

Collegio Nazionale Periti Agrari e Periti Agrari Laureati
Preparazione all'Esame di Stato - Sessione 2024

Le energie rinnovabili in agricoltura

Studio Tecnico Agrario Per. Agr. Cattaruzzi - Via Gemona, 15 - 33100 Udine

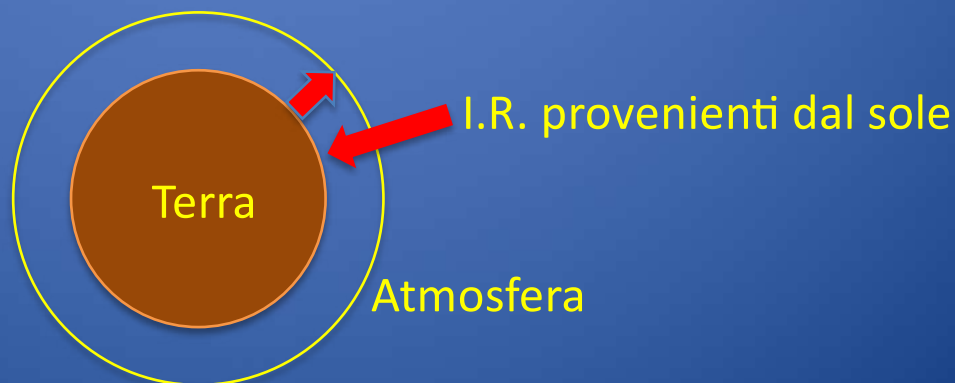
Il concetto di «rinnovabile» e di «sostenibile» applicato alla produzione di energia:

Le fonti energetiche rinnovabili non sono soggette ad esaurimento (Treccani)

Sono intimamente legate alla sostenibilità ambientale perché, fra l'altro, consentono di ridurre le emissioni di **gas climalteranti*** che contribuiscono ad alimentare **l'effetto serra** ed i **cambiamenti climatici** (IEA - International Energy Agency - OCSE Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico - Sono organizzazioni intergovernative che sviluppano studi a supporto dei Governi rispettivamente in campo energetico ed economico)

Gas climalteranti:

sono quei gas che concorrono a trattenere calore (raggi infrarossi) nell'atmosfera e ad aumentare la temperatura media del pianeta la cui concentrazione è cresciuta a causa dell'azione dell'uomo (industrializzazione ed uso di combustibili fossili); sono: CO₂ l'anidride carbonica, CH₄ il metano, N₂O il protossido di azoto e i derivati fluorurati (idro e per fluorocarburi, esafluoruro di zolfo).



Tipologie di energia rinnovabile secondo IEA (Agenzia Internazionale dell'Energia - organizzazione internazionale intergovernativa):

- a) solare (sfrutta l'energia termica dei raggi del sole)
- b) eolica (sfrutta la forza motrice del vento)
- c) geotermica (energia generata dal calore naturale del sottosuolo)
- d) da biomassa (sfrutta la materia di origine organica per combustione e fermentazione)
- e) idroelettrica (originata dalla forza motrice dell'acqua dei corsi d'acqua)

Effetti sulla sostenibilità (gas a effetto serra) delle diverse fonti:

Il ciclo produttivo delle energie rinnovabili non genera nuova anidride carbonica (solare, eolico, geotermico, idroelettrico) oppure ricicla quella già presente nell'atmosfera (biomasse) grazie alla fotosintesi clorofilliana

Perché si diffondono le rinnovabili

- La “Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici” (New York, 9 maggio del 1992) costituì il primo passo verso la riduzione dei gas ad effetto serra (es.: la CO_2) e la promozione delle energie rinnovabili in sostituzione delle fonti fossili cioè del petrolio e suoi derivati.
- Il successivo **Protocollo di Kyoto** (1997) in vigore dal 2005 impegna i Paesi industrializzati e i Paesi con economie in via di transizione a **ridurre mediamente del 5,2% (per l'Italia il 6,5%)** le principali emissioni di gas climalteranti (biossido di carbonio, metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi, esafluoruro di zolfo) del nostro pianeta nel periodo 2008/2012. Con l'accordo di Doha, la scadenza è stata prorogata al 2020.
- La Settima Conferenza sul Clima tenutasi a Marrakech (2001) ha stabilito i primi **provvedimenti che incidono direttamente sul settore agricolo** attraverso l'individuazione di azioni destinate a contribuire alla riduzione dell'emissione di gas serra o alla stabilizzazione delle stesse visto che:
 - la biomassa vegetale cattura dall'atmosfera la CO_2 , la fissa nei propri tessuti che finiscono per essere interrati attraverso le lavorazioni agricole;
 - utilizzare la biomassa per fini energetici significa restituire all'atmosfera, a fine ciclo, la CO_2 già assorbita dalle piante durante il proprio ciclo vegetativo.

Mentre:

- bruciare combustibili fossili significa rilasciare CO_2 in atmosfera che è rimasta immobilizzata per milioni di anni nei giacimenti sotterranei.

Pertanto venivano sostenute le seguenti azioni:

- a) - creazione di nuove superfici afforestate per favorire l'assorbimento del carbonio atmosferico;
- b) - gestione sostenibile delle foreste esistenti e dei suoli agricoli;
- c) - uso delle biomasse per la produzione di energia in sostituzione delle fonti fossili e lo sviluppo di tecnologie innovative per la riduzione delle emissioni;

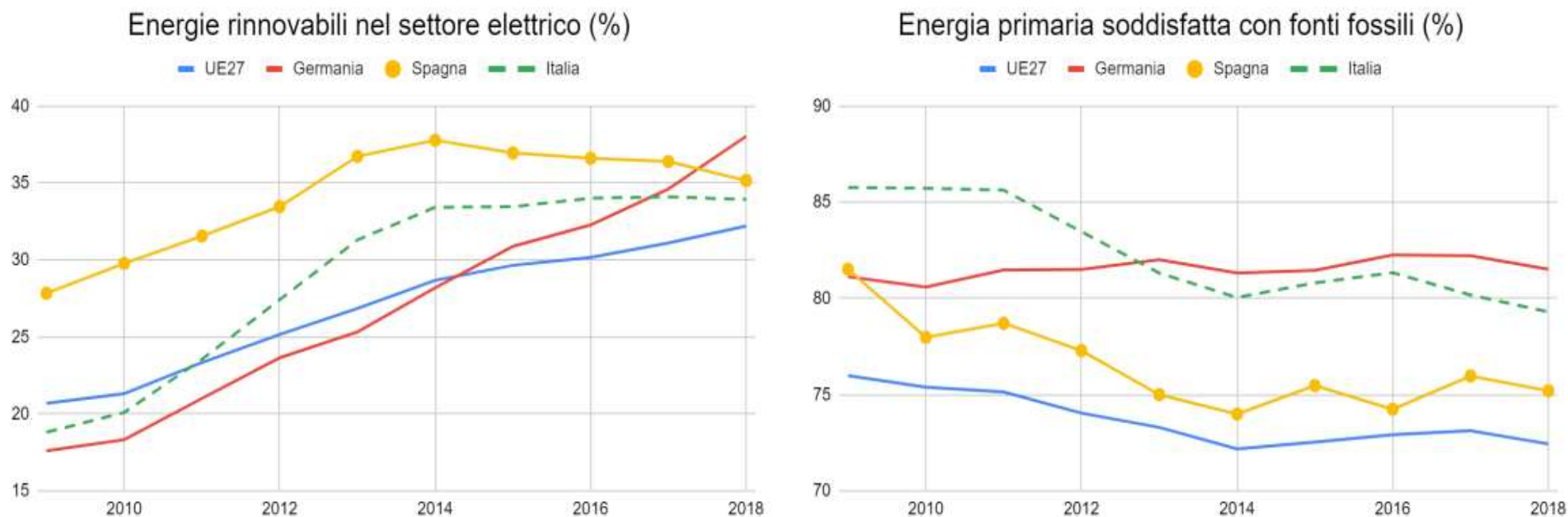
Perché si diffondono le rinnovabili

- Il settore agricolo venne così individuato quello nel quale la gestione di alcuni passaggi produttivi può risolvere sensibili problematiche e originare positive opportunità. Vi è infatti possibile ridurre le emissioni climalteranti tramite la gestione delle biomasse agricole ed ottenere un notevole vantaggio mediante la produzione di energia tramite l'opportuna gestione delle fonti metanigene (il 18% delle emissioni di metano, principale causa del buco nell'ozono, sono causate dalla gestione delle deiezioni zootecniche).
- **Accordo di Parigi** (Conferenza delle Parti **COP 21** nell'ambito della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite) - 2015: 190 Paesi firmano l'accordo per contenere l'aumento della temperatura media globale nel lungo termine al di sotto dei 2° C rispetto ai livelli preindustriali e ridurre le emissioni di CO₂. Monitoraggio sui progressi ogni 5 anni.
- Nel 2019 l'Unione Europea ha deciso in proprio tramite il **Green Deal Europeo (ed i finanziamenti del Next Generation EU da 750 MLDE)** di:
 - ridurre le emissioni di CO₂ del 55% entro il 2030 e raggiungere la neutralità carbonica entro il 2050 ovvero le attività umane devono svolgersi con bilancio di CO₂ pari a zero.
 - Attraverso le seguenti azioni:
 - promuovere l'uso efficiente delle risorse passando a un'economia pulita e circolare
 - ripristinare la biodiversità e ridurre l'inquinamento
 - sostenere l'innovazione
 - decarbonizzare il settore energetico
- Nel 2021 **l'Italia vara il PNRR** Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza che attiva investimenti finalizzati alla **transizione ecologica** mobilità sostenibile utilizzando una parte delle risorse del fondo UE Next Generation EU. Riguardo le rinnovabili **vengono favoriti il fotovoltaico, il biometano ed il biogas.**

Andamento della transizione energetica

(fonte: Ministero della Transizione Ecologica)

Figura 2 - Una transizione limitata al settore elettrico



Fonte: nostre elaborazioni su dati Eurostat.

La Figura 2 mostra due modi di raccontare la transizione: il grafico di sinistra mostra la piccola rivoluzione che ha avuto luogo nel settore elettrico, dove la generazione con fonti rinnovabili è arrivata in pochi anni a contribuire per oltre un terzo alla generazione totale; quello di destra documenta tuttavia che nel complesso della domanda di energia (che include tutte le fonti di energia e gli usi finali) il dominio delle fonti fossili appaia appena scalfito dalla transizione, essendo il loro contributo sceso ma rimanendo comunque compreso tra il 72 e l'82 per cento del totale.

Con un'incidenza sui consumi energetici complessivi stimata intorno al 20%, le fonti rinnovabili di energia (FER) nel 2020 hanno consolidato il proprio ruolo di primo piano nel sistema energetico nazionale, confermandosi elemento determinante per lo sviluppo sostenibile del Paese, anche in termini economici e occupazionali.

Tabella 10: Produzione lorda di energia elettrica da fonti rinnovabili in Italia - TWh

Fonte	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 *
Idraulica	58,5	45,5	42,4	36,2	48,8	46,3	46,7
Eolica	15,2	14,8	17,7	17,7	17,7	20,2	18,7
Solare fotovoltaica	22,3	22,9	22,1	24,4	22,7	23,7	24,9
Geotermica	5,9	6,2	6,3	6,2	6,1	6,1	6,0
Bioenergie (**)	18,7	19,4	19,5	19,4	19,2	19,6	19,7
Totale FER	120,7	108,9	108,0	103,9	114,4	115,8	116,1
CIL - Consumo Interno Lordo (***)	321,8	327,9	325,0	331,8	331,9	330,2	311,8
FER/CIL	37,5%	33,2%	33,2%	31,3%	34,5%	35,1%	37,2%

(*) Dati preliminari

(**) Biomasse solide, bioliquidi, biogas e frazione rinnovabile dei rifiuti

(***) Il CIL è pari alla produzione lorda di energia elettrica più il saldo scambi con l'estero ed è qui considerato al netto degli apporti da pompaggio. Per l'energia elettrica, tale grandezza corrisponde alla disponibilità lorda.

Fonte: TERNA, GSE

Tabella 11: Energia termica da fonti rinnovabili in Italia - PJ

Fonte	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020*
Solare termica	7,5	8,0	8,4	8,7	9,2	9,5	9,9
Geotermica	5,4	5,6	6,0	6,3	6,2	6,3	6,3
Bioenergie (**)	295,1	325,8	317,7	343,4	322,3	324,8	312,1
Pompe di calore (***)	108,0	108,2	109,2	111,0	108,7	104,6	93,3
Totale Fonti rinnovabili	416,0	447,5	441,3	469,4	446,4	445,3	421,7
- di cui consumi diretti	375,5	409,6	402,4	429,2	406,5	403,4	381,0
- di cui produzione di calore derivato	40,5	37,9	38,9	40,2	39,8	41,9	40,7

(*) Stime preliminari

(**) Biomasse solide, bioliquidi, biogas e frazione rinnovabile dei rifiuti

(***) Alimentate da fonte aerotermica, geotermica o idrotermica.

Fonte: GSE

Tabella 12: Biocarburanti immessi in consumo in Italia (Mtep)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020*
Biodiesel (**)	1,06	1,14	1,01	1,03	1,22	1,25	1,25
Bioetanolo e bio-ETBE (***)	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Biometano				-	-	0,04	0,08
Totale FER-T	1,06	1,16	1,04	1,06	1,25	1,32	1,35

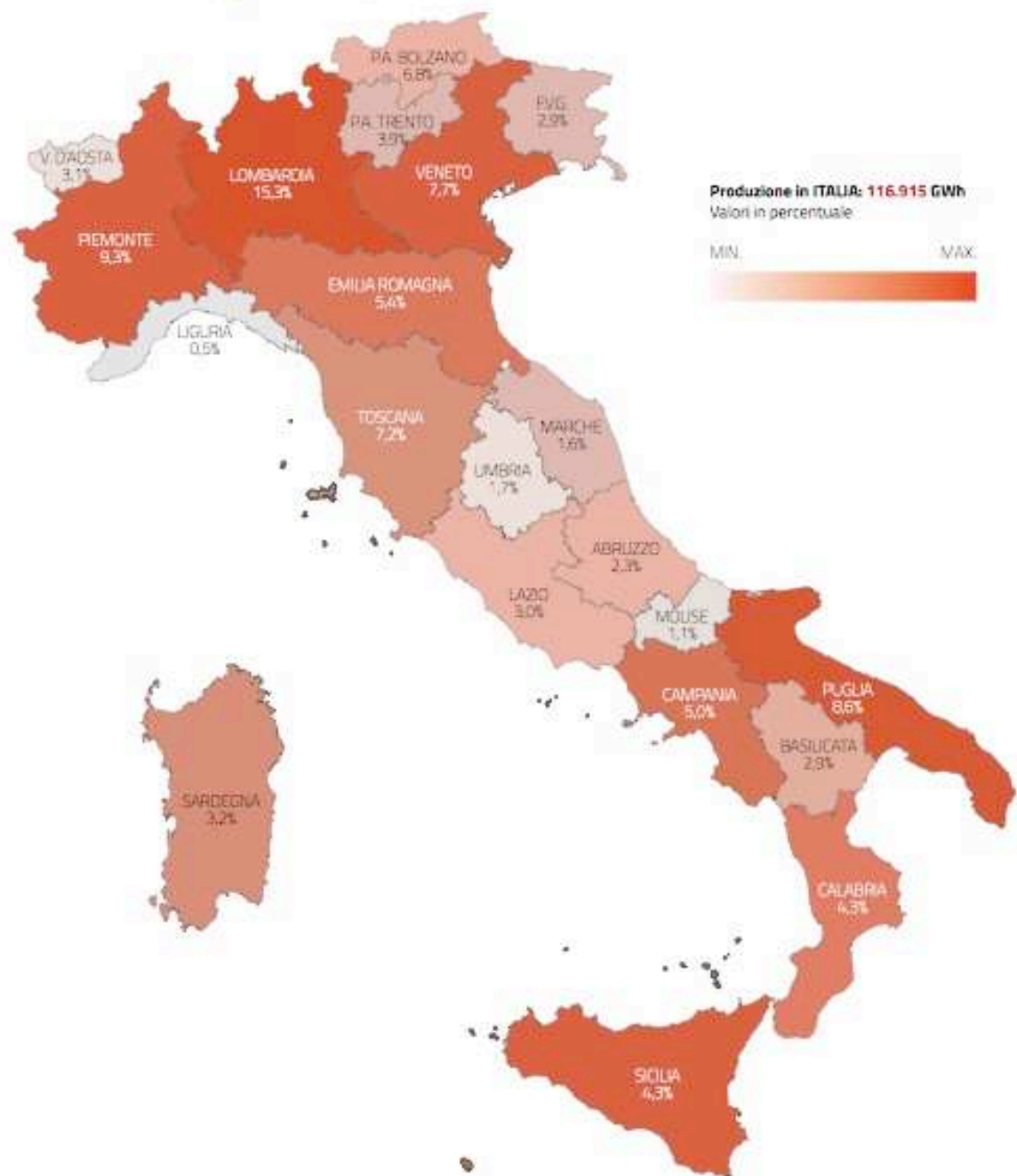
(*) Dati preliminari

(**) Questa voce comprende anche l'olio vegetale idrotrattato

(***) Si considera rinnovabile il 37% del bio-ETBE, conformemente alla direttiva 2009/28/CE

Fonte: GSE

3.1.9 Distribuzione regionale della produzione elettrica da rinnovabili nel 2020



Fonte: elaborazioni GSE su dati Terna e GSE

GSE Spa - Gestore dei Servizi Energetici (98% capitale pubblico MiSE) - Aquirente unico dell'energia rinnovabile secondo DLgs 387/2003

TERNA - Rete Elettrica Nazionale Spa partecipata pubblica da Cassa Depositi e Prestiti (Gestisce la rete di trasmissione nazionale dell'energia elettrica di alta tensione >20 kV)

ENEL Spa partecipata pubblica attraverso MiSE (Gestisce, fra l'altro la rete di trasmissione nazionale dell'energia elettrica di bassa e media tensione entro 20 kV)

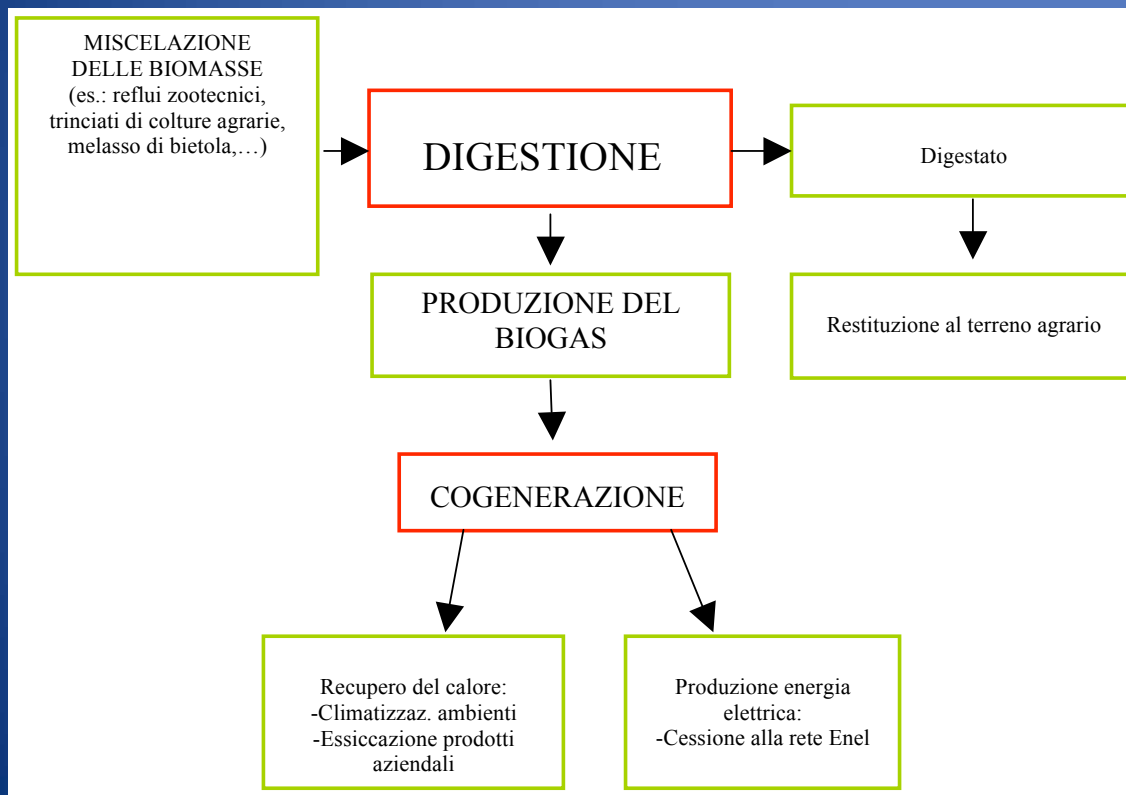
Le norme che sostengono la produzione di energia rinnovabile

- Nella L. 266/2005 art. 1, co. 423 (Finanziaria 2006) si specifica che “La produzione e la cessione di energia elettrica e calorica da fonti rinnovabili agroforestali ... effettuate dagli imprenditori agricoli sono attività connesse ai sensi dell’articolo 2135 del Codice Civile...”.
- Con il D. Lgs. 387 del 29/12/2003, concertato dai Ministeri delle Politiche Agricole e dell’Ambiente viene rafforzato il senso di quanto sopra descritto:
 - l’articolo 2 include fra le “energie rinnovabili” anche quelle prodotte attraverso l’impiego della biomassa costituita dalla “parte biodegradabile dei prodotti” e “residui provenienti dall’agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse”.
 - l’art. 7, co. 7 stabilisce che tali impianti possono essere costruiti anche in zone classificate agricole.
- Gli impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabili godono dello status di opere “*di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti*” (D.L. 387/2003) e l’autorizzazione necessaria per la costruzione e l’esercizio dei suddetti impianti viene accorpata nella cosiddetta “autorizzazione unica” emanata tramite conferenza dei servizi organizzata dal Comune competente per territorio (L.R. n. 24 del 27/11/2006) e che interessa tutti gli enti che hanno potestà autorizzativa in merito.
- Con la Direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio viene dato definitivo risalto all’utilità del ciclo produttivo del biogas “*grazie all’elevato potenziale di riduzione nelle emissioni di gas ad effetto serra*” e al notevole contributo “allo sviluppo sostenibile delle zone rurali”.
- Con la L. 244/2007 (finanziaria 2008) vengono stabiliti gli incentivi sulla produzione elettrica da fonte rinnovabile tramite l’istituzione di una Tariffa Onnicomprensiva (TO) per una durata pluriennale secondo la fonte.
- Attualmente si riparte dal DM 8 novembre 2021 n. 199 in attesa dei decreti attuativi. Viene ipotizzato il sostegno alle rinnovabili tramite incentivi secondo, più o meno, i criteri già esistenti.

Le fonti rinnovabili prevalenti nel settore agricolo

- **Fotovoltaico** – Processo fisico che permette di trasformare attraverso pannelli in silicio la radiazione solare in energia elettrica. Rappresenta sicuramente la tecnologia delle rinnovabili che ha avuto maggiore successo nel settore agricolo anche per l'incentivazione combinata sugli impianti sostitutivi delle coperture in amianto o la costruzione dei tetti fotovoltaici su capannoni agricoli e fabbricati rurali.
- **Pirogassificazione e Gassificazione** e di materiali lignocellulosici – Processo termochimico che scinde la materia producendo un gas povero (Syngas) in ambiente totalmente o parzialmente anaerobico che alimenta un motore endotermico collegato a un generatore elettrico – Da essi si ottiene energia elettrica e termica - Tecnologia non ancora a regime o raramente applicabile per micropotenze (<1 MW). Più adatta per potenze superiori a 1-2 MW; nel Nord Europa, in Spagna e in Giappone i gassificatori vengono normalmente utilizzati per distruggere i rifiuti, riducendone la massa e ottenendone energia elettrica e termica in abbondanza.
- **Bioliquidi** sostenibili ovvero olio vegetale puro e sostanze grasse di origine animale – Ottenuti da colture vegetali, gli oli vengono utilizzati come combustibile in motori endotermici che muovono generatori elettrici. Da essi si ottiene energia elettrica e termica. Inizialmente (primi anni 2000) remunerativi, attualmente il prezzo delle materie prime ne ha sostanzialmente annullato la remuneratività. Inoltre, la produzione delle materie di base (semi oleosi), entra in forte concorrenza con le colture a destinazione alimentare a causa delle vaste superfici necessarie per produrle.

- **Biogas** - Il principio di funzionamento dell'impianto si basa sulla fermentazione naturale in assenza di ossigeno (anaerobica) di biomasse costituite da liquami zootecnici, trinciati di colture dedicate (cereali, erbai, sorgo, ecc...) e sottoprodotti dell'industria agroalimentare. Il gas prodotto è composto da una miscela di:
 CH_4 52/60% + CO_2 25-40% + 0-3 % H_2 , N_2 , O_2 + 0-2% H_2S ;
- viene usato per alimentare un motore endotermico il quale muove un generatore che produce energia elettrica (e termica). Anche questo metodo produttivo ha avuto molto successo nel settore agricolo.
- In Europa sono stati realizzati 19.000 impianti di cui 2.000 in Italia (erano 150 nel 2007) - (Rivista Energia febbraio 2022)



Biomassa: materia prima alla base della dieta di alimentazione (materiale organico di origine vegetale - trinciati di colture dedicate o sottoprodotti (art 184 bis DLgs 152/2006*)) come scarti di trasformazione di pomodori, olive, frutta, cereali, ecc...) oppure **SOA Sottoprodotti di Origine Animale secondo il Reg CE 1069/2009** (deiezioni solide e liquide, pollina, scarti di macellazione) da gestire secondo il DM 25 febbraio 2016 n. 5046

Digestione anaerobica: fermentazione in carenza di ossigeno.

Cogeneratore: apparecchiatura per la generazione contemporanea di energia elettrica e calore (motore endotermico a ciclo Otto detto motore primo + alternatore elettrico)

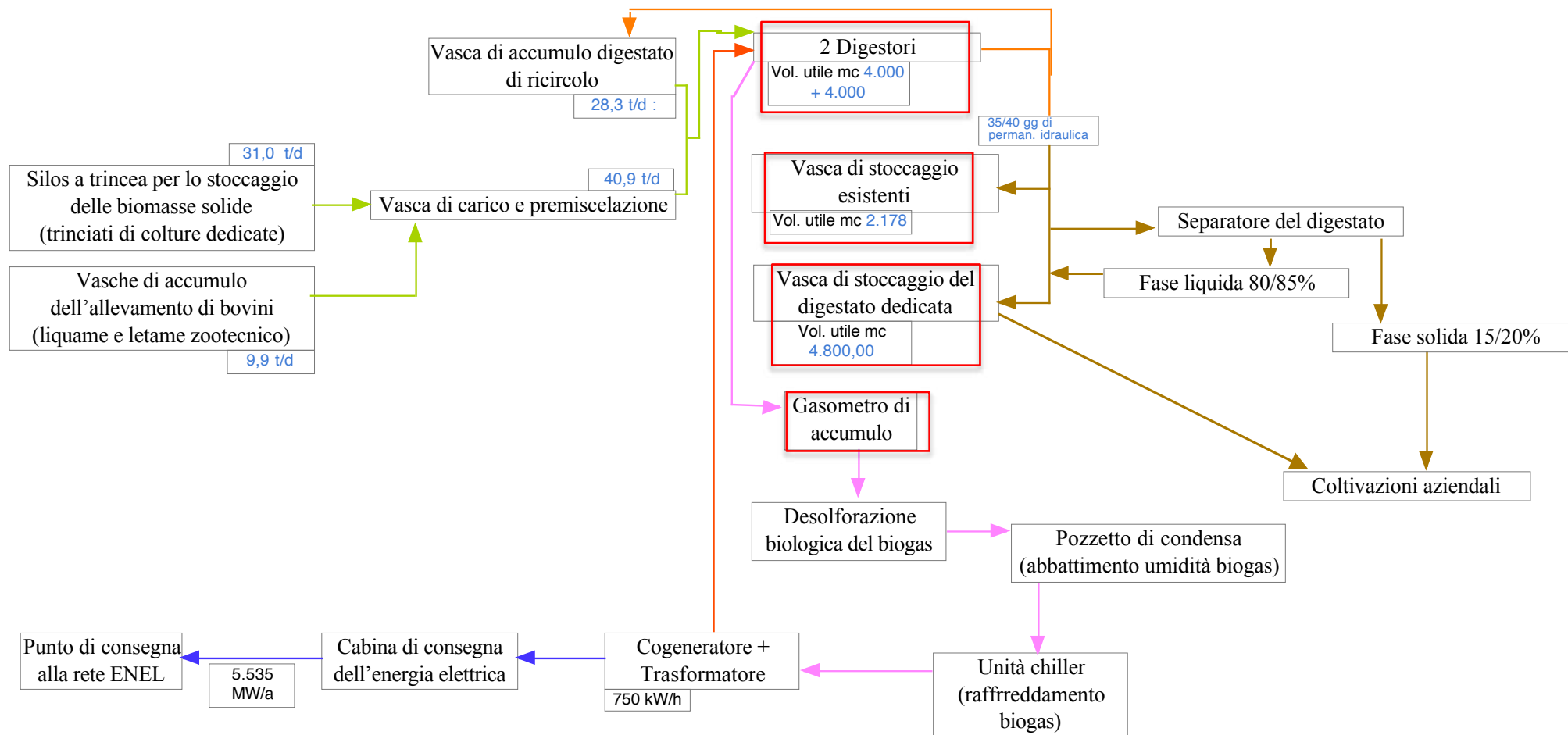
Digestato: materiale biologico esausto ottenuto a valle della fermentazione riutilizzabile a fini agronomici secondo il DM 25 febbraio 2016 n. 5046.

- ***Sottoprodotto - art. 184 bis del DLgs 152/2006**

- «la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante ed il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto»;
- «è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato nel **corso dello stesso o di un successivo processo di produzione** o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi»;
- «la sostanza o l'oggetto può essere **utilizzato direttamente** senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale»;
- «l'ulteriore utilizzo è **legale**, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, **tutti i requisiti pertinenti** riguardanti i prodotti e la protezione della **salute e dell'ambiente** e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana».
- Affinché una sostanza od oggetto siano considerati sottoprodotti e non rifiuti, è necessaria la **sussistenza contemporanea** delle quattro condizioni elencate nel D.Lgs. 152/06. In mancanza di una sola delle condizioni di cui sopra, il residuo deve essere considerato un rifiuto e come tale gestito.
- Essendo **l'art. 184 bis del D.Lgs. 152/06** normativa in deroga alla disciplina dei rifiuti, tutte le condizioni fondamentali per la qualificazione di un residuo come sottoprodotto, devono essere provate dal produttore che decide di ricorrere all'istituto del sottoprodotto. Pertanto, colui che lo cede deve dimostrare in anticipo ed estremo dettaglio con atti, delibere di consiglio di amministrazione, contratti di vendita, ecc... che non intende disfarsi di tale materia, ma consentirne il riutilizzo.

- **La digestione anaerobica**

- La digestione anaerobica, o fermentazione metanica, avviene all'interno di un **digestore** ad opera di diversi gruppi batterici in grado di trasformare la materia organica in un gas combustibile ad alto potere calorifico.
I **microrganismi anaerobi** sono caratterizzati da una scarsa velocità di crescita e di reazione e la loro attività dipende principalmente dalle condizioni ambientali in cui si svolge il processo. Il trattamento biologico anaerobico può avvenire a tre fasce di temperatura:
- **a temperatura compresa tra i 10-25°C (batteri psicrofili)**: gli impianti sono di tipo semplificato e la produzione di metano é limitata;
- **a temperatura di 35-37°C (batteri mesofili)**; è la più utilizzata;
- **a temperatura compresa tra i 55-60°C (batteri termofili)**;
- per mantenere le fasce di temperatura il digestore è dotato di un impianto di riscaldamento a serpentina con all'interno l'acqua calda proveniente dal raffreddamento del gruppo di cogenerazione. Questo permette di mantenere costante la temperatura dell'ambiente di reazione, aumentando la decomposizione della sostanza organica e la resa in biogas.
- I gruppi di batteri protagonisti del processo di degradazione sono:
- **batteri idrolitici**, trasformano i composti organici più complessi (carboidrati, proteine, grassi) in composti intermedi più semplici;
- **batteri acidificanti**, trasformano i composti organici semplici in acidi organici che a loro volta vengono trasformati in acetato, anidride carbonica e idrogeno;
- **batteri metanigeni** i quali si dividono in due gruppi:
- a) **batteri acetoclastici**; producono metano e CO₂ da acido acetico;
- b) **batteri idrogenotrofi**; producono metano partendo da CO₂ e idrogeno.



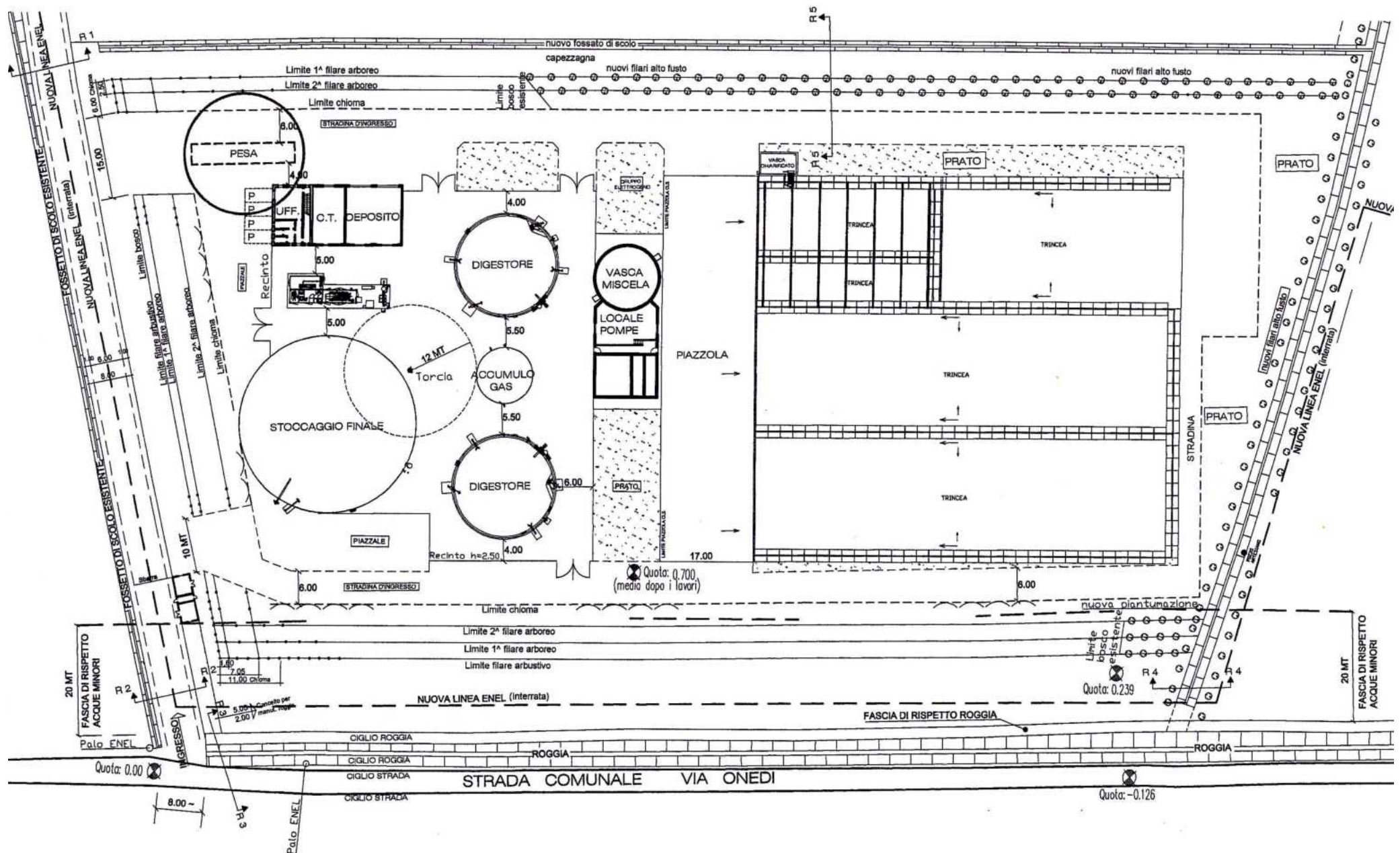
Azienda Agricola Fondazione Daniele Moro

DIAGRAMMA DI FLUSSO DELL'IMPIANTO A BIOGAS

Legenda

- Biomassa vergine
- Biomassa esausta (digestato)
- Linea del biogas
- Linea dell'energia termica
- Linea di connessione elettrica alla rete
- Linea di ricircolo del digestato

Planimetria di progetto (Tavola grafica) di un impianto a biogas (Fondazione Daniele Moro - kW 750)





Macchina per la trinciatura del mais



Trinciato di mais



Ammasso e pressatura nelle trincee di stoccaggio



Trincee di stoccaggio con biomassa coperta con teli plastici



Trincee coperte per sottoprodotti



Locale tecnico per il controllo dell'impianto e il pompaggio della biomassa nei fermentatori



Fermentatori contenenti la biomassa ...e le famiglie di batteri



Gasometro (accumulatore del biogas prodotto)



Cogeneratore



Torcia di emergenza
(brucia il biogas in eccesso)



Stoccaggio del digestato (tal quale o fase liquida)



Separatore della fase solida del
digestato



Cabina di consegna dell'energia elettrica alla rete elettrica
nazionale (e-Distribuzione Spa)

Business plan sintetico

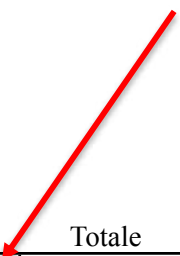
IMPIANTO DA KW 300

Dieta: reflui bovini 100%


Costi di realizzazione dell'impianto:

Impianto comprese spese tecniche	1.790.000,00
Cabina ENEL	30.000,00
Teleriscaldamento sala latte/uffici	70.000,00
Imprevisti	30.000,00
TOTALE*	1.920.000,00

300 kW al netto degli
autoconsumi (10-12%)



Tariffa
incentivante in
vigore



Ricavi

	ore	kW	Totale	€	Totale €
Energia elettrica	8500	264	2.244.000	0,233	522.852,00
Risparmio energetico per riscaldamento (sala latte, sala mungitura, ecc...)					-
Totale entrate					522.852,00

Costi di gestione:

	Totale €				
Costo biomassa zootecnica (movimentazione, trasporto interno, pompaggio)					5.000,00
Ammortamento impianto a 15 anni (r=3,5)*					165.600,00
Personale agricolo dedicato (2 con reperibilità)					70.000,00
Assicurazione compreso un cambio motore a fine ciclo					25.000,00
Additivi per migliorare la fermentazione					10.000,00
Consulenze per il mantenimento (biologo, consulenti, contabilità, pratiche annuali)					10.000,00
Trasporto digestato					-
Contratto manutenzione full service					25.000,00
Imprevisti					20.000,00
Fisco					10.000,00
Totale					340.600,00

Differenza	182.252,00
-------------------	-------------------

Il reimpiego delle energia termica: esigenza e sfida progettuale

Il calore che si genera dal funzionamento dell'impianto può essere reimpiegato per:

1. Riscaldare le biomasse durante la fermentazione
2. Riscaldare allevamenti zootecnici, serre per la produzione di primizie o altre attività agricole ove necessita l'impiego di energia termica;
3. Riscaldare, tramite una rete di teleriscaldamento abitazioni civili, scuole, palestre, biblioteche)
4. Un impianto a biogas della potenza di 750 kW può riscaldare oltre 200 abitazioni

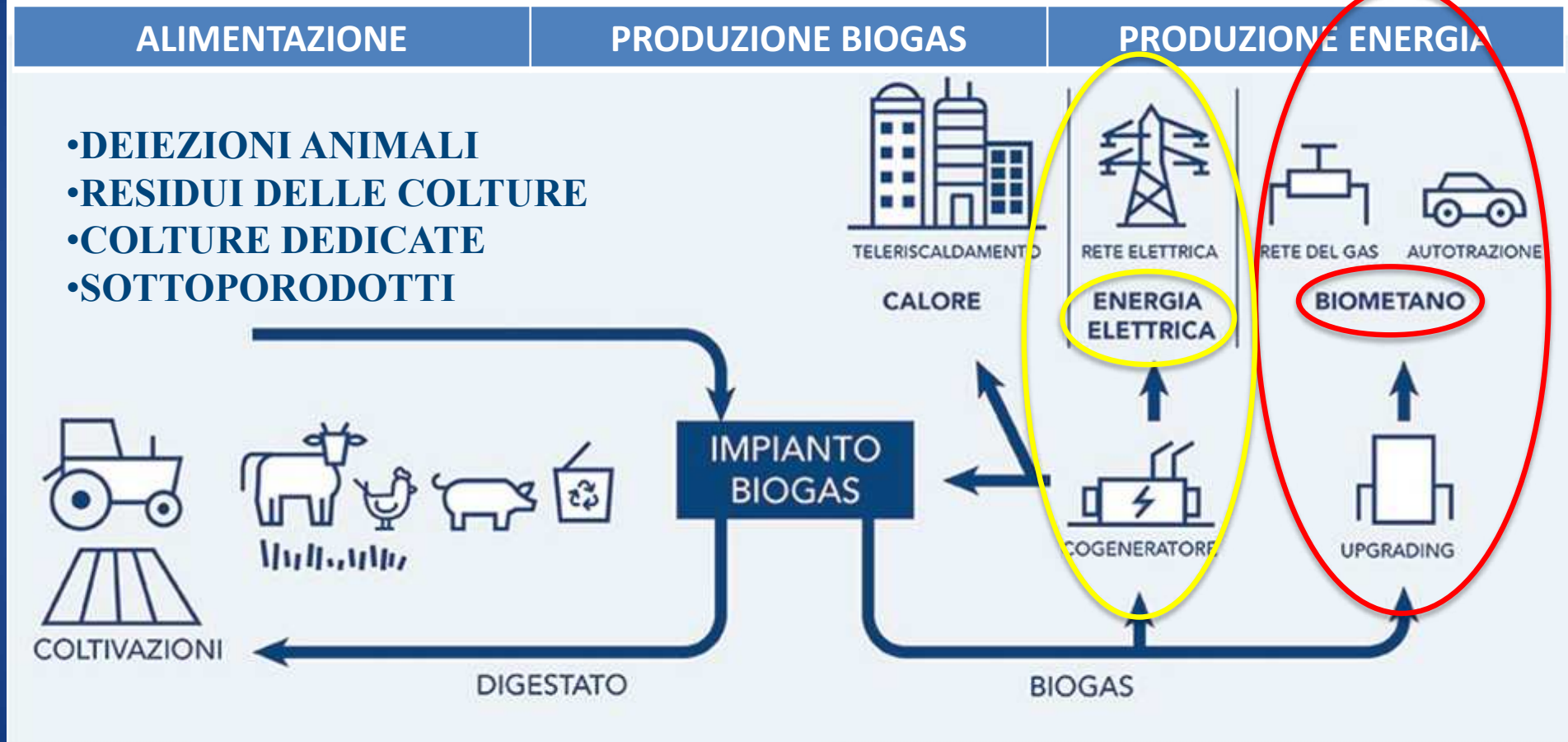
Innovazione tecnologica e nuove professioni: il tecnico del biogas

- La spinta innovativa generata dalla corsa alle rinnovabili ha creato una significativa richiesta di professionisti che abbiano le competenze per gestire:
- A) la parte progettuale e amministrativa, es.: autorizzazioni, progettazione, rapporti con le autorità; (PM - Project Manager)
- B) la pianificazione agronomica e l'organizzazione dei cantieri di lavoro per della produzione delle biomasse
- C) la gestione delle biomasse esauste (digestato) a fini di fertilizzazione dei suoli (PUA Piano di utilizzazione agronomica dei reflui)
- D) la conduzione degli impianti
- E) la gestione della fermentazione biologica
- F) lo sviluppo di progettazioni integrate per l'impiego dell'energia termica

Il biometano

Vettore energetico destinato ad alimentare mezzi di **trasporto** oppure gli **usi finali** (es.: usi domestici)

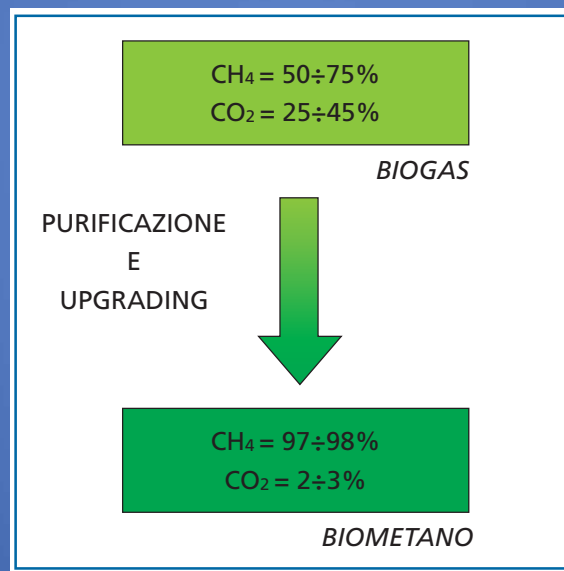
IL BIOMETANO



Il processo produttivo del biometano prevede la sostituzione della cogenerazione (presente negli impianti a biogas tradizionali, dedicati alla generazione elettrica) con attrezzature finalizzate a trasformare il biogas in metano sostanzialmente puro.

Il biometano

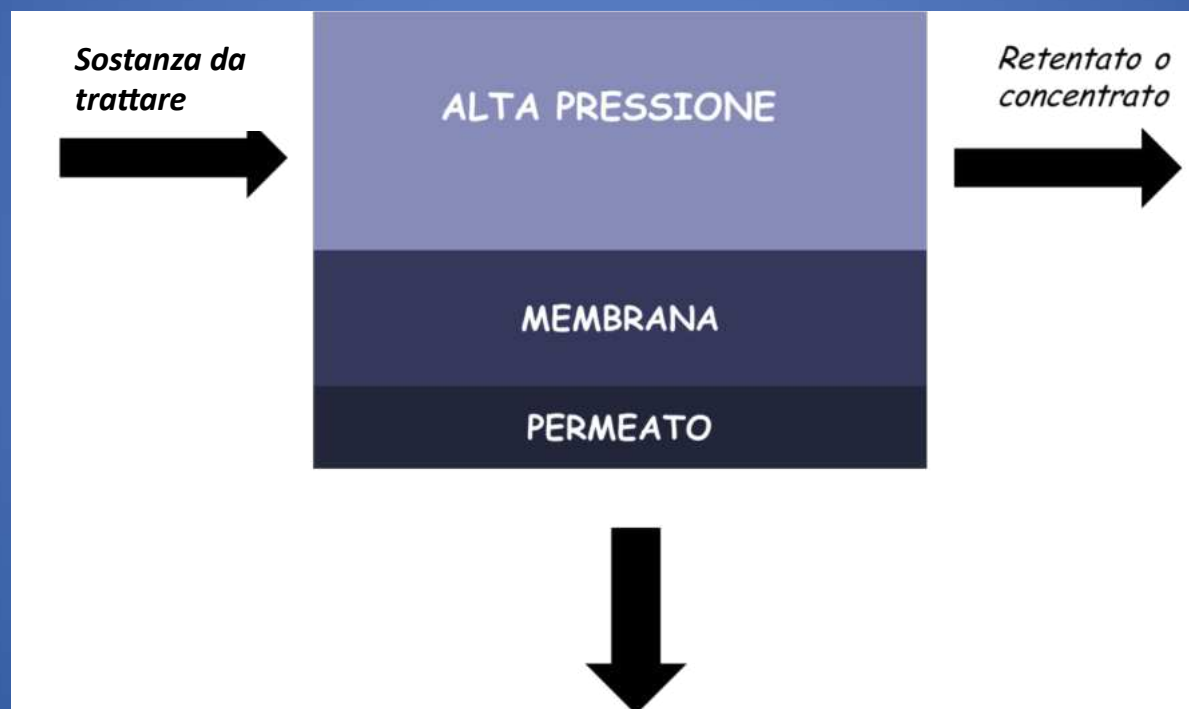
- E' un gas rinnovabile che si ottiene sottoponendo il biogas grezzo a un processo di purificazione detto **upgrading**. Il biogas grezzo può essere ottenuto dalla digestione anaerobica di diverse materie prime: **biomasse agricole** (sottoprodotti, scarti agricoli e deiezioni animali), **agroindustriali** (scarti della lavorazione della filiera alimentare) o della **frazione organica** dei rifiuti solido urbani (FORSU).
- Il processo di **upgrading** è un trattamento complesso che si compone di diverse fasi fra cui: -
 - **pretrattamento** seguito da una fase di **purificazione** per la rimozione degli inquinanti (es.: H_2S , H_2O , gocce di ilio, altri idrocarburi)
 - **separazione** del metano (CH_4) dall'anidride carbonica



- Sul mercato sono disponibili differenti tecnologie di upgrading del biogas, che si basano su diversi principi chimico-fisici legati alla separazione dei gas. Tra le più diffuse ed efficaci c'è quella della filtrazione a **membrane selettive** con l'utilizzo di particolari materiali polimerici che presentano una permeabilità selettiva alla separazione tra CH_4 e CO_2 e che garantiscono una perfetta purificazione dall'anidride carbonica, riducendo a percentuali quasi nulle le perdite di biogas.

Il biometano

La **separazione a membrana** è un processo fisico che prevede l'impiego di membrane semipermeabili, le quali possono essere considerate come speciali setacci che possiedono una trama molto fitta e consentono di trattenere le particelle più grandi e facendo passare quelle più piccole.



Campi di applicazione; settore caseario, enologico, potabilizzazione dell'acqua.

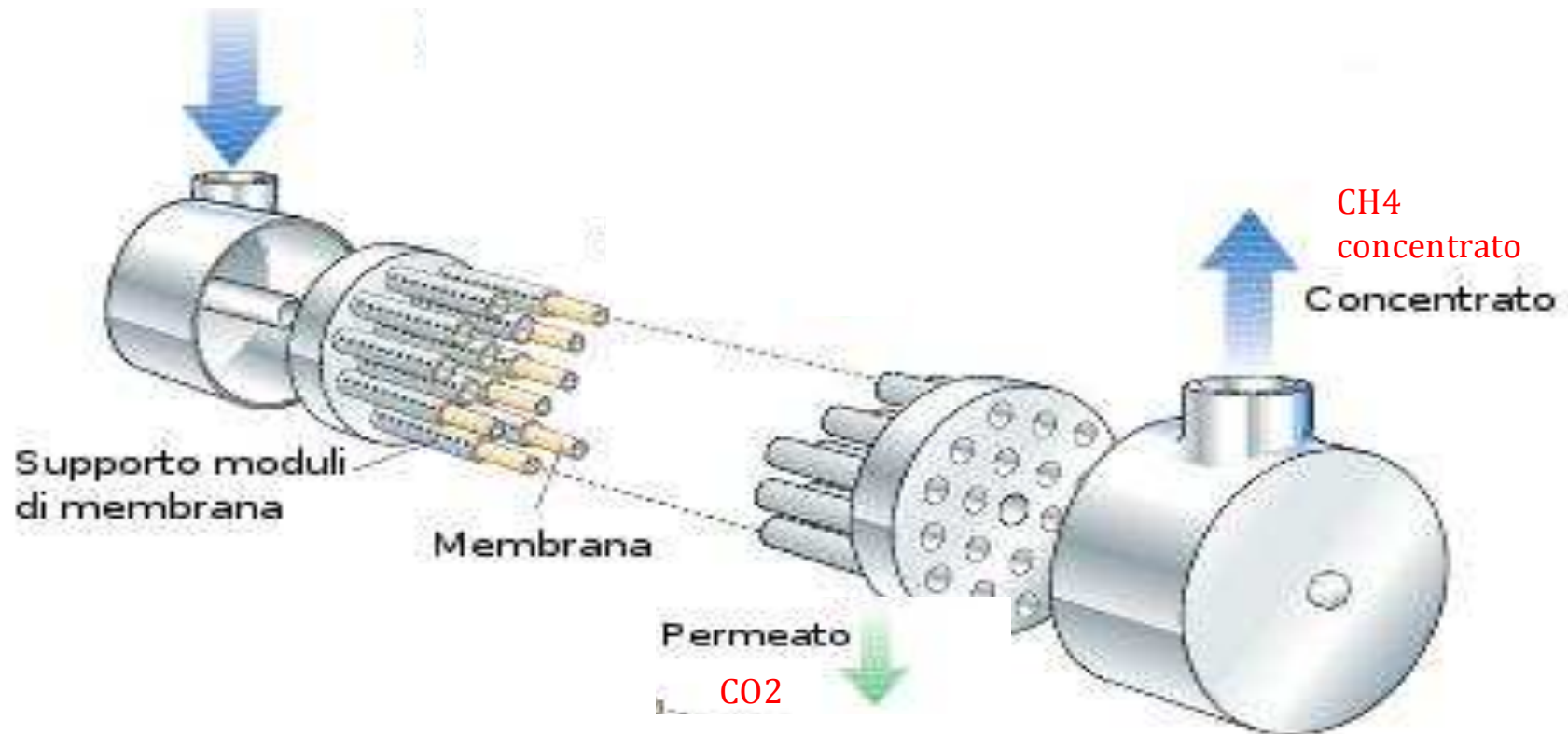
Il biometano

I principali processi di separazione a membrana si distinguono in base alla dimensione della porosità delle membrane e della pressione di esercizio:

- MICROFILTRAZIONE: porosità nominale compresa tra 100 e 200 Å, pressione esercitata fino a 5 bar.
- ULTRAFILTRAZIONE: porosità nominale tra 20 e 100 Å, pressione esercitata fino a 10 bar.
- NANOFILTRAZIONE: porosità nominale tra 10 e 20 Å, pressione esercitata fino a 50 bar.
- OSMOSI INVERSA: porosità nominale tra 1 e 10 Å, pressione esercitata tra 70 e 150 bar.
- Å = 0,1 nm

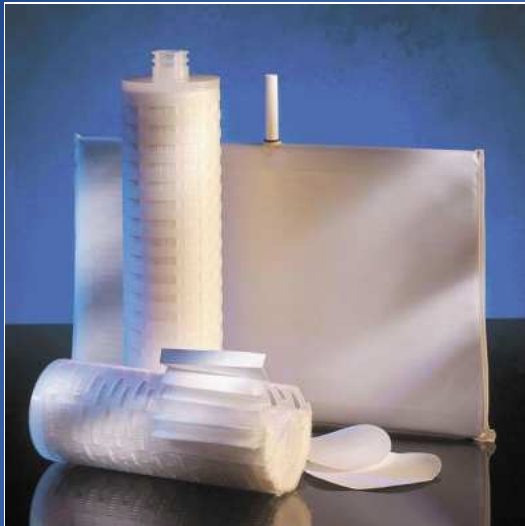
Il biometano

Biogas purificato da H_2O e H_2S

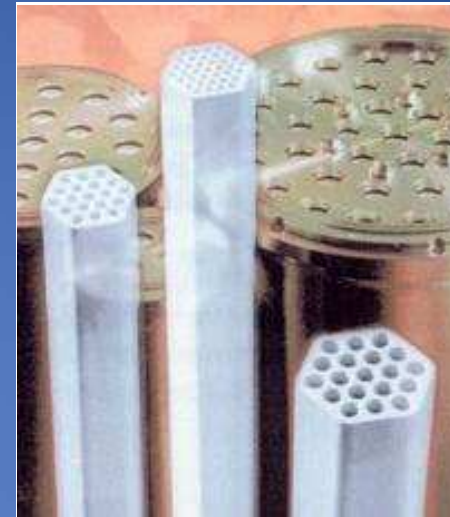


ESEMPIO DI UN SISTEMA DI FILTRAZIONE TUBULARE
CON MODULI DI MEMBRANA CERAMICI

Il biometano



1 *Membrana in polietilene*



2 *Membrana in metallo*



3

Figura 8. Sezione trasversale di membrane tubulari ceramiche

Nel caso del biometano vengono usate fibre cave combinate ad una serie di moduli a membrana paralleli (es.: 1 + 2) realizzati con materiali filtranti polimerici fra cui polisolfone, poliimmide o polidimetilsilossano

Il biometano



Esempio di batterie di filtri a membrane all'interno di uno skedd di un impianto a biometano

L'impianto di upgrading del biometano

(non c'è il cogeneratore, ma lo skid membrane per la filtrazione del biogas e l'estrazione del metano puro)



Il biometano

Ulteriori dati caratteristici:

Taglia ottimale di un impianto a biometano: 2 MW (2.000 kW) elettrici equivalenti seppure le tecnologie stiano avanzando verso una progressiva miniaturizzazione impiantistica

Costo orientativo di un impianto da 2 MW: 10 Mio€

Consumo di biomassa: circa 90 ton/giorno (**45 t/g/MW**) di sottoprodotti e colture vegetali

Tipo di autorizzazione necessaria: autorizzazione unica in conferenza dei servizi (art. 12, c. 3, Dlgs 387/2003)

Durata attuale dell'iter autorizzativo: 2 anni (in fase di diminuzione grazie ai provvedimenti normativi in fase di emanazione).

Obbligo di rispetto della emissioni in atmosfera secondo gli artt. 29/30/31 della Direttiva UE 2018/2001 «RED II» in vigore dal 30/06/2021 ovvero riduzione GHG - Greenhouse Gases fra il 65% (CH₄ per trasporti) e l'80% (CH₄ per usi finali).

Aiuti finanziari: contributi del PNRR a fondo perduto (max 40%) sul costo dell'opera usando almeno il 40% di reflui zootecnici; GSE: incentivo sul biometano venduto per 15 anni. I due aiuti, a certe condizioni, sono cumulabili.

AGROVOLTAICO o AGRIVOLTAICO

***come definito dalle Linee Guida in Materia di Impianti Agrivoltaici
(Ministero della Transizione Ecologica - Giugno 2022)***

***Integra in uno stesso spazio l'attività di generazione elettrica ottenuta con tecnologie
fotovoltaiche e l'attività di produzione agricola***

Com'è fatto un impianto agrivoltaico

Prevede le seguenti fasi principali:

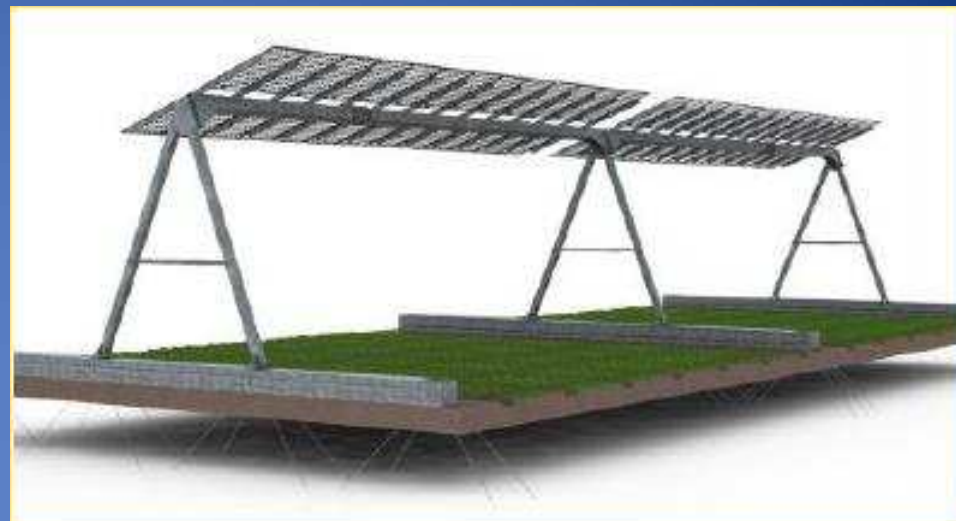
- installazione di pannelli fissi o mobili ad inseguimento monoassiale montati su supporti metallici infissi nel terreno generalmente senza necessità di alcun basamento in calcestruzzo;
- posizionamento in filari paralleli con orientamento nord-sud e distribuiti all'interno di una superficie predeterminata;
- i pannelli (nel caso in cui siano mobili) vengono opportunamente comandati da specifici software e ruotano progressivamente sull'asse longitudinale seguendo istantaneamente la posizione del sole onde assorbire la massima quantità di energia;
- l'energia elettrica prodotta viene inviata alle cabine di consegna ed immessa nella rete elettrica nazionale in media o alta tensione;
- possono avere una densità energetica per unità di superficie (MW/ha) diversa secondo l'attitudine a consentire lo svolgimento, sulla superficie sottesa, di attività agricole più o meno specializzate.

Agrivoltaico

Tipologie di pannelli fotovoltaici



Pannelli **PV** (Photovoltaic) fissi verticali **bifacciali** **inseguimento**



PV bifacciali ad



Pannelli **PV** fissi su coltura di piccoli frutti



Agrivoltaico

Tipologie di pannelli fotovoltaici



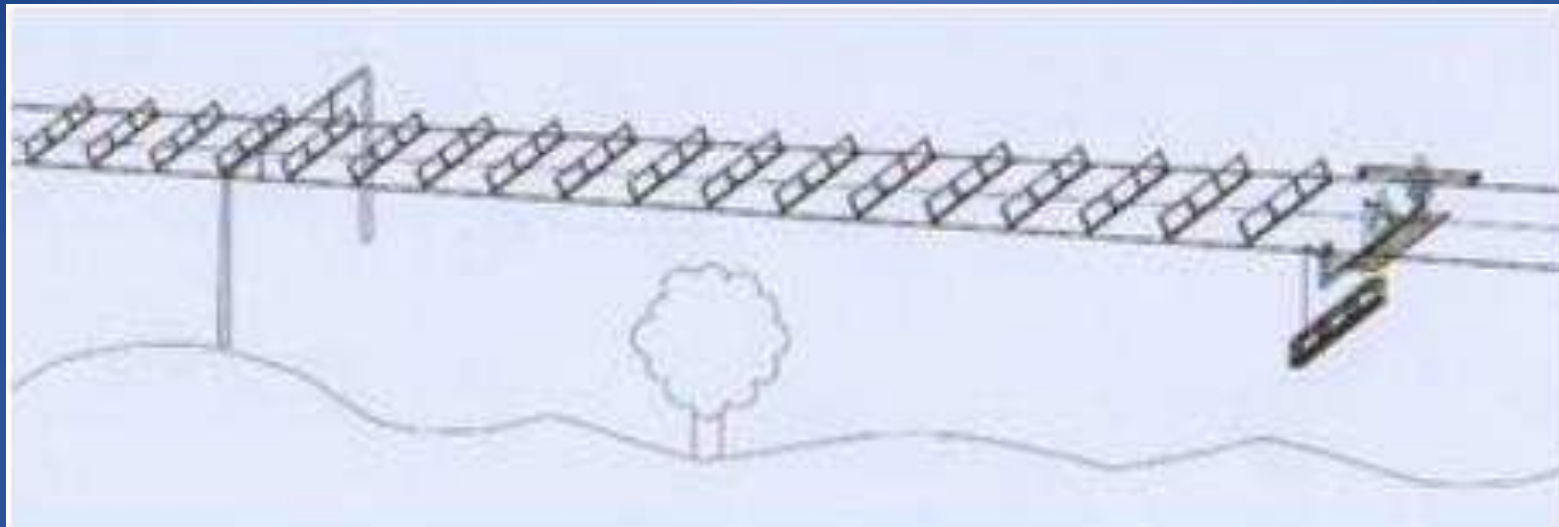
Su vigneto



Serra fotovoltaica di grandi dimensioni

Agrivoltaico

Tipologie di pannelli fotovoltaici



Fotovoltaico a terra

Tipologie di pannelli fotovoltaici



PV su superfici non produttive (canali irrigui)

Agrivoltaico

Tipologie di pannelli fotovoltaici



Impianti PV fissi abbinati ad allevamenti zootecnici al pascolo

Agrivoltaico

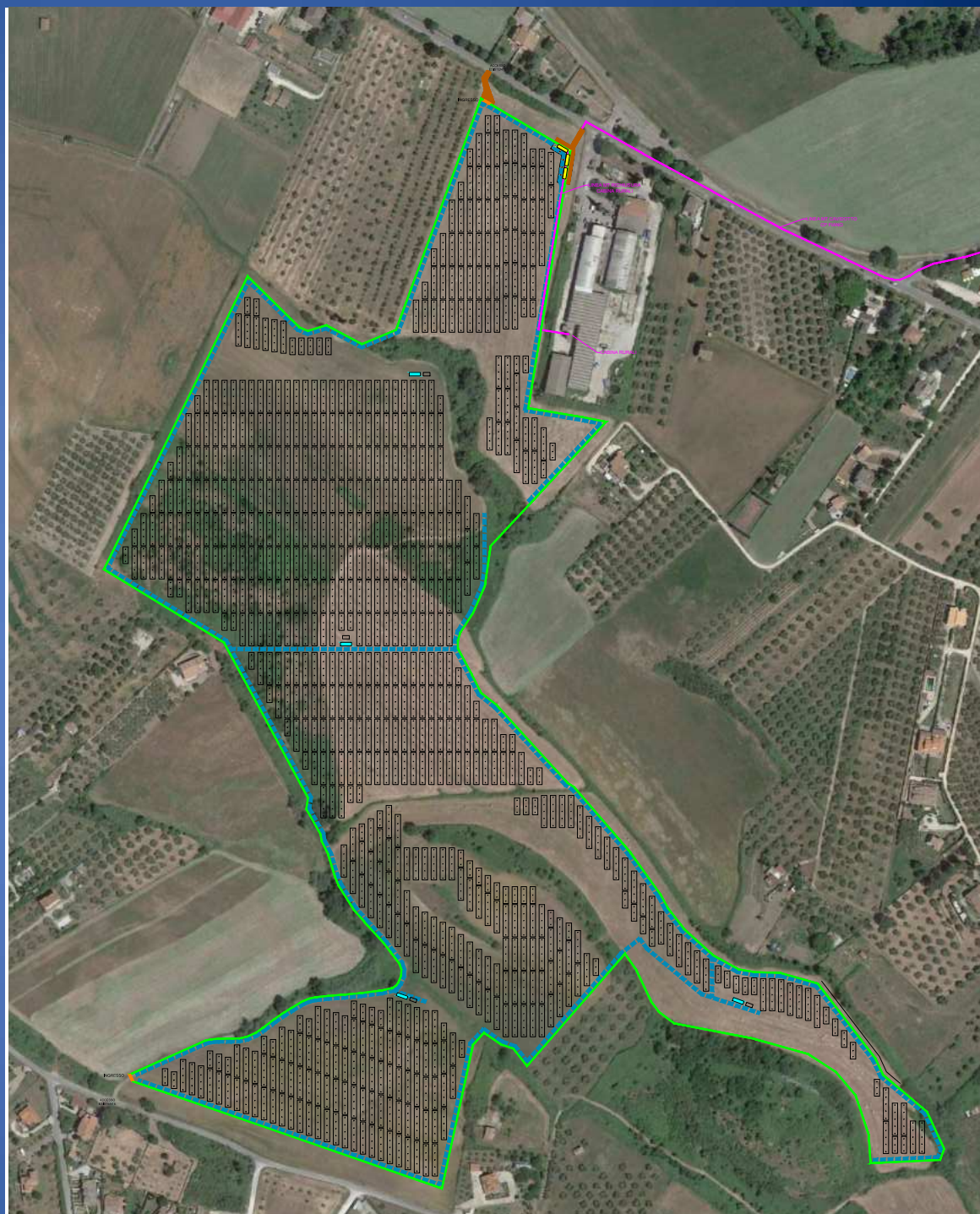
Esempio: impianto **APV**
(**Agriphotovoltaic**), monoassiale, ad
inseguimento.

Superficie ha 18,00

Potenza elettrica MW 18

(alta densità di potenza)

Consente di alimentare 4500
abitazioni



— Perimetro dell'impianto fotovoltaico

Agrivoltaico

Tracker monoassiali, ad inseguimento.



Figura 6. Particolari struttura di sostegno moduli

Agrivoltaico

Sezione di progetto: tracker monoassiali ad inseguimento,

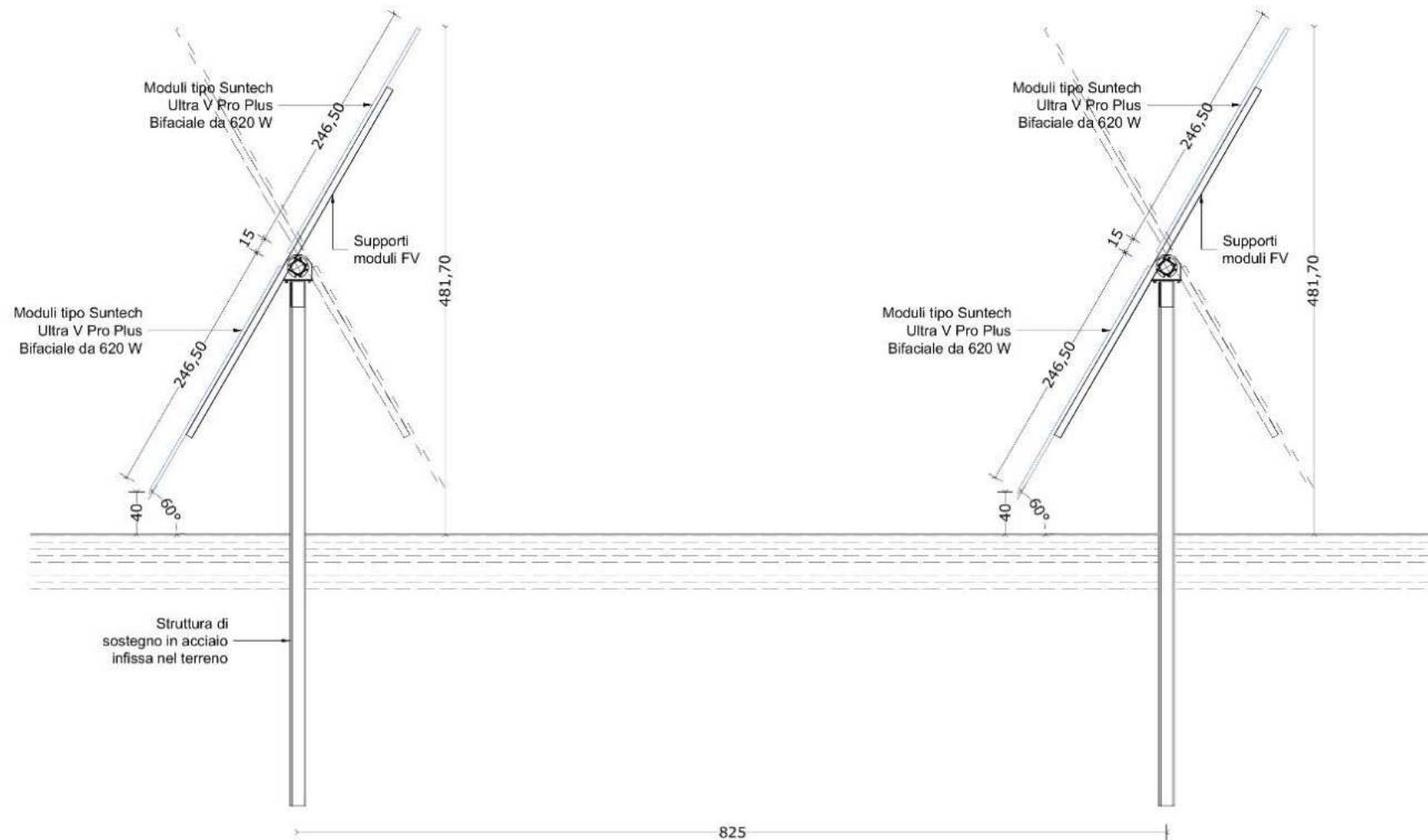
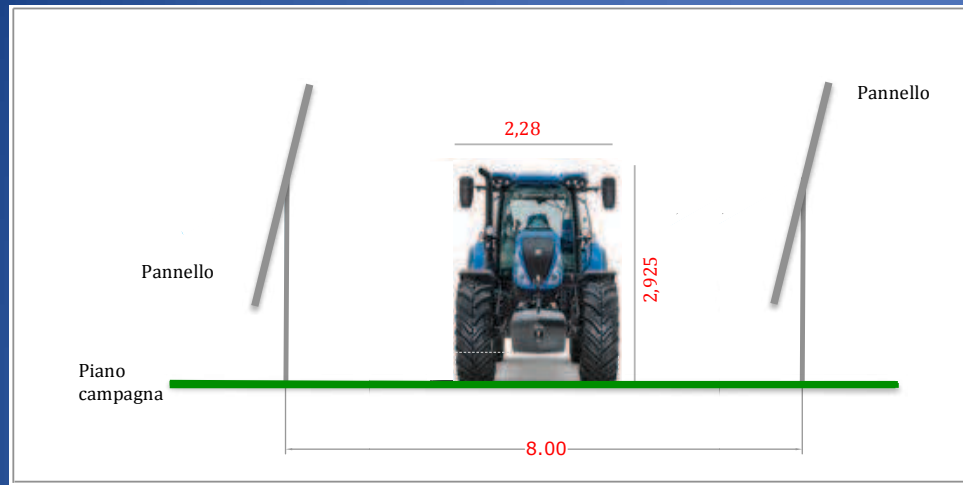


Figura 7. Particolari tracker - Posizioni

Agrivoltaico

Sezione di progetto con simulazione degli spazi di coltivazione destinati alla **meccanizzazione**



Mezzi più problematici:
macchine per la raccolta

carreggiata*

m 3,22-3,56

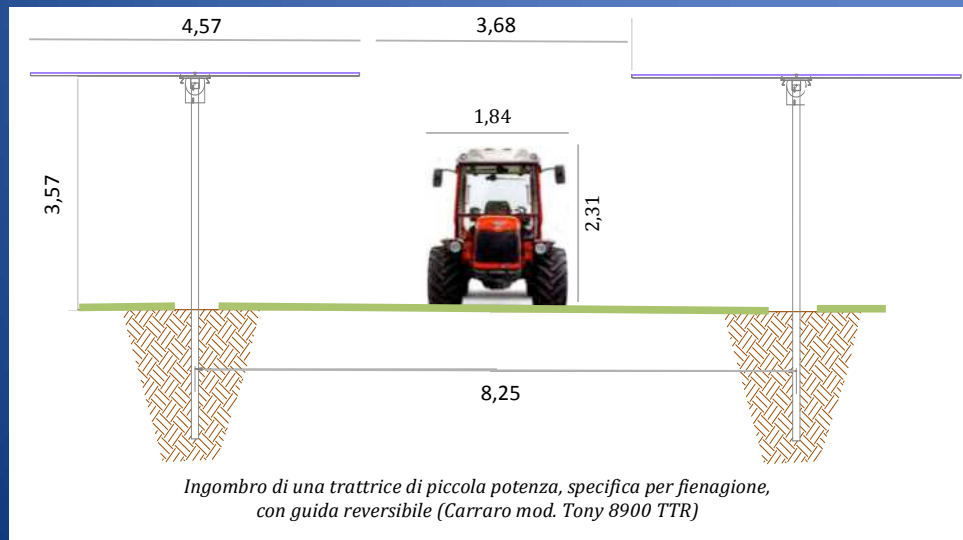
altezza*

m 3,70-5,80

larghezza barra*

m 6,8 (variabile)

* dipende da marca e modello



Mezzi meno problematici (trattori e
attrezzature portate/trainate)

Agrivoltaico

Integrazione dell'impianto PV con attività agricole

Attività agricola: ad esempio coltivazione di foraggere destinate alla filiera zootecnica in rotazione con frumento e soia... Oppure frutticole e vite...



Trifoglio

Tarassaco

Cumino dei prati

Meliloto

Erba Medica



Cereali autunno vernini
Altezza coltura m 0,8/1,0



Soia

Altezza coltura m 0,8/1,0



Frutteto

Altezza coltura m 2,50/3,00



Vigneto

Altezza coltura m 0,60/2,20

Agrivoltaico

Integrazione dell'impianto APV con attività agricole

Attività agricola n° 2: introduzione di ulteriori specie nettariifere arbustive e realizzazione di postazioni apistiche per la produzione di miele e **servizio ecosistemico**



Rosmarino



Frangula



Caprifoglio



Viburno



Apis Mellifera Ligustica su melo (Foto G.C. - 2006)



Esemplificazione di postazione apistica

Agrivoltaico

Integrazione dell'impianto PV con attività agricole

Attività agricola n° 3: coltivazione di specie officinali per l'estrazione di **fitocomplessi**



Calendula



Tagete



Camomilla



Rosa damascena

Agrivoltaico e Opere di Mitigazione

Opere di mitigazione ambientale lungo il perimetro di un impianto. Funzioni: mimetizzare l'impianto, arricchire di biodiversità l'ambiente, introdurre specie nettariifere, arricchire l'orizzonte paesaggistico (in calce un esempio di mitigazione di un impianto in provincia di Roma)

Naturaliforme

specie già presenti in sito come olmo, roverella, frassino ossifilo, beretta del prete, prugnolo e viburno; introduzione di leccio e olivo allevati a cespuglio

Rustica

L'elenco delle specie viene arricchito con la presenza dell'olivo potato con forma di allevamento produttiva e del cipresso; un tanto per conferire maggiore tipicità ad un contesto caratteristicamente agricolo come il vialetto di accesso al fabbricato rurale padronale

Peri Urbana

introduzione di un ulteriore specie caratteristica come il pino domestico a formare col cipresso gruppetti distanziati fra loro che, assieme a leccio, introducono elementi di paesaggio affini a quanto presente nei luoghi di rilevanza archeologica (scavi, ville romane). In coerenza con la tradizione di epoca storica legata agli *arbores urbanae* ovvero alle piante utilizzate dai Romani in ambito urbano per motivi legati all'estetica e alla produzione di frutti (l'olivo, il pino domestico, l'olmo e il cipresso).

