

ECONOMIA CIRCOLARE · RIFIUTI ORGANICI

La qualità della frazione organica e il conferimento dei materiali compostabili

L'ammissibilità normativa dei manufatti compostabili nella raccolta dell'umido convive con difficoltà operative documentate presso gli impianti di trattamento biologico. In Italia la raccolta della frazione organica supera i sette milioni di tonnellate annue e rappresenta il flusso più consistente della raccolta differenziata urbana, nonché l'unico dal quale si ottengono simultaneamente un ammendante per il suolo e un vettore energetico rinnovabile. L'efficacia del riciclo, tuttavia, non è funzione della sola quantità raccolta, bensì della purezza del materiale conferito. È in questo punto che il ruolo dei materiali compostabili richiede una definizione rigorosa.

01 — IMPOSTAZIONE DEL PROBLEMA

Termini della questione

L'analisi muove da una tensione documentata fra il quadro normativo e la prassi impiantistica. La normativa ammette — e in determinati casi prescrive — il conferimento di sacchetti, stoviglie e imballaggi compostabili nella raccolta dell'umido; gli operatori degli impianti di trattamento rilevano tuttavia che tali materiali possono incidere sulla conduzione del processo e sulla qualità del prodotto finale.

Una precisazione preliminare è opportuna. La questione non attiene allo smaltimento in discarica: nella gerarchia europea dei rifiuti la frazione organica non è destinata alla discarica, e i compostabili ancor meno. Il problema si colloca negli **impianti di riciclo biologico** — di compostaggio e di digestione anaerobica — nei quali l'organico è trasformato in compost e biometano, e dove la presenza di materiali estranei e, in misura più circoscritta, di alcuni compostabili, influisce sulla resa del processo e sulla conformità dell'output.

La rilevanza del tema è accresciuta da un mutamento dell'obiettivo regolatorio. Il parametro di riferimento non è più la percentuale di raccolta differenziata, bensì l'**effettivo riciclo**: un rifiuto organico contaminato può essere raccolto correttamente e riciclato in modo inefficiente. L'Italia, che ha anticipato di due anni l'obbligo comunitario di raccolta separata dell'umido (1° gennaio 2022, contro il 1° gennaio 2024 dell'Unione), affronta oggi non un problema di quantità, ormai matura, ma di qualità.

7,25 Mt

rifiuti organici raccolti (2022)

>38%

quota sulla differenziata urbana

~1,9 Mt

compost prodotto

409 Mm³

biogas generato

Elaborazione del Centro Studi CIC su dati ISPRA, anno 2022 (umido 5,46 Mt; verde 1,79 Mt; matrice organica complessivamente trattata ~8,35 Mt).

02 — DEFINIZIONI E METRICHE

La frazione organica e la sua qualità

Sotto il termine «organico» convivono due flussi distinti. La **frazione umida** (FORSU, Frazione Organica del Rifiuto Solido Urbano) comprende gli scarti di origine domestica: residui alimentari, avanzi, gusci, fondi di caffè. La **frazione verde** è invece il residuo della manutenzione del verde: sfalci, potature, foglie. Sul piano giuridico, il Codice dell'ambiente (D.Lgs 152/2006, come modificato dal D.Lgs 116/2020) definisce i **rifiuti organici** come i rifiuti biodegradabili di giardini e parchi, i rifiuti alimentari e di cucina, e i rifiuti assimilabili prodotti da attività di ristorazione e affini.

La qualità della frazione organica non è una valutazione qualitativa, ma una grandezza misurabile, sostanzialmente coincidente con la **purezza merceologica**, ossia con il contenuto residuo di materiale improprio. Gli operatori la esprimono mediante la frazione di **MNC** — Materiale Non Compostabile, o più propriamente Non Compatibile con il processo — costituita da plastiche convenzionali, vetro, metalli, inerti, tessili e prodotti assorbenti. Si tratta di corpi estranei che devono essere allontanati prima o durante il trattamento, poiché danneggiano gli organi meccanici e permangono come impurità nel prodotto finale.

Il Consorzio Italiano Compostatori, che in oltre un decennio ha condotto più di ottomila analisi merceologiche sulla FORSU in ingresso agli impianti, ha strutturato su tale grandezza un sistema di classi di qualità. I dati recenti evidenziano un segnale critico: la purezza media dell'umido raccolto in Italia è diminuita dal 93,8% al 92,9%, corrispondente a un contenuto di materiali impropri del **7,1%**, che colloca il dato medio nazionale in **classe B**, nonostante i Criteri Ambientali Minimi del Ministero fissino obiettivi più stringenti.



Tendenza recente della purezza media nazionale:
93,8% → 92,9% — riduzione della purezza → classe B (CIC)

Figura 1. Composizione merceologica media della FORSU. Al superamento della soglia tecnica di riferimento (dell'ordine del 5%) aumentano i costi di trattamento e il rischio di non conformità del prodotto finale rispetto ai limiti di legge. La componente prevalente dell'MNC è costituita da contaminanti propriamente detti — plastica convenzionale, in particolare sacchetti non certificati — e non da compostabili conformi. Elaborazione su dati Centro Studi CIC.

I determinanti della qualità precedono l'impianto e configurano una catena causale: il comportamento di separazione a livello domestico; la tipologia di contenitore impiegato (sacchetti compostabili certificati o, in violazione della norma, sacchetti di plastica convenzionale); il sistema di raccolta adottato dall'ente locale; la contaminazione incrociata con altre filiere. La qualità si configura pertanto come una **proprietà di sistema**, che si determina a monte e si degrada con facilità.

03 — TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO

Le vie di riciclo biologico e il vincolo temporale

La comprensione del destino dei compostabili richiede l'esame delle configurazioni impiantistiche, poiché è la **configurazione del processo** — e in particolare il suo **tempo caratteristico** — a determinare l'effettiva degradazione di un manufatto certificato. Due sono le vie biologiche fondamentali, frequentemente combinate.

Compostaggio aerobico

La sostanza organica è degradata da consorzi microbici in condizioni aerobiche. Nella fase attiva (bio-ossidazione) la massa raggiunge temperature termofile di 55–65 °C, che ne assicurano l'igienizzazione; segue una fase prolungata di maturazione a temperature inferiori. Il prodotto è l'ammendante compostato, fertilizzante organico disciplinato dal D.Lgs 75/2010. La durata complessiva, secondo le buone pratiche gestionali, è dell'ordine di **9–10 settimane**.

Digestione anaerobica

In assenza di ossigeno, la biomassa è convertita in **biogas** (successivamente raffinato in biometano) e in un residuo semiliquido, il digestato. Il parametro determinante è il tempo di ritenzione nel digestore, tipicamente compreso fra **15 e 30 giorni**, sensibilmente inferiore a quello del compostaggio. Per questa ragione, negli impianti di concezione recente, il digestato è quasi sempre avviato a una successiva fase aerobica di stabilizzazione.

Dalla combinazione delle due vie deriva il modello oggi prevalente in Italia, l'**impianto integrato**, che antepone al compostaggio una fase di digestione anaerobica, conseguendo la coproduzione di compost, biogas ed energia. Oltre il 65% della frazione umida nazionale è trattato mediante processi che includono la digestione anaerobica.



FLUSSO DELLA FRAZIONE UMIDA TRATTATA



La tendenza strutturale è verso gli impianti integrati, che recuperano materia (compost) ed energia (biometano).

Figura 2. Dotazione impiantistica nazionale (2022). Il numero di impianti di solo compostaggio è in lieve flessione, a fronte della crescita dei digestori e degli impianti integrati. Il rilievo dirimente ai fini della presente analisi è che la via che tratta la quota maggiore di umido è anche quella caratterizzata dai tempi di processo più brevi. Fonte: Centro Studi CIC su Rapporto Rifiuti ISPRA.

Il percorso della materia

I

I due schemi seguenti rappresentano il percorso fisico della frazione organica. La variabile rilevante ai fini del comportamento dei compostabili è il **tempo di residenza** disponibile per la degradazione del manufatto.

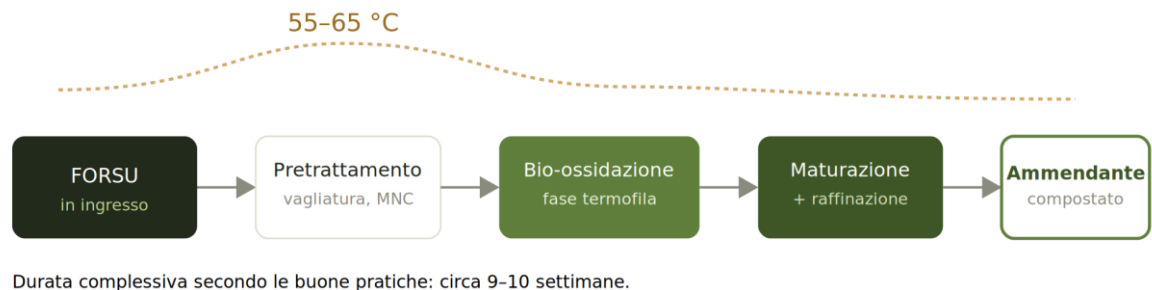


Figura 3. Schema di processo — via aerobica. La curva tratteggiata rappresenta l'andamento termico: il picco termofilo assicura l'igienizzazione e coincide con la finestra in cui la maggior parte dei compostabili a bassa grammatura si disintegra.

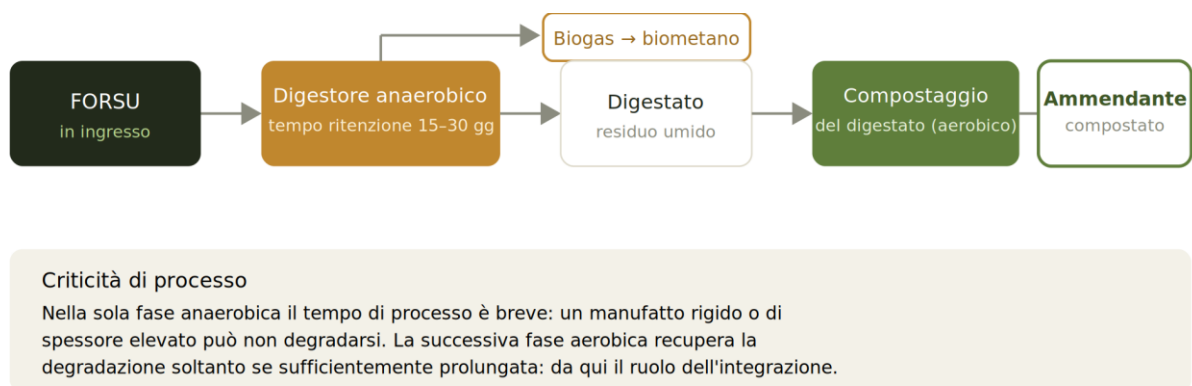


Figura 4. Schema di processo — via anaerobica e configurazione integrata. La digestione anaerobica massimizza il recupero energetico ma offre una finestra temporale ridotta alla degradazione dei solidi: ciò motiva il ruolo non accessorio della fase aerobica a valle, che costituisce la condizione di compatibilità dei compostabili con questa filiera.

04 — IL MATERIALE E LA SUA CERTIFICAZIONE

La nozione di «compostabile» e la norma EN 13432

Nel linguaggio corrente tre termini sono impiegati come sinonimi, pur non essendolo. **Bio-based** indica esclusivamente l'origine (da fonte rinnovabile anziché fossile) e non fornisce alcuna informazione sul fine vita. **Biodegradabile** attesta la suscettibilità alla decomposizione microbica, senza tuttavia specificarne i tempi né le condizioni: in assenza di contesto, l'attributo è privo di valore operativo. **Compostabile** è invece il termine più rigoroso, in quanto ancorato a criteri sperimentali definiti.

Il riferimento europeo è la norma **UNI EN 13432**, «Requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione». La qualificazione di un imballaggio come compostabile a livello industriale è subordinata al superamento di quattro prove.

I QUATTRO REQUISITI DELLA UNI EN 13432

Biodegradabilità — conversione di almeno il 90% del materiale in CO₂ entro sei mesi, in condizioni controllate.

Disintegrabilità — frammentazione di almeno il 90% in particelle inferiori a 2 mm entro dodici settimane, in assenza di residui visibili.

Assenza di effetti negativi — nessuna interferenza con il processo né con la qualità del compost, verificata mediante prove di ecotossicità.

Bassi tenori — di metalli pesanti e sostanze tossiche, entro i limiti stabiliti.

Due elementi della norma assumono rilievo nel prosieguo dell'analisi. In primo luogo, le condizioni richieste — temperatura elevata, umidità e apporto di ossigeno controllati — si realizzano **soltanto nell'impianto industriale**, e non nel compostaggio domestico né in ambiente naturale. In secondo luogo, e con maggiore rilievo, la norma concede intervalli temporali ampi e ottimali — fino a dodici settimane per la disintegrazione, fino a sei mesi per la biodegradazione. Si tratta di tempi di **garanzia in condizioni controllate**, non necessariamente coincidenti con quelli effettivamente disponibili in un impianto reale.

I materiali conformi appartengono a poche famiglie polimeriche: l'**acido polilattico (PLA)**, frequente nei manufatti rigidi; le **miscele a base di amido** (ad esempio il Mater-Bi, tipico dei sacchetti); il **PBAT**, poliestere flessibile; i **poliidrossialcanoati (PHA/PHBV)**. Sul piano dello smaltimento, la disciplina italiana è univoca: sacchetti e imballaggi certificati EN 13432 sono conferiti nella frazione umida, congiuntamente all'organico, ai sensi dell'art. 182-ter del Codice dell'ambiente, e non nel flusso della plastica né nell'indifferenziato.

05 — QUADRO REGOLATORIO

Livello europeo e livello nazionale

La disciplina della frazione organica e dei compostabili si articola su due livelli, coordinati ma non coincidenti. La loro ricostruzione è utile poiché la tensione iniziale deriva anche da un disallineamento fra ciò che la norma impone di raccogliere e ciò che gli impianti sono attrezzati a trattare.

Il livello europeo

La cornice è costituita dalla Direttiva quadro sui rifiuti (2008/98/CE), il cui articolo 22, riscritto dalla Direttiva (UE) 2018/851, ha imposto agli Stati membri la raccolta separata dei rifiuti organici, o in alternativa il loro riciclo alla fonte, entro il 31 dicembre 2023, spostando l'enfasi sulla qualità del trattamento. Il prodotto finale con marcatura CE è disciplinato dal Regolamento (UE) 2019/1009 sui prodotti fertilizzanti. Nel 2022 la Commissione ha inoltre adottato un quadro di policy sulle plastiche bio-based, biodegradabili e compostabili (COM(2022) 682), che orienta l'impiego del compostabile verso i casi di comprovato beneficio ambientale.

L'elemento di maggiore rilievo è il **Regolamento (UE) 2025/40 sugli imballaggi (PPWR)**, entrato in vigore nel febbraio 2025 e applicabile dall'agosto 2026. In quanto regolamento, esso è direttamente applicabile in tutti gli Stati membri, superando la frammentazione della precedente direttiva. Sul compostabile il PPWR adotta un orientamento definito: la regola generale è la riciclabilità, mentre la compostabilità è ammessa unicamente ove offra un vantaggio dimostrabile.

PPWR · IMBALLAGGI SOGGETTI A OBBLIGO DI COMPOSTABILITÀ (DAL 12 FEBBRAIO 2028)

L'articolo 9 prescrive la compostabilità industriale per un elenco circoscritto e mirato: le **bustine permeabili di tè, caffè e altre bevande** e le monoporzioni analoghe; le **etichette adesive apposte su frutta e verdura**; i **sacchetti di plastica ultraleggeri**. Per ulteriori formati — in particolare le capsule di caffè non permeabili — la determinazione è rimessa ai singoli Stati membri, subordinatamente alla presenza di un'infrastruttura di raccolta e riciclo dell'organico. Il regolamento prevede altresì la revisione della stessa EN 13432 e un'etichettatura armonizzata su scala unionale a decorrere dal 2028.

Il livello nazionale

L'Italia dispone di un sistema più maturo rispetto alla media europea. Il **D.Lgs 152/2006** (Codice dell'ambiente), aggiornato dal **D.Lgs 116/2020**, ha reso obbligatoria la raccolta differenziata dell'umido a partire dal 1° gennaio 2022, stabilendo che i rifiuti organici siano raccolti con contenitori riutilizzabili o con sacchetti compostabili certificati EN 13432 (art. 182-ter). Il prodotto — l'ammendante compostato, nelle categorie «misto» e «verde» — è disciplinato dal **D.Lgs 75/2010** sui fertilizzanti, che fissa altresì i limiti massimi di materiali plastici e inerti ammessi nel compost finito.

A tale impianto si aggiungono i **Criteri Ambientali Minimi** ministeriali, che definiscono obiettivi di purezza per le raccolte, e le prassi di riferimento UNI/PdR 79:2020 (metodo di prova per la disintegrazione in impianti industriali) e UNI/PdR 123:2021 (definizione dei materiali non compatibili). L'elemento che qualifica il modello italiano come «primo in Europa» è il consorzio **Biorepack**, sistema di responsabilità estesa del produttore (EPR) che, nell'ambito della struttura CONAI, gestisce il riciclo organico degli imballaggi in bioplastica compostabile, raccolti congiuntamente all'umido. Nel 2024 il relativo tasso di riciclo ha raggiunto il **57,8%**, superiore all'obiettivo europeo del 55% fissato al 2030, con una copertura della popolazione superiore all'85%.

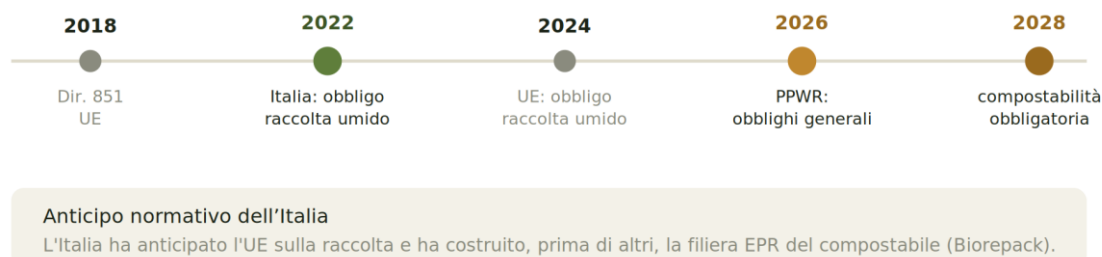


Figura 5. Cronologia dei principali riferimenti normativi. Regolamenti (direttamente applicabili) e direttive (soggette a recepimento) coesistono. Il PPWR segna la transizione dell'Unione a uno strumento uniforme, mentre l'Italia conserva un vantaggio di sistema sul riciclo organico dei compostabili.

06 — ANALISI DEL FENOMENO

Il destino dei compostabili negli impianti: evidenze e meccanismi

I dati impongono la distinzione di due problemi che il dibattito pubblico tende a sovrapporre. La loro separazione è la condizione per valutare correttamente le posizioni in campo.

Primo ordine di problema: i contaminanti propriamente detti. La minaccia quantitativamente prevalente alla qualità dell'organico non è rappresentata dai compostabili conformi, bensì dai materiali non compostabili conferiti per errore o in violazione della norma: plastica convenzionale, vetro, metalli e, in particolare, sacchetti di plastica convenzionale presentati come compostabili. Stime di settore indicano che una quota consistente dei sacchetti rinvenuti nell'umido — dell'ordine di un quarto — non è certificata. Tali materiali non subiscono degradazione: sono rimossi meccanicamente e, ove sfuggano alla separazione, permangono come frammenti plastici nel compost, determinandone il declassamento o il rigetto rispetto ai limiti del D.Lgs 75/2010.

Secondo ordine di problema: il fattore temporale. Anche un compostabile pienamente conforme può risultare problematico qualora il processo non disponga del tempo necessario alla sua degradazione. È l'aspetto tecnicamente più fine, e concerne il disallineamento fra i tempi di garanzia della EN 13432 e i tempi effettivi di esercizio degli impianti.

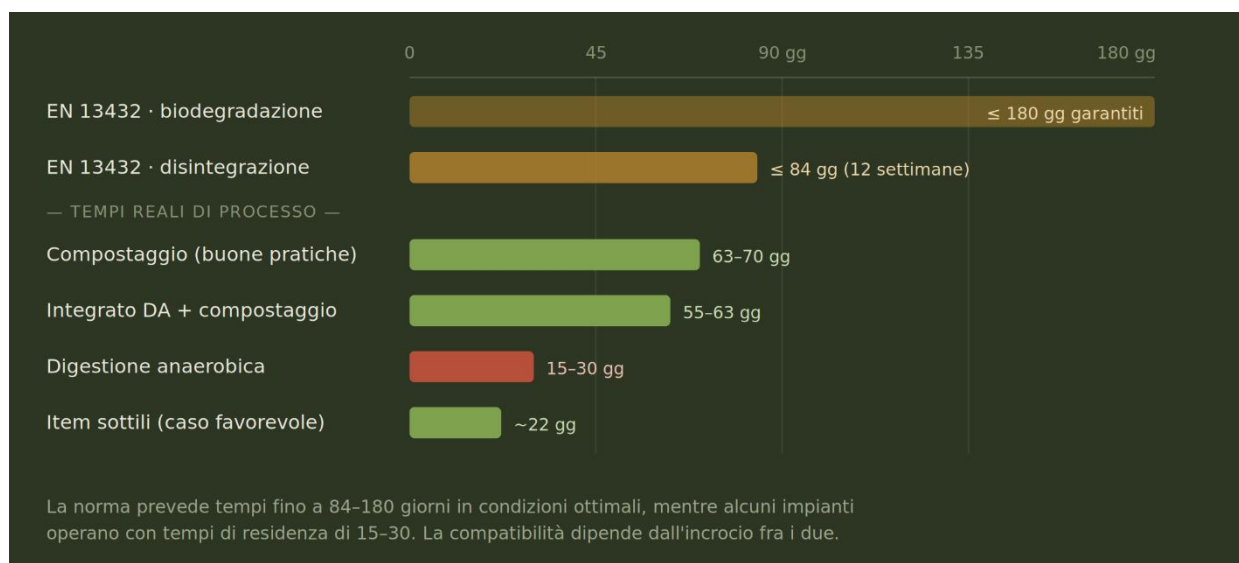


Figura 6. Confronto fra tempi di garanzia normativi e tempi effettivi di processo. I manufatti a bassa grammatura (sacchetti, film) si degradano nella finestra temporale ridotta della generalità degli impianti; i manufatti rigidi e di spessore elevato (capsule, posate) possono richiedere l'intero intervallo concesso dalla norma, non disponibile nella sola digestione anaerobica. La conformità del compost dipende dunque dall'intersezione fra geometria del manufatto e tempo di processo.

Ciò rende ragione dell'apparente contraddittorietà della letteratura scientifica. In prove full-scale presso impianti industriali di compostaggio, il PLA e il PBAT conseguono una degradazione pressoché completa, dell'ordine del 98% e del 93% rispettivamente. Nel medesimo corpus, tuttavia, posate rigide in PLA e in amido trattate in un ciclo di digestione anaerobica seguito da compostaggio hanno registrato una disintegrazione limitata a circa il 65%, inferiore alla soglia del 90% prescritta dalla norma, con residui rilevabili nel compost; capsule di PHBV di spessore elevato si sono arrestate attorno al 50%, per ragioni **geometriche** più che chimiche.

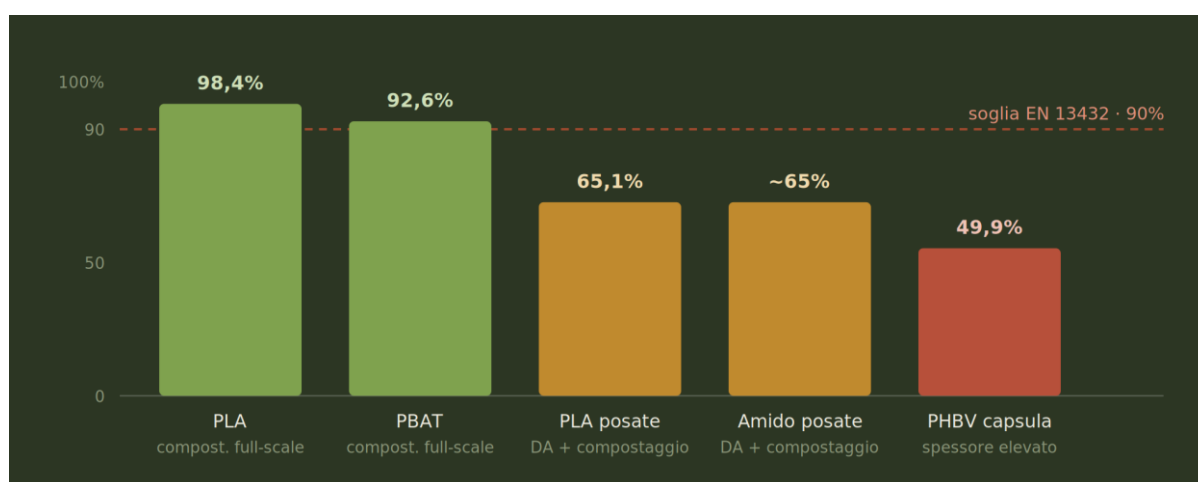


Figura 7. Grado di degradazione di diversi materiali in funzione del formato e della configurazione impiantistica. Il medesimo polimero (PLA) supera la soglia normativa quando è a bassa grammatura e trattato in compostaggio dedicato, ma resta al di sotto quando costituisce un manufatto rigido in un ciclo con fase anaerobica breve. La variabile determinante non è la natura bio-based del materiale, bensì l'interazione fra geometria del manufatto, configurazione dell'impianto e tempo di processo. Valori indicativi da studi peer-reviewed in condizioni industriali e simulate.

L'effetto di trascinamento

Un ulteriore meccanismo connette i due ordini di problema. Poiché la rimozione dei contaminanti avviene prevalentemente per via meccanica (vagliatura, separazione), essa non è selettiva: unitamente alla plastica sono allontanate anche frazioni biodegradabili co-mescolate — sacchetti compostabili, scarti verdi, organico adesivo. È il cosiddetto **effetto di trascinamento**: al crescere del contenuto di impurità in ingresso corrisponde una depurazione più intensa e una maggiore perdita di materia recuperabile. Un umido di scarsa qualità produce dunque un doppio effetto negativo: sul compost e sulla resa complessiva del riciclo. Ciò spiega l'enfasi posta dai consorzi sulla qualità a monte piuttosto che sulla depurazione a valle.

La qualità della frazione organica non costituisce una proprietà del singolo manufatto conferito, bensì una proprietà emergente del sistema, determinata dalle modalità di separazione a monte, dalla tipologia di contenitore impiegato e dal tempo di processo disponibile presso l'impianto ricevente.

07 — SINTESI E PROSPETTIVE

Considerazioni conclusive e traiettorie di sviluppo

La ricomposizione delle evidenze conduce a un giudizio articolato piuttosto che a una risposta dicotomica. I compostabili **certificati e conformi**, conferiti nell'umido e trattati in impianti condotti correttamente e con tempi adeguati, si disintegrano in via generale senza compromettere la qualità del compost: su questo convergono la posizione dei consorzi e una parte cospicua delle evidenze full-scale. La minaccia più consistente e concreta alla qualità dell'organico rimane la contaminazione con materiali non compostabili, primariamente i sacchetti di plastica convenzionale non certificati.

Al contempo, le riserve espresse dagli operatori non sono infondate. La diffusione di formati rigidi e di spessore elevato (capsule, stoviglie) e la prevalenza di cicli con fase anaerobica breve determinano casi reali di degradazione incompleta, con presenza di residui e, potenzialmente, di microframmenti la cui persistenza ed effetti sul suolo sono tuttora oggetto di indagine, con esiti non univoci. La contraddizione, in ultima analisi, non intercorre fra la norma e la tecnica, bensì fra una norma calibrata su condizioni ottimali e la variabilità reale del parco impiantistico.

È su tale faglia che intervengono gli sviluppi in corso. La revisione della EN 13432 prevista dal PPWR è finalizzata all'allineamento dei criteri alle condizioni effettive di trattamento; il PPWR medesimo circoscrive il compostabile agli impieghi di reale utilità, riducendo l'ambiguità per il consumatore; il coordinamento fra filiere — organico e plastica — è indicato dagli stessi enti (ISPRA, CIC, CONAI) come leva per il contenimento della contaminazione incrociata. Sul versante industriale, la direzione è duplice: la **progettazione dei manufatti per la compostabilità reale** (geometrie a bassa grammatura, spessori ridotti) e la **garanzia di tempi di residenza adeguati**, segnatamente nella fase aerobica a valle della digestione.

Sul piano metodologico, la formulazione della questione come alternativa dicotomica — «compostabile / non compostabile» intesa quale proprietà intrinseca del materiale — è di per

sé fuorviante. Il quesito pertinente non è se un manufatto sia compostabile, bensì a quali condizioni lo diventi effettivamente, e se tali condizioni siano realizzate nell'impianto di destinazione. È in questo scarto fra la specifica di prodotto e il processo reale che si determina, per intero, la qualità della frazione organica.

FONTI E NOTA METODOLOGICA

Il contributo integra quadro normativo, dati di settore e letteratura scientifica peer-reviewed. I dati quantitativi derivano dalle elaborazioni del Centro Studi CIC su base ISPRA (2022–2023) e dalle relazioni di gestione del Consorzio Biorepack. Le evidenze sperimentali provengono da studi condotti in condizioni industriali (full-scale) e simulate; ove i risultati divergono, il testo ne dà conto quale elemento del dibattito scientifico aperto.

Consorzio Italiano Compostatori (CIC) — Monitoraggio della qualità della FORSU e dati di settore (elaborazioni su Rapporto Rifiuti Urbani ISPRA).

ISPRA — Rapporto Rifiuti Urbani, edizioni recenti (produzione, raccolta differenziata, riciclo dell'organico).

Consorzio Biorepack — Relazione sulla gestione 2023 e 2024 (riciclo organico degli imballaggi in bioplastica compostabile, sistema EPR).

D.Lgs 152/2006 (Codice dell'ambiente), art. 182-ter e art. 183, come modificati dal D.Lgs 116/2020 e dal D.Lgs 213/2022.

D.Lgs 75/2010 — Disciplina dei fertilizzanti: ammendante compostato misto e verde, limiti di qualità.

UNI EN 13432:2002 — Requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione; UNI/PdR 79:2020 e UNI/PdR 123:2021.

Direttiva 2008/98/CE, art. 22, come modificata dalla Direttiva (UE) 2018/851 — raccolta separata (o riciclo alla fonte) dei rifiuti organici entro il 31 dicembre 2023.

Regolamento (UE) 2019/1009 sui prodotti fertilizzanti; Regolamento (UE) 2025/40 (PPWR), art. 9 sulla compostabilità; Comunicazione COM(2022) 682 final — quadro di policy UE su plastiche bio-based, biodegradabili e compostabili.

Coulbaly, C.A., Domenek, S. et al. (2026). Residual biodegradable microplastics derived from compostable packaging under large-scale industrial composting fully degrade in soil. *Bioresource Technology*, 2026 (in stampa);

Bandini, F., Taskin, E., Vaccari, F., Soldano, M., Piccinini, S., Frache, A., Remelli, S., Menta, C., Cocconcini, P.S., Puglisi, E. (2022). Anaerobic digestion and aerobic composting of rigid biopolymers in bio-waste treatment: fate and effects on the final compost. *Bioresource Technology*, 351:126934. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.126934.

Afshar, S.V., Boldrin, A., Christensen, T.H., Corami, F., Dagaard, A.E., Rosso, B., Hartmann, N.B. (2025). Disintegration of commercial biodegradable plastic products under simulated industrial composting conditions. *Scientific Reports*, 15(1):8569. DOI: 10.1038/s41598-025-91647-z.

Bandini, F. et al. (2020). Fate of Biodegradable Polymers Under Industrial Conditions for Anaerobic Digestion and Aerobic Composting of Food Waste. *Journal of Polymers and the Environment*, 28. DOI: 10.1007/s10924-020-01791-y.

Álvarez-Méndez, S.J., Ramos-Suárez, J.L., Ritter, A., Mata González, J., Camacho Pérez, Á. (2023). Anaerobic digestion of commercial PLA and PBAT biodegradable plastic bags: potential biogas production and ¹H NMR and ATR-FTIR assessed biodegradation. *Heliyon*, 9(6):e16691. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16691.

Cucina, M., De Nisi, P., Trombino, L. et al. (2021). Degradation of bioplastics in organic waste by mesophilic anaerobic digestion, composting and soil incubation. *Waste Management*, 134:67–77. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.08.016.

Chong, Z.K., Hofmann, A., Haye, M., Wilson, S., Sohoo, I., Allassali, A., Kuchta, K. (2024). Lab-scale and full-scale industrial composting of biodegradable plastic blends for packaging. *Open Research Europe*, 2:101. DOI: 10.12688/openreseurope.14893.3.

Leitner, L.-C., Steiner, T., Greiner, A., Freitag, R. (2025). The Fate of Biodegradable Plastic Items Under Conditions of State-of-the-Art Composting. *Microplastics*, 4(3):59. DOI: 10.3390/microplastics4030059.

van der Zee, M., Molenveld, K. (2020). The fate of (compostable) plastic products in a full scale industrial organic waste treatment facility. Wageningen University & Research.