



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
BASILICATA

Interventi per l'efficienza energetica e prestazioni ambientali nelle PMI (LA 3.10)

Antonio D'Angola, Milena Marroccoli, Antonio Telesca

Dipartimento di Ingegneria, Università della Basilicata

*Progetto 1.6 del Piano Triennale di realizzazione 2022-2023 della Ricerca di Sistema elettrico nazionale (RdS)
Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali
WP3 Strumenti per l'efficienza energetica nei settori produttivi*

Roma, 26 novembre 2024 - Centro Congressi Frentani

GRUPPO DI LAVORO DIING UNIBAS

Dipartimento di Ingegneria, Università della Basilicata

Antonio D'Angola	IIND 07/C - GSD FISICA TECNICA E INGEGNERIA NUCLEARE
Milena Marroccoli	IMAT-01/A - GSD SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI
Antonio Telesca	IMAT-01/A - GSD SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI
Antonio Ferraro	Dottore di Ricerca
Benedetto Piccardo	Tirocinio presso ENEA DUEE

ATTIVITA' (LA 3.10) WP3

- (1) sviluppo e perfezionamento di metodologie di calcolo per l'individuazione delle opportunità di risparmio energetico e valutazione dell'entità dei risparmi conseguiti
 - aggiornamento e perfezionamento di strumenti di calcolo (in collaborazione con ENEA nella LA 3.1)
 - definizione ed implementazione schede intervento
 - individuazione di casi studio (settore PLASTICHE)

- (2) studio dei benefici multipli che gli interventi possono produrre in termini energetici e ambientali. Strumenti di calcolo per il consumo specifico di acqua

Realizzazione di schede interventi di miglioramento energetico – calcolo puntuale del risparmio per ogni categoria di apparecchiatura

Schede interventi – **create ex novo, rapporti GSE O BREF**

- Valutazione del risparmio energetico tramite modelli dedicati
- Valutazione dei parametri economici
- Valutazione degli incentivi

Costo stimato di realizzazione dell'opportunità (I);

Risparmi e flussi di cassa;

Tempo di ritorno dell'investimento (TR);

Orizzonte temporale di valutazione dell'investimento (T);

Tasso interno di rendimento (TIR);

Valore attuale netto dell'investimento (VAN);

Indice di redditività dell'investimento (VAN/I).

Elenco delle schede degli interventi di miglioramento energetico

Installazione motori elettrici a più alta efficienza
Installazione inverter compressori per Potenze ≥ 11 kW
Installazione inverter ventilatori
Rifasamento motori elettrici presso localizzazione utenze per Potenze ≤ 37 kW
Installazione gruppi di continuità statici ad alta efficienza (UPS)
Impianto fotovoltaico
Sostituzione Celle frigorifere e/o surgelatori
Illuminazione Pubblica
Illuminazione Generale
Riqualificazione termodinamica vapore acqueo con RMV nella concentrazione di soluzioni
Installazione refrigeratori condensati ad aria e ad acqua
Installazione impianto di riscaldamento a biomassa unifamiliare per Potenze ≤ 35 kW
Installazione di sistemi di automazione e controllo riscaldamento edifici residenziali UNI EN 15232
Installazione di impianto di riscaldamento a biomassa legnosa per la serricoltura
Sostituzione Generatore termico
Sostituzione Unità trattamento aria
Solare termico
Installazione schermi termici per isolamento sistema serra
Utilizzo di biometano (BM) nei trasporti pubblici in sostituzione del metano (GN)
Diffusione di vetture a trazione elettrica per il trasporto passeggeri
Diffusione di vetture a trazione ibrida termo-elettrica per il trasporto passeggeri
Diffusione di vetture alimentate a metano per il trasporto passeggeri
Diffusione di vetture alimentate a GPL per il trasporto passeggeri
Sostituzione di frigoriferi, frigocongelatori, congelatori, lavabiancheria, lavastoviglie con prodotti analoghi a più alta efficienza
Sostituzione superfici opache e trasparenti
Cogeneratore
Generico Intervento Elettrico
Generico Intervento Termico

CASO STUDIO

Interventi di efficientamento energetico nel settore delle plastiche



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
BASILICATA

Caso studio: azienda che opera nel settore della produzione di manufatti in plastica, con particolare specializzazione nei tubi in polietilene (PE) e policloruro di vinile (PVC)

Il settore delle plastiche rappresenta uno dei comparti industriali più rilevanti

la produzione di materie plastiche è intrinsecamente legata a processi industriali ad alta intensità di assorbimento energetico: polimerizzazione, estrusione, stampaggio

L'efficientamento energetico riduce i costi operativi e rappresenta anche uno strumento per diminuire l'impatto ambientale complessivo, in linea con le normative sempre più stringenti in materia di emissioni e sostenibilità, come ad esempio la ISO14001, la quale stabilisce i requisiti per l'implementazione di un sistema di gestione ambientale (SGA)

CASO STUDIO

Interventi di efficientamento energetico nel settore delle plastiche

Interventi di efficientamento energetico nel settore delle plastiche

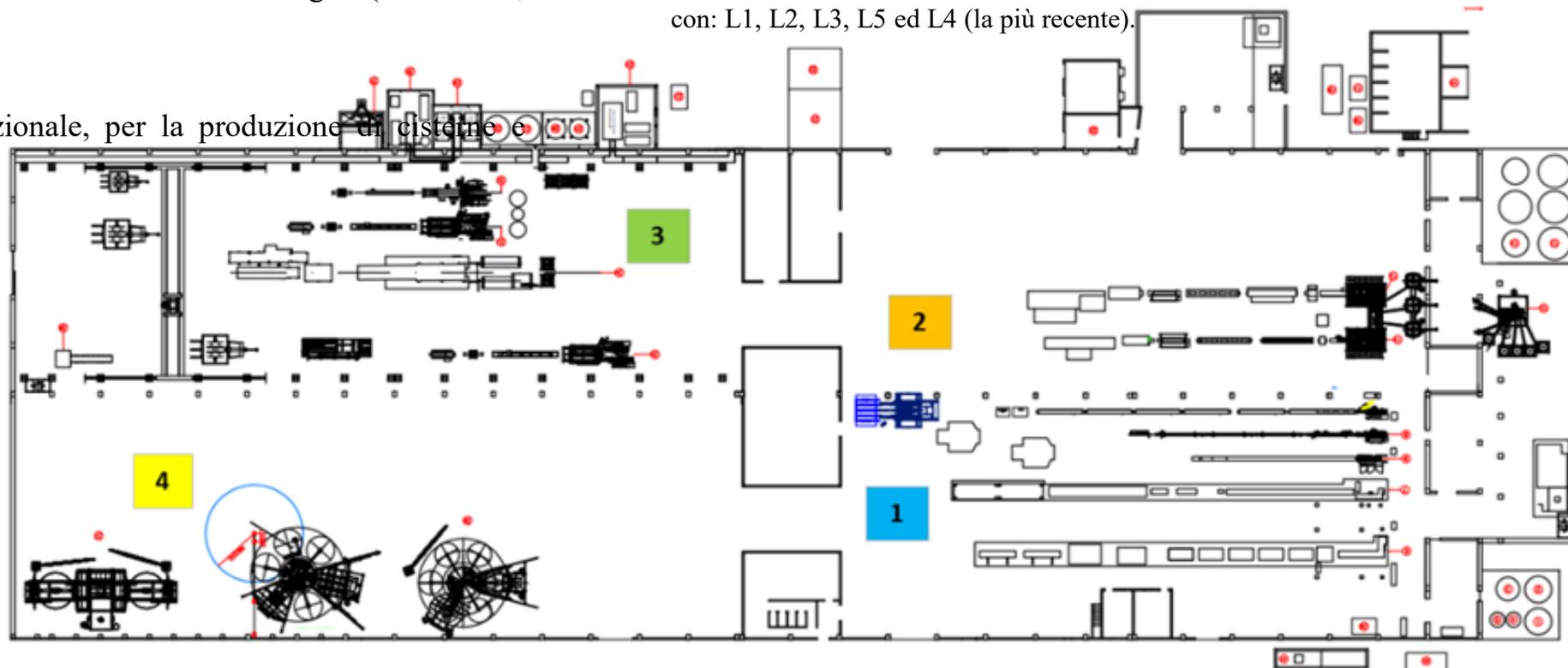
Layout di impianto:

1. Reparto per tubi lisci in polietilene
2. Reparto per tubi in PVC (linee P1 e P2)
3. Reparto per produzione di tubi corrugati (4 linee C1, C2, C3, C4)
4. Reparto rotazionale, per la produzione di cisterne e serbatoi

Reparti 1-3 sono completamente elettrici, mentre il rotazionale utilizza per lo più il metano
Consumo metano rappresenta solo il 5%.

1. Reparto tubi lisci

Il reparto adibito alla produzione di tubi lisci è costituito da 5 linee, distinguibili dal pallino rosso a monte linea, in corrispondenza della testa dell'estrusore. Per questo reparto le linee sono indicate con: L1, L2, L3, L5 ed L4 (la più recente).



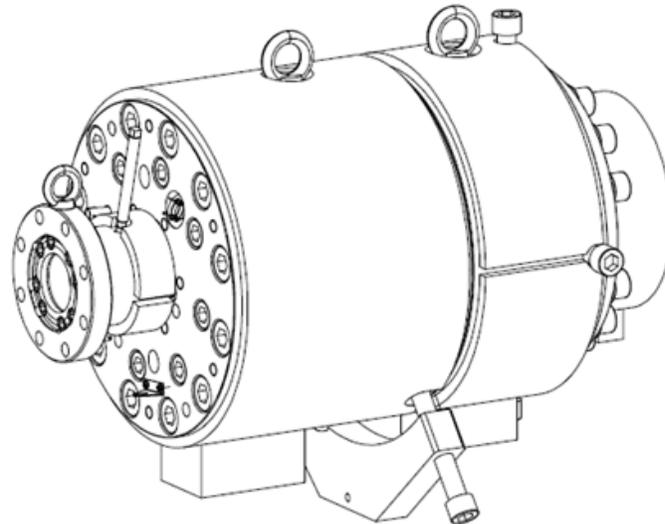
CASO STUDIO

Interventi di efficientamento energetico nel settore delle plastiche

Interventi di efficientamento energetico nel settore delle plastiche

Estrusione di tubi: processo di produzione utilizzato per creare tubi in materiale plastico di diverse dimensioni e forme:

- fusione di granuli di plastica (generalmente PVC, PE o PP) in una testa di estrusione
- la macchina riscaldata da resistenze elettriche a temperature di regime attorno ai 180°C e i 190°C, comprime il materiale fino a renderlo fluido
- la plastica fusa viene poi forzata attraverso una matrice a forma di anello, che le conferisce la tipica forma tubolare



CASO STUDIO

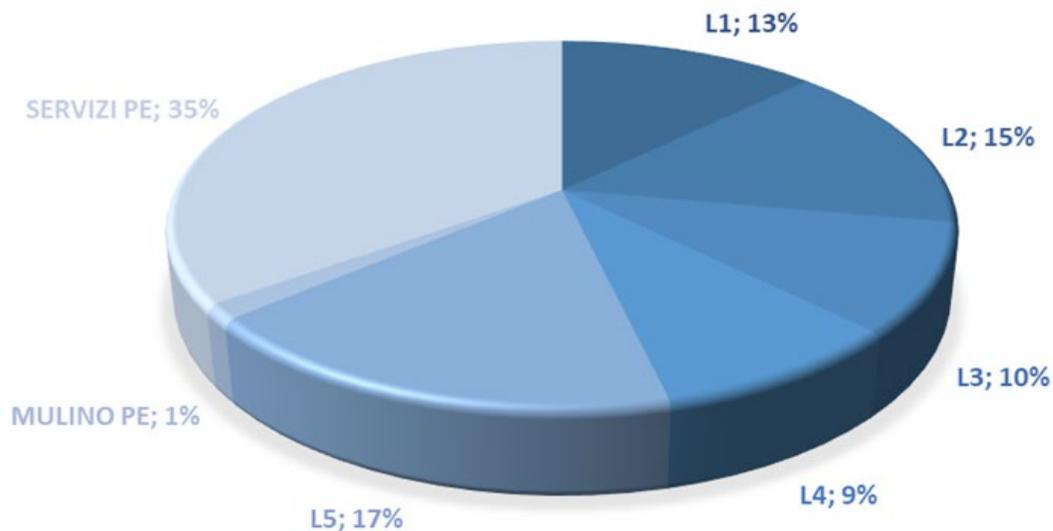
Interventi di efficientamento energetico nel settore delle plastiche

INTELLIGENTI AL MIGLIORAMENTO ENERGETICO NEL SETTORE DELLE PLASTICHE

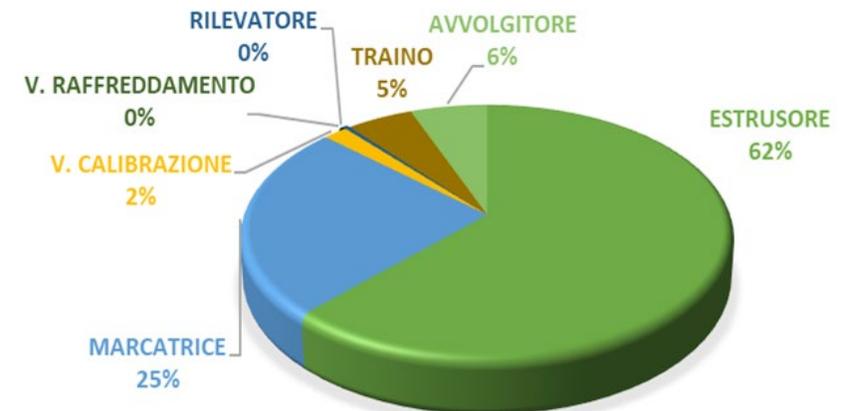
La coibentazione rappresenta uno degli interventi più efficaci per migliorare l'efficienza energetica e implica l'isolamento termico delle superfici esposte dei macchinari, principalmente delle teste di estrusione che sono i componenti responsabili della fusione dei granuli di materia prima, al fine di ridurre le perdite di calore e mantenere la temperatura desiderata durante le operazioni di lavorazione e di ridurre i picchi di assorbimento nel riscaldamento della testa

L'uso di materiali isolanti ad alta efficienza, come schiume poliuretaniche, lana minerale e materiali a base di fibra di vetro e termocoperte, permette di minimizzare la dispersione di calore, garantendo un utilizzo più efficiente dell'energia

CONSUMI ENERGIA ELETTRICA PE IN TEP



RIPARTIZIONE P INSTALLATA L3



CASO STUDIO

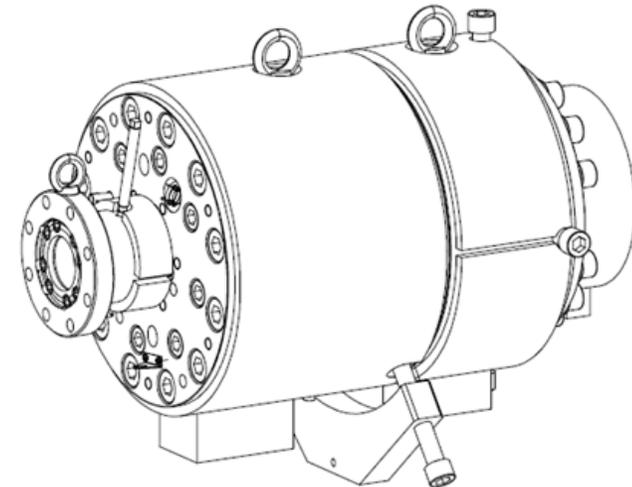
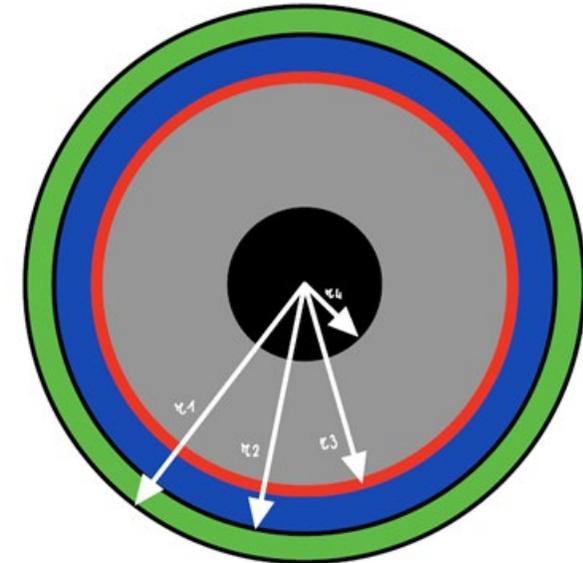
Interventi di efficientamento energetico nel settore delle plastiche

Interventi di efficientamento energetico nel settore delle plastiche

Modello matematico costruito tenendo in considerazione una geometria semplificata, effettuando una sezione perpendicolare all'asse della testa

il cilindro multistrato può essere visualizzato come una serie di cerchi concentrici:

- cavità (in nero nel disegno) nella quale scorre il materiale plastico fuso
- strato di acciaio alto-resistenziale
- strato in ceramica, facente parte della resistenza nel corpo reale
- ultimo strato in mica

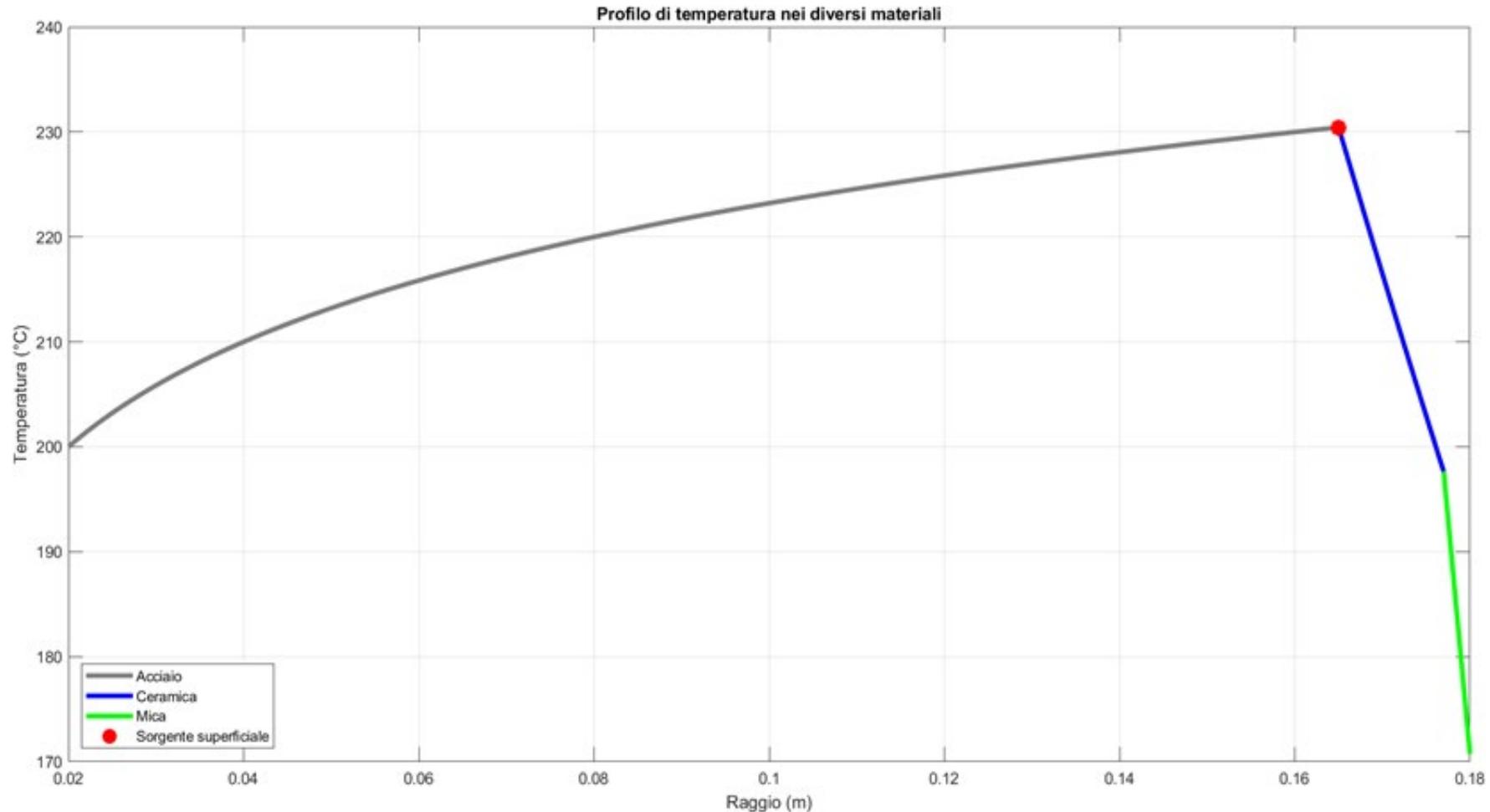


CASO STUDIO

Interventi di efficientamento energetico nel settore delle plastiche

INTELLIGENTI AL MIGLIORAMENTO ENERGETICO NEL SETTORE DELLE PLASTICHE

Esempio di profilo di temperatura calcolato per la valutazione del risparmio a seguito di intervento di coibentazione



Schede degli interventi di miglioramento energetico: impianto fotovoltaico

Scheda intervento completa – Installazione impianto fotovoltaico (algoritmo di calcolo ad hoc)

DATI INPUT E INDICATORI OUTPUT

DATI INPUT IMPIANTO FV	
Potenza installata [kWp]	20
Modalità Calcolo Autoconsumo	Calcolato
Autoconsumo [%]	58,75%
Riduzione annua producibilità [%/anno]	1,00%
Capacità Batteria Accumulo [kWh]	1,00

DATI INPUT ANALISI ECONOMICA	
Investimento [€]	10.000,00
Costo annuo manutenzione [€/anno]	200,00
Prezzo vendita energia [€/kWh]	0,05
Eventuale finanziamento a fondo perduto [%]	50,00%
Tasso attualizzazione [%]	3%

DATI OUTPUT	
INDICATORI ENERGETICI	
Producibilità Impianto FV [kWh/kWp anno]	1368,60
Energia elettrica prodotta [kWh/anno]	27.372,00
Energia elettrica accumulata [kWh/anno]	0,00
Autoconsumo [kWh]	16.080,60
Vendita [kWh/anno]	11.291,40
Costo medio energia [€/kWh]	0,0025

CALCOLO PRESTAZIONI ENERGETICHE

FABBISOGNO IN ORARIO PRODUZIONE FV							
Mese	N. gg	Producibilità [kWh/kWp]	Producibilità [kWh]	F1	F2	F3	TOTALE
Gennaio	31	67	1.340,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
Febbraio	28	75,6	1.512,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
Marzo	31	115	2.300,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
Aprile	30	125	2.500,00	1.000.000,00	268.292,81	152.777,78	1.421.070,58
Maggio	31	141	2.820,00	1.000.000,00	268.292,81	152.777,78	1.421.070,59
Giugno	30	153	3.060,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
Luglio	31	166	3.320,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
Agosto	31	159	3.180,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
Settembre	30	123	2.460,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
Ottobre	31	107	2.140,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
Novembre	30	72,4	1.448,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
Dicembre	31	64,6	1.292,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
TOTALE	365	1368,6	27.372,00	12.000.000,00	3.219.512,44	1.833.333,33	17.052.845,78

Tabella 1: RIEPILOGO FASCE ORARIE

Ore del giorno	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
lunedì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3																	
martedì	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3												
mercoledì	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3												
giovedì	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3												
venerdì	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F2	F3												
sabato	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F2	F3																	

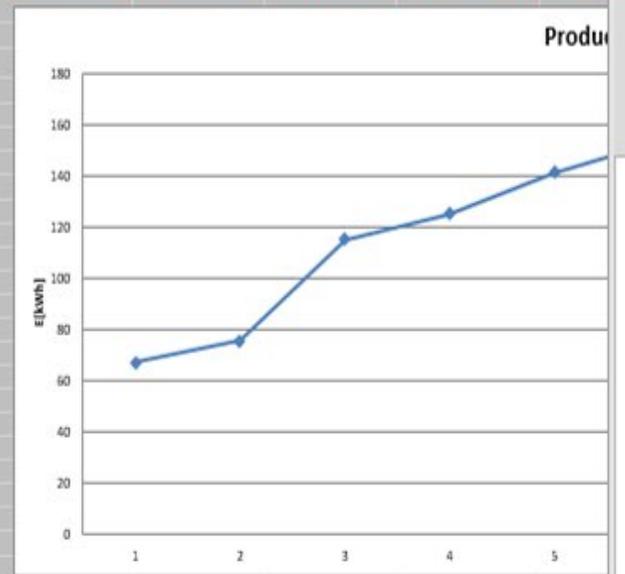
Schede degli interventi di miglioramento energetico: impianto fotovoltaico.

Scheda intervento completa – Installazione impianto fotovoltaico (algoritmo di calcolo ad hoc)

19	Eventuale finanziamento a fondo perduto [%]	50,00%	Novembr	30	72,4	1.448,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
20	Tasso attualizzazione [%]	3%	Dicembre	31	64,6	1.292,00	1.000.000,00	268.292,68	152.777,78	1.421.070,46
21			TOTALE	365	1368,6	27.372,00	12.000.000,00	3.219.512,44	1.833.333,33	17.052.845,78
22	DATI OUTPUT									
23	INDICATORI ENERGETICI									
25	Produttività Impianto FV [kWh/kWp anno]	1.368,60								
26	Energia elettrica prodotta [kWh/anno]	27.372,00								
27	Energia elettrica accumulata [kWh/anno]	0,00								
28	Autoconsumo [kWh]	16.080,60								
30	Vendita [kWh/anno]	11.291,40								
32	Costo medio energia [€/kWh]	0,0025								
34	Risparmio PRIMARIA [TEP/anno]	3,007								
35	Risparmio PRIMARIA [kWh/anno]	34.972,25								
36	Risparmio PRIMARIA [kJ/anno]	1,259E+08								
38	PRIMARIA INIZIALE [TEP/anno]	1459804758,489								
39	PRIMARIA INIZIALE [kWh/anno]	16.977.529.341.232,20								
40	PRIMARIA INIZIALE [kJ/anno]	6,112E+16								
42	PRIMARIA FINALE [TEP/anno]	1459804755,482								
43	PRIMARIA FINALE [kWh/anno]	16.977.529.306.259,90								
44	PRIMARIA FINALE [kJ/anno]	6,112E+16								
46	INDICATORI AMBIENTALI									
47	Risparmio CO2 [Kg/anno]	8.538,80								
48	Risparmio specifico CO2 [Kg/1 anno]	0,954								
50	INDICATORI ECONOMICI									
51	Investimento NETTO [€]	5.000,00								
52	Risparmio economico (Primo anno)	484,77								
53	Risparmio/Investimento	4,05%								
54	Valore Attuale Netto (VAN) [20 anni]	255,14								
55	Pay Back Period (PBP) [anni]	19								

Tabella 1: RIEPILOGO FASCE ORARIE

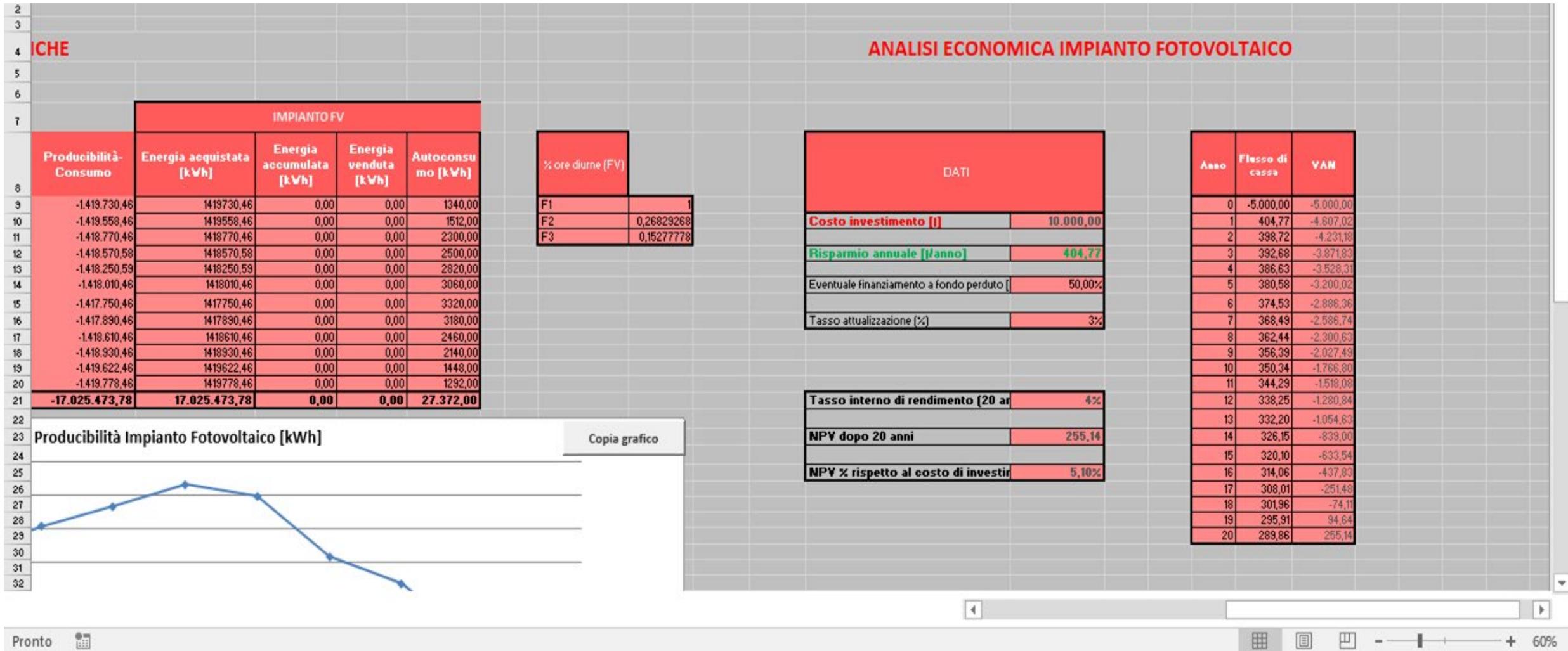
Ore del giorno	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
lunedì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F3																		
martedì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F3																		
mercoledì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F3																		
giovedì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F3																		
venerdì	F3	F2	F1	F2	F2	F2	F3																		
sabato	F3	F2	F3																						
domenica	F3																								



Info Grafici

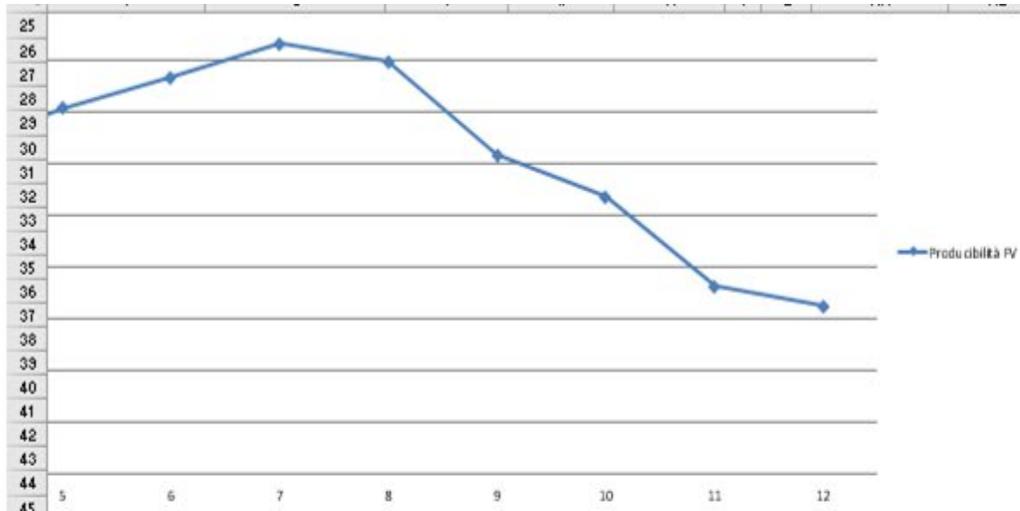
Schede degli interventi di miglioramento energetico: impianto fotovoltaico..

Scheda intervento completa – Installazione impianto fotovoltaico (algoritmo di calcolo ad hoc)



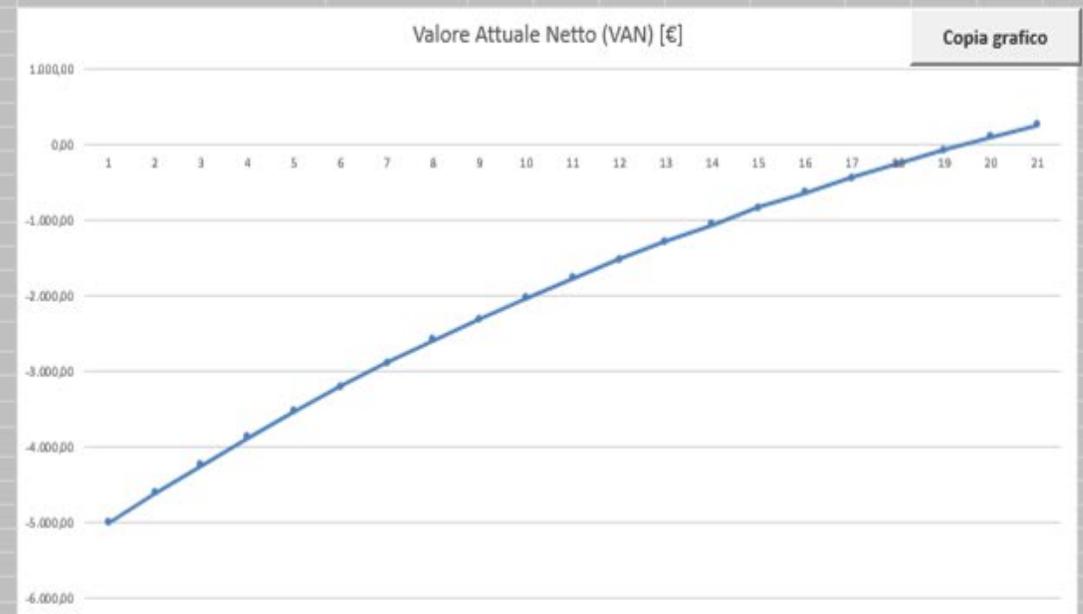
Schede degli interventi di miglioramento energetico: impianto fotovoltaico...

Scheda intervento completa – Installazione impianto fotovoltaico (algoritmo di calcolo ad hoc)



NPV % rispetto al costo di investire **5,10%**

16	314,06	-437,83
17	308,01	-251,48
18	301,96	-74,11
19	295,91	84,64
20	289,86	255,14

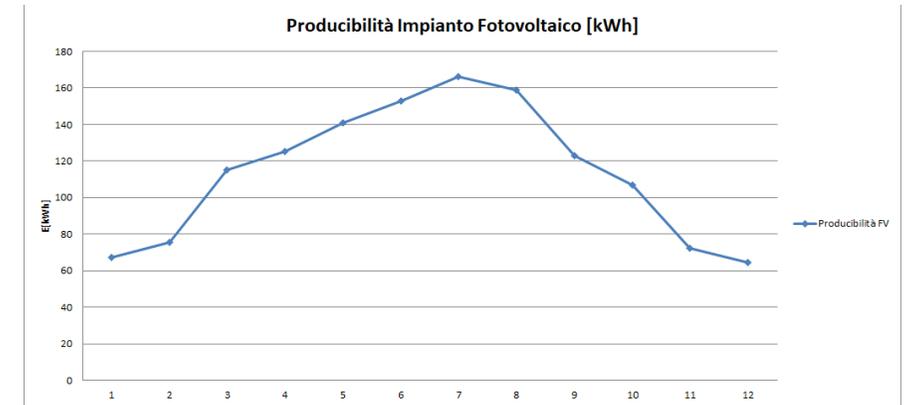
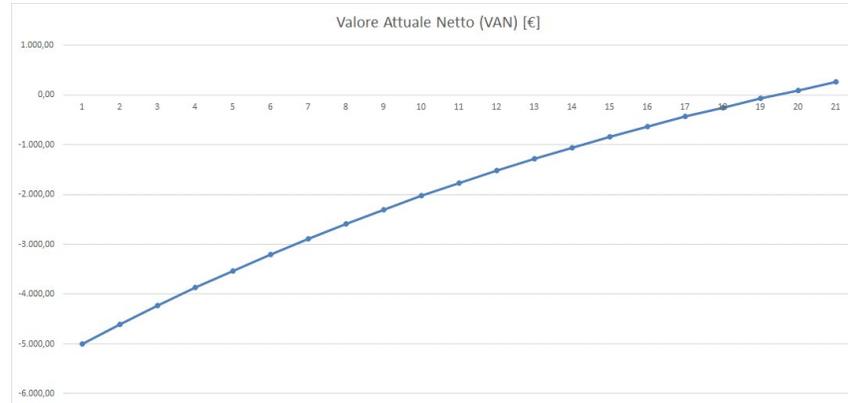


Schede degli interventi di miglioramento energetico: impianto fotovoltaico

Scheda intervento completa – Installazione impianto fotovoltaico (dettaglio)

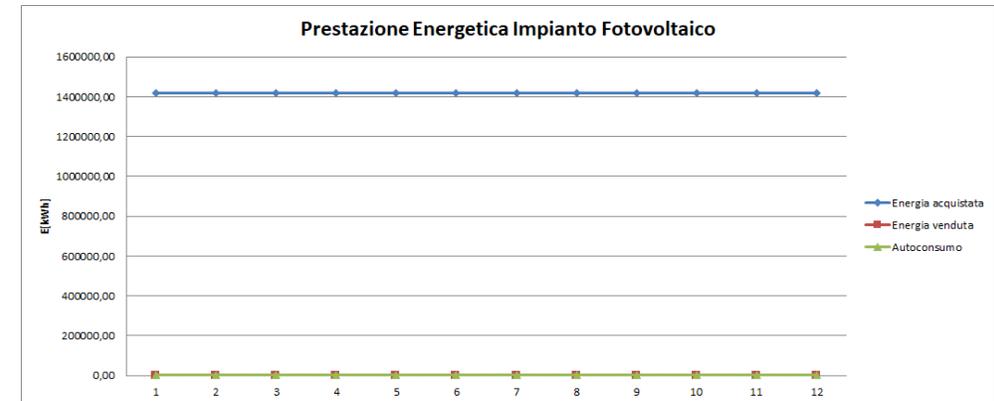
DATI INPUT ANALISI ECONOMICA	
Investimento [€]	10.000,00
Costo annuo manutenzione [€/anno]	200,00
Prezzo vendita energia [€/kWh]	0,05
Eventuale finanziamento a fondo perduto [%]	50,00%
Tasso attualizzazione [%]	3%

DATI OUTPUT	
INDICATORI ENERGETICI	
Produttività Impianto FV [kWh/kWp anno]	1.368,60
Energia elettrica prodotta [kWh/anno]	27.372,00
Energia elettrica accumulata [kWh/anno]	0,00
Autoconsumo [kWh]	16.080,60
Vendita [kWh/anno]	11.291,40
Costo medio energia [€/kWh]	0,0025
INDICATORI AMBIENTALI	
Risparmio PRIMARIA [TEP/anno]	3,007
Risparmio PRIMARIA [kWh/anno]	34.972,25
Risparmio PRIMARIA [kJ/anno]	1,259E+08
PRIMARIA INIZIALE [TEP/anno]	1459804758,489
PRIMARIA INIZIALE [kWh/anno]	16.977.529.341.232,20
PRIMARIA INIZIALE [kJ/anno]	6,112E+16
PRIMARIA FINALE [TEP/anno]	1459804755,482
PRIMARIA FINALE [kWh/anno]	16.977.529.306.259,90
PRIMARIA FINALE [kJ/anno]	6,112E+16
Risparmio CO2 [Kg/anno]	8.538,80
Risparmio specifico CO2 [Kg/anno]	0,854



DATI	Anno	Flusso di cassa	VAN
Costo investimento [€]	0	-5.000,00	-5.000,00
Risparmio annuale [€/anno]	1	404,77	-4.607,02
Eventuale finanziamento a fondo perduto [%]	2	398,72	-4.231,18
Tasso attualizzazione [%]	3	392,68	-3.871,83
	4	386,63	-3.528,31
	5	380,58	-3.200,02
	6	374,53	-2.886,36
	7	368,49	-2.586,74
	8	362,44	-2.300,63
	9	356,39	-2.027,49
	10	350,34	-1.766,80
	11	344,29	-1.518,08
	12	338,25	-1.280,84
	13	332,20	-1.054,63
	14	326,15	-839,00
	15	320,10	-633,54
	16	314,06	-437,83
	17	308,01	-251,48
	18	301,96	-74,11
	19	295,91	94,64
	20	289,86	255,14

Tasso interno di rendimento (20 anni)	4%
NPV dopo 20 anni	255,14
NPV % rispetto al costo di investimento	5,10%



Calcolo dei prelievi idrici



Sezione ambientale

Stima dei prelievi idrici a partire dai
dati relativi alla produzione

```
graph TD; A[Stima dei prelievi idrici a partire dai dati relativi alla produzione] --> B[Per processi]; A --> C[Per prodotti];
```

Per processi

Per prodotti

Diagnosi per processo

Generico Industriale		Valore della produzione mensile [nome e unità di misura del prodotto finito]				PRELIEVO MENSILE DI ACQUA PER USO CIVILE (MENZA, BAGNI,...) DA MONITORAGGIO (m³)	
Indice degli inventari del prelievo idrico		Mese	Denominazione prodotto	Quantità	Unità di misura		
Indice dei processi	Anno di riferimento						
Processo 1	2024	Gennaio	prodotto A	100	kg	Gennaio	
Processo 2		Febbraio		100		Febbraio	
Processo 3		Marzo		100		Marzo	
Processo 4		Aprile		100		Aprile	
Processo 5		Maggio		100		Maggio	
Processo 6		Giugno		100		Giugno	
Servizi ausiliari		Luglio		100		Luglio	
		Agosto		100		Agosto	
		Settembre		100		Settembre	
		Ottobre		100		Ottobre	
	Novembre		100	Novembre			
	Dicembre		100	Dicembre			
Prelievi totali		Produzione totale annuale		1200			
Prelievi totali mensili							
Prelievi totali annuali							

Diagnosi per prodotto

Generico Industriale																
Indice degli inventari del prelievo idrico																
Anno di riferimento	Indice dei prelievi	Denominazione prodotto	Mese	Quantità mensile di prodotto 1	Unità di misura	Quantità mensile di prodotto 2	Unità di misura	Quantità mensile di prodotto 3	Unità di misura	Quantità mensile di prodotto 4	Unità di misura	Quantità mensile di prodotto 5	Unità di misura	PRELIEVO MENSILE DI ACQUA PER USO CIVILE (MENZA, BAGNI,...) DA MONITORAGGIO (m³)		
2024	Prodotto A		Gennaio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Gennaio		
	Prodotto B		Febbraio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Febbraio		
	Prodotto C		Marzo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Marzo		
	Prodotto A		Aprile	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Aprile		
	Prodotto B		Maggio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Maggio		
	Prodotto C		Giugno	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Giugno	
	Servizi ausiliari		Luglio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Luglio	
			Agosto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Agosto
			Settembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Settembre
			Ottobre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Ottobre
			Novembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Novembre
			Dicembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Dicembre
		Prelievi totali														
	Prelievi totali mensili															
	Prelievi totali annuali															

Misura dell'acqua prelevata

☐ Opzione 1 – contaltri (o flussimetro)

☐ Opzione 2 – portate delle pompe di prelievo e ore di funzionamento

$$V_{H_2O} = Q_{H_2O} * h$$

☐ Opzione 3 – dati di targa delle pompe di prelievo

$$V_{H_2O} = \frac{P_n * n}{H_g * g * 1000} * \eta_{el} * f_u * f_c * h$$

Inventario prelievi idrici		I dati riportati si riferiscono al prelievo d'acqua di stabilimento					
Prelievi d'acqua totali							
Anno di riferimento		OPZIONE 1	OPZIONE 2	OPZIONE 3			
		<u>Prelievi annuali di acqua da misura diretta (m³)</u>	<u>Prelievo annuale di acqua dalle portate (m³)</u>	<u>Prelievo annuale di acqua dal calcolo completo (m³)</u>	<u>Prelievo complessivo annuale di acqua (m³)</u>	<u>Prodotto totale annuale [kg]</u>	<u>Consumo specifico complessivo di acqua annuale (m³/unità di misura prodotto)</u>
		0,00	0,00	0,00	0,00	1200,00	0,00

GRAZIE

contatti:

antonio.dangola@unibas.it, milena.marroccoli@unibas.it, antonio.telesca@unibas.it

www.unibas.it

<http://diing.unibas.it/site/home.html>