

REGIONE ABRUZZO

Comune di
CARPINETO SINELLO
(Prov. di Chieti)

Via Rotabile Provinciale 11 , 66030 Carpineto Sinello (Ch)
Tel: 0872-869135 Fax: 0872-869951

COMMITTENTE: **Edison Rinnovabili Spa**

Reg. Imprese di MILANO - MONZA - BRIANZA - LODI e C.F. 01890981200
Partita IVA 12921540154 - REA di Milano 1595386
Codice destinatario RWTUTX

Sede Legale: Foro Buonaparte, 31 - 20121 MILANO
Tel. +39 02 6222 1 - PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Oggetto:

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO
NEL COMUNE DI CARPINETO SINELLO (CH)
CON UNA POTENZA NOMINALE PARI A 24 MW

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DATI VENTO E VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA

Il Progettista
(Ing. Antonio Scutti)



STUDIO TECNICO DI INGEGNERIA
Dott. Ing. Antonio SCUTTI

Contrada Tomassuoli, 46 - 66040 PERANO (Ch)
Codice Fiscale SCT NTN 54A02 A2351 # Partita IVA 00643420698
Tel./fax. 0872/898020 LICENZA - AUTODESK - n. 053-01002259
Personal 337 632986
E-mail: antonioscutti@alice.it

SCALA

TAVOLA

M

DATA

28/03/2024

00	28/03/2024	PROGETTO DEFINITIVO	
Rev.	Data	Note	Rif. Documento

AS_GIU_A390_

**PROGETTO DI PARCO EOLICO DI
CARPINETO SINELLO
COMUNI DI CARPINETO SINELLO (CH)**

RELAZIONE DATI DI VENTO E VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA

Rev.	Descrizione e motivazioni della revisione	Emesso	Approvato
0	Prima Emissione 09/04/2024	<i>Tecnologie Eoliche</i>	<i>Tecnologie Eoliche</i>

INDICE

PREMESSA	3
1. MATERIALE UTILIZZATO	4
1.1 Dati di vento.....	5
1.2 Layout d'impianto	6
1.3 Aerogeneratori.....	7
2 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI	8
2.1 Dati anemometrici in input al modello.....	9
2.2 Impostazione del modello.....	10
3 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE NETTA ATTESA	11
3.1 Produzione attesa al netto delle perdite	11
4 CONCLUSIONI	14

PREMESSA

Il Progetto eolico di Carpineto Sinello è situato nel comune di Carpineto Sinello, in provincia di Chieti, in una regione a forte vocazione eolica.

Il nuovo impianto sarà composto da 4 aerogeneratori di potenza nominale unitaria fino a 6 MW per una potenza complessiva di 24 MW. A titolo esemplificativo, perché dipendente dalle condizioni di mercato, è stato considerato un modello di aerogeneratore caratterizzato da un diametro di rotore di 150 m e un'altezza al mozzo di 105 m, per un'altezza massima al tip (altezza al mozzo + lunghezza pala) di 180 m.

Il gruppo Edison ha già realizzato parchi eolici in regione Abruzzo e ha approfondito la conoscenza della zona di Carpineto Sinello anche grazie alle stazioni anemometriche installate sul territorio. La zona di interesse per il progetto appare caratterizzata da buona ventosità.

1. MATERIALE UTILIZZATO

Il materiale utilizzato ai fini della presente valutazione di produzione attesa si compone dei seguenti elementi:

- dati di vento, raccolti dai sensori anemometrici ubicati in sito (stazione con torre tralicciata installata a fine settembre 2023) di proprietà della proponente e integrati da rete di dati satellitari di terzi (Vortex) rielaborati con modello LES (Large Eddy Simulation) di Vortex. In aree prossime al sito sono inoltre presenti numerose stazioni anemometriche di proprietà della proponente. È stata inoltre tenuta in considerazione un'analisi sulla ventosità "WindIndicative" del consulente indipendente DNV
- rapporto di installazione delle stazioni anemometriche, corredate dei certificati di calibrazione degli anemometri utilizzati nelle campagne di misura
- rapporti di manutenzione ordinaria e straordinaria delle stazioni anemometriche
- layout d'impianto composto da n. 4 posizioni
- modello di aerogeneratore di grande taglia con il quale realizzare la stima di produzione, ovvero, a titolo esemplificativo, modello Vestas V150 da 6 MW con altezza mozzo pari a 105 m
- modello tridimensionale del terreno con curve di livello equidistanti 10m e rugosità del terreno.

1.1 DATI DI VENTO

I dati di vento in possesso e utili per la valutazione della produzione attesa dell'impianto corrispondono a quelli registrati da vari sensori anemometrici installati in sito su stazioni anemometriche e aerogeneratori (di seguito WTG), di proprietà della proponente, a una distanza tra circa 0,04 e 1,8 km dagli aerogeneratori alla base del layout di impianto.

Di seguito la denominazione delle posizioni di misura dei sensori, fisici e virtuali (LES – WindIndicative), con codice e posizione:

Nome Posizione di misura	Codice Misura	H Torre m s.l.s.	Coordinate UTM-WGS84- Fuso 33		Altitudine s.l.m.
			Longitudine E	Latitudine N	
Carpineto Sinello	624	80	461384	4646069	893
LES Liscia	LES	100	461460	4645988	878
"WindIndicative" DNV	DNV-WI	90	461117	4646313	870

Le date di installazione delle stazioni anemometriche ed il periodo di dati rilevati sono indicati nella tabella seguente. I dati LES e WindIndicative DNV sono già intrinsecamente storicizzati, in quanto derivati da serie di dati pluriennali.

Nome Posizione di misura	Codice Misura	Periodo di rilevazione		n° Mesi
		Data inizio	Data fine	
Carpineto Sinello	624	28/09/2023	*	6
LES Liscia	LES	**	**	**
"WindIndicative" DNV	DNV-WI	**	**	**

* Posizione di misura ancora attiva

** Dati storicizzati sul lungo periodo

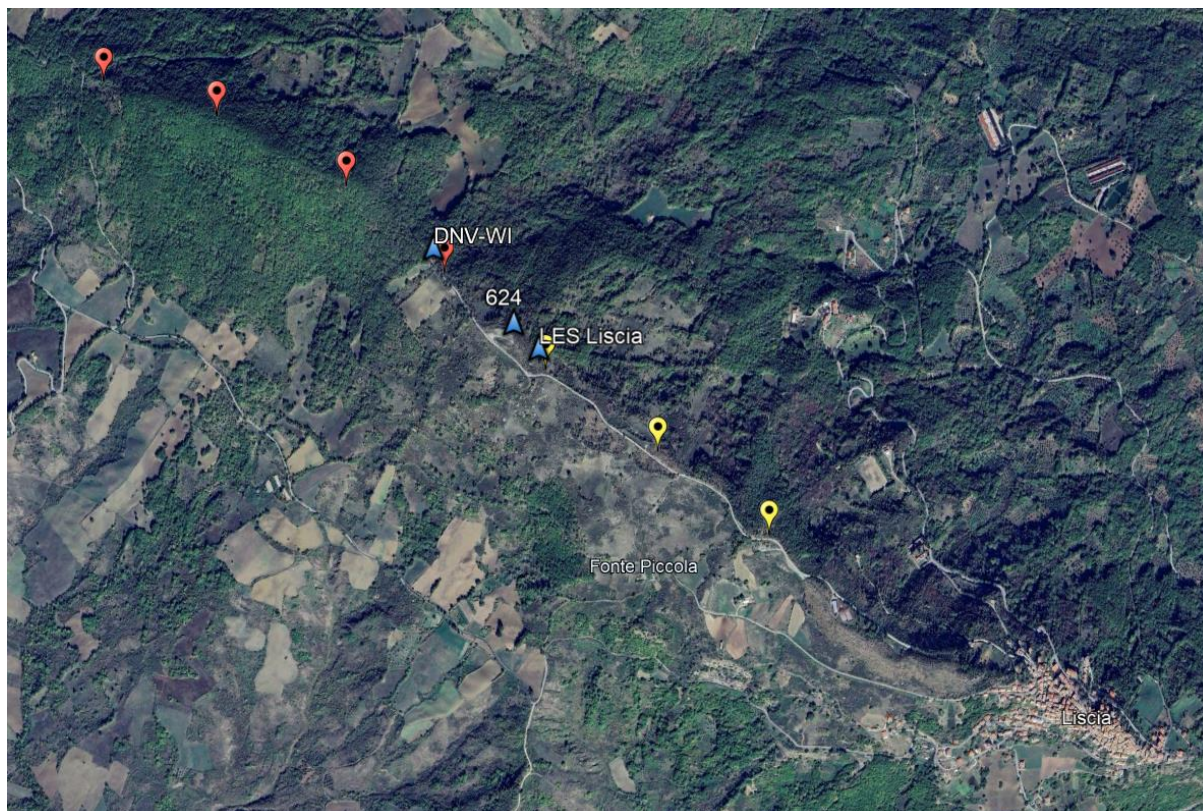
Qui sotto sono presentate le velocità medie delle posizioni di misura considerate per l'analisi e per definire la climatologia nel modello.

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre s.l.s.	V _{media} m/s	Disponibilità %
Carpineto Sinello	624	80	6,6***	100
LES Liscia	LES	100	6,2	100
"WindIndicative" DNV	DNV-WI	90	5,8	100

*** Periodo di misura breve, di circa 6 mesi

1.2 LAYOUT D'IMPIANTO

Il layout d'impianto in progetto (Carpineto Sinello, in rosso le posizioni degli aerogeneratori previsti) e i punti di misura sono riportati su ortofoto nella figura seguente.



In figura sono anche indicati - in giallo - gli aerogeneratori del progetto di Liscia della medesima proponente. Nel modello di calcolo sono state anche stimate le eventuali perdite per effetti di scia dovuti al progetto di Liscia. I risultati sono presentati nel capitolo 3.

Non sono presenti altri aerogeneratori di terzi in esercizio entro la distanza di 1,5-2 km dalle posizioni del layout di Carpineto Sinello oggetto della presente relazione (né dalle posizioni di Liscia). Oltre questa distanza, maggiore di 10 diametri di rotore, eventuali effetti di scia non sono stati considerati trascurabili perché di impatto limitato.

1.3 AEROGENERATORI

A titolo esemplificativo, il modello di aerogeneratore utilizzato per la valutazione della produzione attesa dell'impianto è il seguente:

Costruttore	Modello	Diametro rotore (m)	Potenza nominale (MW)	H di mozzo (m)	Classe IEC
Vestas	V150	150	6	105	S

La curva di potenza utilizzata è relativa alla densità dell'aria di 1.225 Kg/m³ corrispondente alla quota altimetrica del mare. Successivamente il codice di calcolo WAsP calcola la densità dell'aria nelle posizioni del layout di impianto.

Nelle figure sottostanti sono rappresentate nel loro sviluppo sia la curva di potenza (P) che la curva di spinta (Ct) per la determinazione delle perdite per effetto scia al variare della velocità del vento

Velocità (m/s)	Potenza (MW)	Ct
3	40	0,862
4	250	0,808
5	563	0,784
6	1032	0,785
7	1693	0,786
8	2565	0,787
9	3657	0,769
10	4777	0,674
11	5642	0,550
12	5956	0,417
13	5998	0,316
14	6000	0,247
15	6000	0,198
16	6000	0,162
17	5842	0,131
18	5353	0,102
19	4887	0,079
20	4424	0,062
21	3966	0,049
22	3495	0,038
23	3012	0,029
24	2580	0,022
25	2044	0,016

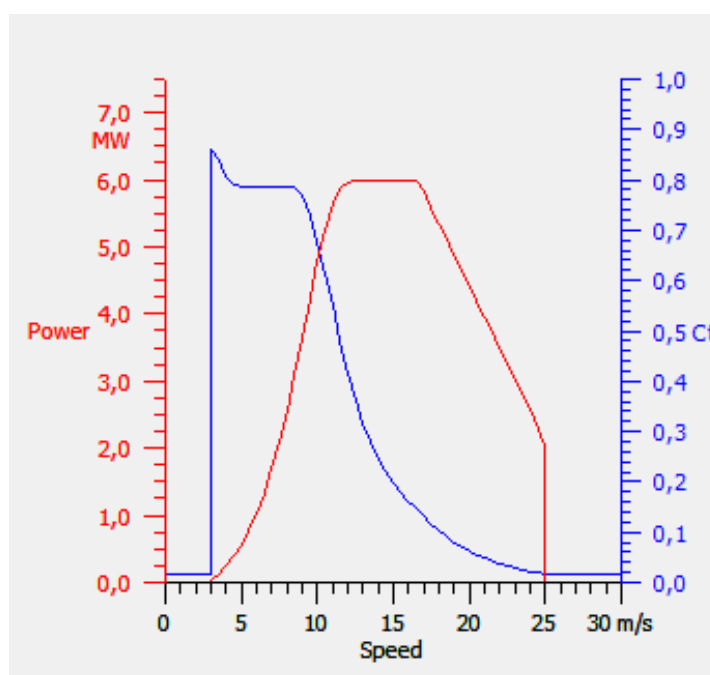


Figura I - Curva di potenza e Ct dell'aerogeneratore Vestas V150 6MW

2 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI

I dati anemometrici disponibili per la valutazione della produzione attesa per il progetto eolico sono quelli delle stazioni anemometriche nella zona dell'impianto e i dati di origine satellitare, nonché l'analisi "WindIndicative" del consulente indipendente DNV.

Sono state analizzate quindi molteplici fonti di dati. La serie di dati meno incerta risulta quella di origine satellitare-LES (Large Eddy Simulation) di Vortex, per la quale è disponibile una serie annuale su base 10 minuti intrinsecamente storicizzata rispetto agli ultimi decenni. È stata considerata anche la breve serie di dati della stazione anemometrica in sito, correlandola con dati di lungo periodo di origine satellitare ERA5; è stata ottenuta un'ulteriore stima della ventosità di lungo periodo, tuttavia caratterizzata da elevata incertezza. Infatti, è necessario attendere un periodo di campagna di misura più lungo per affinare l'analisi ed effettuare la correlazione. La correlazione preliminare del periodo limitato di misura in sito per pochi mesi con i dati satellitari indicherebbe una velocità media a 100m dal suolo inferiore, pari a circa 5,5 m/s riportata per il lungo periodo. Infine, abbiamo potuto considerare l'indicazione di ventosità "WindIndicative" del consulente indipendente DNV, basata su base dati anonimizzata e algoritmi proprietari. Quest'ultima stima ha comunque un'incertezza molto alta.

La stima di produzione nella presente relazione è basata quindi sulla serie annuale intrinsecamente storicizzata del modello LES-satellitare di Vortex.

Nella seguente tabella sono sinteticamente riportati i dati "LES Liscia".

Nome Punto di misura virtuale	Codice Stazione	H Torre s.l.s.	V media m/s
LES Liscia	LES	100	6,2

Per l'analisi del gradiente del vento con l'altezza dal suolo si sono potuti analizzare i valori di misura a varie altezze delle serie di dati LES nonché le misure sperimentali in sito alle varie altezze della stazione anemometrica 0624. I dati LES forniscono valori fino ad altezze superiori all'altezza di punta pala.

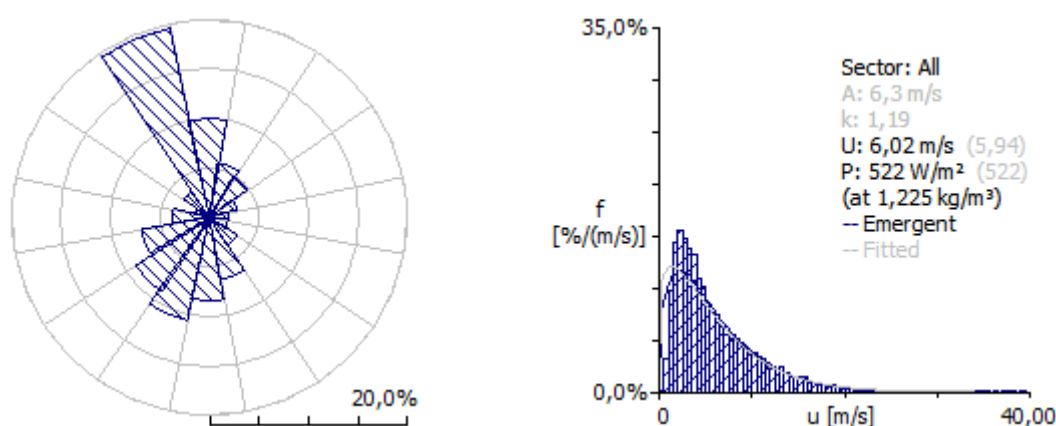
Inoltre, un'ulteriore indicazione sul profilo verticale è ricavabile anche dalle analisi del consulente indipendente DNV, il quale ha fornito una stima della ventosità a 90 m dal suolo.

2.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO

La valutazione di produzione attesa è stata effettuata sulla base dei dati anemometrici, disponibili già all'altezza di mozzo dell'aerogeneratore considerato per la stima della produzione energetica.

I dati LES sono intrinsecamente storicizzati, pertanto non è necessario eseguire una correlazione di lungo periodo.

Sotto è rappresentata la rosa del vento in termini di distribuzione di frequenza a 100 metri dal suolo nella posizione del punto di misura "LES Liscia", come rappresentata nel modello di calcolo.



2.2 IMPOSTAZIONE DEL MODELLO

È stato considerato un valore di densità dell'aria pari a $1,11 \text{ kg/m}^3$, sulla base dei dati LES e di modelli di calcolo basati sui parametri atmosferici del sito.

È stato usato un modello per l'extrapolazione orizzontale dei valori di ventosità a partire dai punti di misura, che considera l'orografia e la rugosità del terreno.

La stima della produzione è stata effettuata utilizzando le curve di potenza degli aerogeneratori di riferimento di cui al paragrafo 1.3.

Sono stati stimati gli effetti di scia e gli altri parametri di simulazione utilizzando valori standard secondo lo stato dell'arte del settore eolico.

Non risultando al momento presenti in esercizio altri impianti eolici, non sono stati considerati effetti di scia dovuti a aerogeneratori vicini esistenti di terzi.

È stato effettuato il calcolo delle possibili perdite per scia dovute al limitrofo progetto di Liscia della medesima proponente. I risultati sono presentati nel capitolo 3.

3 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE NETTA ATTESA

La produzione attesa per l'impianto in oggetto è stata valutata in rapporto ai modelli di aerogeneratori indicati nel paragrafo 1.3.

La produzione attesa tiene conto delle perdite per la densità dell'aria alla quota del sito, delle perdite per effetto scia che si genera internamente tra gli aerogeneratori dell'impianto e a causa dei parchi eolici limitrofi considerati.

3.1 PRODUZIONE ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE

Il valore di produzione netta attesa viene ottenuto dal processo di calcolo illustrato nei paragrafi precedenti e tiene conto, oltre alle perdite dovute alla scia degli aerogeneratori e alla densità dell'aria alla quota del sito, (i) delle perdite elettriche, (ii) delle perdite di performance degli aerogeneratori (ad esempio per effetti ambientali, quali la temperatura), (iii) della disponibilità di rete, (iv) delle perdite per *noise and wind sector management* e (v) della disponibilità di aerogeneratori e Balance of Plant (BoP).

Costruttore	Potenza AG	Numero AG	Potenza impianto	H mozzo	Perdite medie scia	Produzione netta (incl. WTG/BoP Av.)		Incertezza - periodo 10 anni
	(MW)	(N)	(MW)	(m)	%	(GWh/y)	(ore/y)	%
Vestas V150	6	4	24	105	2,1%	48,1	2004	13
Riferimento modello Atlante Eolico V136	3,45	4	13,8	100	1,7%	32,1	2326	13

Nella tabella sopra è presentata anche la stima di produzione - nelle medesime posizioni di progetto e con la stessa base di dati di vento - ipotizzando il modello di aerogeneratore Vestas V136 da 3,45MW, il quale è tra i modelli teorici di riferimento, utilizzati dall'Atlante Eolico RSE per la stima delle ore equivalenti indicative di un'area geografica (ore equivalenti net P50). Le ore equivalenti non sono un valore misurato ma rappresentano un parametro dipendente dal modello di aerogeneratore considerato, dalla sua curva di potenza e dal rapporto tra il suo diametro e il valore di potenza nominale. Il progetto di Carpineto Sinello si attesta su valori di ore equivalenti net P50 superiori a 2150 utilizzando nel calcolo il modello di aerogeneratore V136 3,45MW con riferimento all'Atlante Eolico RSE.

I valori delle perdite elettriche, di performance degli aerogeneratori e delle altre perdite sono basati su valori medi relativi a impianti in esercizio della proponente di simile potenza elettrica complessiva.

La valutazione nella presente relazione è soggetta a significativa incertezza in quanto al momento è basata principalmente su dati satellitari. La campagna di misura strumentale in sito tramite la stazione anemometrica recentemente installata fornirà a breve una quantità ulteriore di dati per affinare l'analisi e ridurre l'incertezza.

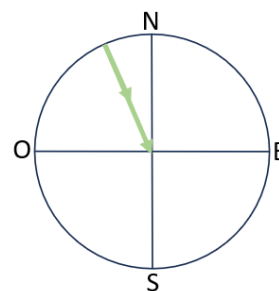
Gli effetti di scia del limitrofo progetto di Liscia (rappresentato in figura nel paragrafo 1.2) della medesima proponente sono stati stimati mediante il modello di calcolo e porterebbero ad un aumento delle perdite di scia sul layout di Carpineto Sinello di circa 0,2% (portantole da 2,1% a 2,3%) con una produzione netta immessa in rete che da 48,1 GWh/y diverrebbe ca. 48,0 GWh/y.

Nella tabella sotto sono indicate le stime di produzione annua lorda di ogni singolo aerogeneratore del progetto di Carpineto Sinello e i medesimi valori decurtati delle perdite di scia, interne al layout di progetto.

Aerogeneratore	Produzione annua lorda [GWh]	Produzione annua lorda - scie [GWh]	Perdite di scia [%]
Carpineto Sinello-01	13,4	12,9	3,8
Carpineto Sinello-02	14,0	13,7	2,6
Carpineto Sinello-03	14,6	14,3	1,7
Carpineto Sinello-04	13,2	13,2	0,4
Parco eolico	55,2	54,0	2,1%

Nella seguente tabella è indicata la **direzione prevalente per il layout di progetto, 337,5°**, in termini di **rilevanza energetica complessiva** sulle posizioni del layout, stimata nel modello di calcolo utilizzato per la presente relazione. Nella tabella è anche indicata la distribuzione di frequenza della direzione di provenienza del vento, in percentuale. **Dalla tabella emerge un valore percentuale di perdite per effetto scia contenuto, che evidenzia un layout con interdistanze interne tra gli aerogeneratori più che adeguato.**

Settore	Direzione [°]	Energia [%]	Frequenza [%]
1	0	10,1	11,8
2	22,5	2,9	6,2
3	45	0,8	4,2
4	67,5	0,3	2,7
5	90	0,3	2,2
6	112,5	0,3	2,4
7	135	0,4	4,0
8	157,5	1,3	7,0
9	180	2,8	8,8
10	202,5	4,5	9,5
11	225	5,0	8,0
12	247,5	4,2	5,9
13	270	2,4	4,0
14	292,5	1,3	2,9
15	315	4,5	6,1
16	337,5	14,2	14,7
Somma:		55,2	100,0%



4 CONCLUSIONI

Con il presente rapporto sono stati determinati i risultati di stima della produzione attesa del progetto di parco eolico di Carpineto Sinello, ubicato in Abruzzo, in Provincia di Chieti, nel territorio comunale di Carpineto Sinello.

L'attività è iniziata con la validazione e l'analisi statistica dei dati disponibili rilevati dalle stazioni anemometriche in sito di proprietà della proponente situate nell'area in esame da diversi anni. È stata verificata in tal modo la ventosità di lungo periodo, nonché messo a punto un modello di calcolo.

Il calcolo della produzione attesa media ($P_{50\%}$) è stato effettuato sulla base di tutti i dati disponibili, utilizzando al meglio il codice di calcolo numerico e, nel caso in cui il processo offriva la possibilità di più scelte alternative, adottando i criteri di calcolo ritenuti più verosimili per le caratteristiche specifiche del sito e/o maggiormente conservativi, allo scopo di ridurre il rischio di sopravvalutazione della produzione.