

Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe

3					
2					
1					
0					
Revision	Date	Comments	Elaborate	Verified	Approved

Client:



SCS 02 S.R.L.

Project:

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.5 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.5 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO 197

Documents:

Carbon Footprint

Brindisi, 29/05/2020

Ing. Volpe Angelo



SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fote fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 2 di 41	Data 29/05/2020

Indice

1. Premessa.....	3
2. Caratteristiche dell'impianto da realizzare.....	5
3. Emissioni evitate in atmosfera.....	6
3.1 Emissioni di "gas a effetto serra" diversi da CO2 ed altri inquinanti.....	8
3.2 Analisi e risultati della "decomposizione".....	10
4. Il "Carbonio" stoccato nel suolo e le pratiche di "coltivazione".....	15
4.1 "Agricoltura conservativa".....	17
4.2 Vantaggi e svantaggi della "agricoltura conservativa".....	19
4.3 Le emissioni ed il potenziale di sequestro di "carbonio" dai suoli.....	20
4.4 Le pratiche di gestione.....	23
4.5 Il calcolo della CO2 emessa e fissata e le modalità di contabilizzazione.....	24
4.6 Metodologia da applicare per la quantificazione della "CO2 Assorbita dal suolo".....	28
5. La "impronta di carbonio" (carbon footprint-CF) aggregata all'impianto in progetto.....	31
5.1 Premessa.....	31
5.2 La definizione dei riscontri analitici per la valutazione della "Carbon footprint".....	34
6. Considerazioni conclusive.....	39

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 3 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

1. Premessa

Con questa nota tecnica si intendono fornire ulteriori chiarimenti relativi al “beneficio ambientale” ed in particolare alla “Carbon footprint”, indotti dalla realizzazione dell’impianto fotovoltaico proposto dalla SCS 02 srl, della capacità produttiva di circa 12,5 MWp, da realizzare nell’ambito delle aree che sono, come di seguito, catastalmente identificate nell’ambito del territorio comunale di Brindisi ed in particolare nel Sito d’Interesse Nazionale (SIN) di Brindisi al Foglio n. 171 particelle 8, 9, 10, 21, 25, 532, 536, 677, 679, 681, 683, 685, 687, 689.

L’estensione globale dell’impianto, quale sommatoria delle richiamate particelle catastali, è pari a 439.321 mq. (43,93 Ha)

La sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore elettrico ha determinato un’evidente e riconosciuta riduzione delle emissioni di gas a “effetto serra”, nel confronto con la medesima produzione energetica da fonti fossili.

Fatto salvo che la statistica delle “emissioni” evitate è, con cadenza biennale, elaborata dal GSE per la pubblicazione della relazione nazionale sui progressi del Paese, ai sensi della Direttiva 2009/28/CE, in questa nota si è ritenuto opportuno considerare i riscontri rivenienti non tanto dall’ultima pubblicazione del GSE, quanto dai vari Rapporti elaborati, in particolare da ISPRA, e più in generale dalla bibliografia di settore.

Infatti, nel mentre la metodologia adottata da GSE prevede che ciascuna fonte rinnovabile sostituisca la quota di produzione fossile, che risulta marginale nel periodo di produzione (festivo, lavorativo di picco e non di picco), la metodologia adottata da ISPRA, in linea con la metodologia realizzata da EEA (2015), consiste nel calcolo delle emissioni nell’ipotesi che l’equivalente energia elettrica da fonti rinnovabili sia realizzata con il mix fossile.

Un altro aspetto sul quale si avrà modo di soffermarci è la così detta “impronta ambientale” prodotta dall’impianto che, se pur estremamente limitata nella “pressione”, con evidenti benefici delle quantità massicche immesse in atmosfera, ha una minima rilevanza se considerata nelle esclusive fasi di cantierizzazione e di decommissioning dell’impianto.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fote fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 4 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

In particolare, si è reso necessario approfondire considerazioni in merito alla capacità del “suolo” di immagazzinare “Carbonio” (carbon sink) che, con le introduzioni agricole previste dall’esperto, rendono tale aspetto estremamente positivo, a differenza di quanto avviene nell’attuale condizione di incolto e/o di coltivazione agricola tradizionale.

Di seguito si riportano dapprima considerazioni relative alla genericità del problema connesso al risparmio delle emissioni risparmiate e, nella seconda parte, si entra nel merito dell’impianto proposto dalla SCS 02 srl, con la quantificazione del contributo ambientale riveniente da un’impronta ambientale, per tale aspetto, del tutto positiva.

<i>SCS 02</i>	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fote fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 5 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

2. Caratteristiche dell'impianto da realizzare

L'impianto, da realizzare nell'area SIN posta nella porzione meridionale della perimetrazione effettuata dal Ministero dell'Ambiente con Decreto del 10/01/2000, è costituito da sottocampi, così come mostra la figura successiva, in cui si evidenzia; la perimetrazione, i sottocampi, le servitù di elettrodotto già presenti con le relative fasce di rispetto, i servizi interni di campo.

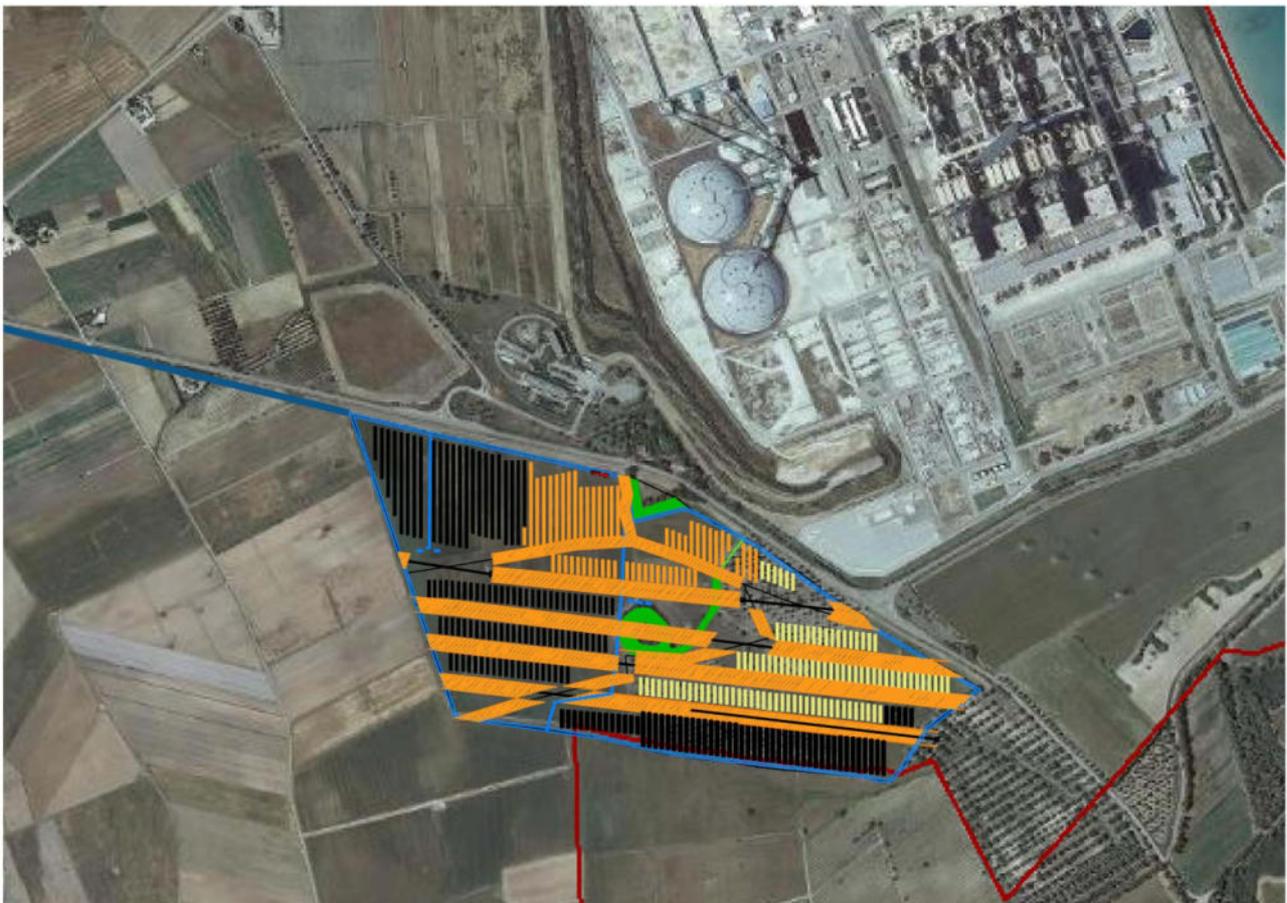


Figura 1 - Layout impianto su ortofotocarta

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 6 di 41	Data 29/05/2020

3. Emissioni evitate in atmosfera

La metodologia delle “emissioni evitate”, considerate in questa succinta analisi, fornisce valori differenti rispetto alla metodologia adottata dal GSE e ciò pur adottando un metodo di calcolo omogeneo per valutare l’impatto delle fonti rinnovabili nel settore elettrico, indipendente dall’influenza di fattori economici e contingenti che possono modificare i costi marginali dell’energia elettrica.

Il grafico di tabella n. 3 rende evidente che il contributo alla riduzione delle emissioni di “gas serra” è stato rilevante fin dal 1990, grazie al fondamentale apporto di energia idroelettrica e che negli ultimi anni la forbice tra “emissioni effettive” e “emissioni teoriche”, senza fonti rinnovabili, si allarga in seguito allo sviluppo delle medesime fonti rinnovabili non tradizionali.

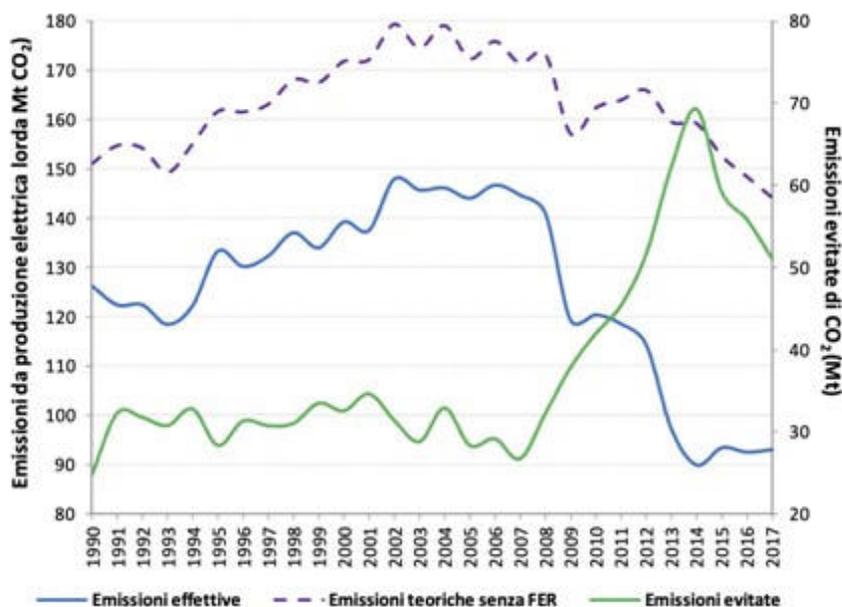


Figura 2.6 - Andamento delle emissioni effettive per la produzione lorda di energia elettrica e delle emissioni teoriche per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili con equivalente produzione da fonti fossili.

Dal grafico superiore si evince chiaramente che, dal 1990 fino al 2007, l’impatto delle fonti rinnovabili in termini di riduzione delle emissioni presenta un andamento oscillante intorno a un

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 7 di 41	Data 29/05/2020

valore medio di 92,6 Mt CO₂, parallelamente alla variabilità osservata per la produzione idroelettrica.

Successivamente lo sviluppo delle fonti non tradizionali ha determinato un'impennata dell'impatto con un picco di riduzione delle emissioni registrato nel 2014 quando, grazie alla produzione rinnovabile, non sono state emesse 162,2 Mt di CO₂.

Negli anni successivi e fino al 2017, si osserva una repentina diminuzione delle emissioni evitate parallelamente alla diminuzione della produzione elettrica da fonti rinnovabili; appare del tutto evidente che la riduzione è dovuta alla mancanza di incentivi statali.

La produzione elettrica da fonti rinnovabili del 2017 ha permesso di evitare l'emissione di 51 Mt di CO₂.

Considerando l'impatto delle fonti rinnovabili registrato in passato diventa utile osservare l'andamento delle emissioni evitate a partire dall'anno base 2005 quando la produzione rinnovabile da FER ha consentito di evitare l'emissione di 28,3 Mt CO₂.

La tabella successiva vengono riportate le emissioni annuali evitate al netto del valore registrato nel 2005.

Tabella 2.10 – Emissioni di CO₂ evitate (Mt) rispetto al 2005.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Emissioni evitate	0,8	0,0	3,9	9,5	13,6	17,0	23,3	33,9	40,9	30,8	27,5	22,7

E' evidente che negli ultimi anni l'impatto delle fonti rinnovabili, pur rimanendo rilevante rispetto al 2005, si sia sensibilmente ridotto rispetto al picco del 2014, confermando la riduzione degli investimenti nel campo delle FER, dovute alla frastuca eliminazione dei contributi statali.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 8 di 41	Data 29/05/2020

3.1 Emissioni di “gas a effetto serra” diversi da CO2 ed altri inquinanti.

La produzione di energia elettrica e calore comporta anche l'emissione in atmosfera di gas a effetto serra diversi dalla CO2 quali metano (CH4) e protossido di azoto (N2O) e di altri contaminanti atmosferici come previsti nell'Accordo di Kyoto.

Sebbene metano e protossido di azoto siano emessi in quantità estremamente limitata, rispetto all'anidride carbonica, questi gas sono caratterizzati da elevati potenziali di riscaldamento globale (25 per il metano e 298 per protossido di azoto).

La tabella successiva riporta le emissioni dei gas climalteranti in termini di “CO2 equivalente” per intervalli quinquennali a partire dal 2005, con i relativi “fattori di emissione”, a valle della considerazione dei rispettivi potenziali di riscaldamento globale dei due gas stimati da ISPRA, nel contesto dell'Inventario delle emissioni nazionali elaborato da ISPRA (2019).

Tabella 2.11 – Gas serra dal settore elettrico per la produzione di energia elettrica e calore (Mt CO_{2eq}).

Gas serra	2005	2010	2015	2016	2017
Anidride carbonica - CO ₂	156,8	134,2	106,4	105,9	106,1
Metano - CH ₄	0,16	0,17	0,23	0,23	0,23
Protossido di azoto - N ₂ O	0,48	0,51	0,56	0,56	0,53
GHG	157,4	134,8	107,1	106,7	106,9

La tabella di cui sopra evidenzia come le emissioni di CO2 siano diminuite con la maggiore produzione di energia elettrica da FER ed a partire dal 2005 e come, invece, si sia stabilizzata negli ultimi quinquenni per i minori investimenti effettuati e dovuti alla mancanza di incentivi statali.

E' del tutto evidente che la mancanza di incentivi viene a produrre una stasi nella realizzazione di impianti FER e, sostanzialmente, anche una stasi nella riduzione dei benefici ambientali.

Tabella 2.12 – Fattori di emissione di gas serra dal settore elettrico per la produzione di energia elettrica e calore (g CO_{2eq}/kWh*).

Gas serra	2005	2010	2015	2016	2017
Anidride carbonica - CO ₂	447,4	377,9	312,0	303,5	298,9
Metano - CH ₄	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6
Protossido di azoto - N ₂ O	1,4	1,4	1,6	1,6	1,5
GHG	449,2	379,8	314,3	305,7	301,0

* energia elettrica totale al netto dai pompaggi + calore in kWh

La precedente tabella riporta i “fattori di emissione”, del solo settore elettrico per la produzione di energia elettrica che, congiuntamente a quanto riportato nella tabella relativa

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 9 di 41	Data 29/05/2020

alle emissioni di “gas serra”, seguono l’andamento quinquennale connesso alla produzione energetica da FER.

Le emissioni di metano e protossido di azoto incidono da 0,4% a 0,7% sulle emissioni di gas serra totali provenienti dal settore elettrico per la produzione di elettricità e calore.

La quota emissiva dovuta alla sola produzione elettrica può essere stimata considerando la ripartizione di energia utilizzata negli impianti del settore.

Nella sottostante tabella è riportato il contenuto energetico dei combustibili utilizzati nell’intero settore elettrico dal 2005 per la produzione di energia elettrica e calore.

Tabella 2.13 – Contenuto energetico dei combustibili utilizzati nel settore elettrico (PJ).

Energia dei combustibili	2005	2010	2015	2016	2017
Settore elettrico	2.239	2.000	1.689	1.712	1.760
<i>per produzione di energia elettrica</i>	2.024	1.773	1.448	1.464	1.513
<i>per produzione di calore</i>	215	227	241	247	247

La combustione nel settore elettrico è inoltre responsabile delle emissioni in atmosfera di contaminanti che alterano la qualità dell’aria e, di seguito, sono riportate le emissioni dei principali contaminanti atmosferici quali ossidi di azoto (NO_x), ossidi di zolfo (SO_x), composti organici volatili non metanici (COVNM), monossido di carbonio (CO), ammoniaca (NH₃) e materiale particolato (PM₁₀).

Tabella 2.14 – Contaminanti atmosferici emessi dal settore elettrico per la produzione di energia elettrica e calore (kt).

Contaminanti atmosferici	2005	2010	2015	2016	2017
Ossidi di azoto - NO_x	129,0	102,3	86,3	82,9	80,7
Ossidi di zolfo - SO_x	183,9	79,0	32,5	25,0	22,6
Composti organici volatili non metanici - COVNM	18,0	25,3	26,7	29,1	29,7
Monossido di carbonio - CO	36,3	35,7	32,0	33,6	34,7
Ammoniaca - NH₃	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Materiale particolato - PM₁₀	5,9	3,4	2,0	2,0	1,9

Le emissioni dei contaminanti considerati sono diminuite dal 2005 eccetto per i composti organici volatili, i soli a mostrare un incremento delle emissioni e dei relativi fattori di emissione per unità di energia prodotta (+65,4% nel 2017 rispetto al 2005).

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 10 di 41	Data 29/05/2020

Di seguito si riportano i “Fattori di emissione” per i contaminanti atmosferici emessi dal settore di produzione di elettricità, per i quinquenni considerati a partire dal 2005.

Tabella 2.15 – Fattori di emissione dei contaminanti atmosferici emessi dal settore elettrico per la produzione di energia elettrica e calore (mg/kWh*).

Contaminanti atmosferici	2005	2010	2015	2016	2017
Ossidi di azoto - NO _x	368,2	288,1	253,1	237,7	227,4
Ossidi di zolfo - SO _x	524,7	222,5	95,4	71,7	63,6
Composti organici volatili non metanici - COVNM	51,3	71,3	78,4	83,5	83,8
Monossido di carbonio - CO	103,5	100,5	94,0	96,3	97,7
Ammoniaca - NH ₃	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5
Materiale particolato - PM ₁₀	16,9	9,6	6,0	5,6	5,4

* energia elettrica totale al netto dai pompaggi + calore in kWh

Di particolare rilievo, anche ai fini della qualità dell'aria, è la riduzione del fattore di emissione degli ossidi di zolfo che nel 2017 diminuisce del 87,9% rispetto al 2005.

L'emissione degli ossidi di zolfo è fondamentalmente dovuta ai combustibili solidi che negli ultimi anni sono utilizzati da impianti ad alta efficienza dotati di sistemi di abbattimento delle emissioni di zolfo.

I sistemi di abbattimento hanno contribuito, inoltre, alla significativa riduzione delle emissioni di ossidi di azoto e di materiale particolato, rispettivamente -38,2% e -68,2% dei valori registrati nel 2005.

3.2 Analisi e risultati della “decomposizione”.

L'analisi della decomposizione è una tecnica che consente di studiare la variazione di un “indicatore” in un determinato intervallo temporale, in relazione alla variazione dei suoi determinanti; in altre parole, la variazione di un parametro viene decomposta nella variazione dei parametri che lo determinano.

Recentemente questo tipo di analisi è stata estesa anche in campo ambientale, nell'ambito dell'analisi delle emissioni atmosferiche, al fine di comprendere le cause alla base delle variazioni.

In letteratura sono disponibili due principali tecniche di decomposizione: Structural decomposition analysis (SDA) e Index decomposition analysis (IDA), (Hoekstra, van der Bergh,

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fote fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 11 di 41	Data 29/05/2020

2003). Le due metodologie, sviluppate indipendentemente, presentano caratteristiche differenti sia in relazione all'ambito di applicazione, sia in relazione ai dati di cui necessitano; la principale differenza tra le due tecniche consiste nel modello dei dati utilizzato.

IDA può essere applicata solo a dati aggregati a livello settoriale in forma vettoriale e consente di valutare solo gli effetti diretti della variazione dei parametri determinanti, mentre SDA consente, sia l'utilizzo delle matrici input-output e la valutazione degli effetti indiretti, sia l'utilizzo dei dati settoriali.

Considerata la rilevanza della CO₂ tra i gas a effetto serra emessi per la generazione elettrica, la seguente analisi, effettuata con la metodologia SDA da ISPRA, è stata effettuata solo sulle emissioni di CO₂. I fattori considerati nell'analisi (tecnologia, tipologia di combustibile, fonti rinnovabili, produzione elettrica totale) concorrono alla riduzione delle emissioni atmosferiche, laddove l'incremento della produzione elettrica determina un effetto contrario, come riportato nel successivo grafico.

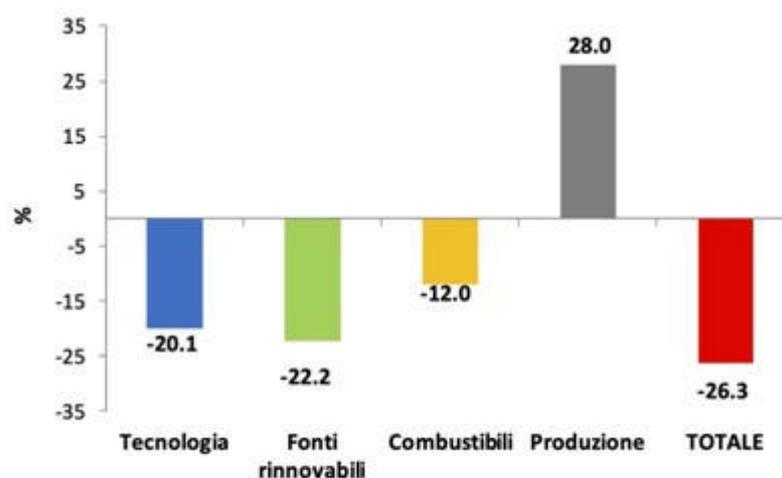


Figura 3.1 – Analisi di decomposizione delle emissioni atmosferiche di CO₂ nel periodo 1990-2017. E' riportato il contributo alla variazione delle emissioni atmosferiche rispetto al 1990 per i quattro fattori identificati e la variazione totale osservata nello stesso periodo.

I risultati dell'analisi mostrano che i fattori considerati (tecnologico, fonti rinnovabili, combustibile) contribuiscono alla riduzione delle emissioni atmosferiche di CO₂ rispettivamente

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 12 di 41	Data 29/05/2020

per il 20,1%, 22,2% e 12%, mentre l'incremento della produzione elettrica determina un aumento delle emissioni del 28%.

L'effetto cumulato dei quattro fattori ha determinato una riduzione delle emissioni atmosferiche di CO₂ nel 2017 del 26,3% rispetto alle emissioni osservate nel 1990 (-33,2 MtCO₂).

In altre parole, la riduzione dovuta alla variazione del fattore tecnologico (diminuzione dei fattori di emissione specifici dei combustibili fossili) nel periodo 1990-2017 sarebbe stata di 25,3 MtCO₂ qualora gli altri fattori fossero rimasti invariati.

La riduzione dovuta alla composizione di combustibili sarebbe stata di 15,2 MtCO₂, mentre l'incremento della quota di energia prodotta da fonti rinnovabili rispetto al 1990 avrebbe determinato una riduzione delle emissioni di 28 MtCO₂.

Tali effetti di riduzione delle emissioni sono "compensati" da un aumento netto della produzione di energia elettrica che avrebbe comportato un incremento delle emissioni atmosferiche di 35,3 MtCO₂, in assenza del contributo degli altri fattori.

Considerando le tipologie di combustibili, la riduzione della quota di prodotti petroliferi rappresenta di gran lunga il maggior contributo alla diminuzione delle emissioni atmosferiche, come riportato nella sottostante tabella.

Tabella 3.1 – *Analisi di decomposizione delle emissioni atmosferiche. E' riportato il contributo percentuale alla variazione delle emissioni atmosferiche nel periodo 1990-2017 per i quattro fattori identificati e la variazione totale osservata nello stesso periodo.*

Combustibili	Tecnologia	FER	Combustibili	Produzione elettrica	Totale
Solidi	-0,18	-5,69	-0,98	7,07	0,23
Gas naturale	-11,55	-7,91	34,27	9,47	24,29
Gas derivati	-0,79	-1,03	-1,91	1,32	-2,42
Prodotti petroliferi	-6,27	-7,14	-46,81	9,62	-50,61
Altri combustibili ^[1]	-1,28	-0,41	3,42	0,48	2,21
Totale	-20,07	-22,18	-12,01	27,96	-26,30

^[1] E' esclusa l'elettricità prodotta da rifiuti biodegradabili, biogas e biomasse di origine vegetale.

In relazione al contributo delle fonti rinnovabili alla riduzione delle emissioni atmosferiche è necessario sottolineare che a partire dal 2007 la crisi economica ha ridotto sensibilmente i consumi di combustibili fossili aumentando, nel contempo, la quota di fonti rinnovabili in seguito alla priorità di dispacciamento dell'energia elettrica prodotta da tali fonti.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 13 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

In ogni caso, ogni unità di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili (FER) contribuisce alla riduzione delle emissioni atmosferiche in maniera di gran lunga superiore a qualsiasi altro fattore, nell'ipotesi di sostituzione di una equivalente quantità di energia elettrica prodotta da qualsiasi fonte fossile.

L'applicazione della Index decomposition analysis con la metodologia LMDI proposta da Ang (2005) mostra risultati analoghi a quelli della Structural decomposition analysis con la metodologia proposta da Dietzenbacher e Los (1998).

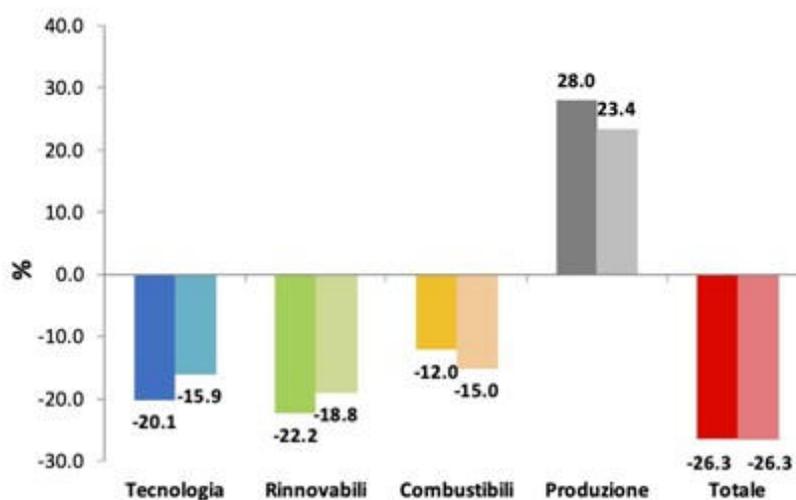


Figura 3.3 – Confronto dei risultati della analisi di decomposizione delle emissioni atmosferiche nel periodo 1990-2017 con metodologie SDA e IDA, rispettivamente la prima e la seconda barra per ciascun fattore.

Le due metodologie presentano differenti percentuali del contributo di ciascun fattore alla variazione delle emissioni di CO₂ nel periodo esaminato, ma mostrano essenzialmente la stessa struttura.

Dai risultati osservati si può concludere che la riduzione delle emissioni atmosferiche nel settore elettrico nel periodo 1990-2017 sia prevalentemente dovuta all'incremento della produzione elettrica da fonti rinnovabili e all'incremento dell'efficienza della trasformazione elettrica nel settore termoelettrico.

In definitiva, lo sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore elettrico ha subito un rilevante impulso negli ultimi anni nonostante l'arresto dell'andamento positivo osservato fino al 2014.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 14 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

La quota di energia elettrica rinnovabile rispetto alla produzione totale lorda è passata da 15,3% nel 2007 a 43,1% nel 2014 per scendere fino a 35,1% nel 2017.

Le prime stime per il 2018 mostrano una inversione di tendenza dovuta unicamente all'aumento della produzione idroelettrica.

Lo sviluppo dell'energia elettrica rinnovabile consegue le politiche di riduzione delle emissioni di gas serra e di incremento delle fonti rinnovabili rispetto ai consumi finali.

Tale incremento è stato possibile attraverso diverse misure quali: incentivazione delle fonti rinnovabili nel settore elettrico e priorità di dispacciamento dell'energia elettrica da fonti rinnovabili; pertanto, a partire dal 2007 la crisi economica ha ridotto drasticamente i consumi totali aumentando nel contempo la quota delle fonti rinnovabili.

Per quanto riguarda le emissioni atmosferiche del settore elettrico si osserva una rapida diminuzione dei fattori di emissione di CO₂ per la generazione elettrica.

I risultati dell'analisi della decomposizione possono essere sintetizzati come segue:

- le emissioni di CO₂ sono diminuite da 126,2 Mt nel 1990 a 93 Mt nel 2017, mentre la produzione lorda di energia elettrica è passata nello stesso periodo da 216,6 TWh a 295,8 TWh; i fattori di emissione di CO₂ per la generazione di energia elettrica mostrano quindi una rapida diminuzione nel periodo 1990-2017. Considerando anche le emissioni dovute alla produzione di calore nel 2017 le emissioni di CO₂ del settore elettrico ammontano a 106,1 Mt;
- le emissioni di CH₄ e N₂O incidono da 0,4% a 0,7% sulle emissioni di gas serra totali provenienti dal settore elettrico per la produzione di elettricità e calore;
- i fattori di emissione dei principali contaminanti atmosferici emessi dal settore elettrico mostrano una costante diminuzione. In particolare, si registrano significative riduzioni rispetto al 2005 dei fattori di emissione di ossidi di zolfo (-87,9%), ossidi di azoto (-38,2%) e materiale particolato (-68,2%).
- l'analisi della decomposizione mostra che, storicamente, l'aumento dell'efficienza tecnologica nel settore termoelettrico e il connesso incremento della quota di gas naturale,

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 15 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

hanno avuto un ruolo dominante nella diminuzione delle emissioni di CO₂, mentre negli ultimi anni il significativo incremento della quota di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili assume un ruolo prevalente rispetto agli altri fattori considerati.

I fattori di emissione nel settore della generazione e del consumo di energia elettrica sono indispensabili per la programmazione e il monitoraggio di iniziative volte alla riduzione delle emissioni di gas serra che coinvolgano il settore elettrico, in relazione alle strategie di sviluppo del settore a livello nazionale e alle misure di risparmio energetico che è possibile adottare anche a livello locale.

Il potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra può essere valutato solo attraverso la conoscenza dei fattori di emissione per la produzione di energia elettrica dalle diverse fonti energetiche e la quantificazione del contributo dei fattori determinanti la variazione delle emissioni atmosferiche.

I “fattori di emissione” forniti nel presente studio consentono di effettuare una stima delle emissioni di CO₂ evitate in seguito al contributo di diverse componenti e l’analisi della decomposizione fornisce una quantificazione del relativo contributo.

In termini pratici, utilizzando i “fattori di emissione” per i consumi elettrici stimati per il 2017, il risparmio di un kWh a livello di utenza media consente di evitare l’emissione in atmosfera di un quantitativo di CO₂ pari al rispettivo fattore di emissione nazionale, ovvero 308,1 g, mentre la sostituzione di un kWh prodotto da fonti fossili, con uno prodotto da fonti rinnovabili, consente di evitare l’emissione di 491 g CO₂.

Tali dati possono essere utili per valutare, in termini comparativi, le prestazioni di diversi interventi nel settore elettrico.

4. Il “Carbonio” stoccato nel suolo e le pratiche di “coltivazione”.

Il sequestro di carbonio nei suoli e nelle foreste è una delle strategie che potrebbero essere applicate a larga scala per sottrarre CO₂ dall’atmosfera; questo aspetto è stato oggetto di numerosi studi e di alcune iniziative politiche.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 16 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

L'interesse per il potenziale di stoccaggio nei suoli è legato al fatto che il suolo costituisce il più grande serbatoio di "carbonio terrestre", pari a circa tre volte il contenuto attuale di carbonio dell'atmosfera, 4 volte l'ammontare delle emissioni antropogeniche cumulate e 250 volte l'ammontare delle emissioni da combustibile fossile annuali.

Incrementare il contenuto di "carbonio nel suolo", anche di poco in termini percentuali, può rappresentare un sostanziale contributo alla sottrazione di CO₂ dall'atmosfera; allo stesso modo una perdita di carbonio costituisce un ostacolo a obiettivi ambiziosi di mitigazione del cambiamento climatico.

Il suolo può quindi essere considerato un'arma a doppio taglio nei confronti del bilancio del carbonio (FAO, 2017 b).

Le strategie di sequestro di carbonio nei suoli, che fanno affidamento sulle pratiche di gestione agricola e che verranno di seguito descritte (minima lavorazione, colture di copertura, input da effluenti zootecnici, ecc.) possono contribuire a soddisfare tale domanda, introducendo benefici ausiliari di sequestro di carbonio: per questo motivo il sequestro di carbonio nei suoli è considerato una strategia win-win.

In ciò ricade la pratica di coltivazione dei suoli posti nell'area d'imposta di un impianto fotovoltaico che, come rilevato e riportato al Capitolo n. 2 di questa relazione, rimane utile per almeno il 94-96% della superficie occupata dall'impianto.

La messa a confronto fra un sistema di gestione dei suoli attraverso la "agricoltura tradizionale", con sistemi di gestione di "agricoltura conservativa", ha evidenziato quanto quest'ultima sia molto più efficace nella funzione di contenimento del "carbonio" nel suolo.

La relazione dell'Agronomo, allegata al progetto pone in evidenza la necessità di utilizzare la "cover crop" o "coltura di copertura", quale "agricoltura conservativa", con la posa a coltura, al di sotto delle stringhe fotovoltaiche e nelle aree disponibili, essenze di leguminose, come trifoglio e veccia, che verranno costantemente trinciate e lasciate al suolo; ciò produrrà un effetto migliorativo ad opera degli azoto-fissatori simbiotici ed un importante incremento di sostanza organica dovuto all'effetto pacciamante delle ripetute trinciature, oltre che aumentare la capacità di stoccaggio di carbonio nel suolo (carbon sink).

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 17 di 41	Data 29/05/2020

Nella tabella successiva sono riportati i maggiori serbatoi terrestri, confrontati con l'emissione annua e cumulata di carbonio.

Tabella 1 – Dimensioni dei maggiori serbatoi di carbonio terrestri e confronto con l'emissione annua e cumulata di carbonio

Serbatoio	Contenuto di carbonio	Fonte
Suolo (< 40 cm di profondità)	800 Gt C	Le Quéré et al., 2016
Suolo (< 1 m di profondità)	1500 ± 230 Gt C	
Suolo (< 2 m di profondità)	2400 Gt C	Paustian et al., 2016
Atmosfera	829 ± 10 Gt C	Ciais et al., 2013
Emissione cumulata di C nel periodo 1750-2011	555 ± 85 Gt C	
Emissione cumulata di C da combustibili fossili e produzione di cemento nel periodo 1750-2011	375 ± 30 Gt C	
Emissione cumulata di C dalla variazione degli usi del suolo nel periodo 1750-2011	180 ± 80 Gt C	
Emissione di C da combustibili fossili e produzione di cemento nel 2011	9,5 ± 0,8 Gt C/anno	

La “Sostanza Organica nel Suolo” (SOM) è composta da una miscela di sostanze organiche parzialmente decomposte e gioca un ruolo fondamentale in molte funzionalità del suolo e in molti servizi ecosistemici come l'attenuazione (buffering) del cambiamento climatico, il supporto alla produzione di generi alimentari, la regolazione della disponibilità delle risorse idriche e altro.

Cambiamenti nella quantità o nella qualità di SOM influiscono sulla capacità dei suoli di garantire tali servizi ecosistemici, rendendo necessaria una gestione oculata dei terreni agricoli.

La gestione della sostanza organica, che è composta per circa il 58% da “carbonio organico”, con pratiche di gestione agricole e di uso del suolo sostenibili è universalmente riconosciuta come strategia di ripristino dello stato di salute dei suoli che permette di combattere il degrado ambientale (land degradation) e la desertificazione, incrementando la resilienza degli ecosistemi agricoli al cambiamento climatico (FAO, 2107a).

4.1 “Agricoltura conservativa”.

La “agricoltura conservativa”, come proposta dall'Esperto agronomo per le aree dell'impianto fotovoltaico non interessate da strutture di servizio, si riferisce a tutte quelle pratiche che

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 18 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

minimizzano l'alterazione della composizione, della struttura e della naturale biodiversità del suolo, salvaguardandolo dall'erosione e dalla degradazione.

Rispetto ai metodi di "agricoltura tradizionale" si distingue per il non utilizzo dell'aratura o di tutte le pratiche che prevedono un rimescolamento degli strati del terreno che nel medio o lungo periodo portano a una riduzione della sostanza organica nei suoli.

La perdita di sostanza organica nei suoli provoca una destrutturazione del suolo che crea croste e compattamenti che ne favoriscono l'erosione e la perdita di "carbonio" dalla "carbon silk" che altro non è che una trappola per il contenimento del "carbonio" stesso.

Tra le pratiche riconosciute di "agricoltura conservativa" si possono individuare la minima lavorazione e la semina su sodo o non lavorazione che non prevede lavorazioni di movimentazione del suolo, se non la semina.

Un suolo coltivato attraverso minime lavorazioni o non lavorazioni, sul quale vengono rilasciati residui colturali, costituirà uno strato superficiale di protezione dall'azione erosiva prodotta dalle precipitazioni atmosferiche e dal vento e stabilizzerà il suolo per quel che riguarda il contenuto idrico e la temperatura, oltre che eviterà la fuoriuscita del carbonio e degli altri elementi che sono intrappolati e che contribuiscono all'effetto serra ed alle variazioni climatiche.

Questo strato a sua volta diviene un habitat per insetti, funghi, batteri e altri organismi che macerano i residui e li decompongono, fino a creare humus che stabilizza e struttura il suolo.

Gli scopi che inducono a utilizzare un'alterazione minima del suolo, tramite la semina su sodo o la lavorazione ridotta del terreno, sono quelli di preservare la struttura, la fauna e la sostanza organica del suolo.

Il terreno sottoposto a pratiche di "agricoltura conservativa", nei periodi tra una coltura e quella successiva, viene mantenuto coperto (colture di copertura, residui e coltri protettive) per proteggere il terreno e contribuire all'eliminazione delle erbe infestanti.

Sono privilegiate associazioni e rotazioni colturali diversificate, che favoriscono lo sviluppo dei microrganismi del suolo e combattono le erbe infestanti, i parassiti e le fitopatologie.

Il rimescolamento del terreno è lasciato all'opera della fauna terricola e degli apparati radicali delle colture.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fote fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 19 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

La fertilità del terreno (nutrienti e acqua) viene gestita attraverso la copertura del suolo, le rotazioni colturali e la lotta alle erbe infestanti. Sono tuttavia accettati l'utilizzo di concimi naturali.

4.2 Vantaggi e svantaggi della “agricoltura conservativa”.

I vantaggi della “agricoltura conservativa” riguardano principalmente la ridotta perdita di suolo, un minor livello di emissioni di CO₂, CH₄ e N₂O legato a fattori di iniezione degli effluenti e non rivoltamento degli strati e una minore perdita di inquinanti nelle acque grazie alla minore perdita di suolo e la copertura dello stesso.

Fattori collegati e dipendenti sono l'accumulo di “carbonio” nei suoli, una maggior presenza di fauna terricola e quindi una maggiore biodiversità.

Inoltre, le tecniche di “agricoltura conservativa” consentono di abbattere la spesa energetica e di ridurre i costi di produzione.

Vantaggi e svantaggi dell'agricoltura conservativa sono desunti dal sito FAO sulla “agricoltura conservativa”, quali:

- si crea un sistema sostenibile nel tempo in grado di incrementare la fauna nei suoli e aumentare così la biodiversità del terreno coltivato senza influire, nel lungo periodo, sulle produzioni;
- i suoli diventano un luogo di “stoccaggio di carbonio” contribuendo così a ridurre le emissioni di CO₂ equivalenti ed a mitigare il riscaldamento globale. Gli agricoltori che applicano tecniche di agricoltura conservativa potrebbero essere considerati a tutti gli effetti dei produttori di “crediti di carbonio”;
- l'aratura o il rivoltamento delle zolle richiedono alle macchine agricole una grande potenza, da rapportare con la tessitura e struttura del suolo che si traduce in alti consumi di combustibile.

Attraverso la non lavorazione o la minima lavorazione si possono ridurre i consumi di carburante del 30% - 40% (fonte FAO); i suoli sottoposti ad “agricoltura conservativa” hanno un minore run-off (scorrimento di acqua sul terreno) in ragione dei residui lasciati sui terreni e di conseguenza sono soggetti a una minore erosione.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 20 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

La maggior copertura del suolo ne incrementa la disponibilità idrica attraverso la riduzione dell'evaporazione che avverrebbe dal suolo nudo; l'agricoltura conservativa richiede minori ore di lavoro per gli agricoltori principalmente per la preparazione del terreno e per la semina. Sul lungo periodo riduce i costi di investimento e manutenzione dei macchinari.

D'altra parte, si riscontrano alcuni svantaggi:

- l'acquisto di macchinari nuovi certificati per l'agricoltura conservativa può essere uno sforzo non sostenibile dall'agricoltore, anche se esistono finanziamenti legati al PSR sull'ammodernamento delle aziende agricole;
- nel passaggio da "agricoltura convenzionale" ad "agricoltura conservativa" sono necessari tempi variabili, fino a che il sistema non sia completamente abituato alle nuove dinamiche e pratiche agricole;
- è necessario un periodo di apprendimento per gli agricoltori che intendano passare da "agricoltura convenzionale" ad "agricoltura conservativa";
- le rese in un primo periodo si riducono per arrivare in seguito a dei livelli simili o di poco inferiori a quelle ottenute con tecniche convenzionali, ma compensate dai minori costi delle minime lavorazioni;
- in alcune zone con pratiche di irrigazioni a scorrimento o inondazione le tecniche conservative sono di più difficile introduzione.

4.3 Le emissioni ed il potenziale di sequestro di "carbonio" dai suoli.

La dimensione e l'evoluzione temporale del contenuto di "carbonio organico" nel suolo è governata da un "bilancio del carbonio" che prende in considerazione fattori positivi (dovuti alla somma di contributi endogeni quali residui colturali, radici ed essudati radicali e contributi esogeni quali l'aggiunta di materiali vegetali, di ammendanti organici, di fertilizzanti e di concimi) e fattori negativi (dovuti alle perdite per mineralizzazione e per respirazione microbica).

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fote fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 21 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

Il contenuto di “carbonio organico” in un suolo può quindi essere incrementato aumentando i quantitativi in input o riducendo i tassi di decomposizione, determinando così una rimozione netta di CO₂ dall’atmosfera.

Le principali emissioni di CO₂ del settore agricolo sono dovute alle perturbazioni antropogeniche sul suolo introdotte dalle pratiche agricole. L’aratura favorisce il processo di mineralizzazione soprattutto attraverso la disgregazione fisica degli aggregati che espone il carbonio alla decomposizione mediata dai microorganismi ed alla perdita in atmosfera.

La dinamica, e in particolare la perdita, del contenuto di carbonio nei terreni agricoli è inoltre incrementata da svariati fenomeni di degrado.

Questi fenomeni possono avere natura fisica, chimica o biologica e a loro volta dipendono da numerosi fattori che spaziano dalle pratiche di gestione del suolo alle condizioni climatiche ed alle caratteristiche strutturali dei suoli, parametri sito-specifici soggetti ad elevata variabilità.

La maggior parte dei suoli agricoli presenta un contenuto minore del quantitativo potenziale, in funzione delle specifiche condizioni climatiche e delle caratteristiche dei suoli.

Le perdite di carbonio in alcuni terreni sono dell’ordine dei 30-40 t C/ha, o da metà a due terzi del quantitativo storico.

Tra tutti i fenomeni di degrado del suolo, l’erosione è quello che comporta un impatto maggiore nella diminuzione del contenuto di carbonio.

Una gestione migliorata del suolo può ridurre sostanzialmente le emissioni di gas ad effetto serra ed immagazzinare nei suoli parte della CO₂ rimossa dall’atmosfera dalle piante, sotto forma di sostanza organica.

In aggiunta alla diminuzione delle emissioni di gas ad effetto serra e al sequestro di carbonio, una gestione migliorata del suolo che incrementi la sostanza organica e regoli il ciclo dell’azoto (con l’agricoltura conservativa) può indurre delle importanti sinergie, quali un aumento della fertilità e della produttività, un aumento della biodiversità, una riduzione di fenomeni di erosione, inquinamento e ruscellamento e un aumento della resilienza delle colture e dei pascoli al cambiamento climatico.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 22 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

In definitiva quindi, con il termine “soil C sequestration” si fa riferimento in letteratura al processo di “sequestro della CO₂ atmosferica” da parte delle piante ed al suo processo di immagazzinamento sotto forma di sostanza organica (soil organic matter, SOM): il fine ultimo è ottenere un incremento del quantitativo di carbonio nel suolo.

Il processo si compone di tre sottoprocessi successivi:

1. rimozione di CO₂ dall'atmosfera per fotosintesi;
2. trasformazione del “carbonio” sotto forma di biomassa;
3. trasferimento del “carbonio” da biomassa al suolo, dove è immagazzinato sotto forma di SOC (Carbonio Organico del Suolo) nel pool più labile.

A questo fine è importante approfondire la comprensione della distribuzione del carbonio con la profondità del suolo e le conoscenze della dinamica del processo di incapsulamento in micro-aggregati, che proteggono il carbonio da processi di consumo per via microbica e ne aumentano il tempo di residenza nel suolo.

Vari sviluppi della ricerca scientifica sono indirizzati allo studio della risposta nella distribuzione verticale del carbonio nei suoli in funzione delle diverse tipologie di colture e delle rispettive lunghezze di penetrazione delle radici nel suolo.

Dall'introduzione delle pratiche di agricoltura intensiva ad oggi una grande porzione dei suoli sono stati soggetti ad una continua perdita di carbonio ed i relativi stock sono diminuiti di pari passo.

La conversione di questi suoli a usi più “conservativi” e l'adozione di opportune pratiche di gestione (agricoltura conservativa) possono determinare un consistente sequestro di carbonio.

A parità di altri fattori il potenziale di sequestro di carbonio a livello mondiale è maggiore per suoli degradati ed ecosistemi desertificati e minore per le foreste, con valori intermedi per le altre tipologie, secondo l'ordine indicato in Lal (2004):

Suoli degradati ed ecosistemi desertificati > Terreni agricoli > Pascoli > Foreste.

La maggior parte dei terreni agricoli è stato soggetto a perdite di “carbonio organico” che si pensa possano essere recuperate nel corso dei prossimi 25-50 anni.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 23 di 41	Data 29/05/2020

Circa il 33% dei suoli mondiali risulta soggetto a degrado ed i suoli di molti ecosistemi agricoli hanno subito perdite del 25-75% del contenuto di carbonio originario, per un quantitativo stimato in circa 42-78 Gt C, mentre la capacità di recupero è stata individuata in circa 21-51 Gt C (FAO, 2017a).

La ricerca scientifica si sta focalizzando sulla determinazione dei ratei di sequestro e su una valutazione delle incertezze relative a queste misure.

In ogni caso, le potenzialità future di sequestro di carbonio dipendono da numerosi fattori tra i quali la tipologia di suolo, il contenuto iniziale di carbonio, il clima e le pratiche di gestione.

4.4 Le pratiche di gestione.

Il contenuto di carbonio nei suoli agricoli può essere incrementato adottando le cosiddette “pratiche di gestione raccomandate” (“Recommended Management Practices”, RMP), (Lal, 2004); qui di seguito, alla Tabella n. 14, si riporta una descrizione delle singole RMP.

Tabella 2 – Confronto tra pratiche di gestione ordinarie e le pratiche di gestione raccomandate in relazione al sequestro di carbonio (Lal, 2004)

Metodi ordinari/convenzionali	Pratiche di gestione raccomandate (RMP)
Combustione delle biomasse e rimozione dei residui colturali	Recupero dei residui come paccame di superficie
Aratura convenzionale	Minima lavorazione, no-till e pacciamatura
Maggese	Colture di copertura (cover crops)
Monocoltura continua	Rotazione ad elevata diversità
Agricoltura di sussistenza a bassi input	Gestione mirata degli input
Utilizzo intenso di fertilizzanti	Gestione integrata dei nutrienti con fertilizzanti organici ed agricoltura di precisione
Agricoltura intensiva	Integrazione del pascolo (e di colture prative poliennali e/o dell'agroforestazione) negli ordinamenti colturali
Irrigazione superficiale	Irrigazione a goccia o sub-irrigazione
Utilizzo indiscriminato di fitofarmaci	Gestione integrata delle infestanti
Coltivazione di terreni marginali	Programmi conservativi, recupero di suoli degradati mediante land-use change

Appare opportuno rilevare come la previsione proposta dall'Agronomo, per i suoli dell'impianto fotovoltaico, è relativa al metodo della coltura “maggese” che, come pratica di

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 24 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

gestione raccomandata (RMP) vede proprio la “coltura di copertura” (cover crop), come “coltura conservativa”.

Un ulteriore aspetto da tenere in considerazione riguarda la biodiversità nei suoli, che determina un impatto positivo nel mantenimento e nell'accrescimento del contenuto in carbonio.

A parità di altri fattori, gli ecosistemi ad elevata biodiversità sono in grado di sequestrare un maggior quantitativo di carbonio degli ecosistemi a minore biodiversità (Lal, 2004).

Nei sistemi agricoli la biodiversità può incrementare inoltre con il passaggio da agricoltura “convenzionale” a “conservativa” (ERSAF, 2014).

Le RMP fino a qui presentate, rappresentano i campi di studio sui quali la ricerca si sta focalizzando nell'intento di valutare fattibilità ed applicabilità delle strategie di sequestro di carbonio a livello mondiale.

Insieme al cambiamento di uso del suolo possono contribuire ad aumentare in valore assoluto gli input di “carbonio nei suoli”.

4.5 Il calcolo della CO2 emessa e fissata e le modalità di contabilizzazione.

In virtù del fatto che la realizzazione di un impianto fotovoltaico prevede, come forma di “compensazione” per l'uso del suolo, la realizzazione di aree boscate e della tipologia mediterranea, per poter stabilire la quantità di CO2 emessa da un determinato bosco è necessario disporre di sistemi di calcolo scientifici riconosciuti e di un progetto, come quello allegato alla documentazione di presentazione dell'impianto fotovoltaico.

Attraverso la tipologia compositiva del progetto boschivo è possibile valutare la quantità di CO2 fissata nell'ambito del progetto forestale.

In materia d'inventario e monitoraggio dei gas serra, il settore dell'agricoltura, della selvicoltura e della gestione delle altre terre (Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU) ha una serie di caratteristiche intrinseche che lo rendono differente dagli altri settori emissivi; innanzi tutto perché i gas serra nel settore AFOLU sono di duplice segno e le stime devono essere condotte:

- sia per gli assorbimenti di CO2 dall'atmosfera (fissata poi nella biomassa viva, nella biomassa morta e nel suolo);

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 25 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

- sia per le emissioni di CO2 e di altri gas non-CO2 verso l'atmosfera.

L'inventario, inoltre, si caratterizza per una serie variegata e complessa di processi biologici, fisici e chimici, diffusi nello spazio e assai variabili nel tempo.

In terzo luogo, i fattori che governano le emissioni e gli assorbimenti possono essere sia naturali sia antropici (e questi a loro volta diretti o indiretti), peraltro difficilmente distinguibili tra loro.

L'inventariazione e il monitoraggio dei "gas serra" del settore AFOLU si presentano dunque estremamente complessi, soprattutto in confronto agli altri settori emissivi.

In ambito UNFCCC, il termine "sink" (letteralmente pozzo) è usato per indicare ogni processo, attività o meccanismo che rimuova un gas serra dall'atmosfera.

La vegetazione e le foreste scambiano grandi quantità di gas serra con l'atmosfera.

Le piante, grazie alla fotosintesi, assorbono CO2 dall'atmosfera e rilasciano O2; una parte della CO2 assorbita è restituita all'atmosfera con la respirazione, mentre una parte è trattenuta come stock nei vari composti organici presenti in una pianta.

L'afforestazione e la riforestazione, o l'adozione di qualsivoglia modalità di gestione delle coltivazioni agricole e dei soprassuoli forestali che determinino un aumento degli "stock di C" nelle piante, nella lettiera e nel suolo, rimuovono un'ulteriore porzione di CO2 dall'atmosfera.

Ad esempio, se un'area agricola o pascoliva è convertita in bosco, una quota di CO2 è rimossa dall'atmosfera e immagazzinata nella biomassa arborea.

Lo "stock di C" su quell'area aumenta, creando quindi un "sink" di carbonio.

In ogni modo, la foresta di nuova formazione funge da "sink di C" fino a quando lo "stock di C" continua a crescere; aumenta fintantoché non sia raggiunto il limite massimo (equilibrium), oltre al quale le perdite dovute alla respirazione e alla morte degli alberi, bilanciano l'aumento di "C" dovuto alla fotosintesi.

Inoltre, il verificarsi di eventi esterni straordinari, quali ad esempio incendi, temporali o attacchi fitopatologici, rappresenta un rischio aggiuntivo per l'efficacia di fissazione del soprassuolo.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 26 di 41	Data 29/05/2020

Anche il legno prelevato dal bosco e trasformato in prodotti legnosi costituisce uno stock di carbonio; questo stock (extraboschivo) aumenterà (agendo pertanto da sink) fino a quando il deperimento e la distruzione dei vecchi prodotti resterà inferiore alla fabbricazione di nuovi.

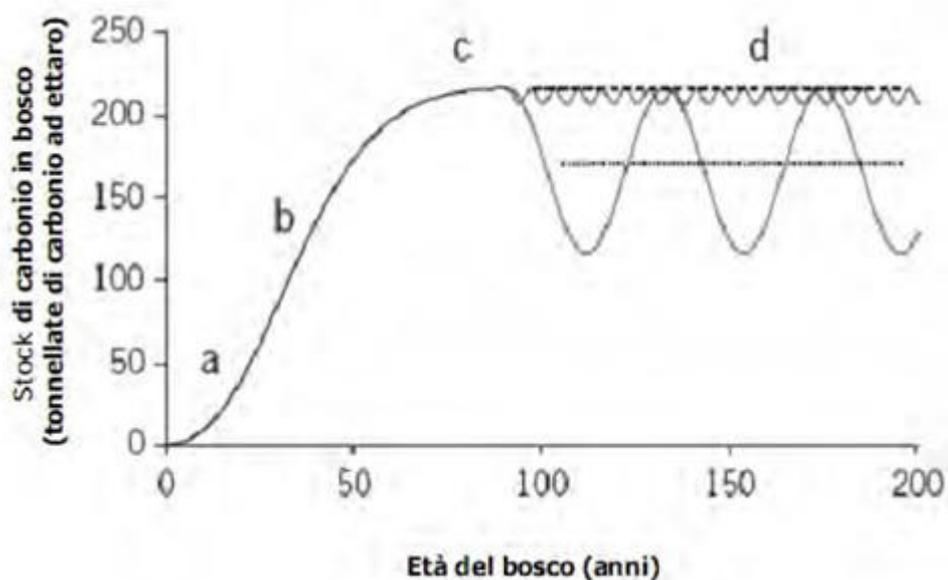
Quindi i prodotti da questi (boschi) derivanti hanno una capacità finita di rimuovere CO₂ dall'atmosfera e non agiscono come "sink" perpetuo di Carbonio.

Al contrario, un terreno che è destinato alla produzione di biomassa consente di produrre materiali con effetto sostitutivo rispetto ai combustibili fossili e può potenzialmente ridurre indefinitamente le emissioni di gas serra.

Appare opportuno rilevare, quindi, che ai fini del bilancio connesso alla "cattura di Carbonio nel suolo" è più efficace un prato coltivato a "maggese", posto al di sotto di un impianto fotovoltaico che, un'area boschiva.

Quando una superficie forestale non è ripiantata dopo la sua utilizzazione o viene perduta in modo permanente, a causa d'eventi naturali, lo stock di C che si era accumulato è disperso.

Al contrario, i benefici derivanti dalla sostituzione dei combustibili fossili con biomasse forestali sono irreversibili, anche se il modello bioenergetico opera solo per un tempo limitato.



Dal grafico precedente si possono osservare quattro fasi d'accumulo del carbonio in un bosco:

- a. fase iniziale d'affermazione del soprassuolo;

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 27 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

- b. fase di maggior vigore;
- c. fase matura;
- d. fase d'equilibrio nel lungo periodo.

Osservando l'evoluzione per lungo tempo è evidente che, dopo un aumento del "C" durante la fase iniziale di sviluppo del soprassuolo, il "C" non aumenta né diminuisce. Ciò avviene perché l'accumulo di C nella biomassa arborea è bilanciato dalle perdite dello stesso causate da fenomeni di disturbo naturali e dall'ossidazione che si verifica durante i processi di decomposizione del legno degli alberi che, man mano, muoiono e sono sostituiti da soggetti nuovi.

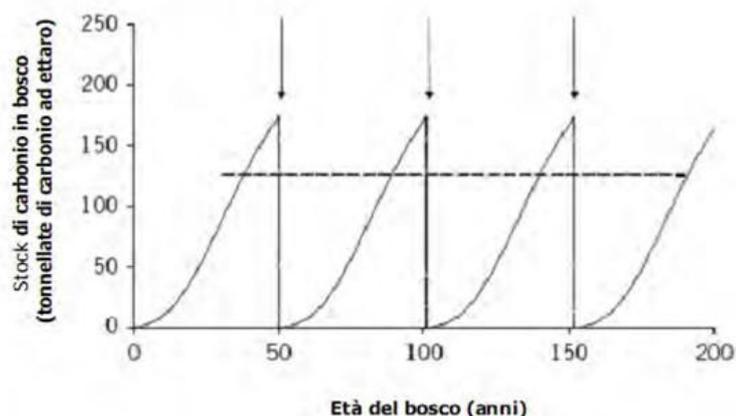
Nel grafico precedente sono indicati due esempi di dinamica del "C" nel periodo d'equilibrio, con tendenza d'oscillazione ridotta (linea tratteggiata) e alta (linea continua).

Non è stata considerata la dinamica del "Carbonio" nel suolo, nella lettiera e nei residui legnosi grossolani.

Fatto salvo che il "soprassuolo" è periodicamente tagliato per fornire legname ed eventualmente bio-energia, si prevede che dopo ogni taglio sia eseguito un pronto reimpianto.

Ipotizzando una successione di diversi turni si osserva come, dopo l'aumento del "C" durante la fase iniziale d'affermazione del soprassuolo, il "C" non aumenta né diminuisce poiché l'aumento è bilanciato dalla rimozione dovuta al taglio ed esbosco.

Nella pratica forestale questo avviene quando un bosco è costituito da tanti soprassuoli, come quello illustrato nel successivo grafico, piantati e utilizzati in tempi diversi (compresa forestale).



SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 28 di 41	Data 29/05/2020

Per il bosco nel suo complesso, quindi, l'accumulo di "C" si può rappresentare più debitamente con la linea tratteggiata.

La dinamica del "C" nel suolo, nella lettiera, nei residui legnosi grossolani e nei prodotti legnosi non è qui considerata; anche l'impatto al di fuori della foresta (prodotti legnosi e bioenergia) è stato escluso.

4.6 Metodologia da applicare per la quantificazione della "CO2 Assorbita dal suolo".

La metodologia da applicare nel progetto relativo, sia alla realizzazione del boschetto, prevista dalle Linee Guida della Provincia di Brindisi che, alla coltivazione del suolo dell'impianto fotovoltaico proposto, con la pratica agronomica del "maggese vestito" (vedi relazione agronomica), dovrà prendere in considerazione la durata di un intero ciclo colturale e le varie componenti che lo costituiscono (caratteristiche del suolo, profondità del sottosuolo, modalità di reperimento delle sementi, dei concimi, ecc.).

Dopo di ciò sarà possibile redigere un bilancio energetico individuando i punti critici e fornendo ad ognuno di questi delle "linee guide" al fine di ridurre la produzione di CO2, partendo dal presupposto che le due attività hanno, comunque, una quantità di "CO2 Assorbita" maggiore della "CO2 prodotta"; tale considerazione si ritiene sia stata sufficientemente motivata in tutto quanto riportato nei precedenti paragrafi.

La formula generale che sarà utilizzata per la redazione del bilancio è la seguente:

$$CO_2 = ((CO_2 \text{ Assorbita da colture } (t)) + (CO_2 \text{ ASSORBITA dal terreno } (t)))$$

$$((CO_2 \text{ prodotta da lavorazioni } (t)) + (CO_2 \text{ prodotta da trattamenti } (t)) + (CO_2 \text{ prodotta da concimazioni } (t)) + (CO_2 \text{ prodotta da potature } (t)) + (CO_2 \text{ prodotta dalla raccolta } (t)) + (CO_2 \text{ prodotta da trasferimenti interni } (t)) + (CO_2 \text{ prodotta da trasferimenti esterni } (t)) + (CO_2 \text{ prodotta da processi di trasformazione } (t))).$$

Nel calcolo della "CO2 Prodotta", dopo un intero ciclo di coltivazione, saranno quindi presi in esame i seguenti fattori:

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 29 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

- lavorazioni, concimazioni ed i trattamenti colturali effettuati su tutta la superficie dell'impianto fotovoltaico non interessata da quella occupata dai "servizi", comprensiva di quella compensativa a boschi;
- spostamenti interni all'impianto non legati alle fasi di una coltura, ma dalle diverse attività organizzative aziendali;
- spostamenti necessari per il ritiro delle sementi/concimi presso i fornitori;
- gestione del terreno dell'impianto utile alla "coltivazione conservativa" a "maggese";
- eventuali processi di trasformazione.

Nel calcolo della "CO2 Assorbita" sarà presa in esame la capacità assorbente di tutte le colture e del terreno dell'intera superficie dell'impianto, compresa quella destinata ai boschi.

Per ogni appezzamento relativo alla composizione dell'impianto fotovoltaico, sarà determinata la capacità di assorbimento e/o produzione di CO2.

La quantificazione della CO2 assorbita sarà calcolata utilizzando coefficienti per unità di peso rilevati da bibliografia.

La quantità della biomassa vegetale sarà determinata con indagine da foto aree e spettrometrie all'infrarosso rilevate attraverso il sistema SAPR (SENS FLY EBEE—AG, con camera CANON S110 NIR e camera la CANON S110 RGB) con il quale sarà possibile monitorare l'accrescimento delle colture e le relative variazioni della quantità di biomassa nelle diverse fasi fenologiche delle colture.

La "CO2 Aziendale" e nel qual caso "CO2 impiantistica", sarà data dalla differenza tra la CO2 Assorbita e la CO2 Prodotta, se positivo vuol dire che l'azienda assorbe più CO2 di quanta ne produce, se invece sarà negativo vuol dire che l'assorbimento sarà inferiore rispetto alla produzione.

Analiticamente si procederà con la seguente metodologia:

1. saranno analizzate le seguenti caratteristiche:
 - caratteristiche stazionarie (orografia, pendenza, ecc...);
 - caratteristiche pedologiche.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 30 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

2. Individuazione degli “appezzamenti tipo” e della parcella “Tipo” tenendo conto dei seguenti aspetti:
 - giacitura del terreno;
 - frazionamento dell'impianto in lotti funzionali;
 - coltura (perenne, pluriennale, annuale);
 - pedologia.
3. Per verificare l'andamento colturale e per calcolare la biomassa delle varie tipologie messe a dimora, saranno fatti dei rilievi SAPR su ogni parcella tipo.
4. Per calcolare la biomassa vegetale in grado di assorbire CO₂ sarà seguita la procedura a seconda delle diverse colture:
 - nel caso di essenze arbustive oltre a rilevare il volume della biomassa della chioma sarà misurata l'altezza del tronco e la morfologia della chioma;
 - per i seminativi sarà rilevato solo il volume della biomassa.
5. In ogni parcella tipo individuata saranno realizzati campionamenti della biomassa per calcolarne l'altezza e il peso specifico del campione ad ogni fase fenologica rilevante e le varie caratteristiche utilizzando la seguente metodologia:
 - individuazione di 2 sezioni (2x2 m.) di terreno ai lati dell'impianto fotovoltaico;
 - individuazione di 2 sezioni centrali all'impianto;
 - all'interno delle sezioni sopra descritte saranno effettuati i 4 prelievi di riferimento (dimensioni della superficie di riferimento: 21 cm x 30 cm).
6. Per ogni parcella e coltura tipo si procederà al calcolo della produzione di CO₂ generata dalle operazioni colturali e dai trattamenti effettuati nelle varie fasi di crescita della pianta e per la preparazione del terreno prima della semina.
7. Per ogni parcella e coltura tipo si procederà al calcolo dell'assorbimento di CO₂ che varia in base alla crescita della pianta e quindi all'aumento della biomassa.
8. Per ogni processo produttivo saranno reperiti i dati relativi al consumo energetico e saranno convertiti in t di CO₂.

Infine, sarà stilato un bilancio energetico mettendo a confronto i dati precedentemente calcolati.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 31 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

Il Bilancio verrà rimesso alla Provincia ed all'ARPA Puglia, dopo il primo ciclo di lavorazioni e verrà riproposto con cadenza triennale.

5. La “impronta di carbonio” (carbon footprint-CF) aggregata all'impianto in progetto.

5.1 Premessa.

La misura dell'impatto che le attività umane hanno sull'ambiente in termini di emissioni di gas serra è la “Carbon footprint” (Cf), letteralmente “impronta di carbonio”, che misura la quantità complessiva di anidride carbonica e altri gas serra (CH₄, N₂O, HFC, ecc) associati ad un prodotto e nel qual caso, ad un impianto fotovoltaico, lungo il suo intero ciclo di vita.

Tale misura viene espressa in “quantità di CO₂ equivalente emessa” (CO₂eq): tutti i Ghg (gas ad effetto serra) indicati dal Protocollo di Kyoto (anidride carbonica, metano, protossido d'azoto, idrofluorocarburi, esafluoruro di zolfo, perfluorocarburi), hanno un proprio “potere climalterante” (il global warming potential, Gwp) il cui valore è proporzionale a quello della CO₂ posto convenzionalmente uguale a 1, al quale vengono tutti ricondotti.

Come si rileva, nella definizione stessa di “Carbon footprint” si fa espressamente riferimento all'intero ciclo di vita, rendendo il Life Cycle Thinking l'approccio teorico corretto per valutarla.

Se la metodologia LCA considera però numerose “categorie di impatto” lungo il ciclo di vita di un sistema, la valutazione della “Carbon footprint” si focalizza unicamente sulla categoria “Global warming potential” (Gwp), misurata in termini di CO₂equivalente.

Il processo di contabilità e di calcolo dell'impronta di carbonio è in via di notevole sviluppo e diversi sono gli approcci proposti, oggetto di numerose pubblicazioni, sia scientifiche sia divulgative: alcuni principi, inerenti alla contabilità o modellazione, sono più o meno universalmente accettati anche se persiste una grande soggettività legata alla metodologia da adottare, alla scelta dei confini del sistema, alla completezza, all'unità funzionale di riferimento.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 32 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

Esistono alcune norme volontarie di riferimento che vengono utilizzate già da qualche tempo, quali la Pas 2050 del Bsi (Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services), il Ghg protocol corporate standard e Iso 14064 (questi ultimi due solo per le Organizzazioni).

Nel 2013 specificatamente per la “Carbon footprint” di prodotto (Cfp) è stato rilasciato il Technical standard ISO/TS 14067 che definisce principi, requisiti e linee guida per la quantificazione e la comunicazione della Cfp medesima, costituendosi come primo passo per la pubblicazione dello standard vero e proprio in cui dovrebbe trasformarsi a breve.

Tutte queste norme si basano esplicitamente sulle logiche e gli strumenti metodologici espressi dagli standard internazionali di riferimento per l’LCA, UNI EN ISO 14040:2006 e UNI EN ISO 14044:2006, concentrandosi sulla sola categoria di impatto “Global warming potential”, codificando quindi la “Carbon footprint” come bilancio netto delle emissioni di gas serra di un prodotto lungo il suo intero ciclo di vita e, quindi, nel qual caso, dalla realizzazione dei pannelli al fine vita di un impianto fotovoltaico, considerato pari a 30 anni.

È utile ricordare in questo ambito anche la raccomandazione della Commissione Europea, relativa all’uso di metodologie comuni per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni, che evidenzia l’importanza dell’analisi delle “impronte ambientali” dei prodotti (Pef - Product environmental footprint) e delle organizzazioni (Oef - Organizational environmental footprint), da realizzarsi secondo metodologie e standard riconosciuti, per permettere una adeguata comunicazione delle prestazioni ambientali di prodotti e organizzazioni.

Da questo punto di vista Lca garantisce, anche tramite le norme ISO di riferimento, l’approccio metodologico che risponde a questi requisiti.

Il calcolo della “Carbon footprint” deve porsi come punto di partenza per avviare percorsi per la riduzione delle emissioni e come primo passo necessario per sviluppare protocolli alternativi che possano garantire, ad un qualsiasi sistema, le medesime performance in termini di efficienza, al contempo riducendo (o anche azzerando) la sua impronta sul clima, anche tramite interventi di compensazione delle emissioni residue.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 33 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

La “Carbon footprint” si configura anche come forte strumento di comunicazione, una possibile etichetta o marchio di qualità per un prodotto, che si affianca ad altre “impronte” parziali di impatto, quali ad esempio l'impronta idrica e ad etichette già presenti sul mercato quali Emas, Epd o altre certificazioni che identificano un parziale beneficio verso l'ambiente da parte di un prodotto (biologico, compostabile e via dicendo compresi i pannelli fotovoltaici).

In definitiva e per gli scopi che ci siamo prefissati per questa relazione, attraverso la metodologia nota come “Lyfe Cycle Assessment” (LCA) è possibile, per un impianto fotovoltaico e con un appropriato monitoraggio, quantificare il loro “impatto” (positivo) nella capacità di “stoccaggio della CO2”.

La metodica LCA ha permesso, quindi, in particolare attraverso le richiamate norme UNI-EN-ISO, di ottenere e confrontare il “sequestro di CO2” in funzione delle diverse specie agricole e, nel qual caso, in quelle previste per la, “coltivazione conservativa” dei suoli e per la realizzazione dei “boschi mediterranei”.

Da quanto richiamato e dalla letteratura si evince che per un “bosco” i risultati medi possono sommarsi in:

- Noce/pioppo = 20.179 t/a/ha di CO2e;
- Olivo (media delle diverse qualità) = 9.542 t/a/ha di CO2e;
- Quercia = 4.713 t/a/ha di CO2e.

Sul cotico erboso coltivato nell'area utile dell'impianto fotovoltaico, caratterizzato da diverse specie di graminacee e leguminose (vedi relazione agronomica), sarà calcolato l'accumulo di carbonio mediante misura del LAI (LI-COR LAI 2000, LiCor inc, USA), successivamente raccolto e di particolare interesse per quanto previsto sui suoli che verranno ad essere interessati dalla realizzazione dell'impianto di produzione energetica da fotovoltaico, secondo quanto proposto dall'Agronomo.

La quantità di carbonio accumulata annualmente nelle radici, sia in piante giovani che in quelle vecchie, è risultato pari a circa il 30% del totale accumulato dagli organi aerei.

Le differenze di accumulo tra gli organi ipogei ed epigei sono riassunte nella sottostante tabella seguente.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 34 di 41	Data 29/05/2020

Componenti	%	%
	1° anno	2° anno
Canopy	21	18,8
Residui lavorazioni olive	14,9	15,3
produzione di olio	9,5	10
Cover crop	34,2	36,1
crescita del tronco	1,4	1
crescita delle radici	14,9	14,5
ricambio delle foglie	4,1	4,3

Dalla tabella è possibile rilevare che il ruolo delle “cover crops”, che si intende attivare e sviluppare sui terreni dell’impianto fotovoltaico, nel budget del Carbonio, sono fondamentali negli obiettivi di riduzione; i risultati riportati nella tabella precedente (Nardino et Altri-2013), contribuiscono alla valutazione della capacità di “Sink” (funzione di accumulo) di un’importante e largamente diffusa categoria di colture, fra cui le “graminacee” e le “leguminose” previste dall’Agronomo.

Dalla tabella, e da quanto riportato precedentemente, risulta che l’olivo è una specie arbustiva altamente in grado di fissare e stoccare il carbonio, per cui, in presenza di oliveti infetti dal batterio della “xilella”, sarebbe più produttivo ripiantare una piantagione di olivi che, invece, prevedere un “bosco mediterraneo” come forma di compensazione dell’occupazione di suolo da parte dell’impianto fotovoltaico.

5.2 La definizione dei riscontri analitici per la valutazione della “Carbon footprint”.

Con la finalità di quantizzare l’impatto dell’impianto fotovoltaico proposto, ai fini della conoscenza dell’impronta ecologica indotta dal “Carbonio”, denominata come “Carbon footprint” (Cf), dovuta alla sottrazione di suolo e con le considerazioni progettuali riportate dall’esperto Agronomo, di seguito si riportano alcuni dati di letteratura e dalle banche dati di riferimento, che

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 35 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

permettono di giungere alla valutazione della CO2 stoccata nel terreno, grazie alla presenza dell'impianto.

Successivamente si riporterà il confronto con la “CO2” NON immessa in atmosfera nel raffronto con la medesima quantità di energia elettrica prodotta da fonti fossili.

I dati che si forniscono sono rivenienti, come riportato innanzi, dal LCA (Ciclo della vita) che, nel caso di un impianto fotovoltaico è calcolato con i vari metodi richiamati in relazione e fornisce valori differenti che, nel qual caso, si mediano.

Tutto ciò, come già richiamato, nell'evidenza che nella fase di realizzazione e di decommissioning dell'impianto, si registra un'impronta ambientale negativa dovuta, solo ed esclusivamente alle emissioni in atmosfera dei mezzi utilizzati per le attività relative alla realizzazione ed alla dismissione.

Resta ben inciso che nella fase di “esercizio” dell'impianto, non vi è alcuna emissione di gas ad effetto serra e vi è un “beneficio ambientale” dovuto anche alla coltivazione a “maggese” dei suoli utili dell'impianto.

Seguendo i principi del LCA, le richiamate fasi di lavorazione dell'impianto definiscono una “Carbon footprint” che, espressa in “CO2 equivalente” e pur differenziandosi nella tipologia e nelle dimensioni dell'impianto fotovoltaico, porta ad un range di valori molto ampio e compreso fra 8 e 170 gCO2eq/KWh, con un valore di “mediana” pari a circa 40 gCO2eq/KWh.

Tali valori sono di molto inferiori alla “carbon footprint” di medesimi impianti di produzione elettrica alimentati con combustibili fossili ed in particolare con:

- Gas naturale: media pari a circa 390 gCO2eq/KWh;
- Carbone: media pari a circa 930 gCO2eq/KWh.

E' del tutto evidente che per tale applicazione si tralascia lo “stoccaggio di carbonio nel suolo” che, come riportato e con la programmazione delle misure di “mitigazione” e “compensazione” previste (bosco mediterraneo e cover crop) portano ad incrementare la capacità

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 36 di 41	Data 29/05/2020

di trattenimento della CO₂ nell'ordine di circa il 3-7 gCO₂eq/KWh e quindi con una media di 5 gCO₂eq/KWh.

Nel capitolo n. 2 di questa relazione sono stati riportati i dati relativi all'impianto ed in particolare quelli reali connessi all'occupazione di "suolo" da parte delle strutture di fondazione e dei servizi (cabine, strade interne, cavidotti).

Per l'impianto in oggetto i suoli sottratti alla tipologia di "prato stabile" (cover crop) sono solo dell'ordine del 4,1%, per cui la quota di superficie dell'impianto, potenzialmente interessata dalla coltivazione di leguminose e comprensiva dell'area destinata a "bosco mediterraneo" è pari a circa il 95,9%.

Per il calcolo della quantità di "CO₂ assorbita" si uso della formula:

$$\text{CO}_2 \text{ assorbita} = A_{\text{prato}} \times \text{Assorb.}$$

Dove:

A prato = Area impianto in "cover crop" (prato stabile) in ha;

As = Assorbimento specifico del prato stabile pari a 5 gCO₂eq/KWh

Inoltre:

$$A_{\text{prato}} = (A_{\text{lotto}} - A_{\text{imp.}})$$

Dove:

A lotto = Area particelle pari a 43,93 ha;

A imp. = Area effettivamente coperta da "servizi", pari a circa 1,8 ha.

$$A_{\text{libera}} = (A_{\text{lotto}} - A_{\text{impianto}}) = 42,13 \text{ Ha.}$$

Da ciò il calcolo della CO₂ assorbita, considerando anche la durata di un impianto pari a 30 anni, si formula in:

$$\text{CO}_2 \text{ assorbita} = [(A_{\text{lotto}} - A_{\text{imp}}) + A_{\text{libera}} \times A_{\text{imp}}]$$

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint		Codice documento: R_22_PV_000197		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197		Foglio n. 37 di 41	Data 29/05/2020

CO2 assorbita (area utile a verde) = $[(42,13 + (0,959 \times 6,0))] \times 5 \times 30 = 7.182,6 \text{ tCO}_2 \text{ eq}$

Volendo considerare l'ipotesi di un totale utilizzo del terreno del lotto e quindi escludendo l'area destinata ai "servizi" dell'impianto (cabine, strade interne, ecc.), si avrà:

CO2 assorbita (totale lotto) = $[A_{\text{lotto}} \times A_{\text{ass}} \times 30 \text{ anni}] = 6.589,5 \text{ tCO}_2 \text{ eq}$

Il rapporto: $\text{Cass. Imp.} / \text{Cass. Lotto} = (6.589,5 / 7.182,6) = 8,25 \%$

Nella realtà, i terreni individuati per la realizzazione dell'impianto sono tutt'altro che coltivati con "agricoltura conservativa", per cui nell'attuale stato di abbandono colturale e/o di "agricoltura tradizionale", la perdita di "Carbonio Organico" dal serbatoio "suolo e sottosuolo" è molto, ma molto maggiore, rispetto alla differenza calcolata per la superficie reale interessata dall'impianto fotovoltaico e ipotizzata come se fosse coltivata a "maggese vestito".

Così come riportato nella relazione di "mitigazioni" e "compensazioni", un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il "fattore di conversione" dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica, considerando un fattore di conversione di 1.700 h/a per le nostre latitudini.

<i>Risparmio in combustibile fossile x Mw prodotto</i>	<i>TEP (1 MW)</i>
<i>Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria (TEP /MWh)</i>	<i>0,187</i>
<i>TEP Risparmiate in un anno (t)</i>	<i>317,9</i>
<i>TEOP risparmiate in 30 anni (t)</i>	<i>9.537</i>

la fonte dei dati è relativa all'art. 2, comma 3 dei Decreti Ministeriali del 20 luglio 2004 e ss.mm.ii.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 38 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

Inoltre, l'impianto fotovoltaico consente la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra, sempre per la produzione di 1 MWh. e considerando i fattori di conversione riportati nella Tabelle Ispra per un mix di combustibili e per il 2016 come anno di riferimento (1.700 h); da qui la tabella che segue:

Emissioni evitate in atmosfera (gr/MWh)	CO2	SOx	NOx	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera (Kg/anno)	8621739	6255,35	7135,88	256,825

In conclusione, un sistema fotovoltaico presenta l'indubbio vantaggio di produrre energia elettrica senza emettere, in fase di esercizio, alcuna sostanza inquinante in atmosfera; in altri termini, la produzione di energia elettrica, a partire dall'irraggiamento solare, in sostituzione delle fonti fossili consente un risparmio netto di emissioni atmosferiche inquinanti, come riportate nelle richiamate tabelle.

Ai valori di risparmio delle quantità massiche immesse in atmosfera per la medesima quantità di energia prodotta da fonti fossili, vanno aggiunte le quantità di "Carbonio" ed altri gas climalteranti, che i terreni dell'impianto fotovoltaico, convertiti in "coltivazioni conservative", riescono a catturare.

A questi valori di mancata emissione in atmosfera vanno detratti i minimi incrementi prodotti nella fase di cantiere e di decommissioning dell'impianto, prodotti dai mezzi in movimento ed il cui rapporto con le quantità massiche di CO2 eq. non immesse, è veramente irrisorio.

In particolare, in questa fase di produzione normativa, relativa alla "decarbonizzazione", l'impianto fotovoltaico è un produttore di "energia rinnovabile" che risponde pienamente ai principi della "decarbonizzazione", presentando una "carbon footprint" del tutto positiva ed a beneficio di condizioni ambientali migliori.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 39 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

6. Considerazioni conclusive.

Si è ritenuto opportuno sviluppare questa relazione in virtù del fatto che, erroneamente, è in uso il concetto che la realizzazione di un impianto fotovoltaico, possa indurre una perdita della “capacità di sequestro naturale della CO2 del suolo” dell’intera superficie agraria destinata alla realizzazione dell’impianto.

Si è voluto, anche attraverso il riferimento alla normativa ed alla bibliografia di settore, evidenziare quanto le opere di “mitigazione” e “compensazione” previste nel progetto dell’impianto fotovoltaico proposto dalla SCS 02 srl sia tale da ottenere una “impronta ambientale” del tutto positiva, con evidenti benefici delle quantità massicche immesse in atmosfera.

In particolare, si è reso necessario approfondire considerazioni in merito alla capacità del “suolo” di immagazzinare “Carbonio organico” (carbon sink) che, con le introduzioni di nuove metodiche agricole previste dall’esperto Agronomo, rendono tale aspetto estremamente positivo, a differenza di quanto avviene nell’attuale condizione di incolto e/o di coltivazione “agricola tradizionale”.

L’utilizzo di una metodica di “coltivazione conservativa”, a differenza della “coltivazione tradizionale”, con la pratica del “maggesi vestito” e la coltura di graminacee e leguminose, ha permesso di dimostrare, anche se ben nota da alcuni lustri, quanto la “coltivazione conservativa” sia molto più efficace nella funzione di contenimento del “carbonio” nel suolo.

La relazione dell’Agronomo, allegata al progetto, pone in evidenza la necessità di utilizzare la “cover crop” o “coltura di copertura”, quale “agricoltura conservativa”, con la posa a coltura, al di sotto delle stringhe fotovoltaiche e nelle aree disponibili nel lotto, essenze di leguminose e graminacee, come trifoglio e veccia, che verranno periodicamente trinciate e lasciate al suolo; ciò produrrà un effetto migliorativo ad opera degli azoto-fissatori simbiotici ed un importante incremento di sostanza organica dovuto all’effetto pacciamante delle ripetute trinciature, oltre che aumentare la capacità di “stoccaggio di carbonio nel suolo” (carbon sink).

Non è affatto vero, quindi, che sia valido l’assunto che il suolo di un impianto fotovoltaico induca ad una maggiore perdita di “carbonio organico” intrappolato; è il contrario ove si utilizzano,

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 40 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

come previsto, metodiche di “agricoltura conservativa” che, per come riportato, incrementano lo “stock di C” nel suolo e nel sottosuolo.

Questa “mitigazione” prevista nel progetto risulta, quindi, del tutto positiva nel rapporto quantizzato della “carbon footprint”; infatti, la metodica applicata permette di ottenere una quantità di “Carbonio assorbito”, per l’intera area “libera” dell’impianto e quindi non impegnata dalle strutture impiantistiche, pari a 7.182,6 tCO₂ eq.

Fra le “compensazioni” previste per l’utilizzo di suolo vi è anche la realizzazione di un “bosco mediterraneo”; si è riportato che l’afforestazione e la riforestazione, o l’adozione di qualsivoglia modalità di gestione delle coltivazioni agricole e dei soprassuoli forestali, determinino un aumento degli “stock di C” nelle piante, nella lettiera e nel suolo, rimuovendo un’ulteriore porzione di CO₂ dall’atmosfera. Ad esempio, se un’area agricola o pascoliva è convertita in bosco, una quota di CO₂ è rimossa dall’atmosfera e immagazzinata nella biomassa arborea. Lo “stock di C” su quell’area aumenta, creando quindi un “sink” di carbonio.

In ogni modo, la foresta di nuova formazione funge da “sink di C” fino a quando lo “stock di C” continua a crescere; aumenta fintantoché non sia raggiunto il limite massimo (equilibrium), oltre al quale le perdite dovute alla respirazione e alla morte degli alberi, bilanciano l’aumento di “C” dovuto alla fotosintesi. Inoltre, il verificarsi di eventi esterni straordinari, quali ad esempio incendi, temporali o attacchi fitopatologici, rappresenta un rischio aggiuntivo per l’efficacia di fissazione del soprassuolo.

Anche il legno prelevato dal bosco e trasformato in prodotti legnosi costituisce uno stock di carbonio; questo stock (extraboschivo) aumenterà (agendo pertanto da sink) fino a quando il deperimento e la distruzione dei vecchi prodotti resterà inferiore alla fabbricazione di nuovi.

Quindi i prodotti dai boschi derivanti hanno una capacità finita di rimuovere CO₂ dall’atmosfera e non agiscono come “sink” perpetuo di Carbonio.

Al contrario, un terreno che è destinato alla produzione di biomassa (maggesi) consente di produrre materiali con effetto sostitutivo rispetto ai combustibili fossili e può potenzialmente ridurre indefinitamente le emissioni di gas serra.

SCS 02	Tipo di documento: Carbon Footprint	Codice documento: R_22_PV_000197		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: Costruzione ed esercizio impianto di produzione dell'energia elettrica da fonte fotovoltaica avente potenza in immissione pari a 12.5 MW e potenza moduli pari a 12.5 MWp con relativo collegamento alla rete elettrica. Impianto 197	Foglio n. 41 di 41	Data 29/05/2020	Revisione 00

Appare opportuno rilevare, quindi, che ai fini del bilancio connesso alla “cattura di Carbonio nel suolo” è più efficace un prato coltivato a “maggese”, posto al di sotto di un impianto fotovoltaico che, un’area boschiva.

In definitiva, si ritiene di aver adeguatamente riportato che la “impronta ecologica” e, nel qual caso, la “Carbon footprint”, di un impianto fotovoltaico gestito nelle “mitigazioni” e nelle “compensazioni”, come quello previsto dalla SCS 02 Srl, sia del tutto positiva, in merito all’attivazione dei processi di “decarbonizzazione”; altresì, con le medesime premesse, è possibile affermare che i terreni dell’impianto, liberi dalle strutture impiantistiche, se gestiti con “agricoltura conservativa”, sono in grado: non solo di bloccare la perdita di “Carbonio Organico” dal suolo, che avviene allo stato attuale di abbandono colturale e/o di coltivazione con “agricoltura tradizionale”, ma di incrementare notevolmente la capacità di intrappolamento e conservazione del “carbonio organico” nei suoli e sottosuoli, dei terreni liberi dalle strutture di “servizio” dell’impianto fotovoltaico.

Brindisi, 29/05/2020

Ing. Volpe Angelo

