

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aereospaziale

***Relazione per la prova finale
«Biodiesel: esperienza di sintesi,
impieghi e marginalità»***

Tutor universitario: Prof.ssa Bertani

Roberta

Laureando: *Colonello Giovanni*

Padova, 18/07/2023

- Il **Biodiesel** (o bioestere) è un combustibile ottenuto da fonti **Rinnovabili** quali oli vegetali e grassi animali.
- Impieghi: **Riscaldamento, Autotrazione** (91% dei biocarburanti)

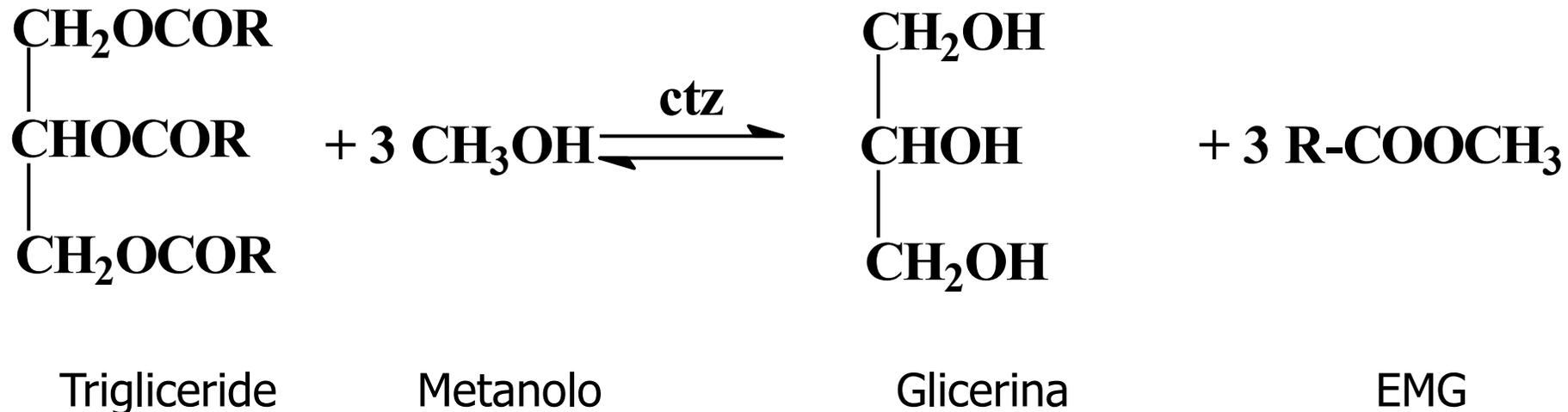
Caratteristiche	Biodiesel (valori medi)
Potere Calorifico Inferiore (MJ/kg)	37
Contenuto in ossigeno (% w/w)	11
Numero di Iodio	108,7
Numero di Cetano	56
Flash Point (°C)	160
Clouding Point (°C)	da -3 a -5
Pour Point (°C)	-9
Viscosità Cinematica (cSt)	5,1 (a 20°C)
Stato	liquido
Aspetto	limpido
Emissioni di SO ₂	No
Biodegradabilità	Sì
Temperatura di Ebollizione (°C)	>280

Fonte: www.cti2000.it/biodiesel.htm



- Colore giallo-ambrato, inodore

- **Transesterificazione:** processo chimico che, in presenza di un catalizzatore acido o basico, opera nella **trasformazione** di un estere (**trigliceride**) in miscela con un alcol in una nuova soluzione formata da un **estere** ed un alcol ma di diversa natura.



EMG: Estere Metilico Grezzo

Le materie prime utili alla produzione di Biodiesel sono: oli vegetali, grassi animali o oli da frittura esausti. Sono particolarmente adatti: **OLIO DI COLZA, OLIO DI SOIA, OLIO DI GIRASOLE, OLIO DI PALMA** e **GRASSI ANIMALI**

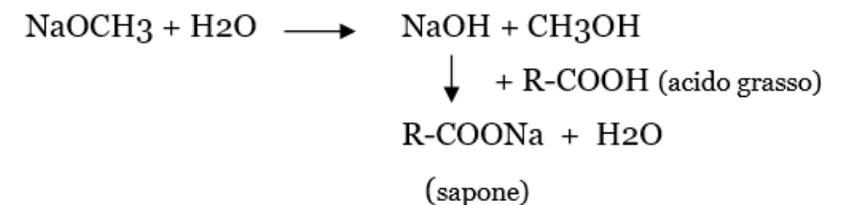
Sono necessarie le seguenti caratteristiche:

- Alte percentuali di acido oleico C18:1 (una insaturazione) e linoleico C18:2 (due insaturazioni)
- Acidità entro l'1%
- Garantire Numero di CETANO ± 56
- Numero di Iodio ± 105
- Garantire Clouding Point massimo -2°C
- Grado di umidità inferiore al 2%

Produzione Totale 2017:	34 milioni Tonnellate
Olio di Soia	27%
Olio di Palma	31%
Olio di Girasole/Colza	20%
Grassi animali	7%
Olio di risulta di frittura	10%
altro	5%

Fonte: conferenza: "Il Biodiesel compie 30 anni"- professor Bondioli

Alta Umidità porta a formazione di **Saponi** durante Transesterificazione



❖ Fase I: Produzione Estere Metilico Grezzo

(Temperatura 60 °C - pressione atmosferica – ca. 120 min.)

Principali operazioni:

- Carico dell'olio vegetale nel reattore
- Carico del metanolo
- Riscaldamento alla temperatura di reazione
- Carico del catalizzatore (sodio metilato CH_3NaO)

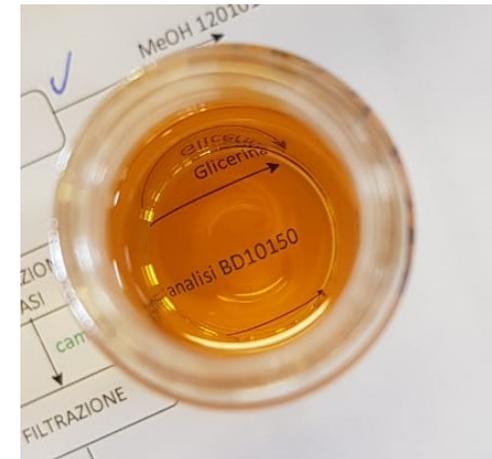


❖ Fase II: Purificazione Estere Metilico

(Temperatura 50-60 °C – 140mbara)

Principali operazioni:

- Carico dell'acido acetico (spegnimento del ctz)
- Evaporazione metanolo
- Decantazione fasi e separazione della glicerina
- Filtrazione, dopo analisi campione, tramite carta filtro (2,5 µm)



Estere Metilico Grezzo **Filtrato**

Esperienza Presso i
Laboratori di Caffaro
Industrie S.p.a

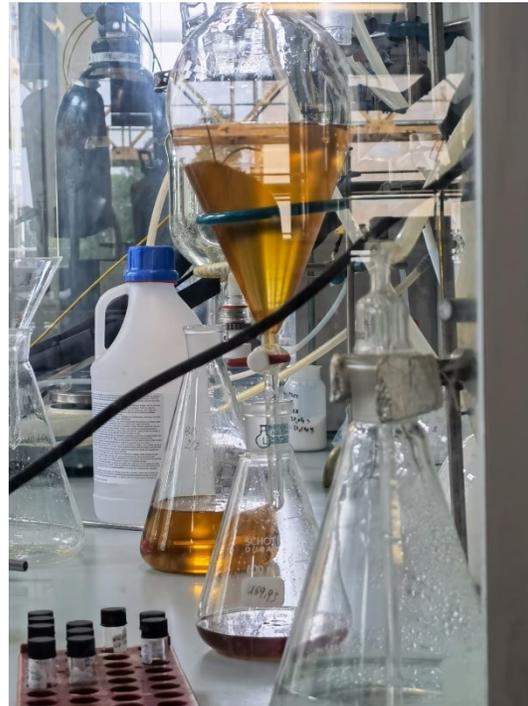


❖ Fase III: Lavaggio acido della fase esterea

(Temperatura 50 °C)

Principali operazioni:

- Lavaggio dell'estere con una acido citrico in soluzione acquosa 10ml (0,01% m/m)
- Alimentazione centrifuga liquido-liquido
- Scarico della fase acquosa (glicerina e metanolo)
- Scarico dell'estere



❖ Fase IV: Disidratazione e scarico della sintesi

(Temperatura 120 °C – 70 mbar)

Principali operazioni:

- Riscaldamento dell'estere
- Evaporazione dell'acqua (e metanolo)
- Scarico della fase acquosa (metanolo)
- Scarico del Biodiesel
- Trasferimento e controllo analitico





Direzione e Amministrazione:
P.le Marinotti, 1
33050 Torviscosa (UD)
Tel. +39.0431.3811

Stabilimento di Torviscosa
P.le Marinotti, 1
33050 Torviscosa (UD)

Cap. Soc. Euro 6.000.000,00 I.V.
C.F. e Part. IVA n. 03034661206
Sede Legale: P.le Marinotti, 1
33060 Torviscosa (UD) - Italy

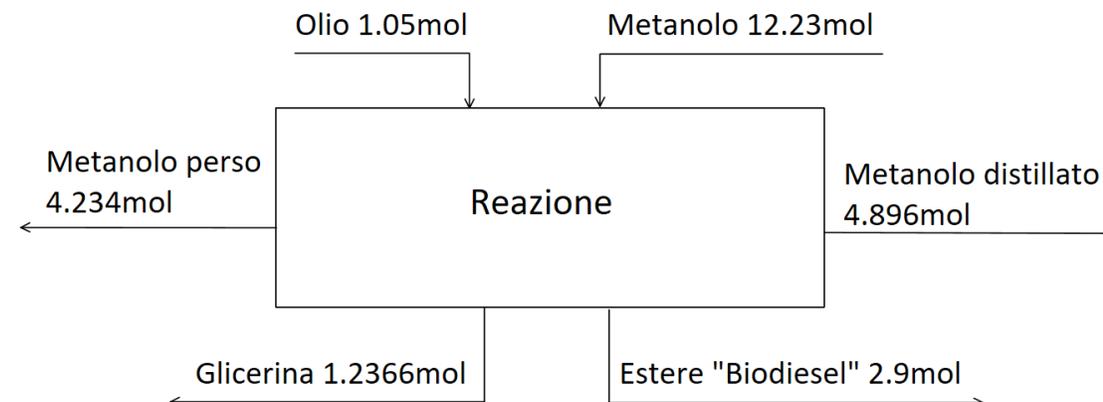
AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

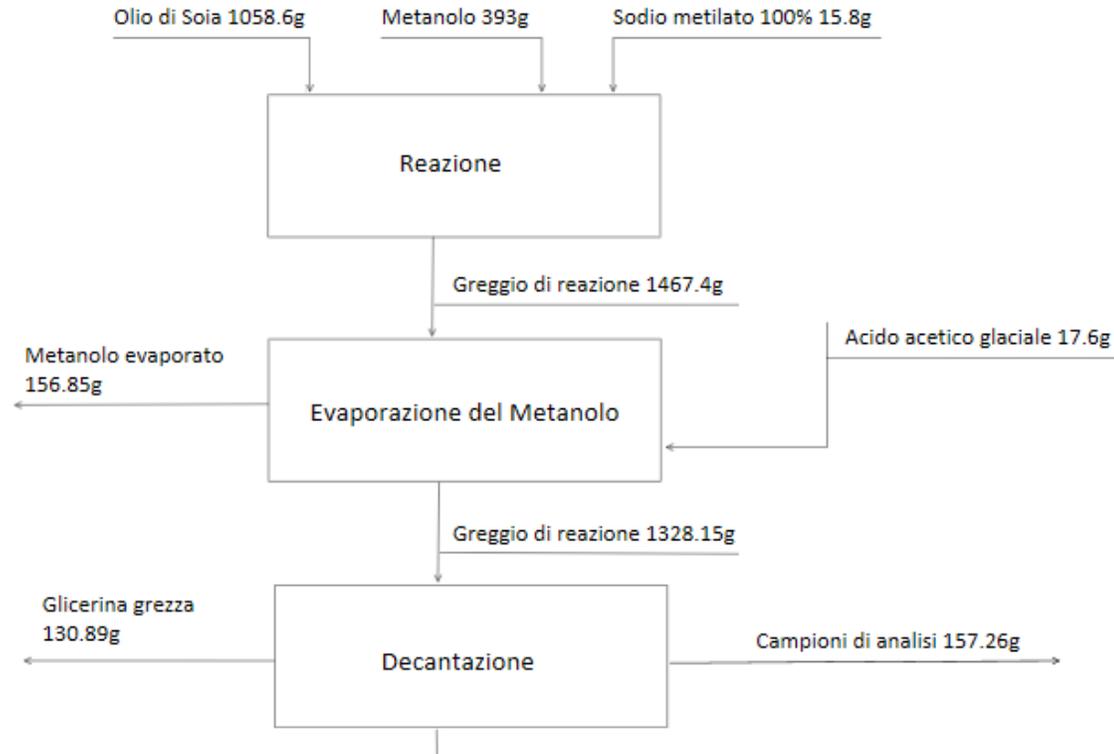
Analytical Report

Data 01/07/2022
Campione 22-TV14754
Descrizione Biodiesel
Lotto BD220701 R2L

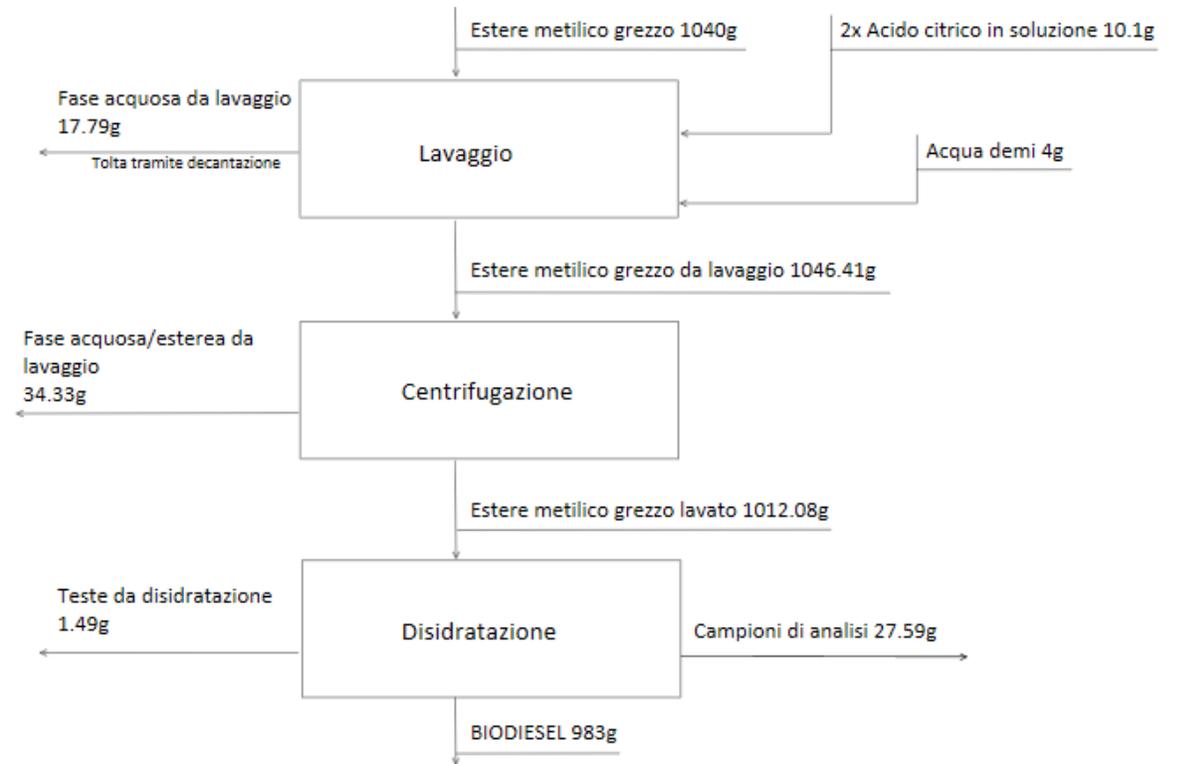


TEST	Risultato	Limiti	Um
Peso campione (titolo estere)	248.2		mg
Titolo Esteri	98.4		%
Peso IS Ac. Eptadecanoico	51.0		mg
Area IS Ac. Eptadecanoico	1159.0		mV*s
Somma aree Esteri	5548.0		mV*s
Area C18:3 (Linolenico)	237.0		mV*s
Densità (15°C)	889.0		Kg/m3
Fc viscosimetro (40°C)	0.0153		
Numero viscosimetro	190		
Tempo di caduta	278		s
Tempo di caduta	278		s
Viscosità (40°C)	4.25		cSt
Acqua	200.0		ppm
Indice acidità	0.350		mg KOH/g
Numero di Iodio	116.0		gl2/100g
Acido Linolenico	< 12.0		%
Metanolo	0.00		%
Glicerolo	0.01		%





Il prodotto finito analizzato rispetta le specifiche di Caffaro Industrie S.p.a. e le normative europee (ISO 14214)



I bilanci di massa e molari teorici sono **rispettati** a meno delle perdite in fase di separazione e centrifugazione

La Glicerina $C_3H_8O_3$ è un Prodotto Secondario **Inevitabile** e **Indesiderato** della transesterificazione per Biodiesel

- Rappresenta 10% m/m dei prodotti
- Ricca di impurità: Metanolo e Sali
- Purificazione molto costosa in termini Energetici ed Economici

Caratteristiche	Glicerolo (valori medi)
Potere Calorifico Inferiore (MJ/kg)	16
Densità (g/cm ³)	1,26
Temperatura ebollizione (°C) (1 atm)	>290°
Solubilità in acqua	Completa a 293 K
Flash Point (°C)	180
Temperatura auto ignizione (°C)	400
Biodegradabilità	Si
Viscosità Cinematica (cSt)	450 (a 20°C)
Stato	Liquido incolore
Aspetto	limpido

Fonte: wikipedia.org

Periodo	Produzione (ton)	Prezzo (€/ton)
1998-2003	600.000	2000
2017-2022	2,66 milioni	500

*I dati sono riferiti a valori medi

Fonte: conferenza: "Il Biodiesel compie 30 anni" - professor Bondioli; China Petroleum and Chemical Federation

Soluzioni:

- Combustione Diretta (motore «Swirl Burner»)
- Mangimi per Animali
- Fluidi Refrigeranti
- Fermentazione per produzione di Lipidi (aumento resa processo Biodiesel 20%)
- Pellets
- Reforming per produzione di H_2
- Fermentazione per la produzione di H_2

Il Biodiesel ha creato un grande mercato **Secondario** per la Glicerina

- ❖ Prezzo Medio del Biodiesel in Italia 1,9 €/litro
- ❖ Produzione Italiana 2milioni tonnellate (UPBI 2022)

Coltura Oleaginosa	Produzione di Semi (t/ha)	Contenuto in Percentuale materia grassa (% in peso)	Resa media in Biodiesel (t/ha)	Costo Colturale (€/ha)
Colza	1,5-2,1	41-50	0,9	500
Girasole	2,0-3,2	48-55	1,1	600
Soia	2,9-3,6	18-21	0,6	800

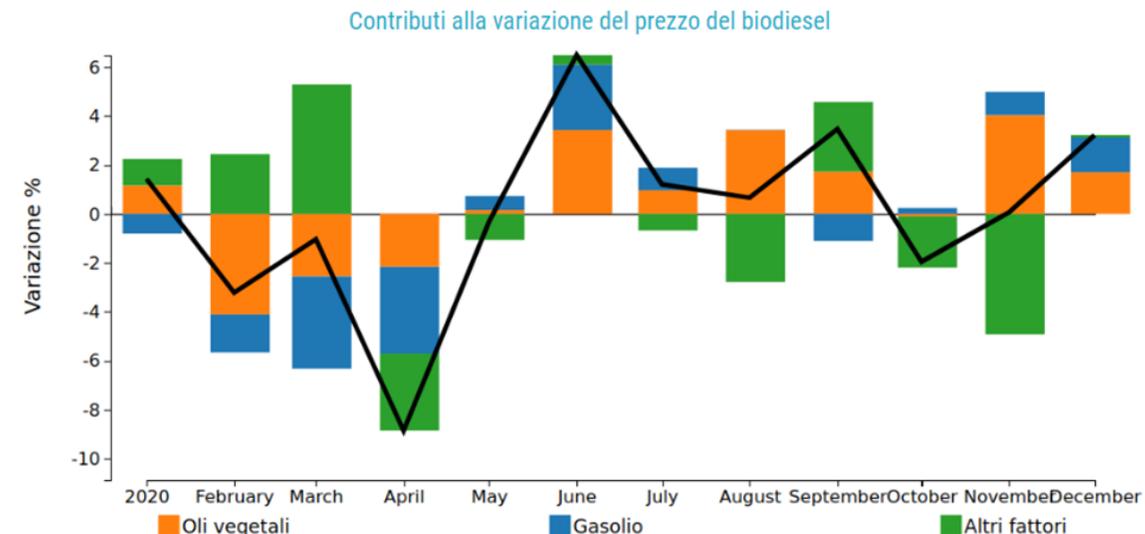
Fonte: INSTAT (2005)

Capacità Produttiva (t/anno)	Superficie Agricola Asservita (ha)	Costi di Investimento medi (€)	Costi di Gestione (€/anno)
1.500	2.000	420.000	685
3.000	4.000	622.000	1.216
6.000	8.000	1.215.500	2.305

Fonte: <https://ageratec.se/>

Capacità produttiva	Materie Prime	Costi Investimento (€)	Costo di produzione (€/t)
40.000	Olio di soia e oli esausti	11.6000.000	330
40.000	Oli esausti	10.400.000	420
40.000	Olio di soia	9.600.000	510

Fonte: Feasibility study for Biodiesel New York State, 2008



Fonte: PricePedia.com

- ❖ 10% Aumento prezzo **OLI** → 5% aumento nel Prezzo del **Biodiesel**
- ❖ 10% Aumento prezzo **DIESEL** → 1% aumento nel Prezzo del **Biodiesel** (contenuto al **7% v/v** nel gasolio da autotrazione)
- **PRO** → Costo medio Produzione Diesel: **778€/ton**
- **CONTRO** → Necessari **VASTI** Terreni e Tonnellate di **ACQUA**

POTERE CALORIFICO INFERIORE medio: $37 \text{ KJ}/\text{kg}$

Fase	%	MJ/t
Estrazione	41%	3,060
Raffinazione	25%	1,717
Transesterificazione	5%	373
Metanolo	31%	2,314

	Attività	Energia GJ/ha
	Agricoltura	21,70
	Lavorazione Industriale	12,60
INPUT	Totale Input	34,30
	Biodiesel	41,00
	Pannello	24,00
	Glicerina	1,60
Output	Energia Totale Output	66,00
	BILANCIO ENERGETICO	32,30
EROEI (ha)	RAPPORTO ENERGETICO	1,954

Fonte Tab.(1): Comitato Termotecnico Italiano; Fonte Tab.(2): Novaol (2005); Fonte Tab.(3):Sharmer & Gosse - 1998 .

Massimizzazione **EROEI** (Energy Returned on Energy Input):

- Introduzione di specie agricole a più alta resa;
- Miglioramento delle tecniche colturali;
- Utilizzo nelle fasi agricole degli stessi biocarburanti prodotti;
- Ottimizzazione delle operazioni industriali.

	Energia GJ/ha
Energia per produzione Biodiesel	26-35
Energia ricavata dai sottoprodotti	31-37
Energia ricavata dal Biodiesel	42-50

- ❖ Biodiesel prodotto a **BASSO** valore aggiunto energetico;
- ❖ Sfruttamento Sottoprodotti **fondamentale** per **Sostenibilità Energetica**.



Grazie Per L'Attenzione