28 OTTOBRE 2026

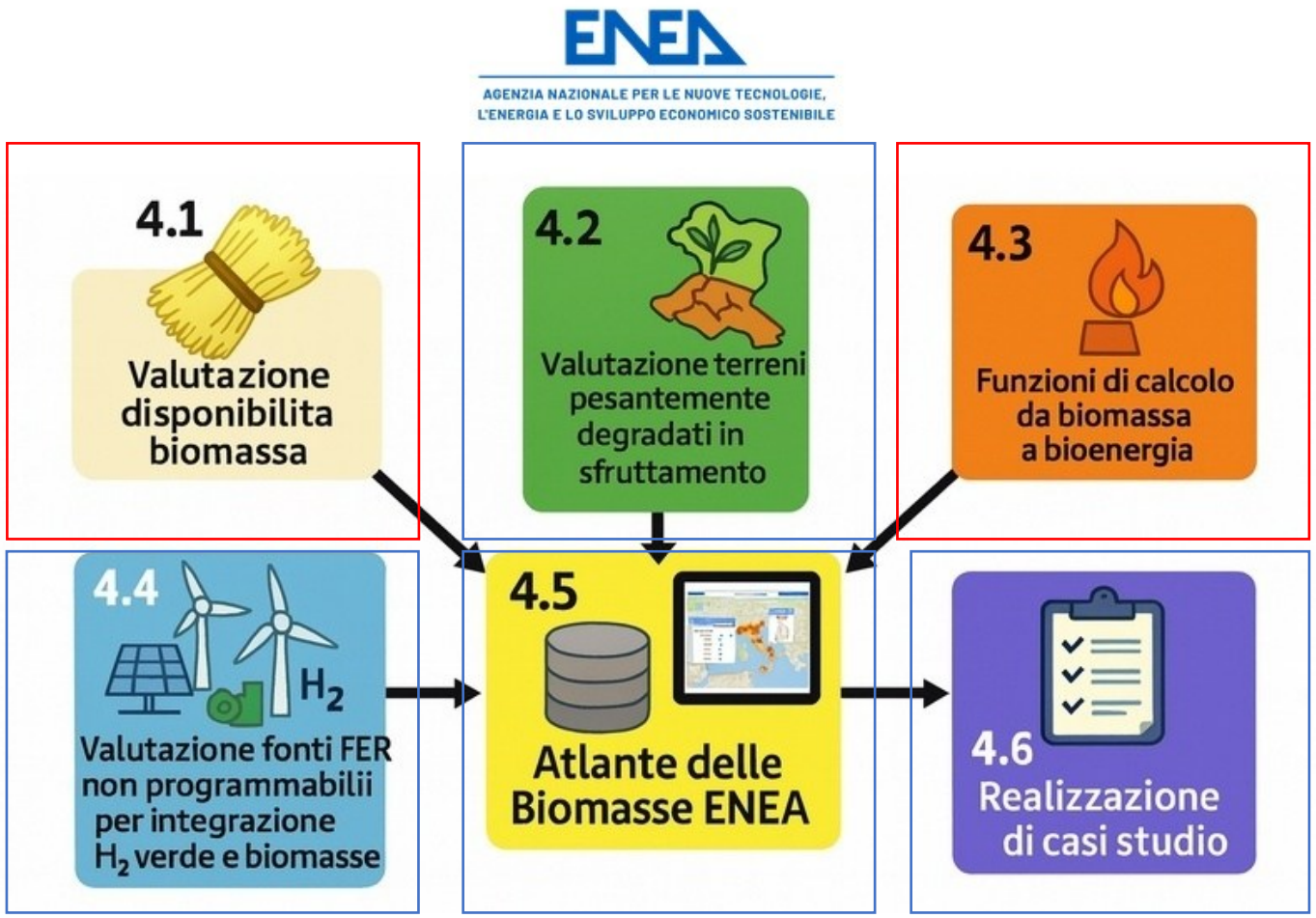
WP4 – Mappatura delle disponibilità di materie prime per la produzione di energia da biomasse/rifiuti/vettori energetici da fonti rinnovabili



Nicola Pierro — ENEA

Bioenergia e Decarbonizzazione · 28 ottobre 2026 · Sala Convegni Ara Pacis, Roma

Panoramica del WP4



SAL 1 · M1–M18
LA 4.1 e 4.3 concluse

SAL 2 · M19–M36
LA 4.2, 4.4, 4.5, 4.6

Stato dell’arte



Atlante storico · 10

- Paglia
- Potature
- Lolla
- Gusci
- Sansa
- Vinaccia
- Pastazzo di agrumi
- Buccia di pomodoro
- Semi pesca/albicocca
- FORSU

Innovatività

Nuove con il WP4 · 11

- Reflui zootecnici
- Residui taglio bosco
- Residui verde pubblico
- Semini di pomodoro
- Acque di vegetazione
- Graspi
- Feccia di vino
- Trebbia di birra
- Siero di latte
- Fanghi di depurazione
- UCO

Solo residui, sottoprodotti e rifiuti
Allegato IX RED III: nessuna competizione con il food

Dalla disponibilità all’energia
Energia, costo e CO_2eq evitata con un’unica base dati

Per decisori e stakeholder
Connessione con il sistema energetico, in linea con il PNIEC

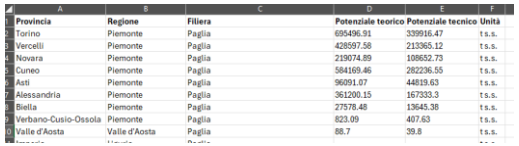
Obiettivi specifici

LA 4.1 · Analisi e quantificazione della disponibilità di biomasse residuali e frazione biogenica dei rifiuti solidi urbani

- Aggiornare e ampliare le biomasse censite nell'Atlante
- Stimare potenziale tecnico di ogni matrice
- Rendere disponibile un database open data (CSV)

D4.1 · rapporto tecnico · M18





Provincia	Regione	Filiera	Potenziale teorico	Potenziale tecnico	Unità
Torino	Piemonte	Paglia	695496.91	339916.47	t s.s.
Vercelli	Piemonte	Paglia	428597.58	213365.12	t s.s.
Novara	Piemonte	Paglia	219074.89	108652.73	t s.s.
Cuneo	Piemonte	Paglia	584169.46	282236.55	t s.s.
Asti	Piemonte	Paglia	96091.07	44819.63	t s.s.
Alessandria	Piemonte	Paglia	361200.15	167333.3	t s.s.
Biella	Piemonte	Paglia	27578.48	13645.38	t s.s.
Verbano-Cusio-Ossola	Piemonte	Paglia	823.09	407.63	t s.s.
Valle d'Aosta	Valle d'Aosta	Paglia	88.7	39.8	t s.s.

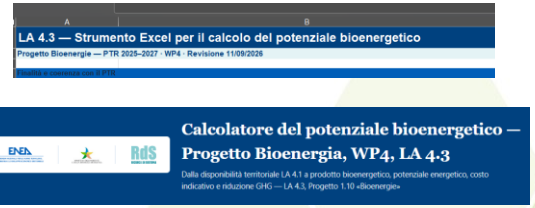
CSV

LA 4.3 · Funzioni di calcolo per la quantificazione della bioenergia producibile dalle biomasse disponibili

- Funzioni di calcolo: dalla biomassa all'energia
- Rese, costi indicativi e CO_2eq evitata per ogni processo
- Strumento a scala Italia, Regione, Provincia

D4.3 · strumento di calcolo · M18





Metodologie

LA 4.1 disponibilità

Fonti ufficiali
ISTAT · ISPRA · VetInfo · CONOE · JRC

→ **Potenziale teorico**
dato primario × RPR

→ **Potenziale tecnico**
teorico × CAV

→ **Database open data**
21 matrici · formato CSV

RPR= residue-to-product ratio
CAV: 0,40–0,50 paglie* · 0,80 potature* · 1 per sottoprodotti e rifiuti

LA 4.3 conversione

Caratterizzazione
C/N · umidità · PCI · BMP

→ **Route di conversione**
8 percorsi · scelta AUTO

→ **Indicatori**
GJ/anno · €/GJ · t CO_2eq evitate

→ **Strumenti**
Excel e app web

Pre-screening: C/N < 30 e umidità > 30% → biologico; C/N > 30 e umidità < 30% → termochimico

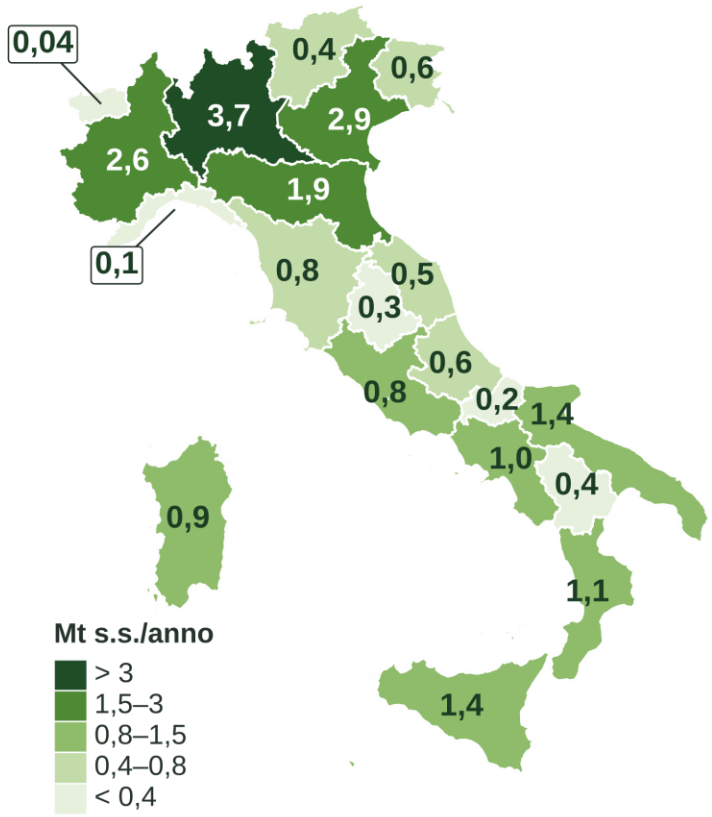
Ogni parametro è tracciato a fonte

Comparatore (g CO_2eq/MJ)*2
- Trasporti 94
- Elettricità 183
- Calore 80

*Scarlat et al. (2010) e Spöttle et al. (2013); *2 Direttiva REDII

Principali risultati ottenuti – LA 4.1

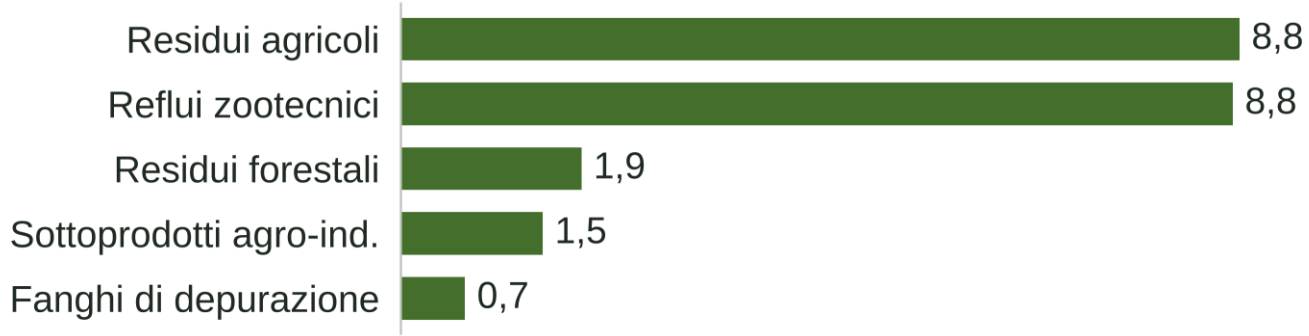
Potenziale tecnico in Mt s.s., per regione



21,7 Mt
s.s./anno · potenziale tecnico

14,4 Mt
t.q./anno · potenziale tecnico

Per categoria, in sostanza secca (Mt/anno)

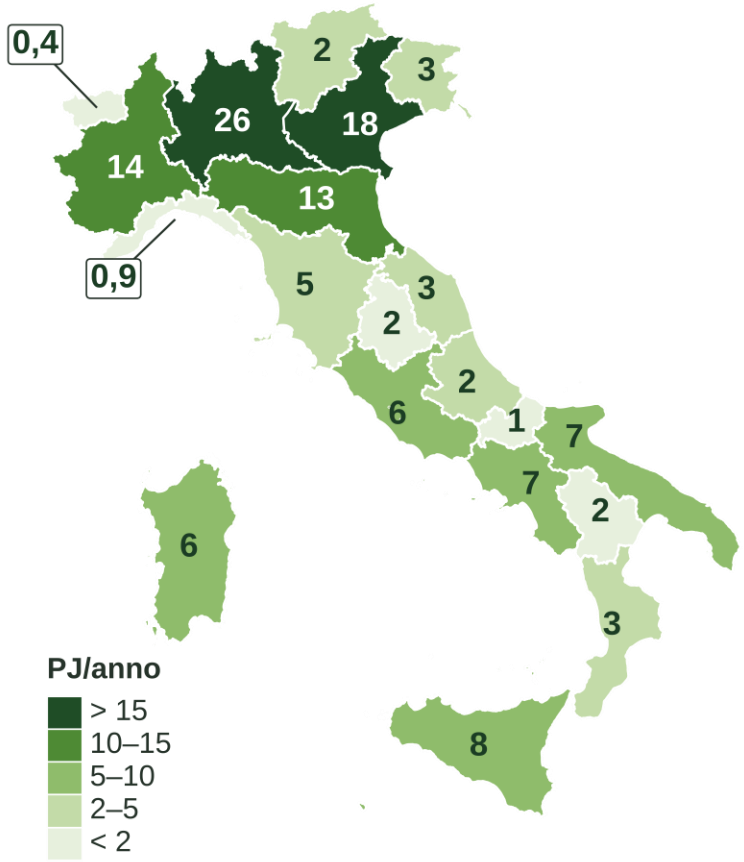


Tal quale (Mt/anno)



Principali risultati ottenuti – LA 4.3

Distribuzione regionale (PJ lordi/anno)



Energia lorda per vettore (PJ/anno)

97,4 PJ
Biometano · 2,7 Gm³ CH_4

7,2 PJ
HVO da UCO (diesel rinnovabile)

30,4 PJ
Bioetanolo 2G (paglia)

CO_2eq evitata rispetto al fossile (Mt/anno)

8,7 Mt
valori di default RED

Vettori diversi, non sommabili: biometano al lordo dell'upgrading, calore utile (η 0,85), HVO al lordo dell'H_2 esterno.
CO_2eq: solo default RED, FORSU con digestato chiuso e off-gas combusto.

Lo strumento in azione – esempio FORSU

Input (schermata Excel)

INPUT PRINCIPALI	
Livello territoriale	Italia
Regione	
Provincia	
Biomassa	FORSU
Scenario disponibilità	Tecnico
Route	Scelta automatica (consigliata)

7,67 Mt t.q.
FORSU disponibile

721 Mm³ CH_4
biometano lordo

25,9 PJ
potenziale energetico

1,95 Mt CO_2eq
evitata · risparmio 80%
[R042 · All. VI]

RISULTATI DI SCREENING		
Disponibilità effettiva	7,666,799.40 t	
Route risolta	AD_BIOMETHANE — Digestione anaerobica → biometano	
Pre-screening C/N-umidità (PTR)	Biologico	
Famiglia del percorso	Biologico	
Output principale	Biometano (come CH4)	721343318.432022
Potenziale bioenergetico	25,916,422.74	
Elettricità producibile	N.A.	
Calore producibile	N.A.	
Biometano / CH_4 dopo upgrading	721,343,318.43	
Biocarburante prodotto	N.A.	
Costo indicativo di produzione	11,1–24,0 €/GJ [R058]	
Riduzione potenziale emissioni di gas a effetto serra (GHG)	1,948,914.99	
Esito GHG / RED	OK — default sopra soglia	
Risparmio GHG disponibile	80%	
Soglia RED di screening	65%	
Fonte GHG	R042	
Fonte conversione route	R001	

Excel LA 4.3 · FORSU, Italia, scenario tecnico, route AUTO. GHG 80%: default RED con digestato chiuso e off-gas combusto

Elettricità da residui

Residui solidi · cogenerazione

9,1 TWh
η 16,3%

20,7 TWh
alto rendimento · η 36%

Paglia, potature, residui forestali, sansa, lolla, gusci, graspi, semi

CO_2eq evitata, solo quota elettrica: 5,4 Mt – 11,9 Mt

Biogas · cogenerazione

10,1 TWh
dati strumento · η 37%

Reflui · FORSU · Altre matrici

CO_2eq evitata dai reflui, solo quota elettrica: 3,6 Mt

Usi alternativi dello stesso residuo: non sommabili tra loro né ai vettori delle slide precedenti.
Valori lordi di screening (scenario tecnico, Italia). Alto rendimento: ipotesi di scenario.

Fonti e tracciabilità dei dati

Report LA 4.1 · Tabella 6

Macro-categoria	Potenziale tecnico (t $_{t.q.}$/anno)	Quota (%)
Rifiuti — FORSU	7.666.799	53,4%
Sottoprodotti agro-industriali (acque di vegetazione, semini pomodoro, semi pesca/albicocca, trebbia di birra, siero di latte)	6.484.324	45,2%
UCO	205.175	1,4%
Totale (t t.q./anno)	14.356.298	100%

Report LA 4.3 · Tabella 2

Famiglia	Percorso di conversione	Output principale
Biologico	Digestione anaerobica → biometano	Biometano / CH_4
Biologico	Digestione anaerobica → cogenerazione	Elettricità + calore
Biologico	Bioetanolo di seconda generazione	Bioetanolo
Termochimico	Combustione in caldaia	Calore utile
Termochimico	Combustione + ciclo Rankine organico (ORC)	Elettricità + calore
Termochimico + chimico	Biometanolo (con o senza idrogeno esterno)	Metanolo
Chimico	Esterificazione	Biodiesel FAME
Chimico	Idrogenazione	Diesel rinnovabile HVO/HEFA

8 percorsi di conversione, 3 famiglie di processo.

Strumento · foglio 07_GHG_MAP

Biomassa	Risp.	Fonte
Reflui (biometano)	72%	**All. VI**
FORSU (biometano)	80%	**All. VI**
Potature (calore)	93%	**All. VI**
UCO (HVO)	83%	**All. V**
Residui forestali (calore)	91%	**All. VI**
Paglia (bioetanolo)	83%	**All. V**

Soglie: 65% biometano e biocarburanti, 80% calore ed elettricità. Reflui: digestato aperto; FORSU: chiuso + off-gas.

Conclusioni e prossime attività

Conclusioni

- 21 matrici quantificate: 21,7 Mt s.s. e 14,4 Mt t.q. di potenziale tecnico
- Strumento Excel (D4.3) e app web: energia e CO_2eq per vettore, 54 combinazioni biomassa–processo
- Valori lordi di screening: supporto a decisori e stakeholder, non studio di fattibilità
- Consegne a M18 senza scostamenti economici
- Risultati presentati a EUBCE e IConBM 2026

Prossime attività · M19–M36

LA 4.2 · Terreni degradati
UNIPI DiSAAA-a · D4.2 a M36

LA 4.4 · Biomasse e FER, idrogeno
UNIPI DESTEC · D4.4 a M36

LA 4.5 · Nuovo Atlante WebGIS
ENEA · D4.5 a M36

LA 4.6 · 3 casi studio Nord, Centro, Sud
ENEA · D4.6 a M36

M1–M18 · LA 4.1 e 4.3 concluse

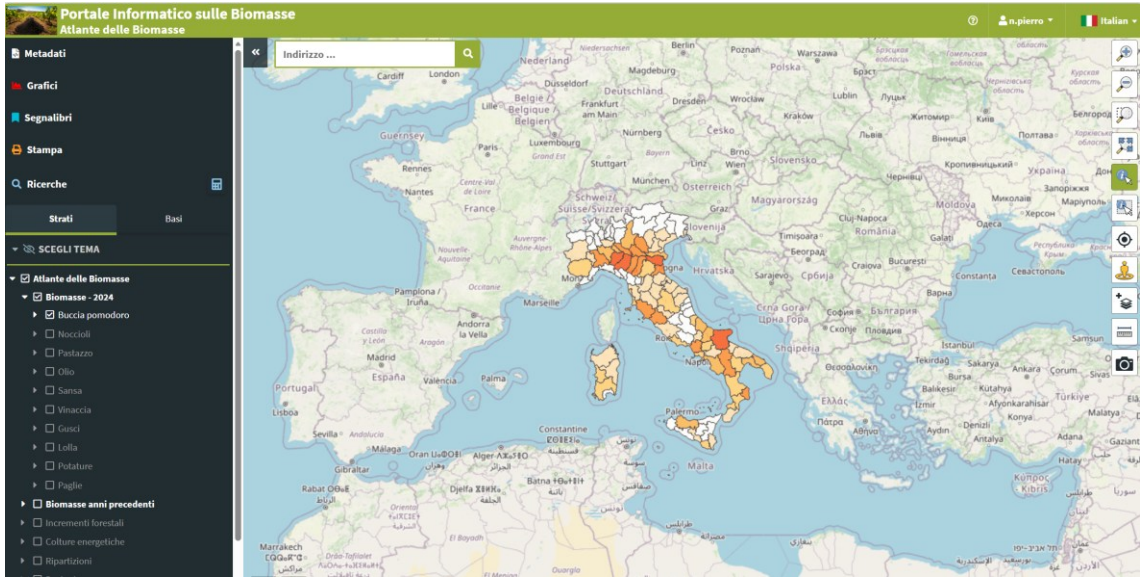
M19–M36 · LA 4.2, 4.4, 4.5, 4.6

Prossima attività – LA 4.5: nuovo Atlante

Nuova dashboard (anteprima)



Nuovo portale WebGIS



M31
dati LA 4.1 e 4.3 nel portale

+ LA 4.2 e 4.4
terreni degradati e funzioni di calcolo

D4.5 · M36
applicativo web pubblicato

Grazie per l’attenzione

Nicola Pierro

ENEA — Laboratorio TERIN-BBC-TPB

nicola.pierro@enea.it



Il presente lavoro è stato realizzato nell’ambito del programma ***Ricerca di Sistema elettrico nazionale*** (RdS), Piano Triennale di Realizzazione 2025–2027, finanziato dal **Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE)**, Progetto 1.10 ***Bioenergie***.

Gli autori ringraziano per il sostegno ricevuto.