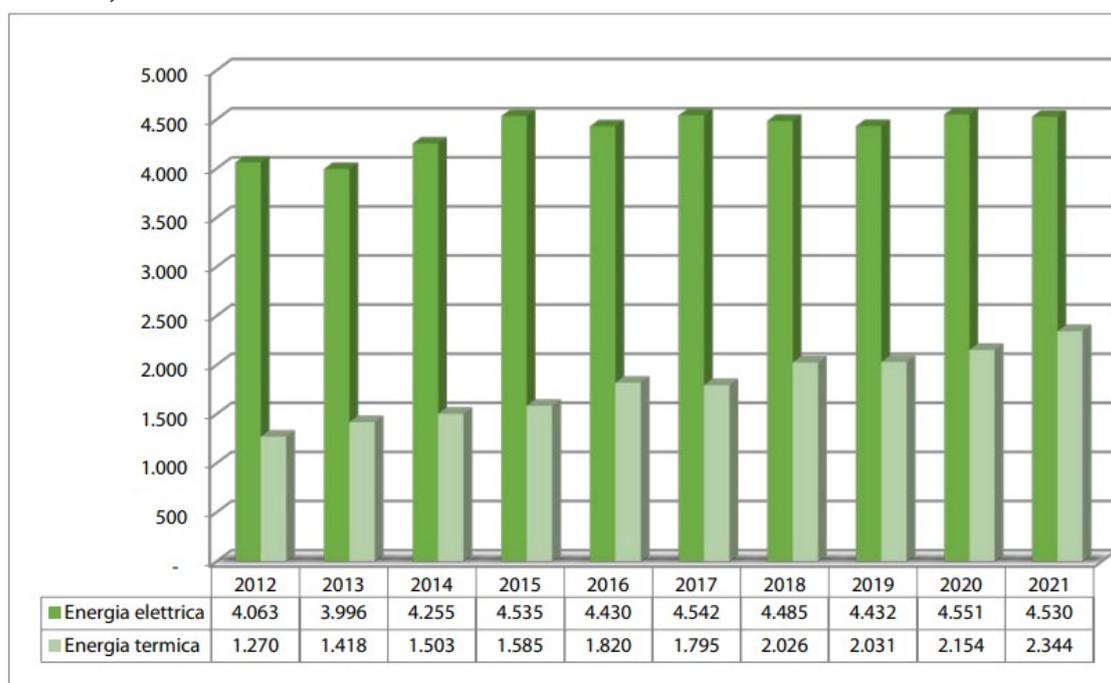
Inoltre, con riferimento alle tipologie di rifiuto prodotte dal trattamento dei rifiuti, è stato possibile discriminare la provenienza regionale o extra regionale delle stesse. In particolare, il 79,8% di tali rifiuti è prodotto nella stessa regione in cui è incenerito; fa eccezione la Lombardia che riceve da fuori regione circa 347 mila tonnellate, segue il Piemonte con circa 37 mila tonnellate, il Molise con circa 31 mila tonnellate e l'Emilia-Romagna con 19 mila tonnellate extra-regionali. L'esame dei dati riferiti ai rifiuti urbani identificati con il codice EER 200301 evidenzia più o meno gli stessi flussi da fuori regione.

Come è mostrato nel grafico sotto, l'analisi dei dati regionali mostra che in Lombardia viene trattato il 35,7% del totale nazionale dei rifiuti urbani; seguono l'Emilia-Romagna (17,4%), la Campania (13,5%), il Piemonte (9,8%), il Lazio (5,7%), il Veneto (4,5%), la Toscana (4,1%), il Friuli-Venezia Giulia (2,4%), il Trentino-Alto Adige (1,8%), il Molise (1,6%), la Puglia (1,3%), la Calabria (1,1%), la Sardegna (1%) e la Basilicata (0,1%).

distribuzione della combustione dei rifiuti prodotti in Italia



La figura seguente mostra l’andamento, nel periodo 2012-2021, del **recupero di energia** effettuato dagli impianti di combustione che trattano prevalentemente rifiuti urbani. In particolare, si osserva che il quantitativo di energia elettrica prodotta nel periodo 2012-2021 presenta un progressivo aumento portandosi da 4 milioni di MWh nel 2012 ad oltre 4,5 milioni di MWh nel 2021. L’energia termica, prodotta esclusivamente da impianti ubicati al Nord, passa da circa 1,3 milioni di MWh nel 2012 ad oltre 2,3 milioni di MWh nel 2021.



Fonte: ISPRA

L'analisi dei dati mostra che, ad eccezione dell'inceneritore di Montale (PT), tutti gli impianti sul territorio nazionale recuperano energia; 23 impianti hanno trattato circa 2,8 milioni di tonnellate di rifiuti e recuperato quasi 2,2 milioni di MWh di energia elettrica. Sono dotati di cicli cogenerativi 13 impianti che hanno incenerito oltre 3,2 milioni di tonnellate di rifiuti, con un recupero di oltre 2,4 milioni di MWh di energia termica e di 2,2 milioni MWh di energia elettrica. Si segnala che il recupero di energia elettrica/termica è ascrivibile al totale dei rifiuti trattati dai singoli impianti non essendo possibile distinguere la quota parte relativa all'incenerimento dei soli rifiuti urbani.

La figura che segue riporta il dettaglio del recupero energetico degli impianti di combustione che trattano rifiuti urbani (anno 2021)

	n. impianti	totale rifiuti trattati (t)	ReEnergético		ReEnergético per kg	
			REElettrico (MWh)	RETermico (MWh)	kWh/kg	kWh/kg
Impianti con RET&E	13	3.241.966	2.203.111	2.430.493	0,68	0,75
Impianti con REE	23	2.824.214	2.196.371	0	0,78	-
Totale	36	6.066.180	4.399.481	2.430.493	0,73	0,40

Legenda - RET&E=impianti con ciclo di cogenerazione; REE=impianti con solo recupero energetico elettrico.

Fonte: ISPRA

Infine, in merito ai rifiuti prodotti dal trattamento termico dei rifiuti sia urbani che speciali, si evidenzia che questi rappresentano quasi il 23% del quantitativo totale di rifiuti inceneriti e sono costituiti per il 75% da rifiuti non pericolosi (ceneri pesanti e scorie) e per il 25% da rifiuti pericolosi (rifiuti provenienti da processi di abbattimento dei fumi e ceneri leggere, ceneri pesanti e scorie).

Si rileva, in particolare, che:

- i materiali ferrosi estratti dalle ceneri e dalle scorie di incenerimento sono destinati quasi esclusivamente ad impianti autorizzati al riciclaggio/recupero dei metalli e dei composti metallici;
- le ceneri pesanti e scorie non pericolose sono destinate prevalentemente a riciclaggio/recupero di altre sostanze inorganiche o ad operazioni intermedie prima di sottoporli a recupero o a discarica;
- le ceneri pesanti e scorie pericolose (codici EER 190111, 190113 e 190115) ,in prevalenza, sono avviate a riciclaggio/recupero di altre sostanze inorganiche, ma anche a trattamento chimico-fisico. Circa 22 mila tonnellate sono destinate in Germania di cui il 90% a recupero ed il 10% a smaltimento;
- i rifiuti derivanti dai processi di abbattimento fumi (codici EER 190105, 190107 e 190110) per la maggior parte sono destinati al trattamento chimico-fisico, ma anche a riciclaggio/recupero di altre sostanze inorganiche. 42 mila tonnellate sono destinate in Germania di cui il 58% è avviata a recupero.

Rifiuti prodotti dagli impianti di combustione che hanno trattato rifiuti urbani, anno 2021 – Fonte ISPRA

Regione	Provincia	Comune	Ceneri pesanti, ceneri leggere e scorie pericolose [190111*-190113*-190115*]	Rifiuti da processi di abbattimento o fumi [190105*-190107*-190110*]	Ceneri pesanti e scorie non pericolose [190112]	Sabbie dei reattori a letto fluido [190119]	Rifiuti liquidi e fanghi pericolosi prodotti dal trattamento dei fumi [190106*-190205*] (t)	Fanghi dal trattamento chimico-fisico non pericolosi [190814-190206] (t)	Materiali ferrosi estratti da ceneri e scorie di incenerimento [190102]	Totale	Totale rifiuti trattati	% in relazione al totale incenerito
Piemonte	Torino	Torino	11.673	8.878	116.171	-	-	-	3.844	140.567	560.704	25,1
Lombardia	Bergamo	Bergamo	2.954	3.832	1.802	-	-	-	-	8.588	58.346	14,7
Lombardia	Bergamo	Dalmine	5.111	1.632	28.020	-	1.218	-	1.640	37.621	148.901	25,3
Lombardia	Brescia	Brescia	-	37.396	130.907	-	-	-	5.494	173.798	734.295	23,7
Lombardia	Como	Como	-	2.508	17.785	-	-	-	567	20.860	91.121	22,9
Lombardia	Cremona	Cremona	1.945	275	11.393	-	19	-	23	13.655	62.575	21,8
Lombardia	Lecco	Valmadrera	-	3.472	16.992	-	30	-	-	20.494	93.516	21,9
Lombardia	Milano	Milano	11.593	7.583	97.651	-	790	-	-	117.618	539.116	21,8
Lombardia	Milano	Sesto San Giovanni	-	-	2.222	-	-	-	28	2.250	9.653	23,3
Lombardia	Milano	Trezzo sull'Adda	-	7.220	30.535	-	4.816	-	-	42.572	148.556	28,7
Lombardia	Monza e della Brianza	Desio	3.038	-	14.670	-	-	30	-	17.738	77.156	23,0
Lombardia	Pavia	Corteolona e Genzone	2.301	2.150	3.297	-	-	-	-	7.748	63.410	12,2
Lombardia	Pavia	Parona	27	23.488	13.507	2.414	12	-	-	39.448	208.404	18,9
Lombardia	Varese	Busto Arsizio	416	3.115	11.139	-	-	-	444	15.114	80.561	18,8
Trentino-Alto Adige	Bolzano/Bozen	Bolzano	-	6.223	24.318	-	-	-	1.178	31.719	128.788	24,6
Veneto	Padova	Padova	7.904	11	32.471	-	-	-	-	40.385	146.018	27,7
Veneto	Venezia	Venezia	-	1.450	4.770	-	-	-	-	6.220	32.802	19,0
Veneto	Vicenza	Schio	3.436	-	13.268	-	-	-	765	17.469	81.222	21,5
Friuli-Venezia Giulia	Trieste	Trieste	-	5.863	31.568	-	-	-	1	37.432	143.229	26,1
Emilia-Romagna	Bologna	Granarolo dell'Emilia	-	7.677	37.044	-	313	-	1.584	46.618	197.005	23,7
Emilia-Romagna	Ferrara	Ferrara	-	6.015	29.406	-	18	-	1.236	36.675	141.959	25,8
Emilia-Romagna	Forlì-Cesena	Forlì	-	4.359	28.639	-	141	-	-	33.139	119.899	27,6
Emilia-Romagna	Modena	Modena	-	5.451	40.453	-	675	-	-	46.580	189.936	24,5
Emilia-Romagna	Parma	Parma	-	6.518	33.353	-	-	-	2.560	42.430	167.301	25,4
Emilia-Romagna	Piacenza	Piacenza	1.858	2.026	20.178	-	817	-	1.687	26.566	107.693	24,7
Emilia-Romagna	Rimini	Coriano	-	7.337	25.393	-	161	-	1.386	34.277	140.211	24,4

Regione	Provincia	Comune	Ceneri pesanti, ceneri leggere e scorie pericolose [190111*-190113*-190115*]	Rifiuti da processi di abbattimento o fumi [190105*-190107*-190110*]	Ceneri pesanti e scorie non pericolose [190112]	Sabbie dei reattori a letto fluido [190119]	Rifiuti liquidi e fanghi pericolosi prodotti dal trattamento dei fumi [190106*-190205*] (t)	Fanghi dal trattamento chimico-fisico non pericolosi [190814-190206] (t)	Materiali ferrosi estratti da ceneri e scorie di incenerimento [190102]	Totale	Totale rifiuti trattati	% in relazione al totale incenerito
Totale Nord			52.258	154.479	816.952	2.414	9.011	30	22.436	1.057.581	4.472.376	23,6
Toscana	Arezzo	Arezzo	-	1.504	11.729	-	-	-	-	13.232	44.341	29,8
Toscana	Livorno	Livorno	2.636	-	13.300	-	-	-	-	15.936	60.919	26,2
Toscana	Pistoia	Montale	-	1.913	10.854	-	-	-	86	12.853	45.542	28,2
Toscana	Siena	Poggibonsi	-	2.855	14.660	-	-	-	-	17.516	68.911	25,4
Lazio	Frosinone	San Vittore del Lazio	47.578	5.511	-	-	-	-	-	53.090	307.391	17,3
Totale Centro			50.215	11.784	50.543	0	0	0	86	112.627	527.104	21,4
Molise	Isernia	Pozzilli	3.592	-	11.171	-	141	-	-	14.904	88.209	16,9
Campania	Napoli	Acerra	481	34.059	120.060	-	-	-	-	154.600	732.196	21,1
Puglia	Taranto	Massafra	9.710	-	3.590	-	-	-	118	13.418	71.699	18,7
Basilicata	Potenza	Melfi	15.687	121	-	-	900	-	1.548	18.256	49.867	36,6
Calabria	Reggio Calabria	Gioia Tauro	5.046	1.272	3.622	-	-	-	-	9.940	60.968	16,3
Sardegna	Cagliari	Capoterra	-	-	13.457	-	-	-	-	13.457	63.760	21,1
Totale Sud			34.516	35.452	151.900	0	1.041	0	1.666	224.575	1.066.700	21,1
ITALIA			136.989	201.715	1.019.395	2.414	10.052	30	24.188	1.394.782	6.066.180	23,0

Fonte: ISPRA

Coincenerimento dei rifiuti

Come riportato nel Rapporto ISPRA 2022, nel 2021, 401 mila tonnellate di rifiuti provenienti dal circuito urbano sono state utilizzate in alternativa ai combustibili tradizionali in 14 impianti produttivi. In particolare, tali impianti sono rappresentati da cementifici, in maniera prevalente, e da impianti di produzione di energia elettrica/termica.

Tali rifiuti sono costituiti quasi esclusivamente da rifiuti combustibili (CSS – codice EER 191210) e/o frazione secca (FS – codice EER 191212) prodotti, prevalentemente, in impianti di trattamento meccanico biologico.

L'analisi dei dati a livello di macroarea geografica evidenzia che nel Nord i rifiuti urbani coinceneriti sono 220 mila tonnellate (54,9% del totale), al Sud oltre 170 mila tonnellate (42,5%) mentre al Centro circa 10 mila tonnellate (2,6%)

Regione	Provincia	Comune	RU	FS, CSS	TOT RU	RS NP	RS P	Totale
Piemonte	CN	Robilante	-	60.172	60.172	-	-	60.172
Lombardia	BG	Calusco D'Adda	-	12.607	12.607	10.432	-	23.039
Lombardia	LO	Castiraga Vidardo	-	32.260	32.260	-	-	32.260
Lombardia	VA	Caravate	-	9.987	9.987	10.723	-	20.710
Lombardia	VA	Comabbio	-	28.463	28.463	46.904	14.952	90.319
Lombardia	MN	Sustinente	-	18.496	18.496	99.993	-	118.490
Friuli-Venezia Giulia	PD	Fanna	-	2.197	2.197	-	-	2.197
Emilia-Romagna	RA	Faenza	34.449	21.660	56.109	47.767	-	103.876
Nord			34.449	185.842	220.291	215.819	14.952	451.063
Toscana	AR	Castel Focognano	-	10.419	10.419	19.980	-	30.399
Centro			-	10.419	10.419	19.980	-	30.399
Molise	IS	Sesto Campano	-	9.512	9.512	15.030	-	24.542
Basilicata	PZ	Barile	-	24.217	24.217	-	-	24.217
Calabria	CZ	Marcellinara	-	4.062	4.062	6.458	-	10.520
Puglia	BT	Barletta	-	27.678	27.678	-	-	27.678
Puglia	FG	Manfredonia	-	104.935	104.935	115.882	-	220.817
Sud			-	170.404	170.404	137.370	-	307.774
Totale			34.449	366.665	401.114	373.169	14.952	789.236

Fonte: ISPRA

Gassificazione

La gassificazione è il processo mediante il quale un materiale solido viene convertito in un gas combustibile tramite ossidazione parziale con un agente ossidante, tipicamente aria, aria arricchita con ossigeno, ossigeno puro, oppure vapore. L'agente ossidante viene fornito in quantità sub-stechiometrica, ossia inferiore a quella necessaria per bruciare in maniera completa il combustibile (tipicamente 20 – 30% della quantità stechiometrica), così da convertirlo in idrogeno (H₂) e monossido di carbonio (CO), anziché ossidarli completamente convertendoli in diossido di

carbonio (CO₂) e acqua (H₂O). Il gas prodotto, denominato gas di sintesi o *syngas*, è una miscela di gas costituita principalmente da H₂, CO, con quantità inferiori e variabili di CH₄, CO₂ e, nel caso in cui sia utilizzata aria come agente ossidante, N₂. Il processo di gassificazione con ossigeno è esotermico, quindi non richiede energia termica fornita dall'esterno, se non per l'avvio delle reazioni, e può raggiungere temperature di 800 – 1.200 °C. Nel caso di gassificazione con vapore acqueo, invece, il processo è endotermico, per cui è necessario fornire calore dall'esterno del reattore affinché avvengano le reazioni di gassificazione.

Oltre al gas di sintesi, la gassificazione comporta la produzione di un residuo solido chiamato *char* (fino al 30% circa del materiale in ingresso), che è composto principalmente da carbonio e inerti, e le cui caratteristiche chimico-fisiche, nonché la quantità prodotta, dipendono dalla matrice combustibile utilizzata e dalle condizioni operative del processo. Si è detto che le temperature di gassificazione arrivano fino a 1.200 °C circa; tuttavia, esistono delle configurazioni particolari per cui nella parte inferiore del reattore di gassificazione, dove vengono raccolte le scorie prodotte, si fa in modo di raggiungere e mantenere temperature molto più alte, anche fino a 2.000 °C, così da vetrificare il residuo solido inerte. Sottoposte alle alte temperature, le frazioni inerti si fondono e la colata viene convogliata in un bagno d'acqua di raffreddamento, dove solidifica formando granuli vetrificati che potrebbero essere impiegati, per esempio, per sottofondi stradali o conglomerati cementizi.

Esistono diverse tecnologie di gassificazione adatte, in linea di principio, al trattamento dei rifiuti solidi urbani; è importante, tuttavia, che le caratteristiche dei rifiuti utilizzati rimangano entro limiti prestabiliti e ciò richiede, molto spesso, pre-trattamenti specifici dei rifiuti, per esempio la triturazione per ridurre la pezzatura o l'essiccazione per ridurre il contenuto di umidità.

Le principali e più comuni tipologie di gassificatori attualmente disponibili a livello commerciale sono:

- Gassificatore a letto fisso, costituito da un letto fisso di combustibile, il quale viene immesso dall'alto. La configurazione può essere contro-corrente (o *updraft*) se l'agente ossidante, immesso nella parte bassa del reattore, risale il reattore in contro-corrente rispetto al combustibile ed il *syngas* viene estratto dalla parte alta; oppure equi-corrente (o *downdraft*) se la direzione del gas di sintesi è la stessa di quella del combustibile e l'estrazione avviene dalla parte bassa del reattore. In entrambe le configurazioni la conversione è molto efficiente e le scorie (ceneri anidre) sono estratte dalla parte inferiore del reattore. Il *syngas* prodotto risulta più pulito nel caso equi-corrente perché passa attraverso il letto caldo di *char* (il prodotto solido della gassificazione del rifiuto) favorendo la decomposizione dei composti più pesanti, ma potrebbe richiedere una fonte di calore esterna per mantenere temperature elevate, poiché il combustibile in ingresso non viene preriscaldato dal *syngas* in uscita come avviene invece nella configurazione contro-corrente.
- Gassificatore a letto fluido, in cui il combustibile risulta sospeso in una corrente ascendente di gas con eventuale aggiunta di materiale inerte fluidizzante (per esempio sabbia) per aumentare lo scambio termico, garantendo una distribuzione molto uniforme della

temperatura nella zona di gassificazione, un aumento della velocità di reazione e una maggiore resa complessiva del *syngas*.

- Gassificatore a letto trascinato, simile al gassificatore a letto fluido, ma in cui non viene utilizzato alcun agente fluidizzante e il combustibile si muove in equi-corrente con l'agente ossidante. Questa tipologia consente di raggiungere temperature molto elevate (1.200 – 1.500 °C) e di ottenere un *syngas* molto pulito, ma richiede elevate quantità di ossidante e sofisticati dispositivi di controllo che ne aumentano l'onerosità economica.

La composizione del gas di sintesi ottenuto e, conseguentemente, il suo contenuto energetico (potere calorifico) dipendono, oltre che dalla tipologia di reattore, anche dalle caratteristiche del materiale trattato, dall'agente ossidante utilizzato e dalle condizioni operative. Utilizzando come agente gassificante ossigeno commerciale, anziché aria, si otterrà, per esempio, un gas combustibile molto più concentrato, poiché privo di azoto (N₂), che, essendo inerte, diluisce il *syngas* abbassandone notevolmente il potere calorifico.

Il *syngas* ottenuto dalla gassificazione dei rifiuti deve essere sottoposto a opportuni trattamenti di pulizia e raffinamento (*upgrade*) che ne rimuovano gli inquinanti e ne regolino la composizione. Le principali impurità da rimuovere sono:

- Particolato (ceneri leggere), che può contenere tracce di metalli alcalini, metalli alcalino terrosi, silice e altri metalli, e può contenere particelle da meno di 1 µm fino a più di 100 µm. I sistemi per l'abbattimento delle polveri leggere sono gli stessi tipicamente impiegati nei sistemi di combustione (cicloni, precipitatori elettrostatici, filtri a maniche).
- Tar, composti organici (idrocarburi) con peso molecolare maggiore di quello del benzene che possono condensare e causare problemi alle apparecchiature a valle del reattore di gassificazione.
- Composti di zolfo (e.g., H₂S, COS, CS₂), che possono portare alla formazione di ossidi di zolfo o, anche in piccole quantità, alla disattivazione per avvelenamento dei catalizzatori utilizzati per la pulizia e il raffinamento del *syngas*.
- Composti di azoto (e.g., NH₃, HCN)
- Alogenuri di idrogeno e alogeni (e.g., HCl e Cl)
- Metalli (e.g., Na, K)

Una volta rimosse dal *syngas* le impurità, e una volta sottoposto a eventuali processi di *upgrade*, esso può essere utilizzato per produrre:

- Energia elettrica e/o termica. Il *syngas* può, infatti, essere utilizzato come combustibile in generatori di vapore, turbine a gas o motori a combustione interna.
- Metanolo (MeOH)
- Dimetil etere (DME)
- Etanolo (EtOH)
- Idrogeno (H₂)
- Altri combustibili e prodotti chimici (e.g., metano, gasolio via Fischer-Tropsch, gas naturale sintetico via metanazione)

I processi che prevedono l'utilizzo del gas di sintesi per la produzione di energia elettrica e/o termica, metanolo, dimetil etere, etanolo e idrogeno verranno approfonditi nel seguito.

In generale, la possibilità di utilizzare il *syngas* sia direttamente come combustibile sia come prodotto intermedio per produrre combustibili o prodotti chimici, rende il processo di gassificazione particolarmente interessante per la sua versatilità e la possibilità di immagazzinare energia in forme diverse.

In Tabella 3 sono riportate alcune tecnologie di gassificazione Waste-to-Energy (produzione di energia elettrica e/o termica), Waste-to-Chemicals (produzione di combustibili o prodotti chimici) e Waste-to-Hydrogen (produzione di H₂) disponibili in Europa e fuori Europa a livello commerciale. Sono indicati, oltre alla tipologia di processo impiegata, il tipo di *feedstock* utilizzato, la destinazione d'uso del *syngas* prodotto, gli eventuali sotto-prodotti del processo e il collocamento, nonché la taglia, degli impianti installati. Nella letteratura scientifica dedicata sono disponibili descrizioni dettagliate di questi e altri gassificatori industriali per la produzione di energia elettrica e/o termica da scarti o rifiuti³. Si rileva che la grande maggioranza degli impianti commerciali di gassificazione si trovano in Giappone e sono destinati, principalmente, alla produzione combinata di energia elettrica e termica; esistono, tuttavia, anche in Europa numerose aziende che hanno avviato progetti anche a scala commerciale per la conversione di rifiuti in prodotti ad alto valore aggiunto. Si cita, per esempio, il progetto Köping Hydrogen Park, dell'azienda Plagazi (Svezia), destinato a produrre annualmente 12.000 t di idrogeno da 66.000 t di rifiuti, oltre a fornire 10 MW di potenza termica per il teleriscaldamento.

³ IEA Bioenergy and L. Waldheim, *Gasification of waste for energy carriers. A review.*, vol. Task 33. 2018.

Tabella 3. Tecnologie Waste-to-Energy, Waste-to-Chemicals e Waste-to-H2 disponibili in Europa e fuori Europa a livello commerciale per la conversione termo-chimica dei rifiuti tramite gassificazione (elenco esemplificativo e non esaustivo).

Azienda	Nazione	Tecnologia	Tipologia processo	Feedstock	Prodotti	Sottoprodotti	Impianti operativi	Taglia impianti
Ebara Corporation	JP	TwinRec	Gass. a letto fluido	RSU	Syngas per produzione en. elettrica	Riciclo metalli; residuo solido vetrificato	JP	19.000 – 165.000 t _{rifiuti} /anno
		TwinRec + Ebara Ube Process	Gass. a letto fluido	Residui plastici	Syngas per produzione H ₂	Riciclo metalli; residuo solido vetrificato	JP	70.000 t _{rifiuti} /anno
Enerkem	CA	Enerkem	Gass. a letto fluido bollente	RSU, biomasse residuali	Syngas per produzione MeOH, EtOH		CA	100.000 t _{rifiuti} /anno
Entech	AU	ENTECH-WtGas-RES™	Gass. a letto fisso a bassa/alta temperatura	RSU, CSS, rifiuti industriali	Syngas per produzione H ₂ , combustibili, en. elettrica		PL, MY, TW, SG, KR	22.500 t _{rifiuti} /anno
Eppm ag	CH	TWO	Gass. a letto fisso a bassa temperatura	RSU, rifiuti industriali	Syngas per produzione en. elettrica/termica		US, AT, CH	Moduli da 5.000 – 50.000 t _{rifiuti} /anno
InEnTec, Vest Spa	US, IT	Zero Impact Platform (ZIP)	Gass. al plasma (gassificazione + raffinamento gas tramite torcia al plasma)	RSU, residui plastici, biomasse residuali, rifiuti industriali	Syngas per produzione H ₂	Riciclo metalli; residuo solido vetrificato	US	8.000 – 32.000 t _{rifiuti} /anno. Output: 740 – 2950 t _{H2} /anno
JFE + Johnson Matthey, LanzaTech, NextChem	JP, GB, US, IT	Thermoselect	Gass. a letto fluido o fisso	RSU, plasmix	Syngas per produzione en. elettrica/termica; MeOH; EtOH	Residuo solido vetrificato	JP	Moduli da 50.000 – 60.000 t _{rifiuti} /anno. Taglia tipica impianti: 100.000 – 200.000 t _{rifiuti} /anno
Kew Technology	GB	SEC Technology	Gass. a letto fluido pressurizzato	RSU, CSS	Syngas per produzione H ₂ , DME, MeOH, jet fuel		GB (impianti pilota full-scale)	Moduli da 20.000 t _{rifiuti} /anno (rifiuti pre-trattati). Output: 1.000 – 1.100 t _{H2} /anno; 4.700 t _{DME} /anno; 93.800 L _{jet fuel} /anno
OMNI Conversion Technologies + KP Engineering	CA	OMNI200™	Gass. al plasma (gassificazione + raffinamento gas tramite torcia al plasma)	RSU, residui plastici, cippato di legno e altre biomasse legnose	Syngas per produzione H ₂ , combustibili, prodotti chimici, SNG, en. elettrica	OmniRock™ (residuo vetrificato); recupero acqua; recupero calore	CA	Moduli da 67.000 t _{rifiuti} /anno. Output: 5.000 t _{H2} /anno

Gassificazione con cogenerazione

Lo schema di impianto di gassificazione per la cogenerazione di energia elettrica e termica (Figura 2) è analogo allo schema di combustione diretta dei rifiuti. La differenza risiede nel fatto che in questa configurazione i rifiuti, dopo eventuale pre-trattamento, alimentano un reattore di gassificazione (per esempio ad aria) da cui vengono prodotti *syngas* e residui solidi (scorie o ceneri). Il *syngas* è poi sottoposto a trattamenti di lavaggio o filtrazione che ne rimuovano le impurità prima di alimentare un'unità di produzione di energia elettrica (caldaia con turbina a vapore, motore a combustione interna, turbina a gas), da cui recuperare anche calore da fornire all'utenza termica. Numerosi studi hanno dimostrato che unità di produzione di energia elettrica di scala commerciale generalmente alimentate con gas naturale, possono essere alimentate con *syngas* da gassificazione senza significative modifiche. Il *syngas* deve però soddisfare alcuni requisiti a seconda della sua applicazione (e.g., potere calorifico, particolato, tar), come indicato in Tabella 4.

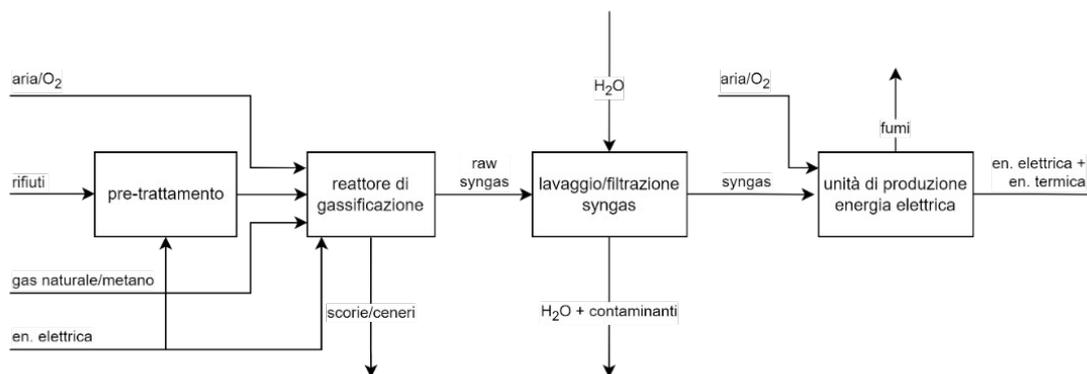


Figura 2. Schema gassificazione per la produzione di energia elettrica/termica.

Parametro	Caldaia/turbina a vapore	Motore a combustione interna	Turbina a gas
PCI [MJ/Nm ³]	>4	>4	>4
Particolato [mg/Nm ³]	-	<5 – 50 (PM10)	<5 – 30 (PM5)
Tar [mg/Nm ³]	-	<10 – 100	<5
Metalli alcalini [ppm]	-	<1 – 2	<0,2 – 1
Zolfo (H ₂ S, COS) [μL/L]	-	-	<20
Azoto (NH ₃ , HCN) [μL/L]	-	-	<50

Tabella 4. Requisiti di qualità del syngas per applicazione in tecnologie cogenerative.

Nel caso di combustione del *syngas* in caldaia con accoppiamento ad una turbina a vapore per la generazione di energia elettrica e termica, la gassificazione dei rifiuti ha un'efficienza di conversione molto simile a quella ottenibile tramite combustione diretta dei rifiuti. Tuttavia, qualora il *syngas* prodotto venga sottoposto a trattamenti per la rimozione di contaminanti, la combustione del *syngas* può diventare più efficiente. Infatti, in un inceneritore convenzionale la temperatura del vapore generato è limitata dalla corrosività dei contaminanti presenti nei fumi di combustione, mentre un *syngas* più pulito consente il raggiungimento di temperature più elevate e può essere utilizzato anche in motori a combustione interna e in cicli combinati con turbina a gas. Per ciascun caso sono comunque da considerare i rendimenti della specifica tecnologia utilizzata. In tabella 5

sono riportati i tipici rendimenti per le citate tecnologie cogenerative, nonché le tipiche taglie di impianto.

Tecnologia	Caldia/turbina a vapore	Motore a combustione interna	Turbina a gas
Efficienza elettrica	17 – 35%	25 – 45%	25 – 42%
Efficienza totale (elettrica + termica)	60 – 80%	65 – 92%	65 – 87%
Taglia tipica	0,5 – 500 MWe	0,003 – 20 MWe	0,25 – 300 MWe

Tabella 5. Tecnologie cogenerative alimentabili a gas naturale o syngas^{4 5}.

Gassificazione con produzione di Metanolo

Il metanolo (MeOH) è il più semplice degli alcoli, utilizzato principalmente per la produzione di formaldeide, precursore di resine, materie plastiche, adesivi e polioli, e per la produzione di acido acetico, anch'esso utilizzato nell'industria chimica per materie plastiche e altri prodotti. Il metanolo può inoltre essere utilizzato per la produzione di additivi per benzine, come il metil-t-butil etere (MTBE), che consente di ottenere carburanti più efficaci e con minor impatto ambientale, e per la produzione di DME, utilizzabile nei combustibili per jet e nel diesel, oltre che come solvente o liquido refrigerante.

Per la sintesi di MeOH il syngas, dopo opportuno lavaggio e filtrazione, viene inviato ad un reattore di *Water Gas Shift* (WGS), in cui si ha la riduzione di CO e l'aumento della frazione di H₂ secondo la reazione:



Questa operazione consente di raggiungere rapporti H₂/CO di circa 2:1, come richiesto per la sintesi di metanolo. Successivamente, dopo la rimozione della CO₂ e dell'acqua residua, in un altro reattore catalitico ad alta temperatura e ad alta pressione, dal syngas viene prodotto il metanolo (formula bruta: CH₃OH) per idrogenazione degli ossidi di carbonio, secondo le seguenti reazioni esotermiche:



Come catalizzatori per la sintesi di MeOH vengono generalmente utilizzati ossidi di rame, zinco e alluminio, ed il processo avviene a pressioni di 35 – 55 bar e temperature nell'intervallo 200 – 300 °C⁶. Per alcuni reattori commerciali sono riportate pressioni maggiori, tra 50 e 100 bar^{7 8}. La frazione di syngas che non viene convertita a MeOH può essere ricircolata nel reattore tal quale oppure dopo il passaggio per una unità di PSA (*Pressure Swing Adsorption*), attraverso la quale

4 U. S. Environmental Protection Agency, "Catalog of CHP Technologies", *Environ. Prot.*, no. September, p. 73, 2017.

5 B. Metz, L. Meyer, and P. Bosch, "Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change", Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. doi: 10.1017/CBO9780511546013.

6 P. J. A. Tjijm, F. J. Waller, and D. M. Brown, "Methanol technology developments for the new millennium", *Appl. Catal. A Gen.*, vol. 221, no. 1–2, pp. 275–282, 2001, doi: 10.1016/S0926-860X(01)00805-5.

7 J. B. Hansen and P. E. Højlund Nielsen, "Methanol Synthesis", in *Handbook of Heterogeneous Catalysis*, 2008, pp. 2920–2949.

8 L. R. Clausen, B. Elmegaard, and N. Houbak, "Design of novel DME/methanol synthesis plants based on gasification of biomass", 2017.

viene recuperato il solo idrogeno. La frazione non ricircolata è gas di spurgo o gas di coda, da rilasciare in atmosfera, inviare a torcia o utilizzare come co-combustibile in caldaia per produrre, per esempio, calore utile ai processi di trattamento del *syngas*). Il metanolo in uscita dal reattore catalitico contiene una certa quantità di acqua derivante dalla conversione della CO₂, etanolo e alcoli superiori (e.g., propanolo, butanolo), che possono essere separati dal metanolo utilizzando colonne di distillazione, che da un lato aumentano la purità del prodotto finale, dall'altro aumentano i costi di investimento e operativi. In Figura 3 è riportato lo schema di processo tipico per la produzione di metanolo a partire da *syngas* via gassificazione del rifiuto solido urbano (il processo di produzione del *syngas* è omesso, ma da considerarsi analogo a quello riportato in Figura 2).

Il processo di sintesi e distillazione del metanolo comporta la produzione, anche se in quantitativi molto ridotti, di sotto-prodotti quali alcoli superiori (e.g., etanolo, propanolo, butanolo), esteri (e.g., formiato di metile, acetato di metile), eteri (e.g., dimetil etere), chetoni, idrocarburi, e altri composti acidi e aldeidi. La quantità di ciascun composto dipende principalmente dalla composizione del *syngas* di partenza e dalle condizioni operative del reattore di sintesi del metanolo (la produzione di sotto-prodotti è maggiore a temperature più elevate).

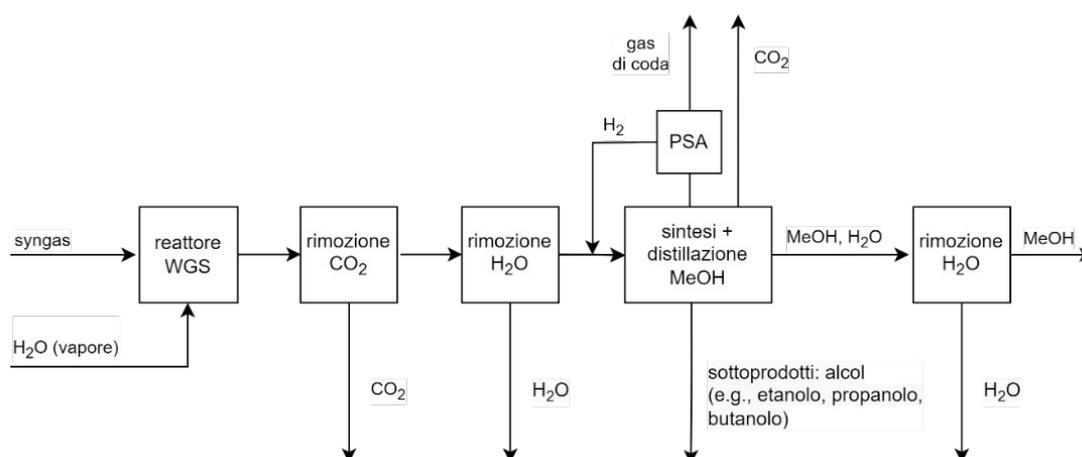


Figura 3. Schema di processo Waste-to-Chemicals per la produzione di metanolo (MeOH) da *syngas*.

Gassificazione con produzione di Dimetil etere

Il dimetil etere (DME) è il più semplice etere alifatico, si presenta in forma gassosa a temperatura ambiente, ma può essere liquefatto a pressioni relativamente basse (circa 6 bar), rendendolo facilmente trasportabile. Può essere utilizzato come combustibile in sostituzione al diesel, ma anche nell'industria chimica come intermedio per la sintesi di altri composti organici, come catalizzatore nei processi di polimerizzazione, come propellente o come solvente. Il processo di produzione di DME da *syngas* è in parte lo stesso di quello descritto per la produzione del metanolo. Infatti, si può produrre DME (formula bruta: CH₃OCH₃) dal metanolo in un ulteriore step catalitico in cui avviene la disidratazione del metanolo, secondo la reazione (esotermica):



Eq. 4

oppure direttamente dal *syngas*, combinando in un'unica unità di processo sia la sintesi (Eq. 2) che la disidratazione del metanolo (Eq. 4):



In Figura 4 è riportato lo schema di processo tipico di produzione di DME da *syngas* prodotto dalla gassificazione del rifiuto solido urbano (il processo di produzione del *syngas* è omesso, ma da considerarsi analogo a quello riportato in Figura 2). Si riporta il processo tradizionale, in cui si ha, come per la produzione di metanolo, il condizionamento del *syngas* mediante un reattore *Water Gas Shift* (WGS) per aggiustare il contenuto di idrogeno e monossido di carbonio nella miscela, la rimozione di CO₂ e acqua residua, la sintesi di metanolo e, infine, la sintesi di DME. Le condizioni operative per la sintesi di DME da sintesi e disidratazione di metanolo sono molto simili a quelle riportate per la sintesi di MeOH: tipicamente si lavora a pressioni di 50 – 100 bar e temperature di 210 – 290 °C⁹.

Si osserva che le reazioni di sintesi di metanolo e, in misura minore, di DME sono esotermiche, per cui il calore generato durante il processo può eventualmente essere recuperato.

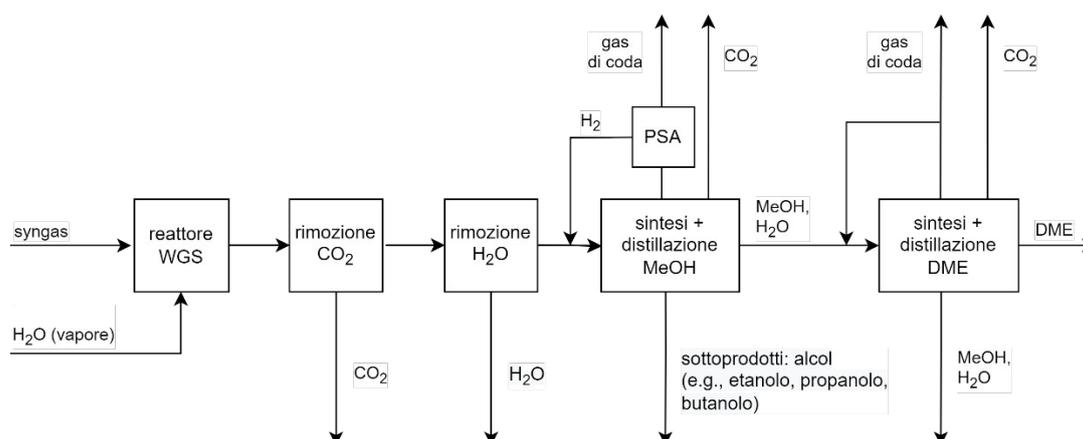


Figura 4. Schema di processo Waste-to-Chemicals per la produzione di DME da *syngas*.

Numerosi studi e progetti hanno testato impianti di gassificazione con produzione di DME a scala pilota o industriale (www.etipbioenergy.eu). Si cita a tal proposito il progetto BioDME, realizzato all'interno del Settimo Programma Quadro Europeo (2007 – 2013), che tra il 2011 e il 2016 ha testato in maniera continuativa (per un totale di 16.000 ore operative accumulate) un impianto a scala industriale (TRL 8) in Svezia, costituito da un reattore di gassificazione ad aria da *black liquor* (biomassa di scarto della lavorazione della cellulosa) e un impianto di conversione da *syngas* a DME, da utilizzare come combustibile per veicoli pesanti. In Tabella 6 sono riportate le principali caratteristiche dell'impianto.

Tabella 6. Caratteristiche dell'impianto BioDME (Svezia) per la produzione di DME¹⁰.

Feedstock	3.000 t black liquor/anno (20 t/giorno, 3 MW)
-----------	---

9 K. Takeishi and Y. Akaike, "Direct synthesis of Dimethyl Ether (DME) from syngas", *Recent Adv. energy Environ.*, 2010.

10 I. Landälv et al., "Two Years Experience of the BioDME Project — A Complete Wood to Wheel Concept", *Environ. Prog. Sustain. Energy*, vol. 33, no. 3, pp. 676–680, 2014, doi: 10.1002/ep

PCI feedstock	13 MJ/kg
Capacità impianto	600 t DME/anno (4 t/giorno)
CapEx	Gassificazione da black liquor: 45 Mio EUR Pulizia syngas, sintesi MeOH e DME: 30 Mio EUR
Operatività complessiva	16.000 ore 1.050 t DME

Gassificazione con produzione di Etanolo

L’etanolo (EtOH) è un alcol utilizzabile come combustibile in motori a combustione interna o come additivo per benzine, ma anche come intermedio importante per la produzione di componenti chimici e solventi per l’industria automobilistica o farmaceutica.

La produzione di EtOH da *syngas* può avvenire per via diretta, tramite l’utilizzo di catalizzatori quali Rh-Mn o Cu-Co; per via indiretta attraverso la sintesi di metanolo dal *syngas* e la sua carbonilazione catalitica con produzione di acido acetico, convertito successivamente in etanolo tramite idrogenazione; per via indiretta attraverso la sintesi di DME dal *syngas* e la sua carbonilazione catalitica con produzione di acetato di metile, convertito successivamente in etanolo tramite idrogenazione. Esiste un’ulteriore tecnologia di conversione, di tipo biologico, che consiste nella fermentazione del *syngas* per opera di batteri specifici che producono etanolo anche a basse temperature. LanzaTech ha recentemente commercializzato un sistema che utilizza il batterio acetogenico *Clostridium autoethanogenum* per la conversione da *syngas* a etanolo, con impianti dimostrativi pre-commerciali in Cina che producono fino a 300 t/anno di etanolo^{11 12}. Ad ottobre 2022 NextChem (Maire Tecnimont) ha annunciato l’avvio dell’Hydrogen Valley di Roma (www.mairetecnimont.com), in cui si prevede il trattamento di 200.000 t/anno di rifiuti con conversione a idrogeno e, in una prima fase, anche di etanolo, mediante un’unità di fermentazione del *syngas* dotata della tecnologia biocatalitica di LanzaTech. Per la parte di produzione di etanolo è prevista una resa pari a $0,30 \text{ t}_{\text{EtOH}}/\text{t}_{\text{rifiuti}}$ (www.biofuelsdigest.com). In letteratura, tuttavia, si riscontrano efficienze di conversione più ridotte: $0,04 - 0,11 \text{ t}_{\text{EtOH}}/\text{t}_{\text{rifiuti}}$ ^{13 14}.

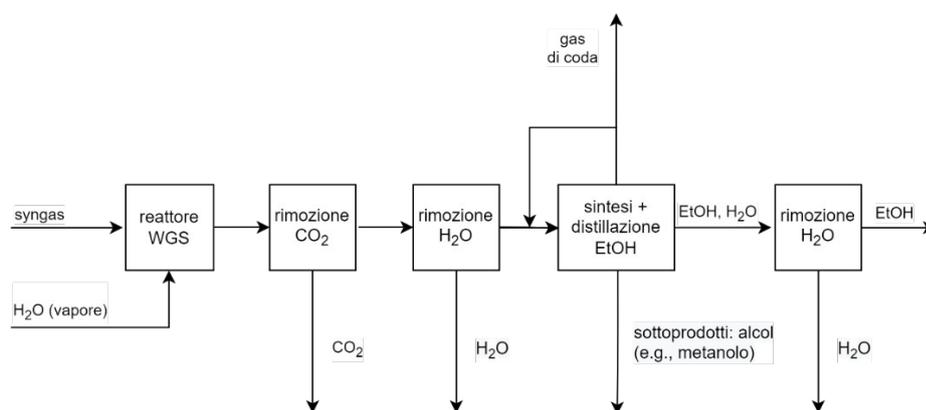


Figura 5. Schema di processo Waste-to-Chemicals per la produzione di etanolo (EtOH) da syngas.

11D. Trevethick S.R.; Bromley, Jason; Carl, Simpson; Sean, “Fermentation of Gaseous Substrates”, US8178330B2, 2012.

12 J. Daniell, M. Köpke, and S. D. Simpson, Commercial biomass syngas fermentation, vol. 5, no. 12. 2012.

13 S. Jones, Y. Zhu, and C. Valkenburg, “Municipal solid waste (MSW) to liquid fuels synthesis a techno-economic evaluation of the production of mixed alcohols”, vol. 2, no. April, 2009.

14 L. Sekisui Chemical Co., L. INCJ, and L. Sekisui Bio Refinery Co., “1/10th Scale ‘Waste to Ethanol’ Demonstration Plant Completed in Kuji City”, 2022. https://www.sekisuichemical.com/news/2022/1373480_38754.html (accessed Nov. 17, 2022)

In Figura 5 è riportato lo schema di processo tipico di produzione di etanolo da *syngas* prodotto dalla gassificazione del rifiuto solido urbano (il processo di produzione del *syngas* è omesso, ma da considerarsi analogo a quello riportato in Figura 2). Si riporta il processo tradizionale, in cui si ha, come per la produzione di metanolo e di DME, il condizionamento del *syngas* mediante un reattore *Water Gas Shift* (WGS) per aggiustare il contenuto di idrogeno e monossido di carbonio nella miscela, la rimozione di CO₂ e acqua residua, e infine si ha la sintesi e distillazione di etanolo, seguita generalmente da un processo di rimozione dell'acqua residua. La frazione di *syngas* non convertita può essere parzialmente ricircolata e inviata all'ingresso del reattore di sintesi, oppure utilizzata come combustibile nella sezione di purificazione del gas di sintesi.

Gassificazione con produzione di Idrogeno

Se l'obiettivo finale della conversione energetica dei rifiuti è quello di produrre idrogeno (H₂), viene utilizzato, come per il processo di produzione di MeOH, un reattore WGS che consente di aumentare la frazione di H₂ nel *syngas*, a cui viene fatto seguire, dopo il sequestro della CO₂, un'unità PSA, in cui, tramite un processo di assorbimento ad alta pressione, si può catturare il solo idrogeno, aumentandone la purezza fino al 99,99%. Il gas residuo (gas di coda) contiene principalmente CH₄, idrocarburi leggeri, e piccole quantità di CO, CO₂ e H₂, e può essere utilizzato come combustibile in caldaia per produrre, per esempio, calore utile ai processi di trattamento del *syngas* o vapore da utilizzare nel reattore WGS. In Figura 6 è riportato lo schema di processo tipico per la produzione di idrogeno a partire dalla gassificazione del rifiuto solido urbano (il processo di produzione del *syngas* è omesso, ma da considerarsi analogo a quello riportato in Figura 2).

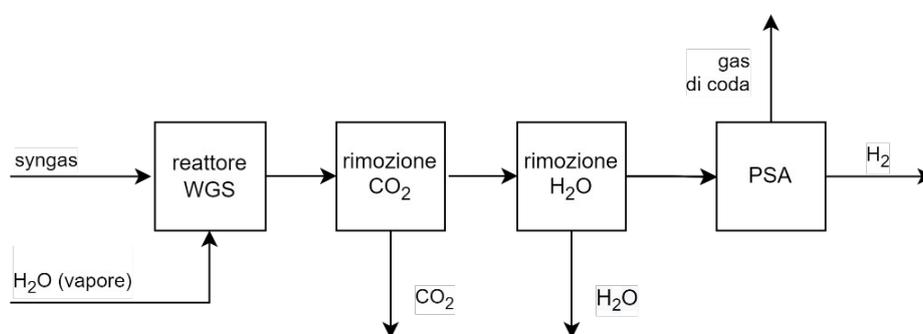


Figura 6. Schema di processo di produzione di H₂ da *syngas*.

4.4 Tecnologie al plasma

Il plasma è un gas ionizzato, costituito da elettroni e ioni, ma con carica globale nulla. È un gas ad alta conducibilità elettrica, creato dall'interazione fra un gas (e.g., aria, azoto, argon) e un campo elettrico o magnetico, e può raggiungere temperature molto elevate, fino a 5.000 – 15.000 °C. Nell'applicazione in sistemi di combustione o di gassificazione queste condizioni consentono di ottenere un prodotto solido riutilizzabile e/o di rompere le molecole gassose più grandi e formare gas con ridotto contenuto di inquinanti. La tecnologia al plasma, infatti, può essere applicata

direttamente ai rifiuti o al residuo solido nel reattore di gassificazione, oppure alla sola frazione gassosa, quindi ai fumi di combustione o al *syngas* da gassificazione (post-trattamento), per scindere le molecole più complesse di inquinanti (e.g., PCB, diossine, furani), raggiungendo efficienze di rimozione anche maggiori del 99,99%¹⁵. Applicando il plasma direttamente ai rifiuti o al residuo solido, le elevate temperature raggiungibili portano alla formazione di un solido vetrificato inerte (*slag*) che può essere utilizzato come aggregato nel settore delle costruzioni.

I processi al plasma sono una tecnologia matura a livello commerciale, ma rimane una tecnologia complessa che può richiedere elevati consumi di energia e, conseguentemente, costi elevati.

4.5 Confronto tecnico ed economico tra le diverse tecnologie

Le caratteristiche principali che differenziano gli impianti di gassificazione da quelli di incenerimento o combustione sono:

- volumi inferiori di gas prodotto (*syngas*) rispetto ai fumi di combustione, con una riduzione fino a 10 volte nel caso si utilizzi ossigeno come agente gassificante;
- formazione di CO piuttosto che di CO₂;
- raccolta del residuo solido (in gassificatori ad alta temperatura/al plasma) come *slag* o scorie vetrificate da utilizzare come aggregato in edilizia;
- utilizzi diversi del *syngas*.

In Tabella 7 sono riepilogate le principali differenze fra impianti di combustione e di gassificazione per quanto riguarda, in particolare, la necessità di pre-trattamento dei rifiuti, l'utilizzo di combustibili ausiliari per il sostentamento del processo, gli output ottenibili, i flussi di emissioni gassose e i residui solidi di processo.

Tabella 7. Confronto fra combustione e gassificazione.

	Combustione	Gassificazione
Pre-trattamento	Potrebbe essere necessario a seconda delle caratteristiche dei rifiuti (pezzatura, umidità) e della tipologia di forno.	Potrebbe essere necessario a seconda delle caratteristiche dei rifiuti (pezzatura, umidità) e della tipologia di gassificatore. Preferibile feedstock omogeneo.
Combustibili ausiliari	<ul style="list-style-type: none"> • Fase avvio/spegnimento • Eventuale aumento/mantenimento temperature in fase operativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Fase avvio/spegnimento • Eventuale aumento/mantenimento temperature in fase operativa (solo in gassificatori ad alta temperatura)
Output	Energia elettrica e/o termica	<i>Syngas</i>
Flussi di emissioni gassose	Fumi di combustione a camino	No, ma l'utilizzo del <i>syngas</i> può comportare emissioni di questo tipo.
Residui	<ul style="list-style-type: none"> • Ceneri pesanti (15 – 35%) • Ceneri leggere (sistemi di rimozione a umido: 1.5 – 4%; sistemi di rimozione a semi-secco: 2 – 5%; sistemi di rimozione a secco: 1.5 – 6 %) • Fanghi da trattamento acque reflue (1 – 15 kg/t di rifiuti) 	<ul style="list-style-type: none"> • Char/ceneri pesanti (fino a circa 30%) • Ceneri leggere (1 – 3%) • Fanghi da trattamento acque reflue (fino a circa 40 kg/t di rifiuti)

15Y. G. Rueda and L. Helsen, "The role of plasma in syngas tar cracking", *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 10, no. 4, pp. 857–871, 2020, doi: 10.1007/s13399-019-00461-x.

I processi di conversione energetica dei rifiuti precedentemente descritti, ossia la combustione diretta e la gassificazione per la produzione di energia elettrica e/o termica, metanolo, dimetil etere, etanolo e idrogeno, sono confrontati in Tabella 8. Per ciascun processo sono riportati, con dettaglio quantitativo ove disponibile, gli output energetici, gli input addizionali, i residui solidi ottenuti dal processamento del *feedstock*, i flussi emissivi primari e secondari. I quantitativi riportati fanno riferimento a impianti ipotetici per il trattamento di 80.000 t_{rifiuti}/anno. Si ipotizza, inoltre, che i rifiuti abbiano un potere calorifico medio pari a 13 MJ/kg (input complessivo: 288.900 MWh/anno) e che gli impianti funzionino per circa 7.500 ore annue.

Si osserva che, indipendentemente dal tipo di processo, per il corretto funzionamento dell'impianto e dei servizi ausiliari (e.g., aria compressa, produzione acqua di processo o demineralizzata) sono necessari input energetici oltre ai rifiuti stessi, ossia energia elettrica e gas naturale (o altro combustibile). Per gli impianti di gassificazione parte degli input energetici è destinata alla produzione di vapore, utilizzato come agente gassificante e/o per upgrade del gas di sintesi. I quantitativi di tali input possono variare sensibilmente a seconda della tecnologia considerata e possono influenzare in maniera cospicua i costi di gestione impianto. Tuttavia, nei casi cogenerativi, ossia di produzione contemporanea di energia elettrica ed energia termica, sia da combustione che da gassificazione, parte dell'energia elettrica e termica prodotta può essere utilizzata per autoconsumo. Inoltre, in impianti di gassificazione in cui si ha produzione di gas di coda derivanti dagli step di pulizia e *upgrade* del *syngas*, la combustione di questi può essere sfruttata per il recupero di energia termica, riducendo così la quantità di combustibili supplementari da acquisire esternamente.

Per quanto riguarda i flussi emissivi, ogni qualvolta si ha una combustione (diretta dei rifiuti o di *syngas* prodotto dai rifiuti) si hanno necessariamente fumi di combustione (prevalentemente CO₂) e di conseguenza l'impianto deve prevedere un camino per la loro espulsione. In un impianto di gassificazione che prevede, invece, la conversione del gas di sintesi in metanolo, DME, etanolo o idrogeno, i flussi emissivi principali derivano dalla separazione di gas nei processi di *upgrade*. In questi casi si tratta per lo più di CO₂, in forma però più pura rispetto alla concentrazione nei fumi di combustione e quindi più facilmente separabile e stoccabile (tramite sistemi di Carbon Capture and Storage, CCS) tramite sistemi di compressione e liquefazione, ed eventualmente utilizzabile.

Anche i residui solidi prodotti via gassificazione, nella forma di granulato vetrificato, possono essere eventualmente valorizzati come materiale edilizio.

Tabella 8. Confronto processi di conversione energetica dei rifiuti. Flussi espressi su base annuale per un impianto ipotetico per il trattamento di 80.000 t di rifiuti per anno.

	Impianto di termovalorizzazione (combustione)	Impianto di gassificazione				
Tipologia output	energia elettrica / termica	energia elettrica/termica	MeOH	DME	EtOH	H ₂
Output	Energia elettrica lorda: 43.000 MWh _{el}	Syngas (con gassificatore a letto trascinato): 95.500 – 180.000 t (175.000 – 207.000 MWh)				
	Energia elettrica netta: 30.000 MWh _{el} Energia termica: 135.000 MWh _{th}	Energia elettrica netta: 43.800 MWh _{el} (gassificatore a letto fluido) – 65.300 MWh _{el} (gassificatore al plasma)	MeOH: 33.600 – 48.000 t (183.900 – 262.700 MWh). Rendimento massimo*: 88.3%	DME: 18.800 -21.900 t (147.900 – 172.800 MWh). Rendimento massimo**: 84.3%	EtOH: fino a 23.800 t (176.400 MWh)	H ₂ : 4.200 – 4.500 t (140.000 – 150.000 MWh))
Altri input	Aria di combustione: 560.000 – 980.000 t	Agente gassificante: aria (56.000 – 84.000 t) / ossigeno / vapore				
	Energia elettrica: 11.300 – 16.000 MWh	Energia elettrica: 36.000 – 42.000 MWh				
	Gas naturale o altro combustibile: fino a 10.000 MWh	Gas naturale o altro combustibile: 30.200 MWh (solo gassificazione) – 89.300 MWh (gassificazione + produzione MeOH)				
	Servizi ausiliari: aria compressa; produzione acqua di processo/demineralizzata	Vapore per upgrade syngas Servizi ausiliari: aria compressa; produzione acqua di processo/demineralizzata				
Residui solidi	Ceneri leggere: 1.200 – 4.800 t; ceneri pesanti (scorie): 12.000 – 28.000 t	Ceneri leggere: 800 – 2.400 t; char/ceneri pesanti: fino a 24.000 t				
Flussi emissivi principali	Fumi di combustione: 88.000 Nm ³ /h (840.000 t), di cui 56.000 – 96.000 t di CO ₂	Fumi di combustione: 610.600 – 712.300 t	CO ₂ (da upgrade syngas e da distillazione MeOH/DME): 64.800 – 133.300 t; gas di coda	CO ₂ (da upgrade syngas); gas di coda	CO ₂ (da upgrade syngas e purificazione H ₂): fino a 120.000 t); gas di coda	

Altri flussi emissivi/prodotti secondari	Acqua di lavaggio fumi (a trattamento acque)	Acqua di lavaggio fumi (a trattamento acque)	Acqua di lavaggio syngas (a trattamento acque); contaminanti (e.g., H ₂ S, COS; CS ₂); acqua di condensazione; alcol (e.g., etanolo, propanolo, butanolo); MeOH (solo nel caso di produzione DME)	Acqua di lavaggio syngas (a trattamento acque); contaminanti (e.g., H ₂ S, COS; CS ₂); acqua di condensazione	Acqua di lavaggio syngas (a trattamento acque); contaminanti (e.g., H ₂ S, COS; CS ₂); acqua di condensazione	
Fonti	<p>A. De Santis, C. Martini, F. Martini, and M. Salvio, “Quaderni dell’Efficienza Energetica - Incenerimento”, 2021</p> <p>B. Johnke, R. Hoppaus, E. Lee, B. Irving, T. Martinsen, and K. Mareckova, “Emissions from Waste Incineration: Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories”, <i>IPCC - Intergov. Panel Clim. Chang.</i>, pp. 455–468, 2001.</p>	<p>L. Mazzoni, M. Almazrouei, C. Ghenai, and I. Janajreh, “A comparison of energy recovery from MSW through plasma gasification and entrained flow gasification”, <i>Energy Procedia</i>, vol. 142, pp. 3480–3485, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.233.</p> <p>D. Panepinto, V. Tedesco, E. Brizio, and G. Genon, “Environmental Performances and Energy Efficiency for MSW Gasification Treatment”, <i>Waste and Biomass Valorization</i>, vol. 6, no. 1, pp. 123–135, 2014, doi: 10.1007/s12649-014-9322-7.</p>	<p>L. R. Clausen, B. Elmegaard, and N. Houbak, “Design of novel DME/methanol synthesis plants based on gasification of biomass”, 2017.</p> <p>L. Mazzoni, M. Almazrouei, C. Ghenai, and I. Janajreh, “A comparison of energy recovery from MSW through plasma gasification and entrained flow gasification”, <i>Energy Procedia</i>, vol. 142, pp. 3480–3485, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.233.</p> <p>G. Iaquaniello, G. Centi, A. Salladini, E. Palo, S. Perathoner, and L. Spadaccini, “Waste-to-methanol: Process and economics assessment”, <i>Bioresour. Technol.</i>, vol. 243, pp. 611–619, 2017, doi: 10.1016/j.biortech.2017.06.172.</p>	<p>L. R. Clausen, B. Elmegaard, and N. Houbak, “Design of novel DME/methanol synthesis plants based on gasification of biomass”, 2017.</p> <p>L. Mazzoni, M. Almazrouei, C. Ghenai, and I. Janajreh, “A comparison of energy recovery from MSW through plasma gasification and entrained flow gasification”, <i>Energy Procedia</i>, vol. 142, pp. 3480–3485, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.233.</p>	<p>M. Sapp, “NextChem scores \$194M EU grant to develop waste-to-hydrogen plant”, 2022. https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2022/09/22/nextchem-scores-194m-eu-grant-to-develop-waste-to-hydrogen-plant/ (accessed Nov. 17, 2022).</p>	<p>L. Mazzoni, M. Almazrouei, C. Ghenai, and I. Janajreh, “A comparison of energy recovery from MSW through plasma gasification and entrained flow gasification”, <i>Energy Procedia</i>, vol. 142, pp. 3480–3485, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.233.</p>

* Rendimento basato su PCI considerando un syngas di partenza con rapporto H₂/CO = 2

** Rendimento basato su PCI considerando un syngas di partenza con rapporto H₂/CO = 1

In tabella 9 è riportato il confronto fra i principali combustibili ottenibili dal *syngas* prodotto dalla gassificazione dei rifiuti. Sono riportati, nello specifico, le stime della spesa di capitale (CapEx) degli ipotetici impianti di conversione, il costo totale dell'impianto (o *Total Plant Cost*, TPC), e i costi operativi (OpEx).

I CapEx includono lo storage per il *feedstock* pre-trattato, il sistema di pre-trattamento finale per il compattamento del rifiuto, il sistema di carico del materiale, il reattore di gassificazione e il materiale del letto fluido dello stesso, il sistema di filtraggio e upgrade del *syngas*, il sistema di sintesi chimica, *utilities* di processo (ossigeno, vapore), il sistema di scarico scorie e ceneri. Il costo totale dell'impianto include, oltre ai CapEx, i costi di installazione (10% del costo degli impianti), i costi indiretti (10% del costo degli impianti), contingenze (5% del costo degli impianti), altri costi non previsti (8% del costo degli impianti).

I costi operativi (OpEx) includono lo smaltimento delle ceneri residue, i consumabili di processo, le attività di manutenzione e sostituzione di componenti tecnologiche, la forza lavoro, i costi energetici e i costi amministrativi. In tabella sono inoltre riportati i quantitativi di metanolo, dimetil etere, etanolo e idrogeno ottenibili; il corrispettivo combustibile fossile che potrebbero andare a sostituire (benzina, gasolio o gas naturale); le stime dei possibili ricavi derivanti dalla vendita dei suddetti bio-combustibili.

Si specifica che i costi di installazione riportati sono riferiti ad un impianto da 48 MW, in grado di trattare annualmente fino ad un massimo di 100.000 tonnellate di rifiuti (con potere calorifico medio pari a 13 MJ/kg). I costi operativi, tuttavia, sono associati al trattamento di 80.000 t/anno, ossia il quantitativo di rifiuti che la Provincia Autonoma di Trento si troverebbe a gestire qualora fosse destinato a conversione energetica tutto il rifiuto urbano residuo (inclusi i rifiuti attualmente inviati a smaltimento presso il termovalorizzatore di Bolzano, i rifiuti fino al 2019 destinati all'impianto di TMB di Rovereto, gli ingombranti non recuperabili e i rifiuti classificati come speciali derivanti dal pre-trattamento delle raccolte differenziate). Si assume che l'eccesso di potenza installata venga utilizzata per manutenzione ordinaria o straordinaria di una o più linee dell'impianto e/o per gestire flussi temporanei di rifiuti non previsti.

Inoltre, per le stime dei possibili ricavi derivanti dalla vendita dei bio-combustibili prodotti, riportate in Errore: sorgente del riferimento non trovata, sono state assunte le seguenti ipotesi:

- prezzo di vendita del metanolo pari a 363,69 €/t (66,46 €/MWh, prezzo di mercato novembre 2022)
- prezzo di vendita DME pari al prezzo del gasolio per MWh (115,83 €/MWh), con prezzo di vendita del gasolio pari a 1,15 €/L (prezzo al netto di accise e imposte, novembre 2022)
- prezzo di vendita dell'etanolo pari a 838,95 €/t (113,12 €/MWh, prezzo di mercato novembre 2022)
- prezzo di vendita dell'idrogeno pari a 3 – 5 €/kg (prezzo industriale).

Si suppone, inoltre, per un confronto diretto con un corrispettivo fossile, che il metanolo sia utilizzabile come sostituto alla benzina; in realtà, da esso si possono derivare MTBE o DME, quest'ultimi addizionabili/sostituibili alla benzina e prodotti con moduli e costi aggiuntivi, quindi con rese inferiori a quelle ipotizzate per il metanolo.

Si specifica che il prezzo imposto per l'idrogeno si riferisce agli obiettivi di prezzo al 2030, considerando che esso possa diventare un vettore energetico strategico a livello europeo e mondiale in maniera progressiva nel tempo e complementare rispetto ad altri bio-combustibili strategici, quali etanolo, metanolo o DME.

I quantitativi di produzione indicati, così come i costi, essendo stati forniti da produttori di specifiche tecnologie, sono puramente indicativi e preliminari; è indispensabile valutare accuratamente ogni caso specifico qualora si volesse avere delle stime più precise.

Si sottolinea che i costi di installazione indicati non includono eventuali costi per opere civili, che possono variare in base alla tipologia di infrastrutture necessarie per il corretto funzionamento dell'impianto e quindi dipendono fortemente dal sito specifico selezionato per l'installazione dell'impianto. Inoltre, relativamente all'impianto di termovalorizzazione, i costi di installazione comprendono solo l'impianto stesso di termovalorizzazione e non la rete di teleriscaldamento e le altre infrastrutture necessarie per lo sfruttamento dell'energia termica recuperata. I costi operativi di tutti gli impianti, invece, dipendono fortemente dai costi degli input energetici (energia elettrica e gas naturale o altri combustibili).

Per un'analisi economica esaustiva, infine, è da considerare, oltre ai possibili ricavi derivanti dalla vendita dei bio-combustibili prodotti (il cui prezzo di mercato può variare considerevolmente), non solo la riduzione dei costi relativi allo smaltimento dei rifiuti fuori dal territorio provinciale, ma anche eventuali ricavi derivanti dalla vendita di sottoprodotti del processo di conversione energetica dei rifiuti, e.g., CO₂, granulato vetrificato.

Tabella 9. Confronto fra impianti di gassificazione dei rifiuti per la produzione di bio-combustibili (CapEx, costo totale impianto, OpEx, produzione di bio-combustibile e corrispettivo combustibile fossile, stima dei ricavi ottenibili dalla vendita dei bio-combustibili). Ipotesi taglia impianto: 100.000 trifiuti/anno (48 MW) per il trattamento di 80.000 trifiuti/anno.

Bio-combustibile	MeOH	DME	EtOH	H ₂
CapEx	130,0 – 145,0 Mio EUR	110,0 – 150,0 Mio EUR	134,5 – 156,0 Mio EUR	80,0 – 100,0 Mio EUR
Costo totale impianto	172,9 – 192,9 Mio EUR	146,3 – 199,5 Mio EUR	178,9 – 207,5 Mio EUR	106,4 – 133,0 Mio EUR
OpEx	8,0 – 10,0 Mio EUR/anno	8,0 – 10,0 Mio EUR/anno	8,0 – 10,0 Mio EUR/anno	6 – 8 Mio EUR/anno
Produzione	33.600 – 48.000 t _{MeOH} /anno	18.800 – 21.900 t _{DME} /anno	fino a 23.800 t _{EtOH} /anno	4.200 – 4.500 t _{H₂} /anno
Corrispettivo fossile	Benzina: 15.100 – 21.500 t/anno	Gasolio: 12.400 – 14.400 t/anno	Benzina: 14.500 t/anno	Gas naturale: 15.300.000 – 16.400.000 Nm ³ /anno
Stima ricavi da vendita bio-combustibile	12,2 – 17,5 Mio EUR/anno	17,1 – 20,0 Mio EUR/anno	20,0 Mio EUR/anno	12,6 – 22,5 Mio EUR/anno

In ultima analisi, considerando un ciclo vita impianto pari a 20 anni sia per impianti di termovalorizzazione che per impianti di gassificazione, si è determinata una stima del costo totale di proprietà (Total Cost of Ownership, TCO) per anno, comprendente una quota annuale del costo totale impianto e i costi operativi annuali (OpEx).

Per un impianto di termovalorizzazione (taglia ipotetica da 48 MW) si sono assunti CapEx e OpEx pari a 1.200 €/trifiuti e 60 – 140 €/trifiuti, rispettivamente [23], [24], e si è ipotizzata la vendita

dell'energia elettrica e termica prodotte a 211,50 €/MWh (prezzo medio di acquisto energia elettrica sul Mercato del Giorno Prima, novembre 2022) e 105,72 – 133,86 €/MWh (quota energia termica per fornitura teleriscaldamento A2A S.p.A., ottobre 2022), rispettivamente.

Le stime sono riportate in Tabella 10, in cui si riporta anche il costo totale di proprietà per tonnellata di rifiuti anziché su base annuale, sia escludendo i ricavi derivanti dalla vendita dei prodotti finali (energia elettrica/termica o bio-combustibili) sia includendoli (costo impianto al netto dei ricavi). Le stime del costo totale di proprietà per tonnellata di rifiuti al netto dei ricavi risultano essere, in alcuni casi, negative; in questi casi si ottiene, quindi, un guadagno netto, ma si ribadisce che:

- nell'analisi sono esclusi i costi da sostenere per opere civili necessarie per il corretto funzionamento dell'impianto, che dipendono fortemente dal sito specifico selezionato per l'installazione dell'impianto
- nell'analisi sono esclusi i costi da sostenere per la rete di teleriscaldamento e le altre infrastrutture necessarie per lo sfruttamento dell'energia termica recuperata mediante l'impianto di termovalorizzazione
- i prezzi di vendita dell'energia elettrica/termica e dei bio-combustibili possono variare significativamente in base ai prezzi di mercato
- nell'analisi sono esclusi i costi relativi alla raccolta dei rifiuti e al loro trasporto presso l'impianto
- nell'analisi non si considera la tariffa rifiuti e quindi il corrispettivo ricavo che ne deriva per supportare la gestione dei rifiuti.

Tabella 10. Total Cost of Ownership (TCO) totale e per tonnellata di rifiuti per l'installazione (costo totale impianto distribuito su ciclo vita) e la gestione (OpEx) di un impianto di conversione energetica dei rifiuti. Ipotesi taglia impianto: 100.000 trifiuti/anno (48 MW) per il trattamento di 80.000 trifiuti/anno.

	Impianto di termo-valorizzazione	Impianto di gassificazione			
		Produzione MeOH	Produzione DME	Produzione EtOH	Produzione H ₂
TCO	12,4 – 18,6 Mio EUR/anno	16,6 – 19,6 Mio EUR/anno	15,3 – 20,0 Mio EUR/anno	16,9 – 20,4 Mio EUR/anno	11,3 – 14,7 Mio EUR/anno
TCO per tonnellata di rifiuti	155 – 233 €/t _{rifiuti}	208 – 246 €/t _{rifiuti}	191 – 250 €/t _{rifiuti}	212 – 255 €/t _{rifiuti}	142 – 183 €/t _{rifiuti}
TCO per tonnellata di rifiuti al netto dei ricavi*	[-150] ÷ [-25] €/t _{rifiuti}	[-10] ÷ [+93] €/t _{rifiuti}	[-59] ÷ [+36] €/t _{rifiuti}	[-38] ÷ [+5] €/t _{rifiuti}	[-140] ÷ [+26] €/t _{rifiuti}

* Prezzi di vendita (vedasi *Errore: sorgente del riferimento non trovata* per il dettaglio delle assunzioni fatte):

- Energia elettrica: 211,50 €/MWh
- Energia termica: 105,72 – 133,86 €/MWh
- MeOH: 363,69 €/t
- DME: 913,78 €/t
- EtOH: 838,95 €/t
- H₂: 3 – 5 €/kg

Il costo totale di proprietà per tonnellata di rifiuti è riportato anche nel grafico di Figura 7, per un confronto diretto del costo o ricavo per ogni tipologia di conversione energetica. In Figura 8 si

riportano le stesse stime, ma per un prezzo di vendita dell'energia elettrica pari a 100 €/MWh, di molto inferiore rispetto a quello attuale, ma in linea con il prezzo pre-crisi energetica (2021). Le stime indicate sono da considerarsi orientative e significativamente dipendenti dalle assunzioni fatte sia per le specifiche tecnologie di conversione che per il costo degli input energetici e il prezzo di vendita di energia e bio-combustibili; possono, tuttavia, dare un'indicazione di massima delle potenzialità di impianti di conversione energetica dei rifiuti da un punto di vista tecnico-economico.

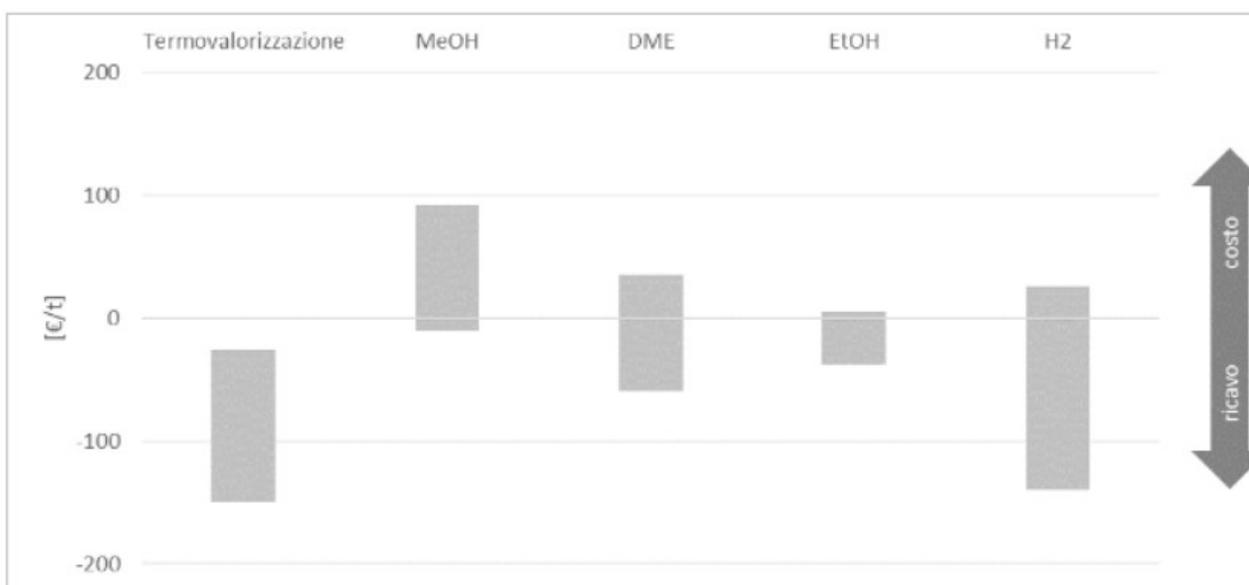


Figura 7. Costi di installazione e gestione impianto (TCO) al netto dei ricavi da vendita di energia/bio-combustibili (espressi in € per tonnellata di rifiuti trattati). Prezzo di vendita energia elettrica prodotta da impianto di termovalorizzazione: 211,50 €/MWh.



Figura 8. Costi di installazione e gestione impianto (TCO) al netto dei ricavi da vendita di energia/bio-combustibili (espressi in € per tonnellata di rifiuti trattati). Prezzo di vendita energia elettrica prodotta da impianto di termovalorizzazione: 100,00 €/MWh.

Nell'analisi degli scenari è stato considerato, cautelativamente, un costo complessivo dell'impianto termico locale pari a zero (vedi figura 9). Questo valore, come riportato nelle valutazioni precedenti, può variare con la richiesta del mercato, con la tecnologia scelta (gassificazione o termovalorizzazione), con le forme di recupero definite (biocombustili puri o con parziale produzione di idrogeno, energia elettrica pura o in cogenerazione con energia termica), con la localizzazione prevista dell'impianto (necessità di realizzare una rete di teleriscaldamento o appoggiarsi ad una rete esistente, prevedere forme di stoccaggio dei biocombustibili o sistemare viabilità, etc.) ed, infine, con le strutture di supporto necessarie e con la loro distanza dall'impianto (discarica per le ceneri e scorie, impianto di depurazione per i fanghi, rete di alimentazione di energia elettrica e/o metano, etc...).

Tutti questi aspetti potranno essere definiti solo al momento dell'individuazione della tecnologia impiantistica e del sito di realizzazione. In quella fase potrà essere specificato il costo massimo atteso per il trattamento dei rifiuti nell'impianto termico locale.



Figura 9. Costo di installazione e gestione dell'impianto, al netto dei ricavi da vendita, considerato nell'analisi degli scenari

Con l'assunzione di questo valore come ipotesi, inoltre, verrà più immediato aggiungere il costo dell'impianto scelto al costo di gestione per tonnellata di rifiuto, trovato per i singoli scenari.

5. Scenari di gestione che non prevedono l'impianto termico locale

5.0 Scenario 0 (situazione 2023)

Nell'allegato 4 del 5° aggiornamento era riportato uno scenario 0 relativo alla gestione del 2019 ed uno scenario 0-bis relativo alla gestione del 2021. Vista le rilevanti modifiche alla gestione dei

rifiuti avute negli ultimi due anni (chiusura discarica Ischia Podetti, chiusura discariche Dimaro-Monclassico e Imer), si ripropone lo scenario 0 aggiornato al 2023, con la situazione riportata nel paragrafo 3.2 e tabellata di sotto.

	Scenario 0 (stato di fatto con dati 2023) [ton]		% su RU tot	Note
	prodotti	da destinare in impianti da parte della PAT		
ingombranti	8.000,00	8.000,00	2,85%	dato stimato
spazzamento stradale gestori (a recupero e smaltimento)	10.445,00			
spazzamento stradale gestori a smaltimento		2.500,00	0,89%	come dato 2021
indifferenziato	48.537,00	48.537,00	17,31%	come dato 2021
tot indiff+spazz	58.982,00	51.037,00		
tot	66.982,00	59.037,00		
RD tot	213.496,00		76,12%	come dato 2019
TOT RU	280.478,00			- 0,72% rispetto al dato 2019
scarti da RD a recupero	22.000,00	22.000,00	7,84%	come dato 2019 arrotondato
% scarti da RD (rispetto RD tot)	10,30%			
TOT DA GESTIRE		81.037,00		

NB. il dato stimato dei rifiuti ingombranti risulta inferiore rispetto all'attuale produzione di rifiuti ingombranti. Per arrivare a questi quantitativi è necessario controllare di più la raccolta dei CR. A seguito della nuova definizione di rifiuto ingombrante del 5° aggiornamento, si attende un aumento di pari quantitativo nell'indifferenziato. In questo scenario omunque l'indifferenziato è stato mantenuto come i dati del 2019, confidando in una risposta positiva del cittadino ed un inizio di riduzione della produzione dei rifiuti (obiettivo 1 del 5° aggiornamento)

NB2. Dato del rifiuto urbano totale ridotto rispetto al dato 2019 dello 0.72% (quota parte riduzione rifiuti ingombranti)

NB3. Si è ipotizzata una qualità dell'indifferenziato pari a quella attuale, che non necessita di stabilizzazione prima dello smaltimento in discarica

Dati Scenario 0

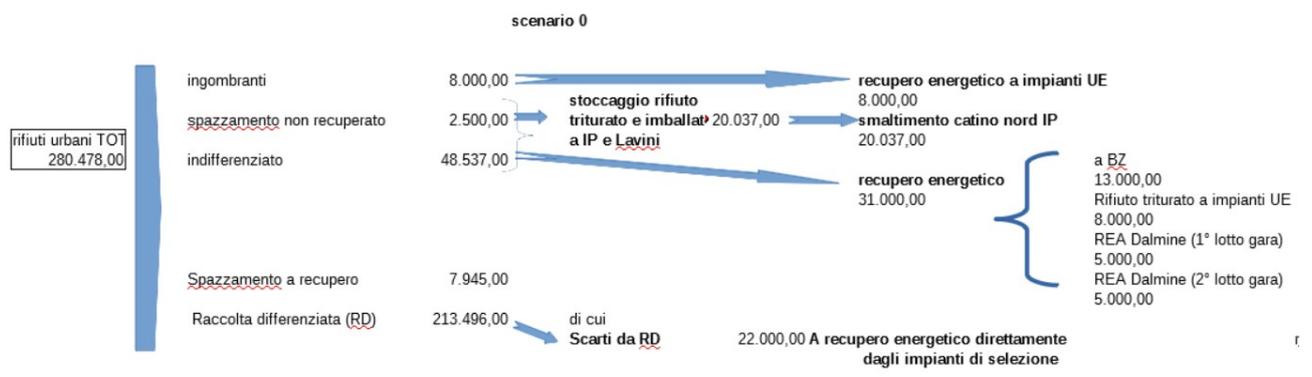
Secondo questo scenario i rifiuti ingombranti e 31.000 ton di rifiuto residuo (indifferenziato e spazzamento) verranno esportati in impianti di recupero energetico fuori provincia. Di queste quantità, circa 8.000 ton di indifferenziato dovranno essere pre-trattate prima di essere esportate.

Gli scarti della raccolta differenziata continueranno, come oggi e come in tutti gli scenari in cui non è previsto un impianto termico locale, ad essere gestiti in maniera autonoma dagli impianti di selezione del CONAI.

Il rifiuto restante verrà stoccato imballato a Rovereto e a Ischia Podetti, in attesa di poter essere smaltito nella nuova discarica del catino nord di Ischia Podetti. In questo scenario, il rifiuto smaltito in discarica è previsto imballato, per una sua più maneggevole movimentazione tra i siti di stoccaggio ed il catino nord.

Qualora si realizzasse un impianto provinciale, le balle potrebbero essere recuperate energeticamente nello stesso.

Non sono considerati nell'analisi i costi di post-gestione delle discariche provinciali che hanno ricevuto rifiuti urbani, in quanto rappresentano un fattore costante da assommare ad ogni scenario.



Flussi Scenario 0

Come risulta dalla tabella sotto, per questo scenario, si stima un costo a tonnellata di rifiuto gestito pari a 340 €/ton, superiore all'attuale tariffa richiesta ai gestori della raccolta per la gestione del rifiuto residuo (di seguito tariffa di smaltimento) pari a 225 €/ton.

I costi riportati nella tabella sotto rappresentano la reale situazione che verrà affrontata nel 2023. Il surplus dei costi da affrontare rispetto alle entrate tariffarie, al fine di non aumentare nuovamente detta tariffa e non gravare conseguentemente sui cittadini, per il 2023 è stato ad oggi coperto con risorse integrative provinciali (2 Mio €).

Solo per completezza di analisi, nella tabella sotto è stata riportata anche una valutazione del costo nel caso in cui la provincia gestisse anche gli scarti della raccolta differenziata e provvedesse al loro recupero energetico. In tal caso il costo a tonnellata risulterebbe superiore a 400 €/ton.

	calcolo costi ton	smaltimento €/ton	tritur/imball €/ton	recupero en €/ton	trasporto €/ton	tot costi €	costo medio €/ton
stoccaggio a IP	20.037,00					44.750,00	
ingombranti	8.000,00			300		2.400.000,00	
triturazione e imballaggio	20.037,00	179,14	90,5			5.402.729,24	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
recupero en a BZ	13.000,00			111	18,78	3.130.140,00	
rif tritato in UE	8.000,00		24	220	29,155	3.986.480,00	
REA Dalmine 1° lotto	5.000,00			180	29,155	1.945.775,00	
REA Dalmine 2° lotto	5.000,00			160	29,155	1.745.775,00	
scarti da RD	22.000,00			270	29,155	12.521.410,0	
rif gestiti senza scarti RD	59.037,00					20.069.649,2	340,0
rif gestiti compresi scarti RD	81.037,00					32.591.059,2	402,2
						costo in tari €/ton	225

NB costo gara ingombranti comprensivo del trasporto

NB costo trasporto fuori TN calcolato come media costi trasporti dai vari territori

NB, stoccaggio a Ischia Podetti è pari al costo di realizzazione delle piazzole ammortizzato in 20 a

Costi Scenario 0

Presumibilmente questo scenario verrà seguito per i prossimi anni, cercando un compromesso economico e gestionale tra lo smaltimento completo in discarica ed il recupero energetico di tutto il rifiuto fuori provincia. Con questa modalità gestionale, si eviterà di portare tutto il rifiuto prodotto in discarica (come si è fatto fino al 2020) e quindi di riempire la discarica in tempi brevi e, al contempo, non si manderà tutto il rifiuto fuori provincia con costi non sostenibili di gestione.

Si consideri comunque che, qualora fosse reiterato questo scenario, i costi previsti di recupero energetico dovranno essere verosimilmente incrementati per seguire il mercato e saranno quindi necessarie risorse aggiuntive da reperire con l'aumento della tariffa dei cittadini o con altre fonti.

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento – Scenario 0				
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 				
ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.
produzione RU tot/AE	443,41		448,1	
produzione RU tot-spazz/AE	426,90	425 kg/AE*anno al 2025	433,7	1,90 
produzione Rindiff tot/AE	76,73	80 kg/AE*anno al 2025	82	-3,27 
%RD	81,80%	78% RD al 2024	77,90%	3,80% 
limite smaltimento in discarica				
		Lim 10% Rutot		
RU smaltiti in discarica (ton)	20.037,00	28.047,80	44.297,41	-8.010,80 
Limite 5° agg. Smalt/anno in discarica		17.000,00 mc		3.037,00 
anni vita utile discarica	8,73			
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest		1.916.410,52 €/a	€/ton
	gest e oneri fideiussori		709.992 €/a	131,08
	trattam RU +contrib localizz		35,2 €/ton	
	tributo speciale		12,86 €/ton	no per biostabilizzato
	trasporto e depurazione percolato		1.414.000,00 €/a	

Raggiungimento obiettivi Scenario 0

Come si può vedere dallo schema sopra, questo scenario parte dalle condizioni di produzione dei rifiuti attuali e quindi non considera il raggiungimento degli obiettivi di Piano di riduzione della produzione dei rifiuti (peraltro previsti per il 2025), anche se si evidenzia come i dati considerati (2021) siano leggermente migliori di quelli registrati per il 2019 (anche per le ipotesi definite nel paragrafo 4.2). Stante l’attuale gestione in autonomia degli scarti della raccolta differenziata da parte delle piattaforme di stoccaggio e selezione, che comunque vengono portati a recupero energetico, in nessuno degli scenari senza impianto termico locale verrà raggiunto l’obiettivo di autosufficienza della gestione di questi scarti.

In merito alla raccolta differenziata, si evidenzia che, con il semplice avvio a recupero degli ingombranti e dello spazzamento stradale, si raggiunge quasi l’82% dei rifiuti che vengono sottoposti a operazioni di recupero. Va comunque chiarito che il calcolo della raccolta differenziata va riferito al dato di raccolta e non di destino finale dei rifiuti.

Di contro, oltre 20.000 ton di rifiuti verranno smaltite ogni anno in discarica, con circa 8,7 anni di vita utile del catino nord (ipotizzando un peso specifico dei rifiuti urbani compattati di 1 ton/mc e considerando il 30% di terra di copertura). Si precisa che questi dati non tengono in considerazione eventuali altri rifiuti, urbani e/o speciali (es. rifiuti da impianti di depurazione, rifiuti cimiteriali, etc..), che saranno smaltiti in discarica. Ovviamente, qualora fossero conferiti in discarica rifiuti in quantità maggiore, diminuirà la vita utile della stessa.

Si riporta di seguito un sintetico prospetto dei principali aspetti positivi e negativi di questo scenario:

PRO	CONTRO
Rispetto agli attuali costi di mercato sono state aggiudicate, l’anno precedente, gare a prezzi bassi	Il costo di gestione è superiore all’attuale costo di smaltimento in tariffa (anche senza prevedere il trattamento degli scarti da raccolta differenziata) e pertanto, per non gravare sui cittadini,

	sono necessarie delle risorse aggiuntive da parte della provincia
Dai dati ipotizzati, ci si attende una seppur minima, inversione di tendenza verso una riduzione della produzione del rifiuto	Non è raggiunta l'autosufficienza nella gestione degli scarti da RD
Senza modificare niente rispetto la situazione attuale, ma mandando a recupero i rifiuti ingombranti, si raggiungerà di fatto l'82% di rifiuti sottoposti ad operazioni di recupero.	Se non si effettueranno altre gare per il recupero energetico dell'indifferenziato, si supererà il limite imposto con il 5° aggiornamento di smaltimento in discarica (17.000 ton o mc), con riduzione degli anni di vita utile della discarica
	Scenario sensibile alle leggi di mercato, con costi di recupero energetico dei rifiuti in continuo aumento

5.1 Scenario 1 (Rifiuto indifferenziato all'impianto TMB)

	Scenario 1 (indifferenziato a TMB)		% su RU tot	Note
	prodotti	da destinare in impianti da parte della PAT		
ingombranti	8.000,00	8.000,00	2,85%	dato stimato
Tot spazzamento stradale gestori e comuni	10.445,00			come dato 2021
spazzamento stradale a smaltimento		2.500,00	0,89%	come dato 2021
indifferenziato	48.537,00	48.537,00	17,31%	come dato 2021
tot indiff+spazz	58.982,00	51.037,00		
tot	66.982,00	59.037,00		
RD tot	213.496,00		76,12%	come dato 2019
TOT RU	280.478,00			
scarti da RD a recupero	22.000,00	22.000,00	7,84%	come dato 2019 arrotondato
% scarti da RD (rispetto RD tot)	10,30%			
TOT DA GESTIRE		81.037,00		

NB. il dato stimato dei rifiuti ingombranti risulta inferiore rispetto all'attuale produzione di rifiuti ingombranti. Per arrivare a questi quantitativi è necessario controllare di più la raccolta dei CR. A seguito della nuova definizione di rifiuto ingombrante del 5° aggiornamento, si attende un aumento di pari quantitativo nell'indifferenziato. In questo scenario ovunque l'indifferenziato è stato mantenuto come i dati del 2019, confidando in una risposta positiva del cittadino ed un inizio di riduzione della produzione dei rifiuti (obiettivo 1 del 5° aggiornamento)

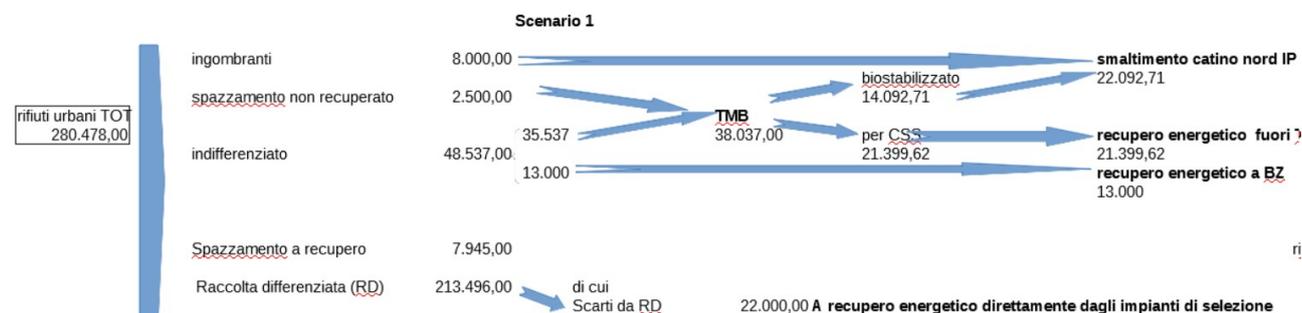
NB2. Dato del rifiuto urbano totale ridotto rispetto al dato 2019 dello 0.72% (quota parte riduzione rifiuti ingombranti)

NB3. Per il calcolo della %RD, si è ipotizzato che gli scarti da RD vadano tutti a recupero energetico

Questo scenario, anch'esso già analizzato nell'allegato 4 del 5° aggiornamento, prevede gli stessi dati di produzione dello scenario 0, ma, contrariamente a questo, ipotizza l'esercizio dell'impianto di trattamento meccanico biologico (TMB) di Rovereto. In particolare verranno sottoposti a pre-trattamento sia il rifiuto indifferenziato che lo scarto dello spazzamento stradale, al duplice fine sia di una stabilizzazione del sottovaglio prima dello smaltimento in discarica, sia della selezione della frazione secca per essere avviata alla produzione di combustibile solido secondario (CSS) auspicando in una sua più facile collocazione, rispetto il rifiuto tal quale, in impianti di recupero energetico.

Rispetto allo scenario previsto nel 5° aggiornamento, viene sottoposto a pre-trattamento anche lo scarto da spazzamento stradale che è caratterizzato da elevato contenuto di materia organica. Non vengono sottoposti a TMB gli ingombranti ed il rifiuto indifferenziato che va all'impianto di termovalorizzazione di Bolzano, in quanto richiesto appositamente tal quale.

Questo scenario può essere seguito quando, per esigenze specifiche degli impianti di chiusura o per caratteristiche scadenti dell'indifferenziato da smaltire in discarica (es. frazione putrescibile alta nell'indifferenziato), viene richiesto un pre-trattamento del rifiuto. Dati Scenario 1



Flussi Scenario 1

Come risulta dalla tabella sotto, per questo scenario, si stima un costo a tonnellata di rifiuto gestito pari a 239 €/ton, superiore all'attuale tariffa richiesta ai gestori della raccolta per la gestione del rifiuto residuo (di seguito tariffa di smaltimento) pari a 225 €/ton.

Solo per completezza di analisi, nella tabella sotto è stata riportata anche una valutazione del costo nel caso in cui la provincia gestisse anche gli scarti della raccolta differenziata e provvedesse al loro recupero energetico. In tal caso il costo a tonnellata risulterebbe ancora maggiore e pari a 255,45 €/ton.

	calcolo costi	smaltimento	TMB	recupero en.	trasporto	tot costi	costo medio
	ton	€/ton	€/ton	€/ton	€/ton	€	€/ton
ingombranti	8.000,00	175,84				1.406.724,19	
biostabilizzato	14.092,71	162,98				2.296.837,00	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
TMB	38.037,00		24			912.888,00	
recup energ CSS	21.399,62			270	29,155	6.401.802,18	
recup energ a BZ	13.000,00			111	18,78	1.687.140,00	
scarti da RD	22.000,00			270	29,155	6.581.410,00	
rif gestiti senza scarti RD	59.037,00					14.119.391,4	239,16
rif gestiti compresi scarti RD	81.037,00					20.700.801,4	255,45
costo in tari €/ton							225

NB. costo recupero energetico stimato alla luce del mercato a dicembre 2022

NB. costo trasporto a BZ calcolato come media dei trasporti dai vari siti

NB costo trasporto fuori TN calcolato come media costi trasporti dai vari territori

Costi Scenario 1

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento – Scenario 1				
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 				
ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
produzione RU tot/AE	443,41	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.
produzione RU tot-spazz/AE	426,90	425 kg/AE*anno al 2025	448,1	1,90 
produzione Rindiff tot/AE	76,73	80 kg/AE*anno al 2025	82	-3,27 
%RD	79,45%	78% RD al 2024	77,90%	1,45% 
limite smaltimento in discarica				
RU smaltiti in discarica (ton)	22.092,71	Lim 10% Rutot	28.047,80	44.297,41
Limite 5° agg. Smalt/annuo in discarica			17.000,00	-5.955,09
anni vita utile discarica	7,92			
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest	2.113.025,85 €/a		€/ton
	gest e oneri fideiussori	709.992 €/a		127,78
	trattam RU +contrib localizz	35,2 €/ton		
	tributo speciale	12,86 €/ton		no per biostabilizzato
	trasporto e depurazione percolato	1.414.000,00 €/a		

Raggiungimento obiettivi Scenario 1

Come si può vedere dallo schema sopra, questo scenario parte dalle condizioni di produzione dei rifiuti attuali e quindi non comporta il raggiungimento degli obiettivi di Piano di riduzione della produzione dei rifiuti (peraltro previsti per il 2025), anche se si evidenzia come i dati considerati (2021) siano leggermente migliori di quelli registrati per il 2019 (anche per le ipotesi definite nel paragrafo 4.2). Stante l'attuale gestione in autonomia degli scarti della raccolta differenziata da parte delle piattaforme di stoccaggio e selezione, che comunque vengono portati a recupero

energetico, in nessuno degli scenari senza impianto termico locale verrà raggiunto l'obiettivo di autosufficienza della gestione di questi scarti.

In merito alla raccolta differenziata, si evidenzia che pur senza l'avvio a recupero degli ingombranti, si supera il 79% della raccolta differenziata.

Di contro, oltre 22.000 ton di rifiuti vengono smaltite in discarica, a fronte di un limite di piano di 17.000 ton, con quasi 8 anni di vita utile del catino nord (ipotizzando un peso specifico dei rifiuti urbani compattati di 1 ton/mc e considerando il 30% di terra di copertura). Ovviamente, qualora fossero conferiti in discarica rifiuti in quantità maggiore, diminuirà la vita utile della stessa.

Si riporta di seguito un sintetico prospetto dei principali aspetti positivi e negativi di questo scenario:

PRO	CONTRO
Dai dati ipotizzati, ci si attende una seppur minima, inversione di tendenza verso una riduzione della produzione del rifiuto che, tuttavia, non garantisce il. Rispetto degli obiettivi di Piano.	Il costo di gestione è superiore rispetto all'attuale costo di smaltimento in tariffa (senza prevedere il trattamento degli scarti da raccolta differenziata da parte della provincia)
Senza modificare niente rispetto la situazione attuale, considerando l'avvio a recupero energetico degli scarti da RD, si supererà il 79% di RD. Questo dato può aumentare se si riuscisse a mandare a recupero energetico anche i rifiuti ingombranti.	Non è raggiunta l'autosufficienza nella gestione degli scarti da RD
	Non è garantito il pieno rispetto dell'obiettivo di piano di riduzione della produzione complessiva dei rifiuti urbani. Devono quindi essere previsti interventi mirati.
	Se non si effettueranno gare per il recupero energetico dell'ingombrante, si supererà il limite imposto con il 5° aggiornamento di smaltimento in discarica (17.000 ton o mc) con una vita utile della discarica in riduzione
	Se si mandano a recupero energetico anche i rifiuti ingombranti all'attuale prezzo di 300 €/ton, si supera l'attuale tariffa e, per non gravare sui cittadini, saranno necessarie delle risorse aggiuntive da parte della provincia
	Scenario sensibile alle leggi di mercato, con costi di recupero energetico dei rifiuti in continuo aumento

5.2 Scenario 2 (Rifiuto indifferenziato all'impianto TMB con massimizzazione RD)

Questo scenario, anch'esso già analizzato nell'allegato 4 del 5° aggiornamento, prevede di aumentare la raccolta differenziata.

Al fine di prevedere tutte le possibili alternative, viene suddiviso nei seguenti sotto-scenari, con le seguenti ipotesi iniziali di produzione del rifiuto:

Scenario	Ipotesi
Scenario 2 riduzione massima dell'indiff e aumento massimo RD	Il rifiuto indifferenziato è ridotto di : - 2.000 ton (valore stimato per il miglioramento delle raccolte differenziate con porta a porta) - 9% del rifiuto indifferenziato prodotto nel 2019 (valore stimato nel Piano considerando tutte le frazioni riciclabili oggi presenti nel residuo) - 6.000 ton/a di tessili sanitari o Prodotti Assorbenti per la Persona (PAP) (valore stimato dal 5° agg, par. 2.3.3) N.B. Si è ipotizzata una quota recuperabile di PAP maggiore rispetto a quella prevista nello scenario 2 del piano N.B. Di pari quantitativi è aumentata la RD
Scenario 2 bis aumento massimo RD senza PAP	Il rifiuto indifferenziato è ridotto di : - 2.000 ton (valore stimato per il miglioramento delle raccolte differenziate con porta a porta) - 9% del rifiuto indifferenziato prodotto nel 2019 (valore stimato nel Piano considerando tutte le frazioni riciclabili oggi presenti nel residuo) N.B. Di pari quantitativi è aumentata la RD
Scenario 2 ter raggiungimento obiettivi di Piano	Viene ipotizzato di raggiungere i seguenti obiettivi del V aggiornamento di Piano: - produzione complessiva di rifiuto urbani (Rutot) al netto dello spazzamento = 425 kg/ab eq *anno - produzione del rifiuto indifferenziato (Rindiff) = 80 kg/ab eq * anno

Come si vede dalle tabelle sotto, con queste ipotesi, si ha un quantitativo maggiore di rifiuto raccolto in maniera differenziata ed un quantitativo minore di rifiuto indifferenziato con lo scenario 2, che risulta quindi migliore anche rispetto allo scenario 2 ter relativo al raggiungimento degli obiettivi di Piano.

Considerando però una percentuale di scarti da raccolta differenziata (RD) pari a quella attuale (10,3% della RD), una maggiore RD produce più scarti. Anche per questi scenari, si ipotizza di continuare a far gestire questi rifiuti in autonomia da parte delle piattaforme CONAI.

Si evidenzia inoltre che, mentre per gli scenari 2 e 2 bis, non varia la produzione del rifiuto urbano complessivo (RU tot), con lo scenario 2 ter il raggiungimento degli obiettivi di Piano prevede anche una risposta rilevante dei cittadini.

Per tutti gli scenari 2, si è ipotizzato il recupero energetico solo del 10% del rifiuto ingombrante, il pretrattamento in TMB del rifiuto indifferenziato e dello scarto da spazzamento. Viene prodotto un biostabilizzato da mandare in discarica come copertura giornaliera e la frazione secca selezionata dal TMB o, previ successivi trattamenti, il CSS da mandare a recupero energetico fuori provincia.

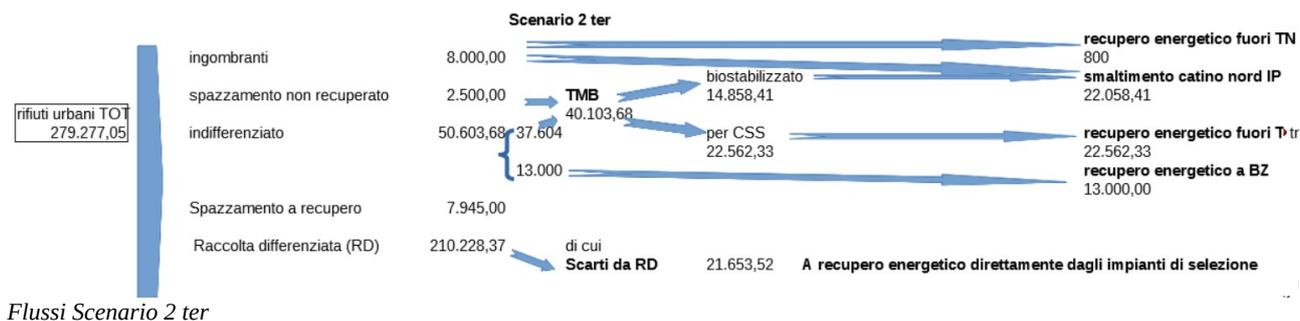
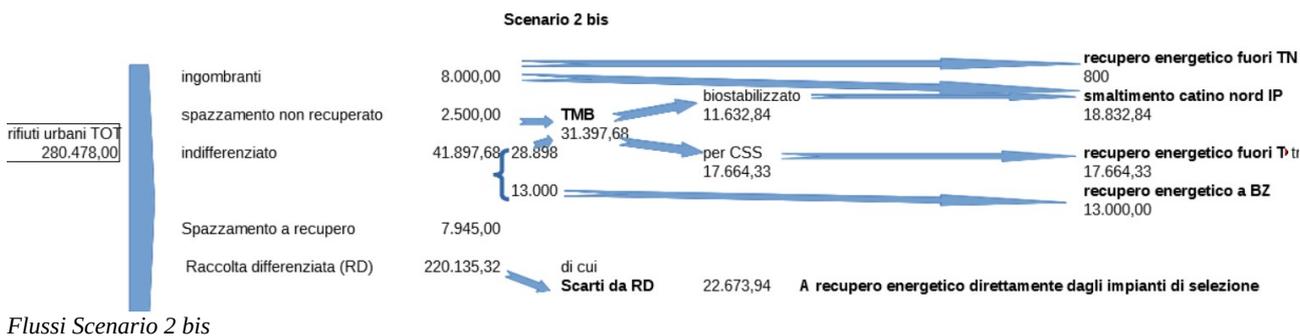
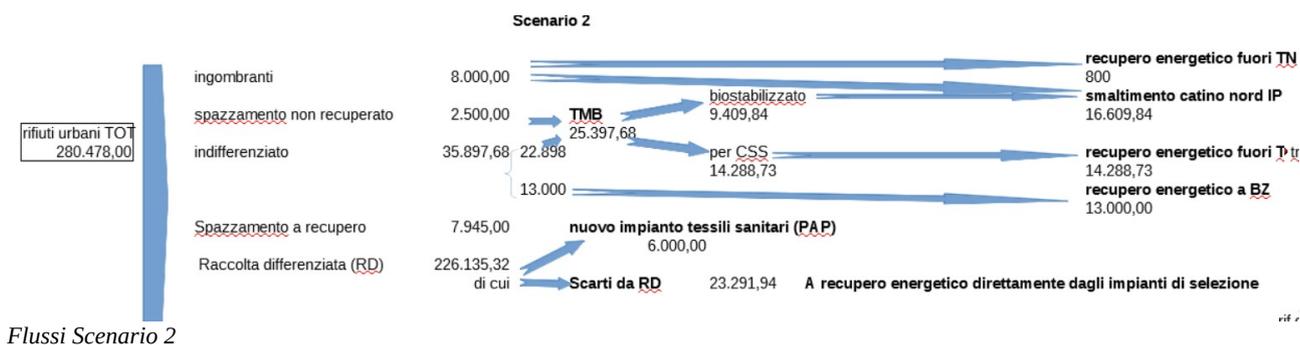
Non viene sottoposta a TMB la sola quota parte di indifferenziato destinata all'impianto di Bolzano.

Da notare che nel primo scenario 2 è prevista l'attivazione della raccolta dei PAP nonché la realizzazione di un impianto di recupero di materia nel territorio provinciale.

Sul recupero di materia dei PAP occorre sottolineare come la situazione impiantistica esistente italiana non si ritiene sia, almeno per il momento, affidabile.

Infatti, da verifiche effettuate presso ARPA Veneto, l'unico impianto esistente registra dei costi di gestione pari a 700 €/ton, al netto del ricavo della vendita della plastica recuperata, a causa di riscontrate criticità gestionali. Ad oggi non sono attivi sistemi per il recupero di materia della carta e del materiale super assorbente. Sono in corso accertamenti al fine di risolvere dette criticità.

Lo scenario corrispondente viene comunque analizzato e riportato di seguito.



In merito alla stima dei costi di questi scenari, riportata di seguito, si precisa che non sono stati considerati i costi aggiuntivi previsti per la raccolta specifica dei PAP, comunque rilevanti, né per il passaggio al porta a porta dei sistemi di raccolta dei rifiuti.

Si stima inoltre un aumento di costi del 30% per l’attivazione della raccolta porta a porta, rispetto una raccolta stradale (come evidenziato dall’esperienza dell’Alto Garda e Ledro).

Si evidenzia che per lo scenario 2, a fronte di una riduzione del rifiuto indifferenziato prodotto, si è trovato un costo di gestione complessivo (293,9 €/ton) superiore all’attuale tariffa di smaltimento (225 €/ton). Questo valore risente dell’attuale elevato costo di trattamento dei tessili sanitari o prodotti assorbenti per la persona (PAP).

Al contrario gli scenari 2 bis e 2 ter, prevedono un costo di gestione inferiore (241,3 €/ton), ma pur sempre superiore alla tariffa di smaltimento attuale (225 €/ton).

	calcolo costi	smaltimento	TMB	recup en/mat	trasporto	tot costi	costo medio
	ton	€/ton	€/ton	€/ton	€/ton	€	€/ton
ingombranti a recup. en.	800,00			300		240.000,00	
						0,00	
ingombr. a smaltimento	7.200,00	186,45				1.342.431,71	
biostabilizzato a smaltim	9.409,84	173,59				1.633.443,37	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
CSS a recup en.	14.288,73			270	29,155	4.274.546,45	
						0,00	
indiffer a recup en a BZ	13.000,00			111	18,78	1.687.140,00	
TMB	25.397,68		24			609.544,32	
PAP	6.000,00			700	0	4.200.000,00	
						0,00	
scarti da RD	23.291,94			270	29,155	6.967.899,70	
rif gestiti senza scarti RD	52.397,68					15.401.105,8	293,9
gestiti compresi scarti RD	75.689,62					22.369.005,5	295,5
						costo in tari €/ton	225

NB. costo recupero energetico stimato alla luce del mercato a dicembre 2022

NB. costo trasporto a BZ calcolato come media dei trasporti dai vari siti

NB costo trasporto fuori TN calcolato come media costi trasporti dai vari territori

NB. costo recupero materia PAP stimato su dati Veneto comprensivi di realizzazione e gestione, al netto dei ricavi. Stimato nullo il costo trasporto

Costi Scenario 2

	calcolo costi	smaltimento	TMB	recupero en.	trasporto	tot costi	costo medio
	ton	€/ton	€/ton	€/ton	€/ton	€	€/ton
ingombranti a recup. en.	800,00			300		240.000,00	
						0,00	
ingombr. a smaltimento	7.200,00	181,40				1.306.103,49	
biostabilizzato a smaltim	11.632,84	168,54				1.960.636,88	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
CSS a recup en.	17.664,33			270	29,155	5.284.374,07	
						0,00	
indiffer a recup en a BZ	13.000,00			111	18,78	1.687.140,00	
						0,00	
TMB	31.397,68		24			753.544,32	
						0,00	
scarti da RD	22.673,94			270	29,155	6.783.021,91	
rif gestiti senza scarti RD	52.397,68					12.645.798,8	241,3
gestiti compresi scarti RD	75.071,62					19.428.820,7	258,8
						costo in tari €/ton	225

NB. costo recupero energetico stimato alla luce del mercato a dicembre 2022

NB. costo trasporto a BZ calcolato come media dei trasporti dai vari siti

NB costo trasporto fuori TN calcolato come media costi trasporti dai vari territori

Costi Scenario 2 bis

	calcolo costi	smaltimento	TMB	recupero en.	trasporto	tot costi	costo medio
	ton	€/ton	€/ton	€/ton	€/ton	€	€/ton
ingombranti a recup. en.	800,00			300		240.000,00	
						0,00	
ingombr. a smaltimento	7.200,00	175,89				1.266.411,51	
biostabilizzato a smaltim	14.858,41	163,03				2.422.374,39	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
CSS a recup en.	22.562,33			270	29,155	6.749.633,94	
						0,00	
indiffer a recup en a BZ	13.000,00			111	18,78	1.687.140,00	
						0,00	
TMB	40.103,68		24			962.488,32	
						0,00	
scarti da RD	21.653,52			270	29,155	6.477.759,41	
rif gestiti senza scarti RD	61.103,68					14.742.048,2	241,3
gestiti compresi scarti RD	82.757,20					21.219.807,6	256,4
						costo in tari €/ton	225

NB. costo recupero energetico stimato alla luce del mercato a dicembre 2022

NB. costo trasporto a BZ calcolato come media dei trasporti dai vari siti

NB costo trasporto fuori TN calcolato come media costi trasporti dai vari territori

Costi Scenario 2 ter

Come si vede dalle tabelle seguenti, per le ipotesi considerate, gli obiettivi di Piano sono stati raggiunti solo per lo scenario 2 ter.

Considerando il recupero energetico degli scarti da RD, la percentuale maggiore di RD viene raggiunta con lo scenario 2 bis, superando l'82%.

Di contro, per tutti questi scenari, risulta ancora elevato il quantitativo di rifiuti conferiti in discarica, con una vita utile minima di quasi 8 anni prevista per lo scenario 2 ter ed un costo di gestione a tonnellata più elevato rispetto la tariffa attuale.

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento – Scenario 2
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 😞

ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.
produzione RU tot/AE	443,41		448,1	
produzione RU tot-spazz/AE	426,90	425 kg/AE*anno al 2025	433,7	1,90 😐
produzione Rindiff tot/AE	56,75	80 kg/AE*anno al 2025	82	-23,25 😊
%RD	84,24%	78% RD al 2024	77,90%	6,24% 😊
limite smaltimento in discarica				
	Lim 10% Rutot			
RU smaltiti in discarica (ton)	16.609,84	28.047,80	44.297,41	-11.437,96 😊
Limite 5° agg. Smalt/annuo in discarica		17.000,00		-390,16 😊
anni vita utile discarica	10,54			
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest	1.588.624,69 €/a		€/ton 138,39
	gest e oneri fideiussori	709.992 €/a		
	trattam RU +contrib localizz	35,2 €/ton		no per biostabilizzato
	tributo speciale	12,86 €/ton		
	trasporto e depurazione percolato	1.414.000,00 €/a		

Raggiungimento obiettivi Scenario 2

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento – Scenario 2 bis
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 😞

ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.
produzione RU tot/AE	443,41		448,1	
produzione RU tot-spazz/AE	426,90	425 kg/AE*anno al 2025	433,7	1,90 😐
produzione Rindiff tot/AE	66,24	80 kg/AE*anno al 2025	82	-13,76 😊
%RD	82,11%	78% RD al 2024	77,90%	4,11% 😊
limite smaltimento in discarica				
	Lim 10% Rutot			
RU smaltiti in discarica (ton)	18.832,84	28.047,80	44.297,41	-9.214,96 😊
Limite 5° agg. Smalt/annuo in discarica		17.000,00		1.832,84 😞
anni vita utile discarica	9,29			
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest	1.801.240,38 €/a		€/ton 133,34
	gest e oneri fideiussori	709.992 €/a		
	trattam RU +contrib localizz	35,2 €/ton		no per biostabilizzato
	tributo speciale	12,86 €/ton		
	trasporto e depurazione percolato	1.414.000,00 €/a		

Raggiungimento obiettivi Scenario 2 bis

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento – Scenario 2 ter
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 😞

ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.
produzione RU tot/AE	441,51		448,1	😊
produzione RU tot-spazz/AE	408,49	425 kg/AE*anno al 2025	433,7	-16,51 😊
produzione Rindiff tot/AE	80,00	80 kg/AE*anno al 2025	82	0,00 😊
%RD	81,98%	78% RD al 2024	77,90%	3,98% 😊
limite smaltimento in discarica				
	Lim 10% Rutot			
RU smaltiti in discarica (ton)	22.058,41	26.883,21	44.297,41	-4.824,79 😊
Limite 5° agg. Smalt/annuo in discarica		17.000,00		5.058,41 😞
anni vita utile discarica	7,93			
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest	2.109.745,75 €/a		€/ton 127,83
	gest e oneri fideiussori	709.992 €/a		
	trattam RU +contrib localizz	35,2 €/ton		no per biostabilizzato
	tributo speciale	12,86 €/ton		
	trasporto e depurazione percolato	1.414.000,00 €/a		

Raggiungimento obiettivi Scenario 2 ter

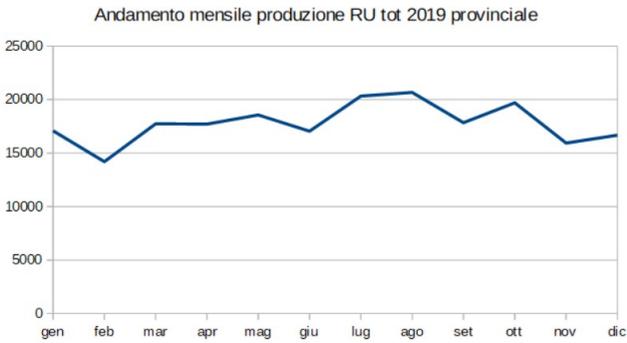
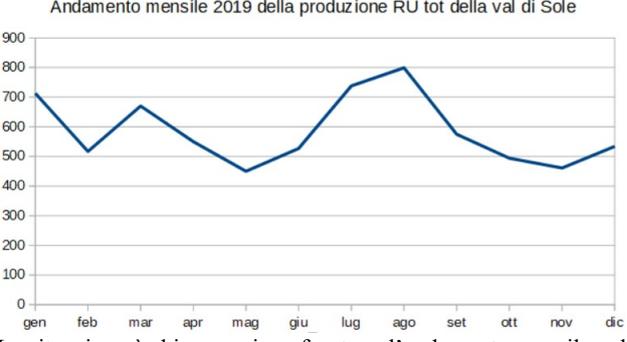
Di seguito si riporta un confronto tra gli Scenari 2- 2 bis e 2 ter:

Scenario	Ipotesi	PRO	CONTRO
Scenario 2 riduzione massima dell'indiff e massima %RD	<p>Il rifiuto indifferenziato è ridotto di (di pari quantitativi è aumentata la RD):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2.000 ton (valore stimato per il miglioramento delle raccolte differenziate con porta a porta) - 9% del rifiuto indifferenziato prodotto nel 2019 (valore stimato nel Piano considerando tutte le frazioni riciclabili oggi presenti nel residuo) - 6.000 ton/a di tessili sanitari o Prodotti Assorbenti per la Persona (PAP) (valore stimato dal 5° agg, par. 2.3.3) <p>N.B. Si è ipotizzata una quota recuperabile di PAP maggiore rispetto a quella prevista nello scenario 2 del piano</p>	<p>La %RD supera l'84%, che può essere ulteriormente aumentata mandando a recupero tutti gli ingombranti (sostenendo però un costo doppio rispetto a quello sostenuto per il loro smaltimento)</p> <p>È rispettato il limite di conferimento in discarica previsto dal Piano</p>	<p>Non è raggiunta l'autosufficienza nella gestione degli scarti da RD</p> <p>Il costo di gestione è superiore rispetto all'attuale costo di smaltimento in tariffa (senza prevedere il trattamento degli scarti da raccolta differenziata). Incide l'elevato costo di gestione dei PAP. Per non gravare sui cittadini, saranno necessarie delle risorse aggiuntive da parte della provincia</p> <p>Si basa sul potenziamento delle attuali raccolte</p> <p>Costo elevato di recupero dei PAP</p> <p>È necessario attivare la raccolta dei PAP</p> <p>È necessario realizzare l'impianto di recupero di materia dai PAP</p> <p>Non si prevede una riduzione della produzione di RU complessiva</p> <p>Scenario sensibile alle leggi di mercato, con costi di recupero energetico dei rifiuti in continuo aumento</p>
Scenario 2 bis	<p>Il rifiuto indifferenziato è ridotto di (di pari quantitativi è aumentata la RD):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2.000 ton (valore stimato per il miglioramento delle raccolte differenziate con porta a porta) - 9% del rifiuto indifferenziato prodotto nel 2019 (valore stimato nel Piano considerando tutte le frazioni riciclabili oggi presenti nel residuo) 	<p>La %RD supera l'82%, che può essere ulteriormente aumentata mandando a recupero tutti gli ingombranti (sostenendo però un costo doppio rispetto a quello sostenuto per il loro smaltimento)</p>	<p>Non è raggiunta l'autosufficienza nella gestione degli scarti da RD</p> <p>Si basa sul potenziamento delle attuali raccolte</p> <p>Il costo di gestione è ancora superiore rispetto all'attuale costo di smaltimento in tariffa (senza prevedere il trattamento degli scarti da raccolta differenziata)</p> <p>Non si prevede una riduzione della produzione di RU complessiva</p> <p>Non è rispettato, seppur di poco, il limite di conferimento in discarica previsto dal Piano. Si può rispettare mandando a recupero tutti gli ingombranti (sostenendo però un costo doppio rispetto a quello sostenuto per il loro smaltimento)</p> <p>Scenario sensibile alle leggi di mercato, con costi di recupero energetico dei rifiuti in continuo aumento</p>

<p>Scenario 2 ter raggiungimento ob di Piano</p>	<p>Viene ipotizzato di raggiungere gli obiettivi di Piano pari a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - produzione complessiva di rifiuto urbani (Rutot) al netto dello spazzamento stradale = 425 kg/ab eq *anno - produzione del rifiuto indifferenziato (Rindiff) = 80 kg/ab eq * anno 	<p>La %RD raggiunge quasi l'82%, che può essere ulteriormente aumentata mandando a recupero tutti gli ingombranti (sostenendo però un costo doppio rispetto a quello sostenuto per il loro smaltimento)</p> <p>Si prevede una riduzione della produzione di RU complessiva ed il raggiungimento degli obiettivi di piano</p>	<p>Non è raggiunta l'autosufficienza nella gestione degli scarti da RD</p> <p>Si basa sul potenziamento delle attuali raccolte</p> <p>per raggiungere questo scenario è necessario investire sulla formazione di tutti i cittadini e realtà produttive</p> <p>Il costo di gestione è di poco superiore all'attuale costo di smaltimento in tariffa (senza prevedere il trattamento degli scarti da raccolta differenziata)</p> <p>Non è rispettato il limite di conferimento in discarica previsto dal Piano. Si può rispettare mandando a recupero tutti gli ingombranti (sostenendo però un costo doppio rispetto a quello sostenuto per il loro smaltimento)</p> <p>Scenario sensibile alle leggi di mercato, con costi di recupero energetico dei rifiuti in continuo aumento</p>
--	--	--	---

5.3 Altri scenari analizzati

Al fine di analizzare tutte le possibili alternative che non prevedono la realizzazione di un impianto, sono state verificate ed analizzate anche le seguenti proposte, che tuttavia non sono state ritenute rilevanti per la creazione di uno scenario specifico. Di seguito si riportano le valutazioni effettuate:

Alternative analizzate	Valutazioni
<p>Produzione complessiva dei rifiuti urbani (RU) pari a quella pro-capite della Val di Sole nel 2019 (384,3 kg/ab eq*a)</p>  <p>Andamento mensile produzione RU tot 2019 provinciale</p>	<p>Si ritiene che la produzione di RU della Val di Sole non è rappresentativa di quella provinciale. La ragione di ciò è per il numero di abitanti equivalenti, che in Val di Sole risulta pari al 4,35% degli abitanti dell'intera Provincia e dunque non rappresentativo. Peraltro, la realtà imprenditoriale ivi presente nonché le attività fortemente legate al flusso turistico, non la rendono confrontabile con le altre realtà presenti in Provincia.</p>  <p>Andamento mensile 2019 della produzione RU tot della val di Sole</p> <p>La situazione è chiara se si confrontano l'andamento mensile nel 2019 della produzione dei rifiuti urbani complessivi della Val di Sole (grafico sopra a destra) con quello dell'intero territorio provinciale (grafico sopra a sinistra). Nella Comunità è evidente la riduzione della produzione di rifiuti nei mesi con poco afflusso turistico (maggio e ottobre-novembre), mentre si nota un andamento totalmente diverso per l'intero territorio provinciale.</p> <p>Premesse queste valutazioni, si riportano comunque le valutazioni di possibili alternative con questi dati di produzione come input.</p>
<p>Produzione complessiva dei rifiuti urbani (RU) pari a quella pro-capite della Val di Sole nel 2019 (384,3 kg/ab eq*a) e RD=dato 2021.</p>	<p>Mantenendo la produzione complessiva di 243.000 ton, qualora si mantenesse anche l'attuale quantità di RD (213.530 ton pari al dato 2021), si arriverebbe a quasi l'88% di RD.</p> <p>Tuttavia resterebbero solo 30.000 ton di rifiuto residuo alla RD, di cui 10.000 ton tra spazzamento e ingombranti (dati costanti) e solo 20.000 ton di indifferenziato, pari a quasi 87 grammi/ab eq * giorno. Ciò significherebbe che ogni cittadino dovrebbe gettare nel proprio contenitore del residuo ogni giorno non più di un quantitativo di rifiuto corrispondente ad una penna.</p> <p>È ben evidente che questo dato non è verosimile.</p>
<p>Produzione complessiva dei rifiuti urbani (RU) pari a quella pro-capite della Val di Sole nel 2019 (384,3 kg/ab eq*a) e %RD=85%.</p>	<p>La produzione complessiva risulta di circa 243.000 ton, circa 40.000 ton inferiore rispetto alla produzione del 2019. Valore troppo ottimistico e non raggiungibile neanche nel migliore degli scenari (lo scenario 2 ter di raggiungimento degli obiettivi di piano prevede una produzione complessiva di 268.832 ton, senza spazzamento, e 279.277,05 ton di RU totali).</p> <p>Con i dati ipotizzati della Val di Sole, l'85% di RD consiste in 206.550 ton. Restano 36.450 ton di rifiuto residuo alla RD, di cui 10.000 ton tra spazzamento e ingombranti (dati costanti) e</p>

Alternative analizzate	Valutazioni
	26.450 ton di rifiuto indifferenziato. Vedi considerazioni del punto sopra
Portare tutto il rifiuto indifferenziato a Bolzano	<p>Ad oggi i quantitativi che la provincia di Bolzano ci permette di recuperare sono pari a 13.000 ton, aggiornabili annualmente. Ciò perché l'incidenza delle modifiche normative che incentivano la termovalorizzazione, hanno fatto aumentare la richiesta di recupero energetico nella provincia confinante, facendone diminuire la quota disponibile.</p> <p>Peraltro si sottolinea che oggi la provincia di Bolzano è a circa il 65% di RD. Anche arrivando al 90% di RD, con un incremento di circa 25 punti percentuali rispetto la situazione attuale, si avrebbe un volume disponibile all'impianto pari a 29.250 ton che, con le attuali 13.000 ton concesse, si arriverebbe a 42.250 ton, quantitativo che non ci permetterebbe di chiudere il ciclo on nessuno scenario.</p>
<p>Ipotizzare che tutti i territori siano a tariffa puntuale con sistemi porta a porta o con identificazione dell'utente.</p> <p>Stimare una quantità di rifiuti urbani complessivi pari alla media attuale di detti territori</p>	<p>È stata calcolata la media dei RU complessivi prodotti in Val di Fiemme, Primiero, Bassa Valsugana e Tesino, Alta Valsugana, Val di non, Val Giudicarie, Val di Fassa, Comune Isera, Comune Rovereto e Comune Trento (181.351 ton nel 2019).</p> <p>Questo dato, rapportato agli abitanti equivalenti dei bacini considerati (413.097 ab eq) è risultato pari ad una produzione pro-capite complessiva di rifiuto urbano pari a 439 kg/ab eq e quindi assimilabile alla situazione ipotizzata nello scenario 2 ter relativo al raggiungimento degli obiettivi di piano (441,54 kg/ab eq).</p>

5.4 Confronto degli scenari senza impianto termico locale

Si riporta di seguito un confronto dei principali punti di ogni scenario sin qui analizzato

	Scenario 0 stato di fatto con dati 2023	Scenario 1 indifferenziato TMB	Scenario 2 massimizzazione RD e raccolta PAP	Scenario 2 bis massimizzazione RD senza raccolta PAP	Scenario 2 ter raggiungimento obiettivi di Piano: RUtot-spazz: 425 kg/ab eq Rindiff: 80 kg/ab eq
RU tot [ton]	280.478	280.478	280.478,00	280.478,00	279.277,05 😊
Rindiff [ton]	48.537	48.537	35.897,68 😊	41.897,68	50.603,68
RD [ton]	213.496	213.496	226.135,32 😊	220.135,32	210.228,37
Scarto da RD gestiti in autonomia dagli impianti di selezione RD [ton]	22.000	22.000	23.291,94	22.673,94	21.653,52
Tot Rifiuto avviato a recupero energetico [ton]	39.000	34.399	28.088,73	31.464,33	36.362,33
Tot Rifiuto smaltito in discarica [ton]	20.037	22.092,71 😞	16.609,84 😊	18.832,84	22.058,41
RU tot pro-capite [kg/ab eq*a]	443,41	443,41	443,41	443,41	441,51 😊
R Indiff pro-capite [kg/ab eq*a]	76,73	76,73	56,75 😊	66,24	80,00
%RD	81,80%	79,45%	84,24% 😊	82,11%	81,98%
Anni vita utile discarica “catino nord” [anni]	8,73	7,92	10,54 😊	9,29	7,93
Costo/Tonnellata di rifiuto trattato [€/ton]	340,0 😞	239,16 😊	293,9 😞	241,3	241,3

6 Scenari di gestione che prevedono l'impianto termico locale

Per tutti gli scenari seguenti i dati stimati sono uguali a quelli riportati nel paragrafo 4.2.

I nuovi dati relativi all'impianto termico locale sono i seguenti:

ceneri/char prodotte	A prescindere dalla tecnologia che verrà realizzata, si è stimato un quantitativo di ceneri/char pari al 30% in peso e 10% in volume del quantitativo di rifiuto in ingresso all'impianto. Per maggior tutela, a differenza di quanto riportato nell'allegato 4 del 5° aggiornamento, non si considera il recupero del 50% delle ceneri prodotte e si ipotizza il loro completo smaltimento in discarica.
Costo del trasporto all'impianto	Nullo. Coerentemente con gli altri scenari, in tutti i casi di impianti locali non è stato considerato il costo del trasporto.
Costo complessivo dell'impianto/ton	Da quanto emerge dallo studio economico riportato di seguito, considerando un costo di vendita dell'en. el. di 100,00 €/MWh, si stima un costo di gestione in attivo ed equivalente al costo di realizzazione. Ne risulta un costo complessivo di impianto (CapEx + OpEx) pari a zero. Come riportato nel paragrafo 4.3.4, il costo definitivo dell'impianto potrà essere definito solo al momento dell'individuazione della tecnologia impiantistica e del sito di realizzazione.

6.1 Scenario 3.1 (produzione rifiuto: dati 2023)

Questo scenario, già analizzato nell'allegato 4 del 5° aggiornamento, prevede il recupero energetico, in un impianto provinciale, di tutto il rifiuto urbano partendo dallo stato di fatto al 2023 con i dati seguenti:

Scenario 3.1 (stato di fatto con impianto locale che non necessita di pre-trattamento- taglia massima impianto) [ton]					
	prodotti	da destinare in impianti da parte della PAT	% su RU tot	Note	
ingombranti	8.000,00	8.000,00	2,85%	dato stimato	
spazzamento stradale gestori (a recupero e smaltimento)	10.445,00				
spazzamento stradale gestori a smaltimento		2.500,00	0,89%	come dato 2021	
indifferenziato	48.537,00	48.537,00	17,31%	come dato 2021	
tot indiff+spazz	58.982,00	51.037,00			
tot RD tot	66.982,00	59.037,00	76,12%	come dato 2019	
	213.496,00				
TOT RU	280.478,00			- 0,72% rispetto al dato 2019	
scarti da RD a recupero	22.000,00	22.000,00	7,84%	come dato 2019 arrotondato	
% scarti da RD (rispetto RD tot)	10,30%				
TOT DA GESTIRE		81.037,00			

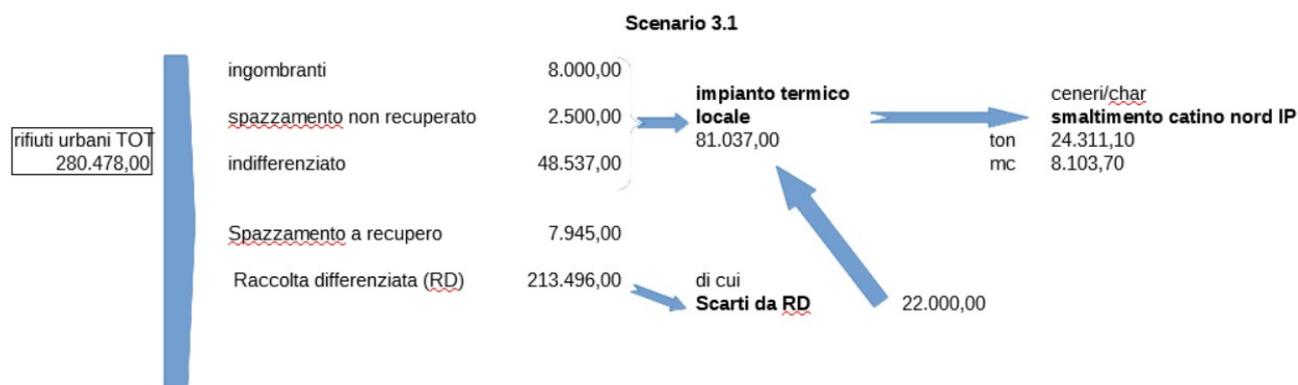
NB. il dato stimato dei rifiuti ingombranti risulta inferiore rispetto all'attuale produzione di rifiuti ingombranti. Per arrivare a questi quantitativi è necessario controllare di più la raccolta dei CR. A seguito della nuova definizione di rifiuto ingombrante del 5° aggiornamento, si attende un aumento di pari quantitativo nell'indifferenziato. In questo scenario ovunque l'indifferenziato è stato mantenuto come i dati del 2019, confidando in una risposta positiva del cittadino ed un inizio di riduzione della produzione dei rifiuti (obiettivo 1 del 5° aggiornamento)

NB2. Dato del rifiuto urbano totale ridotto rispetto al dato 2019 dello 0.72% (quota parte riduzione rifiuti ingombranti)

NB3. Per il calcolo della %RD, si è ipotizzato che gli scarti da RD vadano tutti a recupero energetico

Dati Scenario 3.1

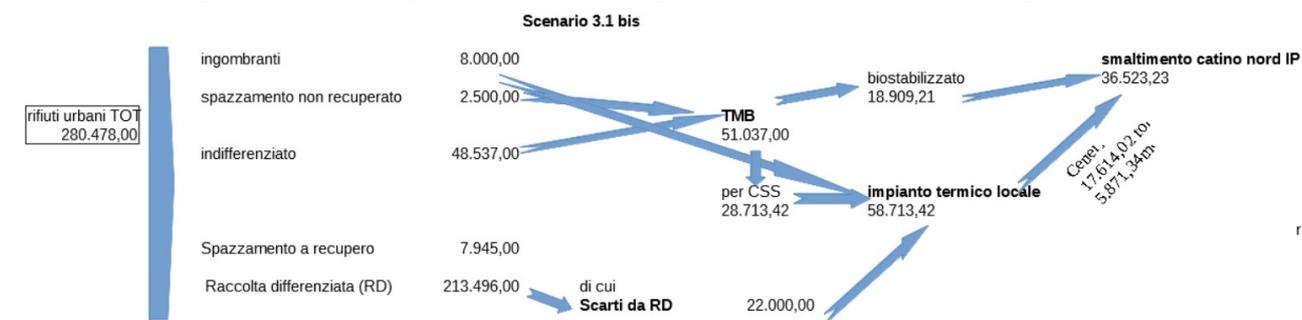
Questo scenario è stato suddiviso in scenario 3.1 e scenario 3.1 bis per verificare quanto incida il pre-trattamento con TMB. In particolare nello scenario 3.1 non è stato previsto alcun pre-trattamento, come peraltro auspicato a livello nazionale. Talvolta, per particolari tecnologie, potrebbe essere invece previsto una stabilizzazione del rifiuto in ingresso e pertanto un passaggio del rifiuto al TMB; questa situazione viene analizzata nello scenario 3.1 bis.



Flussi Scenario 3.1

Oltre all'indifferenziato verrà trattato nell'impianto anche il rifiuto ingombrante nonché, a differenza di quanto previsto nell'allegato 4 del 5° aggiornamento, lo scarto da spazzamento stradale. Come per tutti gli scenari che considerano l'impianto termico locale, si ipotizza anche il recupero energetico degli scarti da RD a livello provinciale.

Tutte le ceneri prodotte dall'impianto si stima vengano smaltite nella discarica provinciale.



Flussi Scenario 3.1 bis

Qualora si rendesse necessario il pretrattamento con TMB, come si vede dal grafico sopra, verrà mandato a recupero energetico solo il CSS prodotto (intendendo così sia il CSS che la sola frazione secca selezionata da TMB), mentre il biostabilizzato verrà portato a smaltimento in discarica insieme alle ceneri dell'impianto.

Nelle tabelle seguenti sono evidenziate le voci di costo. Come evidenziato nel paragrafo 5.2, una quota parte dei costi di smaltimento in discarica sono rapportati agli anni di vita utile stimati per quello specifico scenario. Considerando i quantitativi di ceneri prodotte, seppur queste siano maggiori per lo scenario 3.1, ne risulta sempre un costo complessivo del loro smaltimento inferiore rispetto allo scenario 3.1 bis.

	calcolo costi ton	smaltimento €/ton	tritur/imbalt €/ton	recupero en. €/ton	trasporto €/ton	tot costi €	costo medio €/ton
trattamento termico	81.037,00			0		0	
ceneri/char di imp termico	24.311,10	109,15				2.653.450,39	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
rif gestiti compresi scarti RD	81.037,00					4.067.450,4	50,2
						costo in tari €/ton	225

Costi Scenario 3.1

	calcolo costi ton	smaltimento €/ton	TMB €/ton	recupero en. €/ton	trasporto €/ton	tot costi €	costo medio €/ton
biostabilizzato	18.909,21	119,53				2.260.263,46	
ceneri/char di imp termico	17.614,02	132,39				2.331.963,38	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
spazzam stradale	2.500,00		24			60.000,00	
rif. Indifferenziato	48.537,00		24			1.164.888,00	
trattamento termico	58.713,42			0		0,00	
rif gestiti compresi scarti RD	81.037,00					7.231.114,8	89,23
						costo in tari €/ton	225

NB. costo recupero energetico stimato alla luce del mercato a dicembre 2022

Costi Scenario 3.1 bis

Secondo le ipotesi considerate, ne risulta un costo a tonnellata di rifiuto trattato pari a 50,2 €/ton, nel caso senza pretrattamento (scenario 3.1) o poco meno del doppio (89,23 €/ton) nel caso fosse necessario il pretrattamento (scenario 3.1 bis). A entrambi questi costi sono da aggiungere i costi dell'impianto scelto.

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento – Scenario 3.1				
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 😊				
ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.
produzione RU tot/AE	443,41		448,1	
produzione RU tot-spazz/AE	426,90	425 kg/AE*anno al 2025	433,7	1,90 😞
produzione Rindiff tot/AE	76,73	80 kg/AE*anno al 2025	82	-3,27 😊
%RD	82,69%	78% RD al 2024	77,90%	4,69% 😊
limite smaltimento in discarica				
		Lim 10% Rutot		
RU smaltiti in discarica (ton)	24.311,10	28.047,80	44.297,41	-3.736,70 😊
RU smaltiti in discarica (mc)	8.103,70	17.000,00 mc		-8.896,30 😊
anni vita utile discarica	21,60			
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest		775.066,92 €/a	€/ton
	gest e oneri fideiussori		709.992 €/a	61,09
	trasporto e depurazione percolato		1.414.000,00 €/a	
	trattamento RU e contrib localizzaz		35,2 €/ton	
	tributo speciale		12,86 €/ton	no per biostabilizzato

Raggiungimento obiettivi Scenario 3.1 (senza TMB)

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento – Scenario 3.1 bis				
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 😊				
ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.
produzione RU tot/AE	443,41		448,1	
produzione RU tot-spazz/AE	426,90	425 kg/AE*anno al 2025	433,7	1,90 😞
produzione Rindiff tot/AE	76,73	80 kg/AE*anno al 2025	82	-3,27 😊
%RD	82,31%	78% RD al 2024	77,90%	4,31% 😊
limite smaltimento in discarica				
		Lim 10% Rutot		
RU smaltiti in discarica (ton)	36.523,23	28.047,80	44.297,41	8.475,43 😞
RU smaltiti in discarica (mc)	24.780,55	17.000,00 mc		7.780,55 😞
anni vita utile discarica	7,06			
costo discarica			2.370.100,66 €/a	€/ton
	gest e oneri fideiussori		709.992 €/a	84,33
	trasporto e depurazione percolato		1.414.000,00 €/a	
	trattamento RU e contrib localizzaz		35,2 €/ton	
	tributo speciale		12,86 €/ton	no per biostabilizzato

Raggiungimento obiettivi Scenario 3.1 bis (con TMB)

Dal confronto delle tabelle di sopra, si nota come il pretrattamento produce lo stabilizzato da portare in discarica e quindi, rispetto ad un recupero energetico totale del rifiuto, prevede uno smaltimento maggiore. A fronte di poco più di 8.000 mc di ceneri da smaltire in discarica, nel primo scenario, si trovano infatti quasi 25.000 mc tra ceneri e biostabilizzato nel secondo scenario con TMB. Da qui ne scaturisce una vita utile della discarica ben inferiore nel caso del pretrattamento (7 anni) rispetto allo scenario 3.1 senza il TMB (21,6 anni).

Si riporta di seguito un confronto dei principali dati dei due scenari:

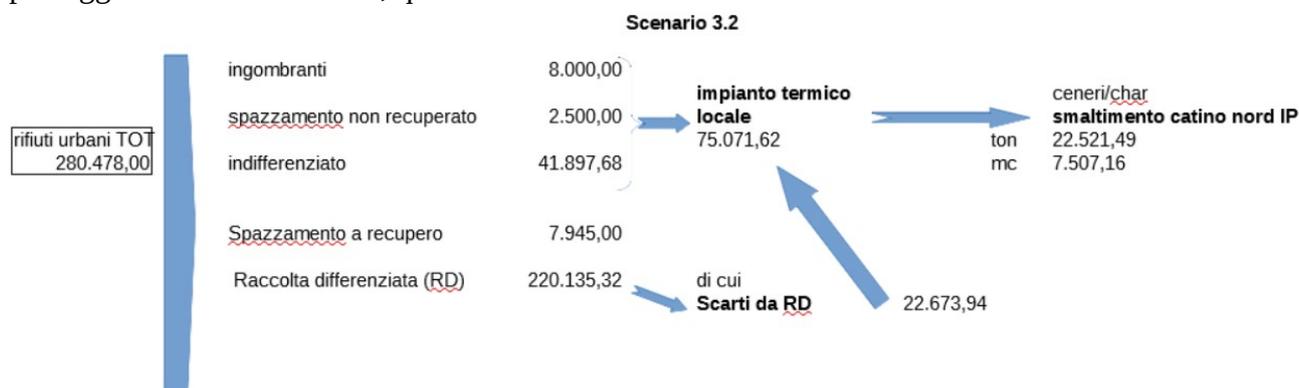
	Scenario 3.1 dati 2023 senza TMB	Scenario 3.1 bis dati 2023 con TMB
RU tot [ton]	280.478	
Rindiff [ton]	48.537	
RD [ton]	213.496	
Scarto da RD [ton]	22.000	
Tot Rifiuto avviato a recupero energetico [ton]	81.037	58.713,42
Tot Rifiuto smaltito in discarica [mc]	8.103,70	24.780,55
RU tot pro-capite [kg/ab eq*a]	443,41	
R Indiff pro-capite [kg/ab eq*a]	76,73	
%RD	82,69%	82,31%
Anni vita utile discarica “catino nord” [anni]	21,6 	7,06 
Costo gestione [€/ton] (con costo imp. termico=0)	50,2	89,23

6.2 Scenario 3.2 massimizzazione RD (senza raccolta dei tessili sanitari)

Questo scenario, anch'esso già analizzato nell'allegato 4 del 5° aggiornamento, rispetto allo scenario precedente, prevede il potenziamento della raccolta differenziata. Non viene prevista l'attivazione della raccolta dei tessili sanitari (PAP), per i quali il recupero energetico viene considerato una tra le soluzioni migliori.

Tutto il rifiuto urbano residuo verrà mandato a recupero energetico nell'impianto provinciale.

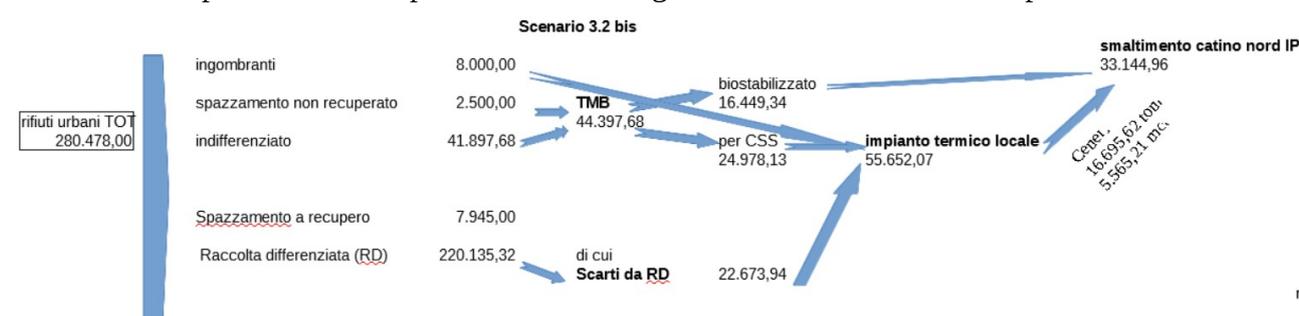
Analogamente allo scenario 3.1, questo scenario è stato suddiviso in scenario 3.2 e scenario 3.2 bis per verificare quanto incida il pre-trattamento con TMB. In particolare nello scenario 3.2 non è stato previsto alcun pre-trattamento, come peraltro auspicato a livello nazionale. Talvolta, per particolari tecnologie, potrebbe essere invece previsto una stabilizzazione del rifiuto in ingresso e pertanto un passaggio del rifiuto al TMB; questa situazione viene analizzata nello scenario 3.2 bis.



Flussi Scenario 3.2

Nello scenario 3.2 tutto il rifiuto prodotto, compresi gli scarti di RD, vengono recuperati nell'impianto termico locale.

Tutte le ceneri prodotte dall'impianto si stima vengano smaltite nella discarica provinciale.



Flussi Scenario 3.2 bis

Qualora si rendesse necessario il pretrattamento con TMB, come si vede dal grafico sopra, verrà mandato a recupero energetico solo il CSS prodotto (intendendo così sia il CSS che la sola frazione secca selezionata da TMB), mentre il biostabilizzato verrà portato a smaltimento in discarica insieme alle ceneri dell'impianto.

Nelle tabelle seguenti sono evidenziate le voci di costo. Come evidenziato nel paragrafo 5.2, una quota parte dei costi di smaltimento in discarica sono rapportati agli anni di vita utile stimati per quello specifico scenario.

	calcolo costi ton	smaltimento €/ton	tritur/imball €/ton	recupero en. €/ton	trasporto €/ton	tot costi €	costo medio €/ton
trattamento termico	75.071,62			0		0,00	
ceneri/char di imp termico	22.521,49	111,47				2.510.386,46	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
rif gestiti compresi scarti RD	75.071,62					3.924.386,5	52,3
						costo in tari €/ton	225

Costi Scenario 3.2

	calcolo costi ton	smaltimento €/ton	TMB €/ton	recupero en. €/ton	trasporto €/ton	tot costi €	costo medio €/ton
biostabilizzato	16.449,34	120,15	24			2371111,74355	
ceneri/char imp termico	16.695,62	133,01				2.220.623,07	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
spazzam stradale	2.500,00		24			60.000,00	
rif indifferenziato	41.897,68		24			1.005.544,32	
CSS	24.978,13			0		0,00	
scarti da RD	22.673,94			0		0,00	
rif ingombranti	8.000,00			0		0,00	
rif gestiti compresi scarti RD	75.071,62					7.071.279,1	94,2
						costo in tari €/ton	225

Costi Scenario 3.2 bis

Come evidenziato per lo scenario 3.1, anche in questo caso il pretrattamento con TMB raddoppia i costi di gestione. Infatti se nello scenario senza pretrattamento (scenario 3.2) si trova un costo di gestione di 52,3 ton, nel caso fosse necessario il pretrattamento (scenario 3.2 bis) si trova un costo maggiore e pari a 94,2 €/ton.

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento - Scenario 3.2				
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 😊				
ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.
produzione RU tot/AE	443,41		448,1	
produzione RU tot-spazz/AE	426,90	425 kg/AE*anno al 2025	433,7	1,90 😞
produzione Rindiff tot/AE	66,24	80 kg/AE*anno al 2025	82	-13,76 😊
%RD	85,06%	78% RD al 2024	77,90%	7,06% 😊
limite smaltimento in discarica				
		Lim 10% Rutot		
RU smaltiti in discarica (ton)	22.521,49	28.047,80	44.297,41	-5.526,31 😊
RU smaltiti in discarica (mc)	7.507,16	17.000,00 mc		-9.492,84 😊
anni vita utile discarica	23,31			
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest		718.011,87 €/a	€/ton
	gest e oneri fideiussori		709.992 €/a	63,41
	trasporto e depurazione percolato		1.414.000,00 €/a	
	trattamento RU e contrib localizzaz		35,2 €/ton	
	tributo speciale		12,86 €/ton	no per biostabilizzato

Raggiungimento obiettivi Scenario 3.2 (senza TMB)

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento - Scenario 3.2 bis				
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 😊				
ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.
produzione RU tot/AE	443,41		448,1	
produzione RU tot-spazz/AE	426,90	425 kg/AE*anno al 2025	433,7	1,90 😞
produzione Rindiff tot/AE	66,24	80 kg/AE*anno al 2025	82	-13,76 😊
%RD	84,67%	78% RD al 2024	77,90%	6,67% 😊
limite smaltimento in discarica				
		Lim 10% Rutot		
RU smaltiti in discarica (ton)	33.144,96	28.047,80	44.297,41	-11.152,45 😞
RU smaltiti in discarica (mc)	22.014,55	17.000,00 mc		5.014,55 😞
anni vita utile discarica	7,95			
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest		2.105.550,27 €/a	€/ton
	gest e oneri fideiussori		709.992 €/a	84,95
	trasporto e depurazione percolato		1.414.000,00 €/a	
	trattamento RU e contrib localizzaz		35,2 €/ton	
	tributo speciale		12,86 €/ton	no per biostabilizzato

Raggiungimento obiettivi Scenario 3.2 bis (con TMB)

Dal confronto delle tabelle di sopra, si nota come il pretrattamento produce lo stabilizzato da portare in discarica e quindi, rispetto ad un recupero energetico totale del rifiuto, prevede uno smaltimento maggiore. A fronte di poco più di 7.500 mc di ceneri da smaltire in discarica, nel primo scenario, si trovano infatti poco più di 22.000 mc tra ceneri e biostabilizzato nel secondo scenario con TMB. Da qui ne scaturisce una vita utile della discarica ben inferiore nel caso del pretrattamento (7,95 anni) rispetto allo scenario 3.2 senza il TMB (23,3 anni).

Si riporta di seguito un confronto dei principali dati dei due scenari:

	Scenario 3.2 massimizzazione RD senza TMB	Scenario 3.2 bis massimizzazione RD con TMB
RU tot [ton]	280.478	
Rindiff [ton]	41.897,68	
RD [ton]	220.135,32	
Scarto da RD [ton]	22.673,94	
Tot Rifiuto avviato a recupero energetico [ton]	75.071,62	55.652,07
Tot Rifiuto smaltito in discarica [mc]	7.507,16	22.014,55
RU tot pro-capite [kg/ab eq*a]	443,41	
R Indiff pro-capite [kg/ab eq*a]	66,24	
%RD	85,06%	84,67%
Anni vita utile discarica “catino nord” [anni]	23,31 	7,95 
Costo gestione [€/ton] (con costo imp. termico=0)	52,3	94,2

6.3 Scenario 3.3 Raggiungimento obiettivi di Piano

Con questo scenario si è voluto calcolare la taglia minima dell’impianto termico nell’ipotesi auspicata di raggiungimento degli obiettivi di Piano (RUtot-spazz: 425 kg/ab eq e Rindiff: 80 kg/ab eq)

Tutto il rifiuto urbano residuo verrà mandato a recupero energetico nell’impianto provinciale.

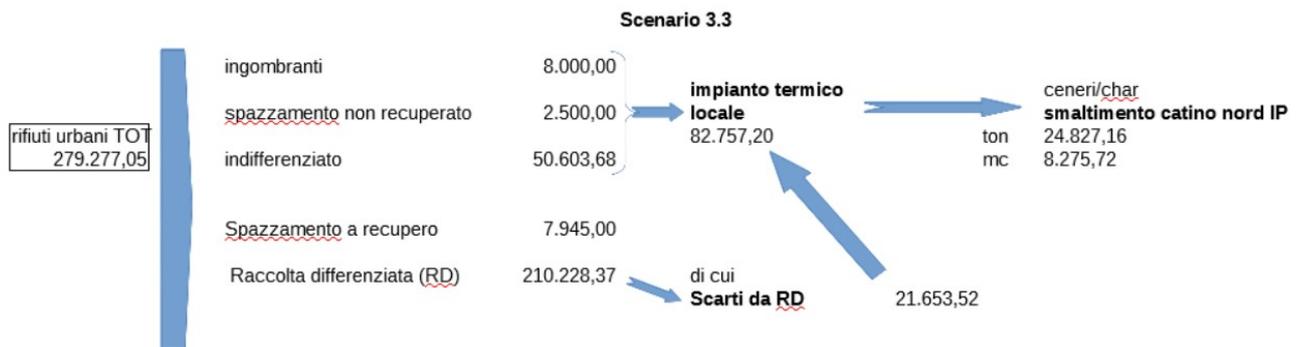
Scenario 3.3 (raggiungimento obiettivi di Piano: <u>R_{tot}-spazz: 425 kg/ab eq e Rindiff: 80 kg/ab eq</u>) (ton)				
	prodotti	da destinare in impianti da parte della PAT	% su RU tot	Note
ingombranti	8.000,00	8.000,00	2,98%	dato stimato
spazzamento stradale gestori (a recupero e smaltimento)	10.445,00			
spazzamento stradale gestori a smaltimento		2.500,00	0,93%	come dato 2021
indifferenziato	50.603,68	50.603,68	18,82%	80 kg/ab eq
tot indiff+spazz	61.048,68	53.103,68		
tot	69.048,68	61.103,68		
<u>RD tot</u>	210.228,37		78,20%	<u>R_{tot}-Rindiff</u>
TOT RU-spazzamento	268.832,05			425 kg/ab eq
TOT RU	279.277,05			
scarti da RD a recupero	21.653,52	21.653,52	8,05%	come dato 2019 arrotondato
% scarti da RD (rispetto RD tot)	10,30%			dato uguale alle ipotesi (dato 2019)
TOT DA GESTIRE		82.757,20		

NB. mantenendo costante la % di scarto da RD e aumentando la RD, aumenta anche il nuovo scarto

Dati Scenario 3.3

Analogamente agli scenari precedenti, anche questo scenario è stato suddiviso in scenario 3.3 e scenario 3.3 bis per verificare quanto incida il pre-trattamento con TMB.

In particolare nello scenario 3.3 non è stato previsto alcun pre-trattamento, come peraltro auspicato a livello nazionale. Talvolta, per particolari tecnologie, potrebbe essere invece previsto una stabilizzazione del rifiuto in ingresso e pertanto un passaggio del rifiuto al TMB; questa situazione viene analizzata nello scenario 3.3 bis.



Flussi Scenario 3.3

Nello scenario 3.3 tutto il rifiuto prodotto, compresi gli scarti di RD, vengono recuperati nell’impianto termico locale.

Tutte le ceneri prodotte dall’impianto si stima vengano smaltite nella discarica provinciale.



Flussi Scenario 3.3 bis

Qualora si rendesse necessario il pretrattamento con TMB, come si vede dal grafico sopra, verrà mandato a recupero energetico solo il CSS prodotto (intendendo così sia il CSS che la sola frazione secca selezionata da TMB), mentre il biostabilizzato verrà portato a smaltimento in discarica insieme alle ceneri dell’impianto.

Nelle tabelle seguenti sono evidenziate le voci di costo. Come evidenziato nel paragrafo 5.2, una quota parte dei costi di smaltimento in discarica sono rapportati agli anni di vita utile stimati per quello specifico scenario.

	calcolo costi	smaltimento	tritur/imball	recupero en.	trasporto	tot costi	costo medio
	ton	€/ton	€/ton	€/ton	€/ton	€	€/ton
treatmento termico	82.757,20			0		0,00	
ceneri/char di imp termico	24.827,16	108,54				2.694.704,89	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
rif gestiti compresi scarti RD	82.757,20					4.108.704,9	49,6
						costo in tari	225

NB. rispetto allo scenario 3.1 lo spazzamento è stato portato in impianto e sono state considerate tutte le ceneri in discarica

NB. costo recupero energetico stimato pari a 0 (cfr studio economico)

Costi Scenario 3.3

	calcolo costi ton	smaltimento €/ton	TMB €/ton	recupero en. €/ton	trasporto €/ton	tot costi €	costo medio €/ton
biostabilizzato	19.674,91	119,42	24			2821795,37254	
ceneri/char imp termico	17.858,90	132,28				2.362.392,24	
trasport/depuraz percolato	70.000,00	16			4,2	1.414.000,00	
spazzam stradale	2.500,00		24			60.000,00	
rif indifferenziato	50.603,68		24			1.214.488,32	
CSS	29.876,13			0		0,00	
scarti da RD	21.653,52			0		0,00	
rif ingombranti	8.000,00			0		0,00	
rif gestiti compresi scarti RD	82.757,20					7.872.675,9	95,1
						costo in tari €/ton	225

Costi Scenario 3.3 bis

Come evidenziato per gli scenari precedenti, anche in questo caso il pretrattamento con TMB raddoppia i costi di gestione. Infatti se nello scenario senza pretrattamento (scenario 3.3) si trova un costo di gestione di 49,6 €/ton, nel caso fosse necessario il pretrattamento (scenario 3.3 bis) si trova un costo maggiore e pari a 95,1 €/ton.

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento - Scenario 3.3				
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 😊				
ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.
produzione RU tot/AE	441,51		448,1	
produzione RU tot-spazz/AE	425,00	425 kg/AE*anno al 2025	433,7	0,00 😊
produzione Rindiff tot/AE	80,00	80 kg/AE*anno al 2025	82	0,00 😊
%RD	81,88%	78% RD al 2024	77,90%	3,88% 😊 😊
limite smaltimento in discarica				
		Lim 10% Rutot		
RU smaltiti in discarica (ton)	24.827,16	26.883,21	44.297,41	-2.056,04 😊
RU smaltiti in discarica (mc)	8.275,72	17.000,00 mc		-8.724,28 😊
anni vita utile discarica	21,15			
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest			791.519,55 €/a
	gest e oneri fideiussori			709.992 €/a
	trasporto e depurazione percolato			1.414.000,00 €/a
	trattamento RU e contrib localizzaz			35,2 €/ton
				€/ton
				60,48
				tributo speciale
				12,86

Raggiungimento obiettivi Scenario 3.3 (senza TMB)

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento - Scenario 3.3 bis					
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 					
ipotesi iniziali					
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019			
calcolo obiettivi					
	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019	Δ con obiet.	
produzione RU tot/AE	441,51		448,1		
produzione RU tot-spazz/AE	425,00	425 kg/AE*anno al 2025	433,7	0,00	
produzione Rindiff tot/AE	80,00	80 kg/AE*anno al 2025	82	0,00	
%RD	81,49%	78% RD al 2024	77,90%	3,49%	
limite smaltimento in discarica					
	Lim 10% Rutot				
RU smaltiti in discarica (ton)	37.533,81	26.883,21	44.297,41	10.650,60	
RU smaltiti in discarica (mc)	25.627,88	17.000,00 mc		8.627,88	
anni vita utile discarica	6,83				
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest			2.451.142,20 €/a	€/ton
	gest e oneri fideiussori			709.992 €/a	84,22
	trasporto e depurazione percolato			1.414.000,00 €/a	
	trattamento RU e contrib localizzaz			35,2 €/ton	
	tributo speciale			12,86 €/ton	no per biostabilizzato

Raggiungimento obiettivi Scenario 3.3 bis (con TMB)

Dal confronto delle tabelle di sopra, si nota come il pretrattamento produce lo stabilizzato da portare in discarica e quindi, rispetto ad un recupero energetico totale del rifiuto, prevede uno smaltimento maggiore. A fronte di poco più di 8.000 mc di ceneri da smaltire in discarica, nel primo scenario, si trovano infatti poco più di 25.600 mc tra ceneri e biostabilizzato nel secondo scenario con TMB. Da qui ne scaturisce una vita utile della discarica ben inferiore nel caso del pretrattamento (6,83 anni) rispetto allo scenario 3.2 senza il TMB (21,15 anni).

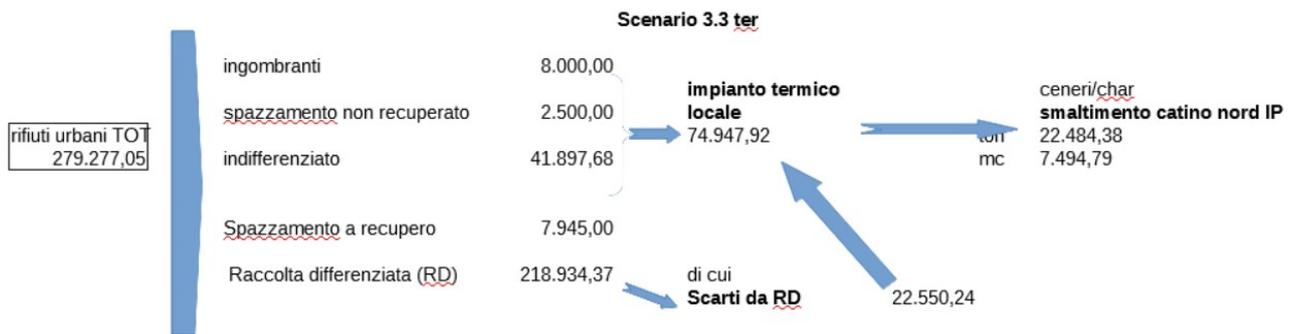
Si è inoltre voluto analizzare anche uno scenario 3.3 ter per ipotizzare, non solo il raggiungimento degli obiettivi di Piano, ma anche la massima raccolta differenziata.

Scenario 3.3 ter (raggiungimento obiettivi di Piano: Rutot-spazz: 425 kg/ab eq con max RD e min R Indiff) (ton)					
	prodotti	da destinare in impianti da parte della PAT	% su RU tot	Note	
ingombranti	8.000,00	8.000,00	2,98%	dato stimato	
spazzamento stradale gestori (a recupero e smaltimento)	10.445,00				
spazzamento stradale gestori a smaltimento		2.500,00	0,93%	come dato 2021	
indifferenziato	41.897,68	41.897,68	15,59%	kg/ab eq	66,24
tot indiff+spazz	52.342,68	44.397,68			
tot	60.342,68	52.397,68			
RD tot	218.934,37		81,44%	Rutot-Rindiff	
TOT RU-spazzamento	268.832,05			425 kg/ab eq	
TOT RU	279.277,05				
scarti da RD a recupero	22.550,24	22.550,24	8,39%	come dato 2019 arrotondato	
% scarti da RD (rispetto RD tot)	10,30%			dato uguale alle ipotesi (dato 2019)	
TOT DA GESTIRE		74.947,92			

NB. mantenendo costante la % di scarto da RD e aumentando la RD, aumenta anche il nuovo scarto

Dati Scenario 3.3 ter

Nello scenario 3.3 ter non è stato previsto alcun pre-trattamento, come peraltro auspicato a livello nazionale.



Flussi Scenario 3.3 ter

Nello scenario 3.3 ter tutto il rifiuto prodotto, compresi gli scarti di RD, vengono recuperati nell'impianto termico locale. Tutte le ceneri prodotte dall'impianto si stima vengano smaltite nella discarica provinciale.

	calcolo costi	smaltimento ton	tritur/imball €/ton	recupero en. €/ton	trasporto €/ton	tot costi €	costo medio €/ton
trattamento termico	74.947,92			0		0,00	
ceneri/char di imp termico	22.484,38		111,52			2.507.419,89	
trasport/depuraz percolato	70.000,00		16		4,2	1.414.000,00	
rif gestiti compresi scarti RD	74.947,92					3.921.419,9	52,3
						costo in tari* €/ton	225

NB. rispetto allo scenario 3.1 lo spazzamento è stato portato in impianto e sono state considerate tutte le ceneri in discarica

NB. costo recupero energetico stimato pari a 0 (cfr studio economico)

Costi Scenario 3.3 ter

Ne risulta un costo di gestione di 52,3 €/ton ed una vita utile della discarica di 23,35 anni.

Raggiungimento obiettivi del 5° aggiornamento – Scenario 3.3 ter				
autosufficienza gestione RU+scarti da RD 😊				
ipotesi iniziali				
abitanti equivalenti (AE)	632.546	come dato 2019		
calcolo obiettivi				
produzione RU tot/AE	441,51	valore trovato	obiettivo di Piano	Dato 2019
produzione RU tot-spazz/AE	425,00	425 kg/AE*anno al 2025	448,1	433,7
produzione Rindiff tot/AE	66,24	80 kg/AE*anno al 2025	82	-13,76 😊
%RD	85,00%	78% RD al 2024	77,90%	7,00% 😊
limite smaltimento in discarica				
Lim 10% Rutot				
RU smaltiti in discarica (ton)	22.484,38	26.883,21	44.297,41	-4.398,83 😊
RU smaltiti in discarica (mc)	7.494,79	17.000,00 mc		-9.505,21 😊
anni vita utile discarica	23,35			
costo discarica	ammortamento costruzione+post gest	716.828,78 €/a		€/ton
	gest e oneri fideiussori	709.992 €/a		63,46
	trasporto e depurazione percolato	1.414.000,00 €/a		tributo special
	trattamento RU e contrib localizzaz	35,2 €/ton		12,86

Raggiungimento obiettivi Scenario 3.3 ter (senza TMB)

Si riporta di seguito un confronto dei principali dati dei due scenari:

	Scenario 3.3 raggiungimento obiettivi 5° agg senza TMB	Scenario 3.3 bis raggiungimento obiettivi 5° agg con TMB	Scenario 3.3 ter raggiungimento obiettivi 5° agg con max RD e min Rindiff senza TMB
RU tot [ton]	279.277,05		
Rindiff [ton]	50.603,68		41.897,68
RD [ton]	210.228,37		218.934,37
Scarto da RD [ton]	21.653,52		22.550,24
Tot Rifiuto avviato a recupero energetico [ton]	82.757,20	59.529,65	74.947,92
Tot Rifiuto smaltito in discarica [mc]	8.275,72	25.627,88	7.494,79
RU tot pro-capite [kg/ab eq*a]	441,51		
R Indiff pro-capite [kg/ab eq*a]	80,00		66,24
%RD con recup en scarti RD	81,88%	81,49%	85%
Anni vita utile discarica “catino nord” [anni]	21,15 	6,83 	23,35 
Costo gestione [€/ton] (con costo imp. termico=0)	49,6	95,1	52,3

6.4 Confronto degli scenari con impianto termico locale

	Scenario 3.1 dati 2023 senza TMB	Scenario 3.1 bis dati 2023 con TMB	Scenario 3.2 Max RD senza TMB	Scenario 3.2 bis Max RD con TMB	Scenario 3.3 raggiungimento ob.5°agg senza TMB	Scenario 3.3 bis raggiungimento ob.5°agg con TMB	Scenario 3.3 ter raggiungimento obiettivi 5° agg con max RD e min Rindiff senza TMB 
RU tot [ton]	280.478		280.478		279.277,05		
Rindiff [ton]	48.537		41.897,68		50.603,68		41.897,68
RD [ton]	213.496		220.135,32		210.228,37		218.934,37
Scarto da RD [ton]	22.000		22.673,94		21.653,52		22.550,24
Tot Rifiuto a recupero energetico [ton]	81.037,00	58.713,42	75.071,62	55.652,07	82.757,20	59.529,65	74.947,92
Tot Rifiuto smaltito in discarica [mc]	8.103,70 	24.780,55	7.507,16	22.014,55 	8.275,72 	25.627,88	7.494,79 
RU tot pro- capite [kg/ ab eq*a]	443,41		443,41		441,51 		
R Indiff pro-capite [kg/ab eq*a]	76,73		66,24 		80,00 		66,24 
%RD con recup en scarti RD	82,69%	82,31%	85,06%	84,67%	81,88%	81,49%	85,00%
Anni vita utile discarica “catino nord” [anni]	21,6 	7,06 	23,31 	7,95 	21,15 	6,83 	23,35 
Costo gestione [€/ton] (con costo imp. termico=0)	50,2	89,23	52,3	94,2	49,6	95,1	52,3

6.5 Confronto di tutti gli scenari con e senza impianto termico locale

	Scen 0 dati 2023	Scenario 1 dati 2023 con TMB	Scenario 3.1 dati 2023 senza TMB con impianto	Scenario 3.1 bis dati 2023 con TMB con impianto	Scenario 2 Max RD e raccolta PAP	Scenario 2 bis Max RD senza raccolta PAP	Scenario 3.2 Max RD senza TMB con impianto	Scenario 3.2 bis Max RD con TMB con impianto	Scenario 2 ter raggiungimento obiettivi di Piano: RUtot: 425 kg/ab eq Rindiff: 80 kg/ab eq	Scenario 3.3 raggiungimento ob.5°agg senza TMB con impianto	Scenario 3.3 bis raggiungimento ob.5°agg con TMB con impianto	Scenario 3.3 ter raggiungimento ob.5°agg con max RD e min RIndiff con impianto
RU tot [ton]	280.478				280.478				279.277,05			
Rindiff [ton]	48.537				35.897,68	41.897,68			50.603,68			41.897,68
RD [ton]	213.496				226.135,3	220.135,32			210.228,37			218.934,37
Scarto da RD [ton]	22.000				23.291,94	22.673,94			21.653,52			22.550,24
Rif a rec ener [ton] in imp locale	-	-	81.037,00	58.713,42			75.071,62	55.652,07		82.757,20	59.529,65	74.947,92
Rif a rec ener [ton] fuori TN	39.000	34.399			28.088,73	31.464,33			36.362,33			
Rifiuto in discarica [mc]	20.037	22.092,71	8.103,70 	24.780,55 	16.609,84	18.832,84	7.507,16	22.014,55	22.058,41	8.275,72	25.627,88 	7.494,79 
RU tot pc [kg/ab eq*a]	443,41				443,41				441,51			
R Ind pc [kg/ab eq*a]	76,73				56,75	66,24			80,00			66,24
%RD	81,80%	79,45%	82,69%	82,31%	84,24%	82,11%	85,06%	84,67%	81,98%	81,88%	81,49%	85%
Anni vita utile [anni]	8,73	7,92	21,6 	7,06 	10,54	9,29	23,31 	7,95	7,93	21,15 	6,83 	23,35 
Costo gestione [€/ton] (costo imp.termico =0)	340,0	239,16	50,2	89,23	293,9	241,3	52,3	94,2	241,3	49,6	95,1	52,3

7 Conclusioni e scelta dello scenario

In questo documento sono stati valutati tutti i possibili **scenari alternativi alla realizzazione dell'impianto termico**.

A prescindere dalla decisione da prendere, il 2023 e gli anni successivi, saranno anni critici in cui gestire almeno 50.000 ton di rifiuto urbano all'anno. Per tale motivo e per tamponare i momenti di criticità che certamente si verificheranno, sono state già progettate, ma non ancora realizzate, nuove piattaforme di stoccaggio a Ischia Podetti nel Comune di Trento; è stato aumentato il quantitativo di rifiuti da stoccare presso il sito dei Lavini nel Comune di Rovereto e sta ultimando la procedura di VIA il progetto di realizzazione del nuovo catino nord sempre a Ischia Podetti.

Il **2023** sarà l'anno sicuramente più difficile perché non sarà attiva la nuova discarica e si dovrà ricorrere a gare per portare i rifiuti, almeno in parte, a recupero energetico in impianti fuori provincia. Pur avendo già aggiudicato queste gare per un quantitativo di 39.000 ton (tra rifiuti indifferenziati e ingombranti) a prezzi ridotti, rispetto al mercato attuale, come si vede dallo scenario 0, si affronteranno costi potenzialmente superiori rispetto ad oggi (330,2 €/ton rispetto agli attuali 225 €/ton). Per il prossimo anno, al fine di non aumentare ulteriormente la tariffa di smaltimento dei rifiuti e non gravare sui cittadini, sono state previste risorse aggiuntive straordinarie da parte della stessa amministrazione provinciale.

Nonostante buona parte dei rifiuti verrà conferita fuori provincia e verrà mantenuta la quota di rifiuti da conferire a Bolzano (13.000 ton), nel 2023 verranno stoccate circa 20.000 ton di rifiuti in attesa dell'ultimazione dei lavori del nuovo catino nord della discarica di Ischia Podetti. Questo permetterà di limitare i costi di gestione a 150 €/ton, rispetto ai 220 €/ton con cui si è aggiudicata l'ultima gara per il CSS.

La situazione comunque non migliorerà negli anni successivi, in quanto si dovrà continuare a gestire il rifiuto prodotto con una parziale esportazione e lo smaltimento della restante parte. I costi di aggiudicazione delle gare per il recupero energetico verosimilmente aumenteranno, come già dimostra l'andamento degli ultimi mesi, sia perché considerata la soluzione più idonea per la gerarchia dei rifiuti sia per la limitazione europea allo smaltimento in discarica.

Il ricorso al trattamento meccanico biologico (**TMB**) potrà avvenire solo nei casi di necessità legata principalmente a due motivi:

- contenuto di materiale organico putrescibile dei rifiuti urbani da conferire in discarica, superiore ai limiti di legge (all. 8 D.Lgs. n. 36/2003) che richiedono la necessità di un pretrattamento dei rifiuti;
- necessità di produrre frazione secca del rifiuto che, a seguito di ulteriori lavorazioni, può diventare Combustibile Solido Secondario (CSS) da mandare a recupero energetico in impianti fuori provincia, perché con un mercato più economicamente accessibile.

Come risulta chiaramente dallo scenario 1, questo pre-trattamento è un costo ulteriore alla gestione del rifiuto e non serve per ridurre la sua quantità prodotta.

L'unica maniera per **ridurre i quantitativi di rifiuti prodotti** resta l'impegno di ogni cittadino. Non avendo un impianto realizzato, nei prossimi anni è necessario che tutti i cittadini si impegnino con responsabilità a ridurre la produzione dei propri rifiuti e che migliorino la qualità della propria raccolta differenziata. È necessario inoltre che il mondo dell'imprenditoria trovi nuove forme di recupero di materia e nuove forme di cicli produttivi incentrati sul riuso/recupero delle proprie materie prime e, sempre più, rivolti verso una simbiosi industriale con altre Aziende.

Dai dati disponibili si ritiene possibile ridurre il quantitativo attuale di rifiuto indifferenziato e ingombrante di circa 5.000-10.000 tonnellate all'anno. Ciò non significa eliminare il problema dei rifiuti, ma certamente ridurlo evitando una spesa di oltre 1-2 milioni di euro per la loro gestione (considerando gli attuali 225 €/ton).

Ad oggi, alla luce delle esperienze impiantistiche presenti nel territorio nazionale, non si ritiene ancora affidabile il recupero energetico dei **tessili sanitari o prodotti assorbenti per la persona (PAP)**. A fronte di un auspicato recupero di carta, super-assorbente e plastica, con reimmissione nel ciclo delle materie prime, la tecnologia esistente non ha ancora raggiunto gli obiettivi stabiliti e ha registrato costi di gestione al momento eccessivamente onerosi (700 €/ton), come riportato nello scenario 2.

La gestione dell'ultimo anno ha dimostrato tutte le criticità della mancanza di autosufficienza impiantistica provinciale, con gare andate deserte per mancanza di impianti interessati ai nostri rifiuti e con assoluta incertezza nel destino finale degli stessi.

Purtroppo si attende una conferma, se non un peggioramento di tale situazione nei prossimi anni: i prezzi del mercato sono sempre più alti e si hanno sempre maggiori difficoltà ad aggiudicarsi gare a costi accessibili (basti pensare che nel giro di pochi mesi si è passati da richieste di 160 €/ton a circa 300 €/ton). Gli impianti di recupero energetico presenti nel territorio nazionale hanno infatti continue e nuove richieste e ciò li porta ad aumentare le loro tariffe di accesso.

Ciò vale anche per l'impianto di termovalorizzazione presente a Bolzano al quale, per una convenzione tra Province, portiamo 13.000 ton/a.

Il contesto è stato reso ancora più critico dalle ultime indicazioni del Programma Nazionale di gestione dei rifiuti (**PNGR**) che ha stabilito che ogni Regione deve garantire la piena autonomia per la gestione dei rifiuti urbani non differenziati e per la frazione di rifiuti derivanti da trattamento dei rifiuti urbani destinati a smaltimento. In mancanza di ciò sarà possibile esclusivamente definire delle macroaree tra regioni confinanti, previo accordo tra di esse, al fine di razionalizzare la rete impiantistica esistente. Tuttavia le Regioni/Province che utilizzeranno impianti siti in altri territori dovranno presumibilmente sostenere una componente aggiuntiva di tariffa di ingresso a detti impianti, per la "non prossimità" all'impianto, secondo i dettami dell'Autorità di regolazione per energia reti e ambiente (ARERA).

Alla luce delle considerazioni sopra riportate e degli scenari considerati, si ritiene necessario attivarsi fin da subito per la realizzazione di un impianto termico provinciale.

Con questa decisione si potrà chiudere responsabilmente il ciclo dei rifiuti urbani nel territorio provinciale, raggiungendo un'autosufficienza impiantistica. Ciò implicherà che la Provincia di Trento non subirà più l'andamento del mercato, con una conseguente riduzione del costo di gestione del proprio rifiuto e con la certezza del suo recupero energetico.

7.1 Localizzazione dell'impianto

Come sito per la realizzazione dell'impianto, l'area Ischia Podetti sita nel Comune di Trento è già stata localizzata nel 5° aggiornamento come "area per la gestione ed il trattamento dei rifiuti", compreso quindi il loro trattamento termico e discarica di supporto.

Tuttavia non si esclude la possibilità di individuare nuove aree che verranno valutate puntualmente.

Gli eventuali nuovi siti dovranno essere coerenti con i criteri di localizzazione, per rifiuti urbani e speciali, riportati nel capitolo 4 del 5° aggiornamento del Piano provinciale di gestione dei rifiuti e dovranno essere localizzate nello stesso Piano di settore ai sensi dell'art. 67 bis del D.P.G.P. 26 gennaio 1987, n. 1-41/Leg (TULP in materia ambientale), con una prevista e garantita fase partecipativa .

Il Comune che ospiterà l'impianto avrà adeguate forme di ristoro, come definito dalle specifiche norme in via di predisposizione.

7.2 La tecnologia dell'impianto

Le tecnologie più idonee che si ritiene possano essere realizzate variano tra la combustione e la gassificazione, ma viene lasciata aperta la possibilità di qualsiasi proposta con la successiva valutazione puntuale delle singole proposte sia dal punto di vista tecnico-economico che sanitario-ambientale. Il progetto dell'impianto dovrà infatti esperire la valutazione di impatto ambientale, con annessa valutazione di impatto sanitario. In quella sede, sulla base della tecnologia proposta e del sito prescelto, si potranno valutare in dettaglio tutte le caratteristiche e gli impatti attesi.

Il pre-trattamento con TMB sarà effettuato solo se richiesto dalla tecnologia scelta. Come descritto nel paragrafo specifico, ci sono infatti impianti che necessitano di un rifiuto più omogeneo e stabile in ingresso ed impianti (come quello di Bolzano) che , al contrario, richiedono un'alimentazione con rifiuto tal quale.

7.3 Il dimensionamento dell'impianto

Come si nota dall'analisi degli scenari, l'impianto dovrà essere dimensionato per circa 80.000 ton/a di rifiuti urbani in ingresso, tal quali, o circa 60.000 ton/a di rifiuti pre-trattati. E' ammesso un modesto incremento dei quantitativi di progetto in ragione della necessità di coprire periodi di fermo impianto per manutenzione e i picchi stagionali di produzione di rifiuti. In tale ultimo caso sarà però necessario trovare una soluzione aggiuntiva per ridurre il quantitativo di rifiuti da smaltire in discarica, che risulta troppo alto.

A supporto dell'impianto dovrà essere disponibile una discarica per lo smaltimento delle ceneri, anche se si auspica nel recupero completo delle stesse. Il futuro progetto dell'impianto dovrà valutare e riportare anche i possibili settori di recupero di tali ceneri.

Vista l'assoluta mancanza di un impianto di chiusura provinciale dei rifiuti urbani, è necessario scegliere per una soluzione certa, testata ed efficiente.

7.4 Impatto sanitario dell'impianto

Come riportato nel rapporto ambientale relativo a questo documento, è stato recentemente pubblicato il "Libro Bianco" sull'incenerimento dei rifiuti urbani, realizzato dai Politecnici di Milano e Torino, l'Università di Trento e quella di Roma 3 Tor Vergata, nel quale sono stati analizzati i dati relativi all'impatto ambientale dei termovalorizzatori e le eventuali conseguenze sulla salute umana.

Secondo tutti gli ultimi studi, i termovalorizzatori hanno emissioni infinitamente minori rispetto, ad esempio, al riscaldamento domestico o ai veicoli stradali. Inceneritori e termovalorizzatori devono rispettare limiti di emissioni in atmosfera molto stringenti che non hanno eguali nel panorama delle installazioni industriali.

Secondo i dati pubblicati nel "Libro Bianco" di Utilitalia, il contributo degli inceneritori relativamente alle PM10, è pari solo allo 0,02% contro il 53% delle combustioni commerciali e residenziali. Per gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), è pari allo 0,007% contro il 78,1% delle combustioni residenziali e commerciali. Mentre per le diossine ed i furani, si attesta allo 0,2% contro il 37,5% delle combustioni residenziali e commerciali.

Da questi dati emerge chiaramente come gli impianti di incenerimento abbiano impatti decisamente inferiori rispetto alle attività di riscaldamento o di trasporto, soprattutto se prendiamo in considerazione i dati degli impianti di ultima generazione.

Inoltre, la scelta europea di limitare l'utilizzo della discarica è motivata dal fatto che la discarica ha un impatto ambientale assolutamente maggiore rispetto agli impianti di incenerimento. Come evidenziato nel "Libro Bianco", solo in termini di emissioni climalteranti, la discarica ha un impatto 8 volte superiore rispetto a quello del recupero energetico negli inceneritori. Inoltre occupano permanentemente enormi distese territoriali con elevati costi di manutenzione e monitoraggio per evitare il rilascio di sostanze inquinanti. Sebbene l'utilizzo delle discariche sia da sfavorire, restano comunque necessarie in quanto alcune tipologie di rifiuti non possono essere smaltite tramite combustione; per questo motivo l'Europa indica comunque una minima percentuale di utilizzo.

Queste valutazioni restano valide anche per gli impianti di gassificazione, che presentano interessanti caratteristiche intrinseche, legate alla natura e quantità delle emissioni, oltre ad attuare con maggior concretezza il principio di economia circolare.

7.5 Impatto economico ed energetico dell'impianto

La situazione attuale descritta sopra ed il confronto degli scenari analizzati, evidenzia come sarà immediato l'impatto economico positivo dell'impianto.

I dati specifici delle singole tecnologie, riportate nel capitolo specifico, evidenziano un costo di installazione e gestione, al netto dei ricavi di vendita dei bio-combustibili o di energia, tutti negativi eccetto per i gassificatori con produzione di metanolo.

Per non incorrere in un eccesso di ottimismo, negli scenari è stato considerato un bilancio nullo tra costi di realizzazione e di gestione per le varie tecnologie. Tuttavia, per ogni scenario, è stato riportato il massimo costo che può avere un impianto affinché non venga superato l'attuale costo di smaltimento dei rifiuti urbani.

A fronte di un costo di 330 €/ton che dovrà essere affrontato nel 2023, il costo più alto calcolato per la gestione con impianto (scenario 3.3 bis) non raggiunge le 180 €/ton (179,30 €/ton).

Peraltro, l'impatto economico è legato a quello energetico.

La crisi energetica di questo periodo ha evidenziato l'importanza di ricorrere a fonti alternative e sostenibili di energia ed il rifiuto è certamente una fonte inesauribile.

Il recupero energetico dell'impianto termico è la chiave che rende differente il termovalorizzatore dall'inceneritore, rende possibile la produzione di combustibili che indirettamente producono energia.

La scelta dell'impianto dovrà far sì che ci sia una ricaduta diretta sugli abitanti del territorio provinciale, oltre che l'attesa riduzione del costo di gestione.

Peraltro qualsiasi ritorno energetico diretto sui cittadini sarà anche un risparmio economico per il mancato acquisto, da parte dei cittadini, di quella quota parte di energia elettrica e/o termica.

La valutazione tecnica dell'impianto si baserà quindi almeno sui seguenti macro-aspetti:

- deve essere possibile visitare un impianto analogo già realizzato ed in esercizio (non si terranno in considerazione impianti sperimentali)
- dovranno essere ben valutate le caratteristiche di tutti gli output dell'impianto (ceneri pesanti, leggere, scorie, fanghi..), compresi i possibili impianti di destino
- devono essere evidenziate le strutture di supporto necessarie all'impianto (discarica, impianto trattamento fanghi, rete teleriscaldamento, zone stoccaggio syngas, zone stoccaggio biocombustibili, rete alimentazione metano e acqua, rete elettrica, etc...)
- deve essere ben evidente il ritorno energetico e/o economico per i cittadini.

Per le valutazioni ambientali e sanitarie, si rimanda al rapporto ambientale.

ADDENDUM

Parte Seconda: valutazioni aggiuntive del 5° aggiornamento

8. Azioni per la gestione dei rifiuti organici in funzione della fauna selvatica

I rifiuti organici, se non opportunamente stoccati e conservati, possono costituire in alcune fasi del loro ciclo una fonte di attrazione alimentare per determinate specie di fauna selvatica, caratterizzate da un regime trofico onnivoro ed opportunista.

In Trentino ciò è stato registrato soprattutto in relazione alla presenza dell'orso bruno (*Ursus arctos* L.) e, in misura sinora minore, del cinghiale (*Sus scrofa* L.), della volpe (*Vulpes vulpes* L.) e di altre specie.

La frequentazione dei siti di stoccaggio e di raccolta dei rifiuti organici da parte della fauna selvatica costituisce un fenomeno che va prevenuto, per una serie di ragioni:

- Porta inevitabilmente gli animali selvatici ad abituarsi all'uomo e agli ambiti da esso frequentati, determinando di conseguenza un comportamento meno diffidente nei confronti dell'uomo.
- Il maggiore contatto tra fauna selvatica e uomo può favorire la trasmissione di zoonosi, ossia malattie trasmissibili dagli animali all'uomo.
- L'aumento delle probabilità dirette di contatto selvatico-uomo incrementa le possibilità di incidenti. Esempi in tal senso possono essere gli investimenti stradali o le interazioni dirette delle persone con esemplari di orso o di cinghiale.

La frequentazione dei siti di stoccaggio dei rifiuti organici da parte degli animali selvatici è dunque negativa sia per la fauna sia per l'uomo, e, nei casi più gravi, comporta dei rischi per l'incolumità e la sicurezza pubblica.

Per quanto riguarda i grandi carnivori, costituiscono documenti di indirizzo circa la gestione dei rifiuti:

- il Piano d'Azione interregionale per la Conservazione dell'Orso Bruno sulle Alpi Centro-Orientali (PACOBACE) nel paragrafo 3.4.1 (dove sono individuati gli "...orsi problematici a causa del ripetuto utilizzo di fonti di cibo legate alla presenza umana, quali i rifiuti..."), nella tabella 3.1 (fattispecie di problematicità n. 12 "Orso è ripetutamente segnalato vicino a fonti di cibo di origine antropica"), e nel paragrafo 3.4.2 (azione di controllo costituita dalla "gestione oculata dei rifiuti organici, con eventuale adeguamento dei contenitori e scariche");
- le Linee guida per l'attuazione della LP n. 9/18 e dell'articolo 16 della Direttiva Habitat nel paragrafo 4.2.1, dove viene ricordata l'attività condotta per una corretta gestione dei rifiuti a partire dal 2009, e quella in programma progressivamente sull'intero territorio del Trentino occidentale, che si sviluppa tenendo conto anche delle "...modifiche strutturali del sistema di raccolta in corso in diverse valli...".

Per quanto riguarda il cinghiale, con l'ingresso in Italia della peste suina africana, malattia virale che colpisce i suini domestici e selvatici, ma non l'uomo, il principale obiettivo nelle aree indenni dalla malattia è la prevenzione della stessa.

Poiché il virus della peste suina africana, oltre a sopravvivere a lungo nell'ambiente, si mantiene vitale per molto tempo anche nelle carni fresche, congelate e lavorate, la corretta gestione dei residui alimentari è una fondamentale misura indiretta di prevenzione. A questo riguardo di seguito sono riportati i documenti di indirizzo nei quali è affrontata la gestione dei rifiuti:

- Il Piano provinciale di interventi urgenti per la gestione e il controllo della peste suina africana nei suini da allevamento e nella specie cinghiale, adottato con deliberazione della Giunta provinciale 1 luglio 2022, n. 1193, ai sensi decreto legge 17 febbraio 2022, n. 9, contiene la previsione di informare e sensibilizzare sull'idoneo smaltimento da parte delle persone di tali residui, attività che la Provincia ha promosso con specifiche campagne. Queste azioni, per essere pienamente efficaci, devono andare di pari passo con una corretta gestione dei rifiuti, soprattutto del rifiuto organico. I cinghiali non devono accedere a tale risorsa.
- Il Piano Faunistico Provinciale, strumento di pianificazione settoriale, ad oggi in corso di revisione, individua l'esigenza di un progressivo adeguamento dei metodi di raccolta del rifiuto organico, proprio per rispondere alle problematiche sopra individuate, causate dalla disponibilità di fonti di cibo facilmente accessibili alle specie generaliste.

Avuto riguardo a quanto sopra esposto, l'Amministrazione provinciale (tramite Servizio Foreste, Servizio Faunistico, Servizi per le politiche di gestione dei rifiuti) in raccordo con i Comuni e le Comunità di Valle, ha assunto iniziative per adeguare i sistemi di stoccaggio e raccolta dei rifiuti organici alle esigenze, via via crescenti, di rendere gli stessi inaccessibili agli animali selvatici. In particolare, sono stati prodotti e distribuiti cassonetti dotati di modifica anti intrusione e/o recinzioni/chiusure per rendere inaccessibili determinati siti, a cominciare dalle aree della Valle dei Laghi, dell'Altopiano della Paganella e di altre specifiche localizzazioni. Tali azioni si sono protratte sino ad oggi. Queste iniziative sono state attivate puntualmente, per fronteggiare situazioni particolarmente critiche con soluzioni rapide.

Dato che l'interazione tra animali selvatici e il sistema di raccolta dei rifiuti organici rappresenta una problematica sempre più rilevante e diffusa sull'intero territorio provinciale, soprattutto nelle aree di presenza stabile dell'orso bruno e del cinghiale, è opportuno, per motivi organizzativi e finanziari, che le relative soluzioni siano ricercate e implementate in modo coordinato e strutturato attraverso la programmazione settoriale. In questo senso, è indispensabile che tale programmazione rientri a pieno titolo tra le azioni e gli obiettivi del Piano Provinciale di gestione dei rifiuti.

Si ritiene dunque di assegnare ai gestori della raccolta dei rifiuti un termine di sei mesi dall'entrata in vigore del presente Addendum al 5° aggiornamento del Piano provinciale di gestione dei rifiuti – stralcio rifiuti urbani per predisporre i propri programmi di adeguamento dei sistemi di stoccaggio dei rifiuti organici (es. tramite l'adozione di cassonetti per l'organico con meccanismi anti intrusione) e/o raccolta degli stessi (es. tramite l'adozione del porta a porta, con l'esposizione

all'aperto dei bidoncini dell'organico nei giorni di raccolta), in base al diverso grado di priorità evidenziato nella mappa riportata di seguito.

Tali piani andranno concordati dagli enti gestori con il Servizio Faunistico della PAT. In raccordo con lo stesso Servizio potranno essere valutate e proposte deroghe specifiche all'obbligo di adeguare i sistemi di stoccaggio e raccolta (ad es. all'interno dei centri urbani maggiori).

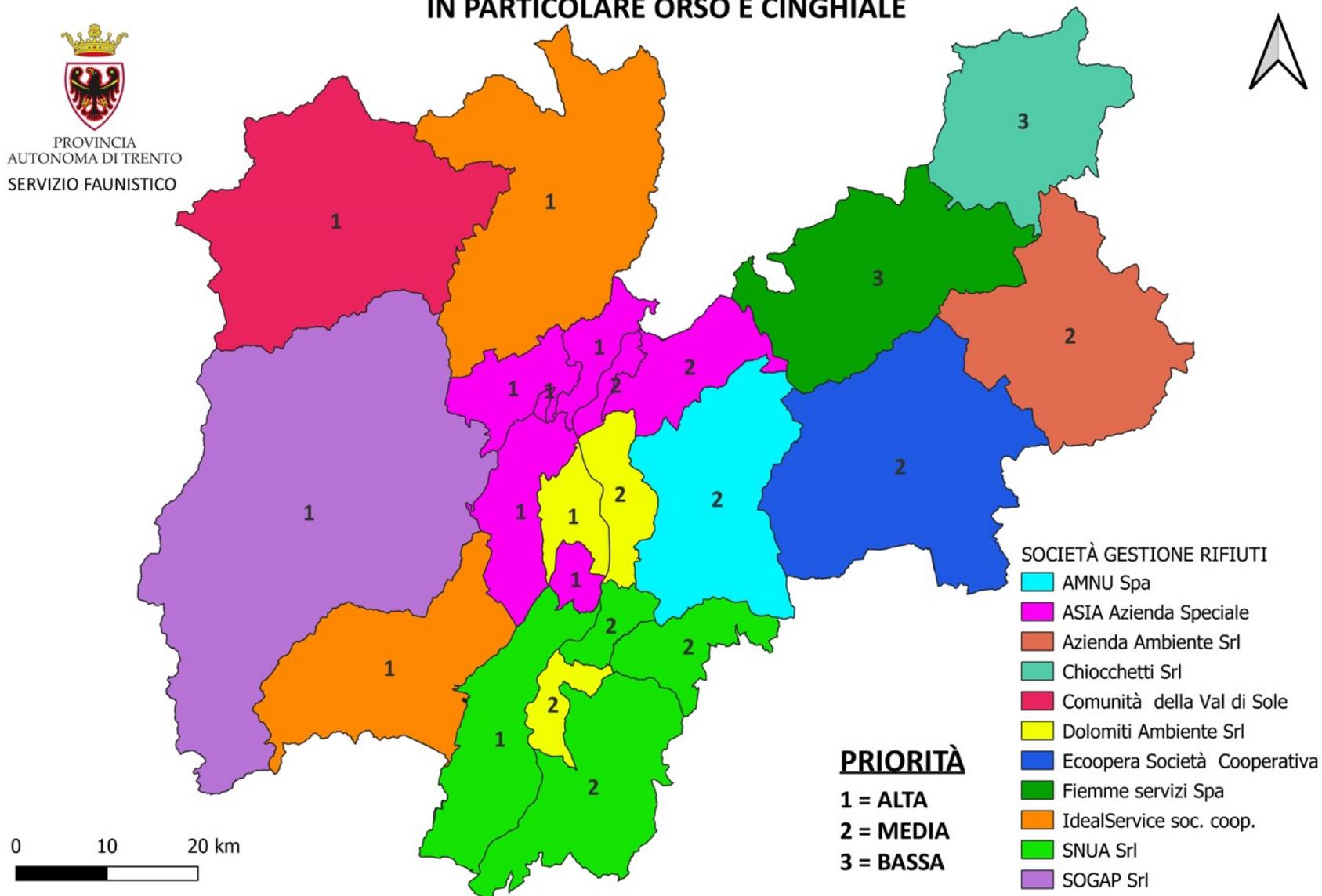
L'effettiva implementazione dei programmi di cui al paragrafo precedente dovrà essere completata entro l'anno 2028.

Alla luce di quanto riportato sopra, si definiscono le seguenti nuove azioni di Piano:

Azione 6.6: entro il 31 dicembre 2023, i gestori della raccolta dei rifiuti devono predisporre un cronoprogramma di adeguamento dei propri contenitori di raccolta dei rifiuti organici (es. tramite l'adozione di cassonetti per l'organico con meccanismi anti intrusione) e/o sistemi di raccolta degli stessi (es. tramite l'adozione del porta a porta, con l'esposizione all'aperto dei bidoncini dell'organico nei giorni di raccolta), in base al diverso grado di priorità evidenziato nella mappa riportata di seguito. Tali piani andranno concordati dagli enti gestori con il Servizio Faunistico della PAT.

Azione 6.7: L'effettiva implementazione dei programmi, di cui all'azione 6.6, dovrà essere completata entro l'anno 2028.

AREE DI PRIORITÀ NELLA GESTIONE DEL RIFIUTO ORGANICO IN FUNZIONE DELLA FAUNA SELVATICA IN PARTICOLARE ORSO E CINGHIALE



Mappa delle aree di priorità nella gestione del rifiuto organico in funzione della fauna selvatica con particolare riferimento a orso e cinghiale. I numeri da 1 a 3 individuano il grado di priorità di intervento

9. Approvazione Regolamento centri di raccolta, Regolamento tariffario e Riciclabolario

In allegato al presente documento si riportano:

- il regolamento dei centri di raccolta (allegato 1) con la definizione del “rifiuto ingombrante”, redatto in accordo con tutti i gestori del servizio pubblico di raccolta, come previsto dall’azione 1.17 del 5° aggiornamento;
- lo schema di regolamento tariffario (allegato 2) uguale per tutti i territori provinciali, da utilizzare quale strumento di ausilio all’attività dei Consigli comunali, redatto in accordo con tutti i gestori del servizio pubblico di raccolta, come previsto dall’azione 6.1 del 5° aggiornamento;
- un nuovo “riciclabolario” (allegato 4) uguale per tutti i territori della Provincia, redatto in accordo con tutti i gestori del servizio pubblico di raccolta, come previsto dall’azione 4.6 del 5° aggiornamento.

Con l’approvazione di questi regolamenti si intende dare attuazione agli obiettivi stabiliti nel precedente strumento di pianificazione.