

AUDIT DI DETTAGLIO
Samarate
SCUOLA MEDIA S. MACARIO



Tabella 1 - Dati generali dell'edificio e dell'utenza

Nome	SCUOLA MEDIA S. MACARIO	
Indirizzo	Via Ferrini Samarate	
Tipologia di edificio	scuola	
Epoca costruttiva	anni '80	
Ristrutturazione	-	
Anno di ristrutturazione	-	
Adeguamento normativo	-	
Tecnologia costruttiva	muri in mattoni pieni	
Tipologia delle superfici vetrate	vetro doppio	
Anno impianto di riscaldamento	2005	
Combustibile riscaldamento	gas	
Impianto di ventilazione	non è presente, i serramenti non sono a tenuta	
Impianto solare termico	non presente	
Impianto solare fotovoltaico	non presente	
Superficie utile riscaldata	3.416	m ²
Numero piani riscaldati	3	
Volume lordo riscaldato	15.951	m ³
		1/m
Temperatura di comfort invernale	21	°C
Utilizzo imp. di riscaldamento	124	giorni/anno



ENERGIA ELETTRICA CONSUMI

In Tabella 2 si riportano i valori di consumo dalle letture effettive del contatore: il contatore serve sia la scuola media che la palestra.

Il consumo specifico medio di energia elettrica è di **12 kWh/m²**: tale risultato è stato ottenuto eseguendo una media dei consumi elettrici disponibili relativi agli anni 2004, 2005 e 2006 rapportata alla superficie complessiva della scuola media e della palestra (3416 m²). Il consumo specifico risulta nella media di utenza della medesima tipologia, ma lascia in ogni caso spazio ad interventi di risparmio.

Si rileva la presenza di sanzioni elevate per Energia Reattiva (fino al 20% dell'importo totale mensile): si rende necessario eseguire un rifasamento dell'impianto elettrico.

Figura 1 - Consumi di energia elettrica

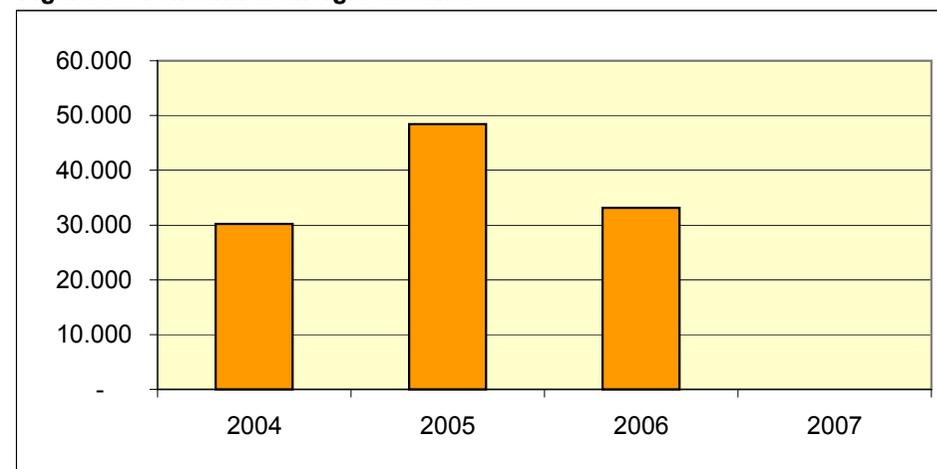


Tabella 2 - Consumi di energia elettrica

		2004	2005	2006	2007
kWh	GENNAIO		10.580	4.660	
	FEBBRAIO		5.780	5.660	
	MARZO	10.600	4.640	4.430	
	APRILE	4.630	4.730	4.870	
	MAGGIO		3.560	3.146	
	GIUGNO		2.700	3.219	
	LUGLIO	5.800	690	681	
	AGOSTO		480	432	
	SETTEMBRE	1.580	1.100	2.255	
	OTTOBRE	3.420	3.330	3.787	
	NOVEMBRE		5.620		
	DICEMBRE	4.200	5.190		
	TOTALE	30.230	48.400	33.140	

Tabella 3 - Elaborazione dei consumi di energia elettrica

	2004	2005	2006	2007	media
POTENZA DISPONIBILE [kW]	53	53	53	NON PERVENUTI	53
P _{max} REGISTRATA [kW]	23	23	24		23
kWh	30.230	48.400	33.140		40.644
kWh/m ²	9	14	10		12
cosφ	0,85	0,66	0,80		0,77
CO₂ PRODOTTA	2004	2005	2006	2007	media
tonnellate	15,7	25,1	17,2		21,1
kg/m ²	4,6	7,4	5,0		6,2

ENERGIA ELETTRICA UTILIZZATORI ELETTRICI

Tabella 4 - Parco illuminante

LAMPADE	%	UBICAZIONE
a incandescenza		
alogene		
a tubi fluorescenti	90%	
alogenuri (verificare)	10%	palestra

Sensori o timer per l'illuminazione

Le voci di maggiore consumo sono l'illuminazione, gli ausiliari del sistema di riscaldamento (inclusa l'UTA) e i boiler per l'acqua calda sanitaria.

Si suggerisce di valutare i seguenti interventi:

- adozione di alimentatori elettronici per le lampade a fluorescenza
- adozione di sensori di presenza/luce naturale nei corridoi ed eventualmente nelle aule, al fine di spegnere automaticamente le luci in assenza di persone e nel caso di buon livello di illuminamento garantito dalla luce naturale
- adozione di timer per i boiler elettrici (in modo da garantirne lo spegnimento durante la notte e nei giorni festivi).

Tabella 5 - Apparecchiature elettriche

UFFICIO	CUCINA E BAGNO	CLIMATIZZAZIONE	ALTRE APPARECCHIATURE
<input checked="" type="checkbox"/> PC	<input checked="" type="checkbox"/> frigoriferi	<input type="checkbox"/> condizionatori	<input checked="" type="checkbox"/> TV/proiettori
<input checked="" type="checkbox"/> server	<input type="checkbox"/> scaldavivande	<input checked="" type="checkbox"/> ventilatori	<input checked="" type="checkbox"/> ascensori
<input checked="" type="checkbox"/> fax	<input type="checkbox"/> lavatrici	<input type="checkbox"/> stufette elettriche	<input type="checkbox"/> torni
<input checked="" type="checkbox"/> fotocopiatrici/stampanti	<input type="checkbox"/> lavastoviglie	<input checked="" type="checkbox"/> Unità di trattamento aria	<input type="checkbox"/> altro
<input type="checkbox"/> altro	<input type="checkbox"/> piastre elettriche		
	<input type="checkbox"/> congelatore, macchinette		

COMBUSTIBILI FOSSILI CONSUMI

In Tabella 6 sono riportati i consumi relativi al periodo in esame. I consumi medi specifici si riferiscono all'intero complesso scolastico (scuola e palestra) e sono di **24 kWh/m³**; questo risultato è stato ottenuto facendo una media dei consumi rilevati dalla lettura delle bollette da dicembre 2004 a dicembre 2007, rapportata al volume riscaldato dell'edificio (15.951 m³).

I consumi sono riferiti al solo riscaldamento per quanto riguarda la mensa presente nel piano seminterrato e gli spogliatoi della palestra, in quanto l'acqua calda sanitaria viene prodotta con apparecchi elettrici (vedi sezione dedicata), mentre nel resto della scuola la produzione è combinata con il riscaldamento.

Non risultano consumi particolarmente elevati, se rapportati a tipologie di utenza analoghe, ma vi sono comunque margini per attuare migliori volte al risparmio energetico.

Figura 2 - Consumi di combustibile (Smc)

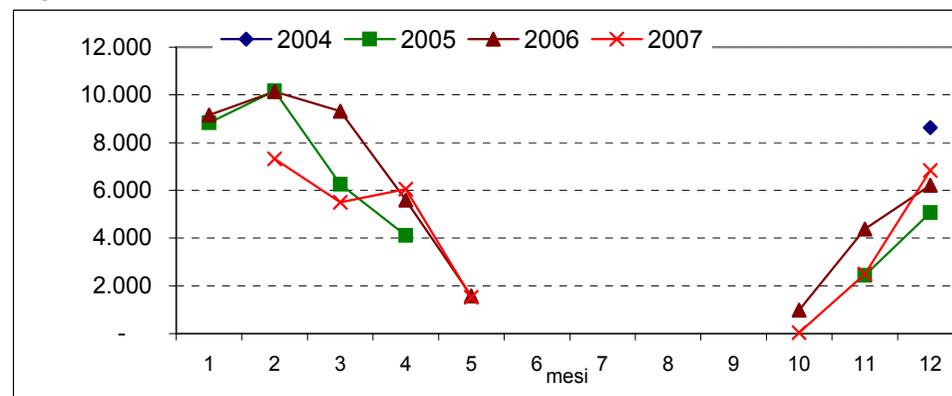


Tabella 6 - Consumi di combustibile

		2004	2005	2006	2007
Smc gas	GENNAIO		8.828	9.160	
	FEBBRAIO		10.167	10.140	7.320
	MARZO		6.260	9.319	5.495
	APRILE		4.111	5.598	6.058
	MAGGIO			1.582	1.527
	GIUGNO				
	LUGLIO				
	AGOSTO				
	SETTEMBRE				
	OTTOBRE			989	38
	NOVEMBRE		2.439	4.377	2.498
	DICEMBRE	8.625	5.070	6.215	6.831
	TOTALE	8.625	36.875	47.380	29.767

Tabella 7 - Elaborazione dei consumi di combustibile

combustibile:	2004	2005	2006	2007	media
gas					
Smc	8.625	36.875	47.380	29.767	39.777
kWh	82.740	353.744	454.519	285.556	381.587
kWh/m ²	24	104	133	84	112
kWh/m ³	5	22	28	18	24
CO₂ prodotta					
tonnellate	16,7	71,5	91,9	57,7	77,1
kg/m ²	4,9	20,9	26,9	16,9	22,6
kg/m ³	1,0	4,5	5,8	3,6	4,8

SISTEMA RISCALDAMENTO

Tabella 8 - Descrizione del sistema di riscaldamento

Tipologia della caldaia	centralizzata standard efficiente
Potenza cumulata [kW]	252
Anno installazione caldaia	2005
Combustibile utilizzato	gas
Tipologia dei terminali scaldanti	radiatori
Sistema di regolazione	climatica centralizzata/regolatore climatico
Note:	2 caldaie in funzione contemporaneamente; nella scuola sono presenti radiatori, nella palestra aerotermi, nell'auditorium impianto ad aria

Il rendimento del sistema riscaldamento è discreto, pari all'72%: ciò significa che il 28% dell'energia presente nel combustibile viene dispersa. Si consiglia di verificare la possibilità di suddividere l'edificio in zone termiche per migliorare la regolazione delle temperature negli ambienti (dove possibile con termostati in ambiente o valvole termostatiche sui singoli corpi scaldanti).

Potenza Nominale ideale per il riscaldamento. Utilizzando la formula $[\sum(k*S)+V*n*Y]*\Delta T / \eta$ dove k e S sono rispettivamente le trasmittanze e le superfici degli elementi dell'involucro, V il volume netto dell'edificio, n la portata d'aria di ricambio, Y coefficiente di conversione, ΔT la massima differenza di temperatura interno-esterno (25°C), η il rendimento del sistema di riscaldamento escluso il rendimento di produzione, si ottiene la potenza ideale per riscaldare pari a

222 kW.

La caldaia risulta sovradimensionata del 14%

Figura 3 - Rendimenti dei componenti del sistema di riscaldamento

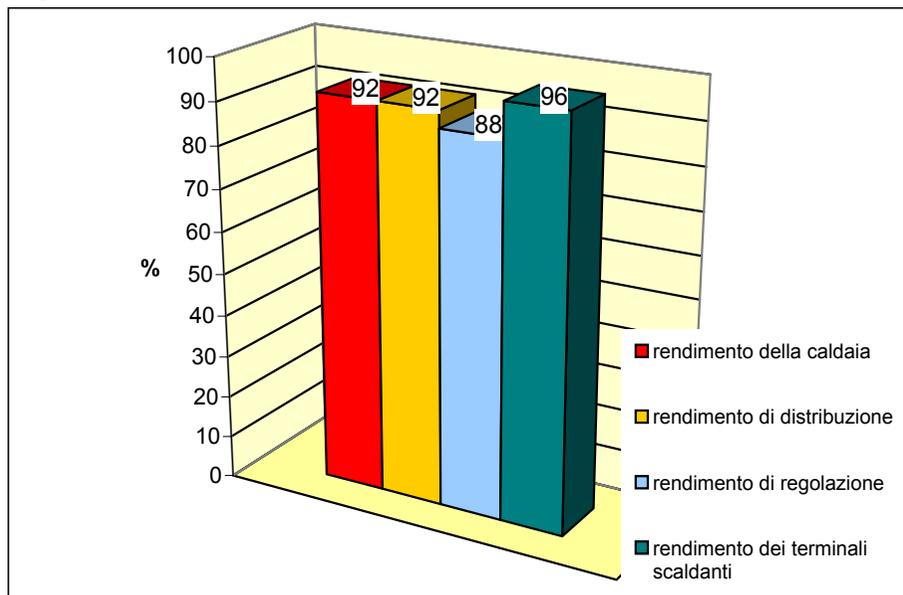
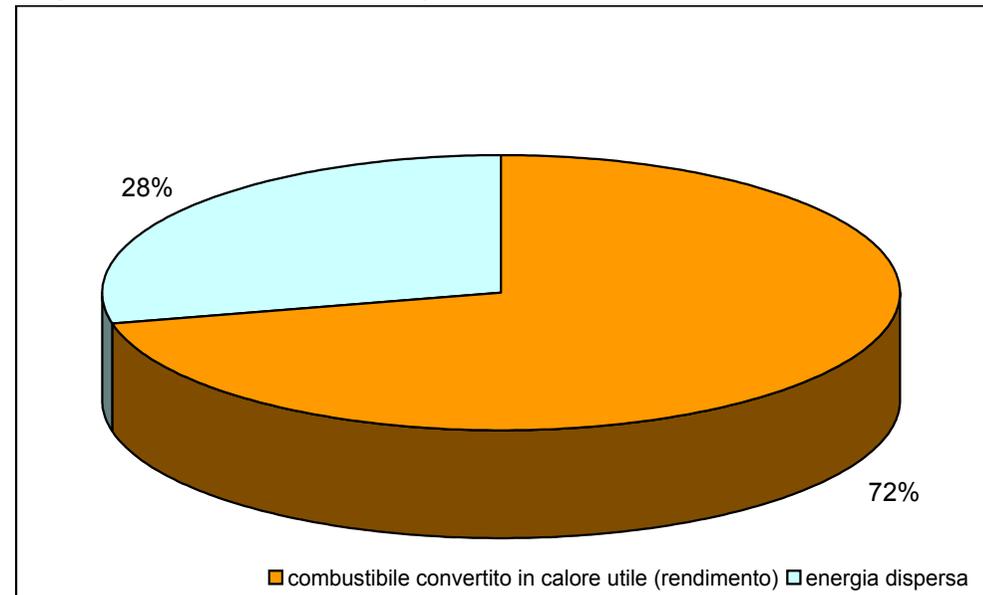


Figura 4 - Rendimento medio stagionale del sistema di riscaldamento



SISTEMA ACS

Tabella 9 - Descrizione del sistema di produzione ACS

Tipologia di impianto	autonomo indipendente
Anno installazione	1990
Tipologia di apparecchio	riscaldamento elettrico a resistenza ad accumulo

L'energia dispersa del 73% è molto elevata dal momento che tiene conto del processo di conversione da mix di combustibili a energia elettrica, che avviene nelle centrali elettriche italiane, oltre al rendimento del sistema di ACS. Il boiler elettrico è sconsigliabile se non per utilizzi saltuari.

Figura 5 - Rendimenti dei componenti del sistema di produzione ACS

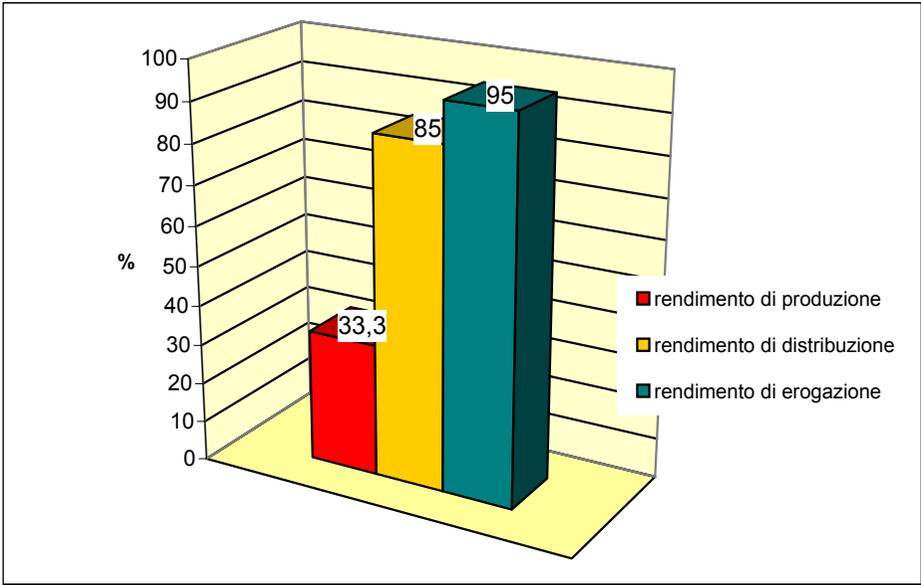
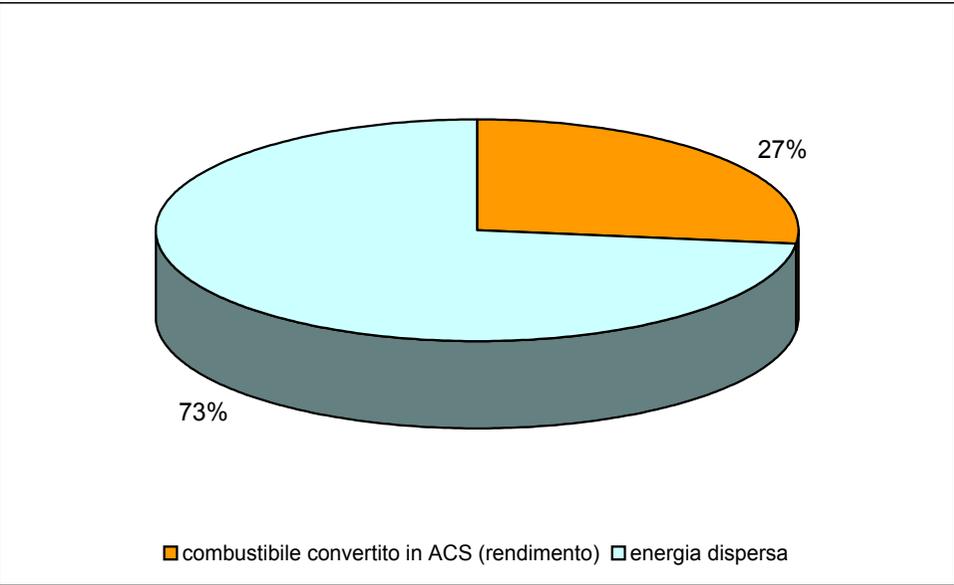


Figura 6 - Rendimento medio stagionale del sistema ACS





Generatori



Pompe di circolazione

Terminali scaldanti



Boiler elettrico Acs sanitaria



INVOLUCRO

Tabella 10 - Descrizione dell'involucro

elemento	sup. netta [m ²]	tipologia costruttiva	spessore medio [cm]	trasmissione [W/(m ² *K)]	trasmissione DGR VIII/5773
pareti	904,2	blocchi di cls vuoti riempiti di isolante. (373-374)	30	1,94	0,34
serramenti finestrati	477,9	vetrocamera semplice (6-8-6)	-	3,90	2,20
		serramenti in metallo senza taglio termico			
porte	0,0	-	-	0,00	-
basamento	2.053,2	laterocemento su vespaio o pilotis	30	0,15	0,33
copertura	1.248,0	soletta piana non coibentata in laterocemento	35	1,06	0,30

Le prestazioni energetiche dell'edificio non risultano soddisfacenti. La trasmissione del basamento risulta nei limiti imposti dalla DGRVIII n°5773 della Regione Lombardia, allegato A, tabella A.3, per edifici nella zona climatica E (a cui appartiene il Comune di Samarate), mentre la trasmissione delle pareti, della copertura e dei serramenti risultano superiori ai limiti imposti.

Figura 7 - Involucro, suddivisione percentuale delle superfici

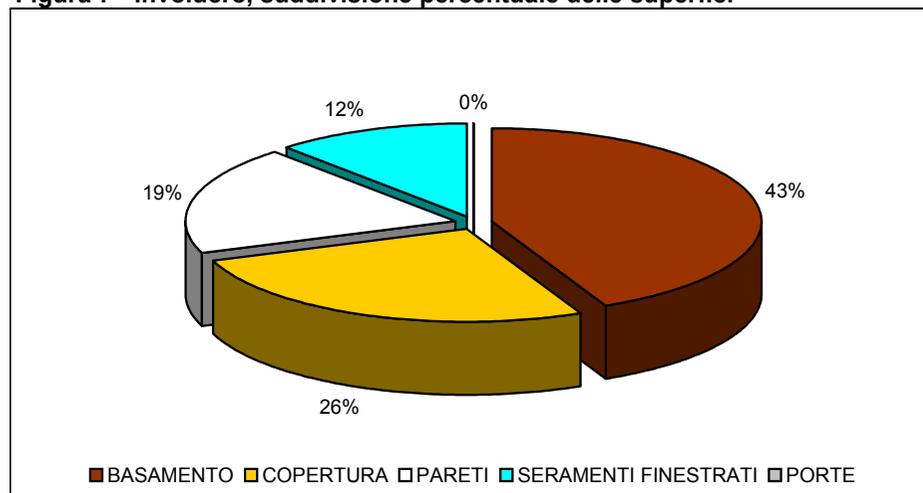
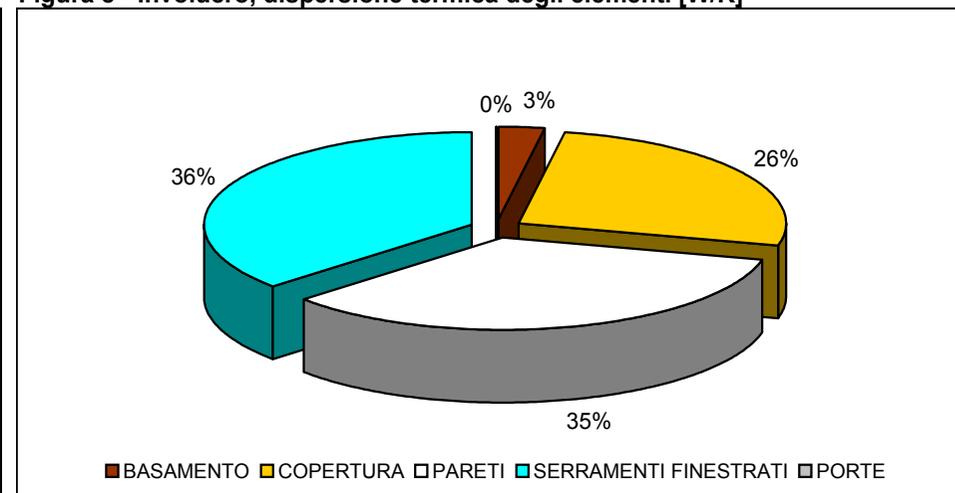


Figura 8 - Involucro, dispersione termica degli elementi [W/K]





SIMULAZIONE TERMICA INVERNALE

Tabella 11 - Simulazione termica invernale dell'edificio

	simbolo	kWh/anno	kWh/mc anno
Energia scambiata per trasmissione dall'involucro	Q_T	222.703	14,0
Energia scambiata per ventilazione	Q_V	106.860	6,7
Energia dovuta agli apporti interni	Q_I	10.487	0,7
Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a NE	Q_{SIN}	1.587	0,1
Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a NO	Q_{SIO}	6.675	0,4
Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a SO	Q_{SIS}	10.556	0,7
Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a SE	Q_{SIE}	21.477	1,3
Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orizzontali	Q_{SIC}	1.054	0,1
Fabbisogno annuo, in relazione all'uso, di calore per il riscaldamento	E_H	277.726	17,4
Energia del combustibile necessaria a soddisfare la domanda di risc.	EP_H	388.407	24,3
Fabbisogno annuo, in relazione all'uso, di energia termica per usi sanitari	E_W	4.880	0,3
Energia del combustibile necessaria a soddisfare la domanda di ACS	EP_W	18.148	1,1
Fabbisogno globale di energia primaria	EP_{HW}	406.556	25,5

Il fabbisogno specifico di calore per il riscaldamento è pari a 17,4 kWh/mc, dato dalla somma dell'energia scambiata per trasmissione dall'involucro 14 kWh/mc, quella per ventilazione, 6,7 kWh/mc e sottraendo gli apporti gratuiti, 3,2 kWh/mc (tab.11 e fig. 9).

Considerando il fabbisogno specifico annuo di energia termica e il rendimento del sistema di riscaldamento, 0,7, è possibile ottenere il valore di combustibile necessario a soddisfare tale fabbisogno.

Il consumo termico medio elaborato nelle bollette, pari a 23,9 kWh/mc, risulta confermato dalla simulazione di tab.11, 24,3 kWh/mc.

Figura 9 - Bilancio termico dell'involucro

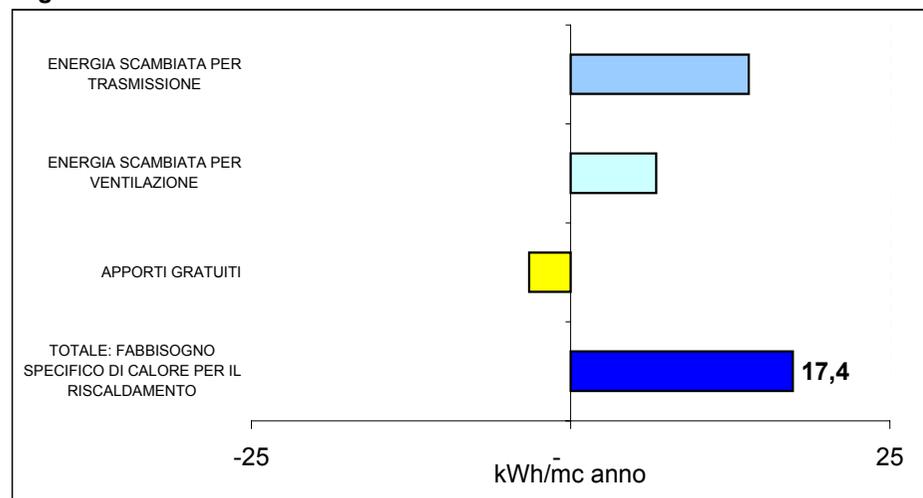
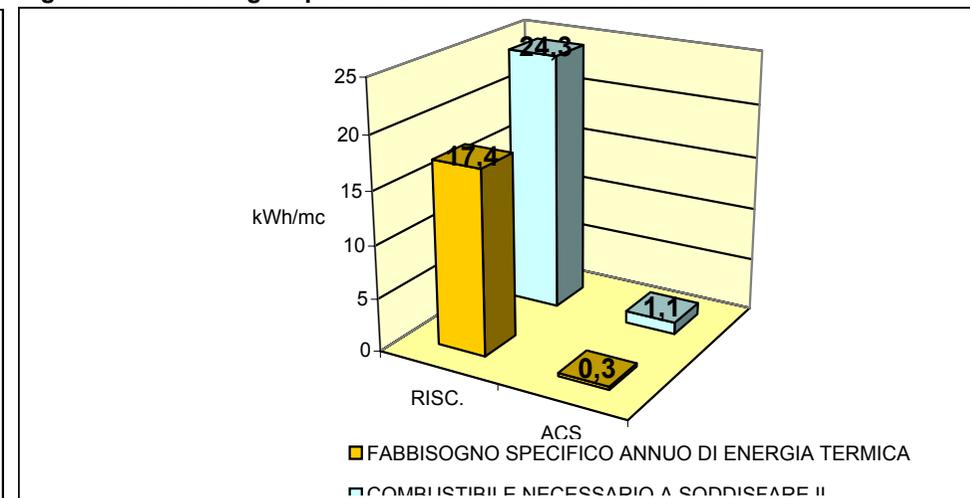


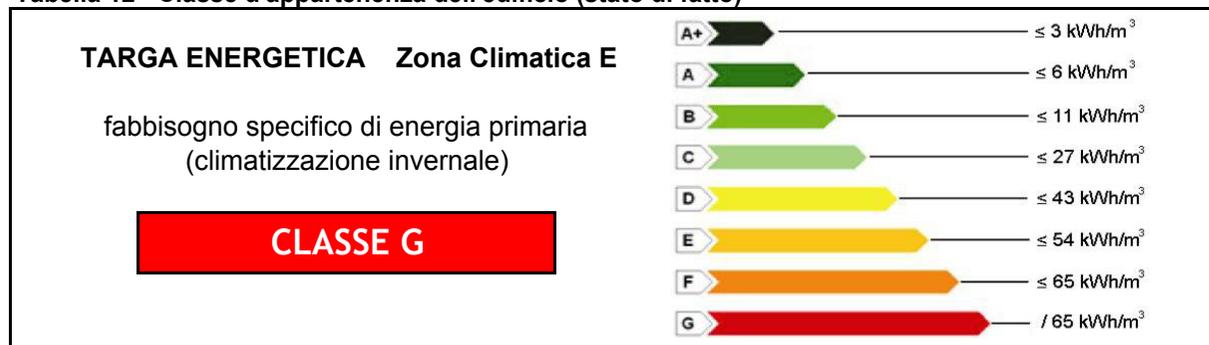
Figura 10 - Fabbisogni specifici e combustibile necessario



PRESTAZIONI ENERGETICHE

In relazione alla certificazione energetica, secondo una modalità di utilizzo standard dell'impianto termico, con 173 kWh/mc rappresentanti il fabbisogno specifico di energia primaria per la climatizzazione invernale, l'edificio si attesterebbe in CLASSE G (tab.12).

Tabella 12 - Classe d'appartenenza dell'edificio (stato di fatto)



INTERVENTO DI RISPARMIO NEGLI USI FINALI TERMICI SOSTITUZIONE SERRAMENTI

Si ipotizza la sostituzione dei serramenti presenti di trasmittanza 3,9 W/mqk con serramenti in legno con doppio vetro 4-16-4 di trasmittanza pari a 1,3 W/mqk.

Tabella 15 - Risparmio energetico ed emissioni evitate

Energia primaria considerata	gas
Risparmio energetico annuo di energia primaria	11363 Smc
CO ₂ evitata	22,0 t/anno
Diminuzione percentuale delle emissioni di CO ₂	22,4 %

Tabella 16 - Classi d'appartenenza dell'edificio dopo l'intervento

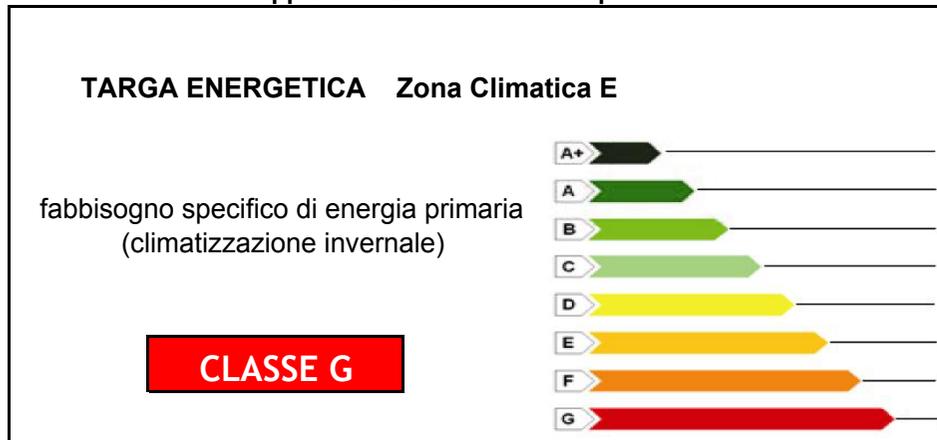


Tabella 17 - Analisi economica dell'investimento

	€	anni	%	€/Smc
Vita media investimento		30		
Investimento complessivo (ipotesi)	138.591,00			
Costo dell'energia primaria				0,65
Risparmio economico annuo	7.400,00			
Costi aggiuntivi di manutenzione annui	-			
Tasso di interesse			6,00%	
Inflazione			2,50%	
Percentuale investimento mutuizzato			100,00%	
Durata mutuo		10		
Investimento mutuizzato (spese incluse)	138.591,00			
Quota di investimento effettuata all'anno uno	18.830,08			
Rata annua mutuo a tasso fisso	18.830,08			
VAN Valore Attuale Netto	52.600,00			
PBT_R Pay Back Time ipotesi Rateizzazione		23		
IRR tasso di rendimento interno			2,98%	
PBT_S Pay Back Time semplice		19		

Figura 14 - Entrate e uscite annuali

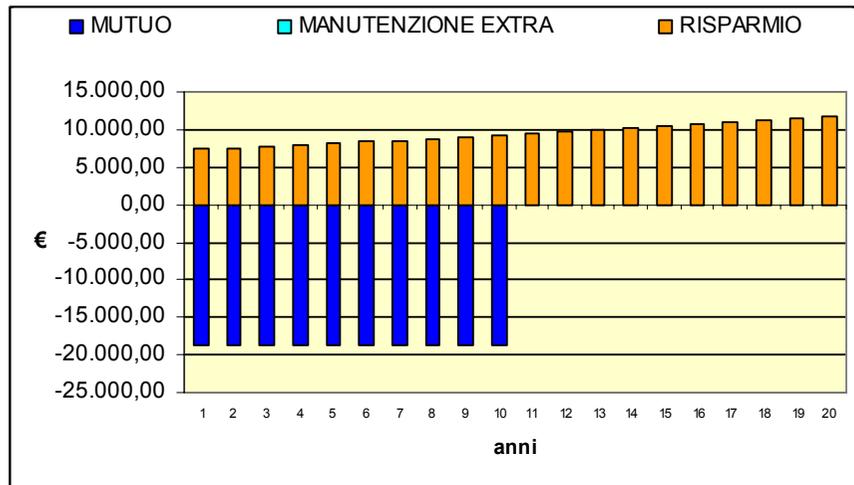


Figura 15 - Flusso di cassa netto

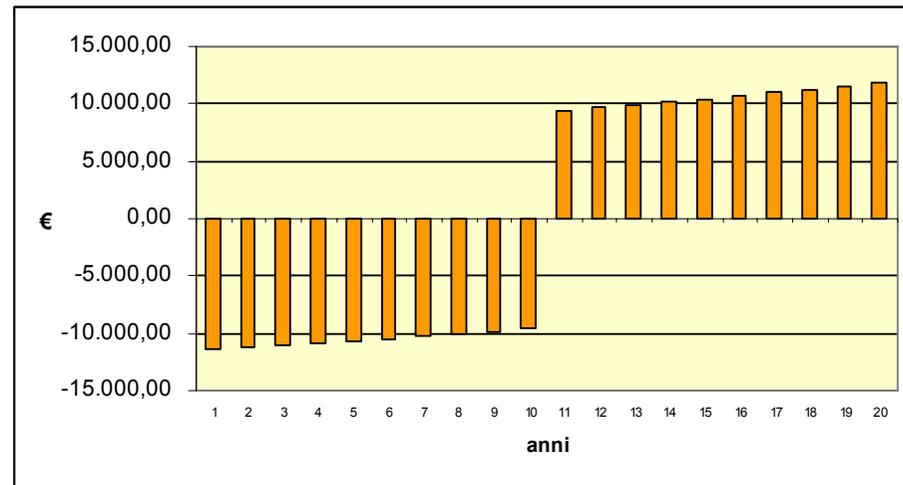
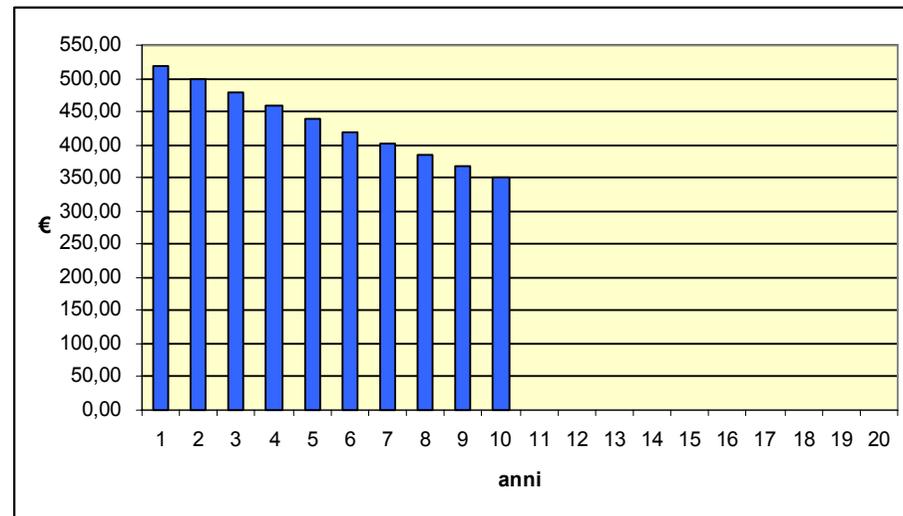


Figura 16 - Flusso di cassa netto attualizzato



Figura 17 - Costo attualizzato della tonnellata di CO₂ evitata



INTERVENTO DI RISPARMIO NEGLI USI FINALI TERMICI INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE

Si ipotizza l'installazione di valvole termostatiche per ogni terminale scaldante presente nell'edificio.

Tabella 15 - Risparmio energetico ed emissioni evitate

Energia primaria considerata	gas
Risparmio energetico annuo di energia primaria	4131 Smc
CO ₂ evitata	8,0 t/anno
Diminuzione percentuale delle emissioni di CO ₂	8,2 %

Tabella 16 - Classi d'appartenenza dell'edificio dopo l'intervento



Tabella 17 - Analisi economica dell'investimento

	€	anni	%	€/Smc
Vita media investimento		30		
Investimento complessivo (ipotesi)	8.250,00			
Costo dell'energia primaria				0,65
Risparmio economico annuo	2.700,00			
Costi aggiuntivi di manutenzione annui	-			
Tasso di interesse			6,00%	
Inflazione			2,50%	
Percentuale investimento mutuizzato			100,00%	
Durata mutuo		1		
Investimento mutuizzato (spese incluse)	8.250,00			
Quota di investimento effettuata all'anno uno	8.745,00			
Rata annua mutuo a tasso fisso	8.745,00			
VAN Valore Attuale Netto	71.800,00			
PBT_R Pay Back Time ipotesi Rateizzazione		4		
IRR tasso di rendimento interno			44,32%	
PBT_S Pay Back Time semplice		3		

Figura 14 - Entrate e uscite annuali

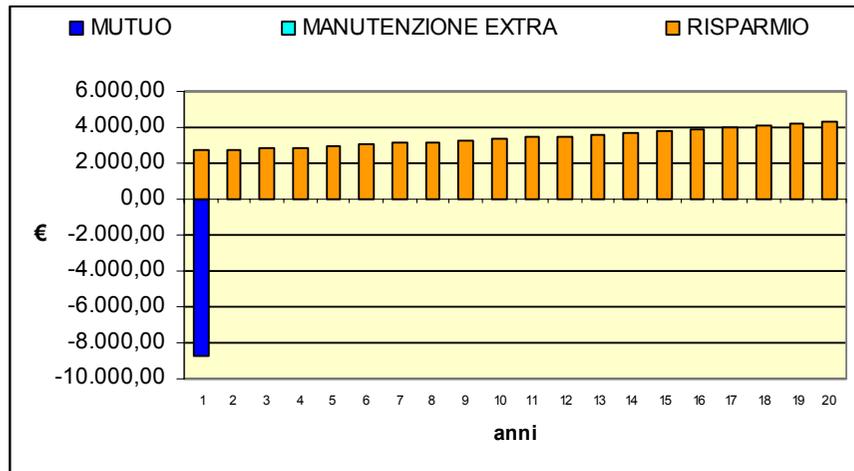


Figura 15 - Flusso di cassa netto

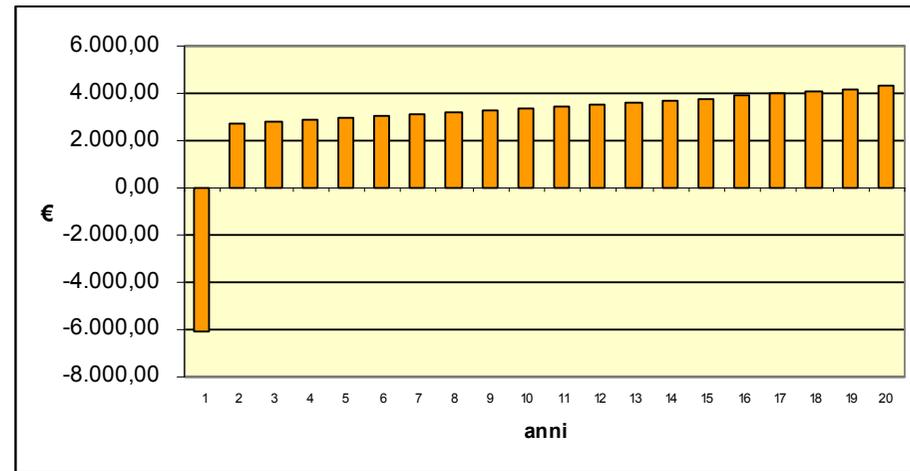


Figura 16 - Flusso di cassa netto attualizzato

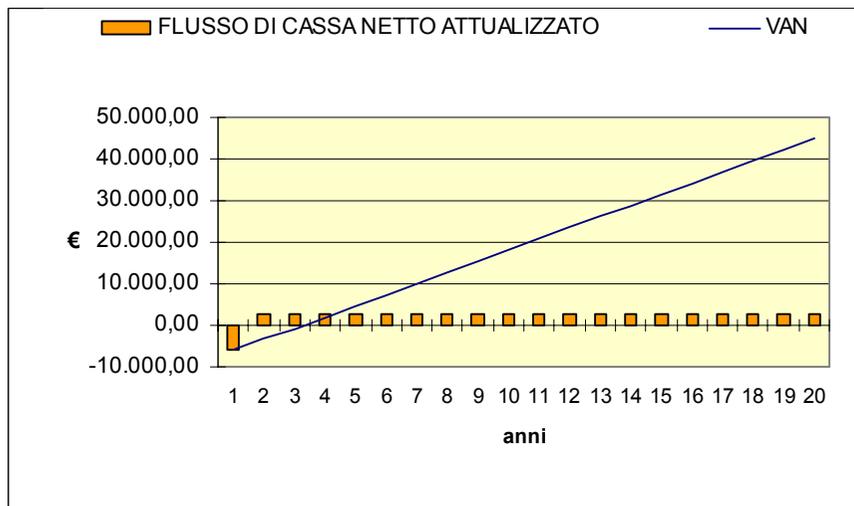
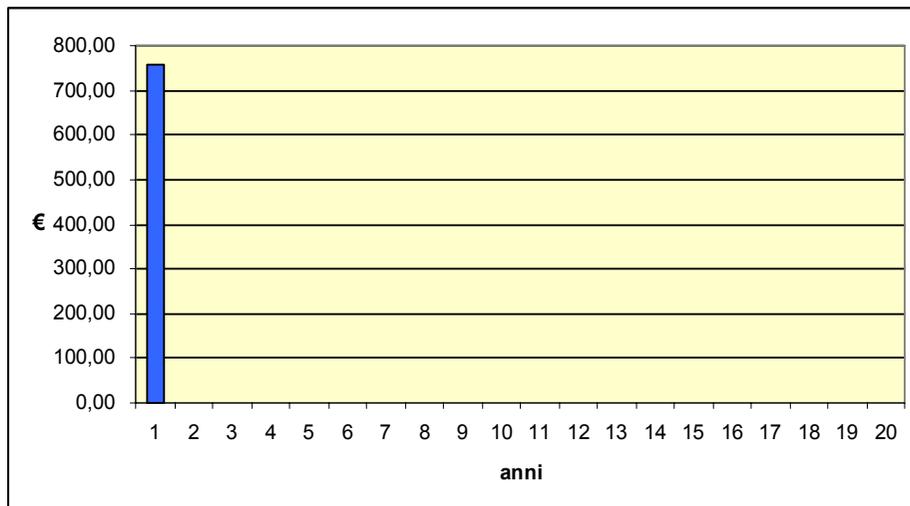


Figura 17 - Costo attualizzato della tonnellata di CO₂ evitata



INTERVENTO DI RISPARMIO ENERGETICO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO

POTENZA PROPOSTA: 19,8 kW



Nel caso in fase di studio si è optato per un sistema di produzione con connessione alla rete elettrica (Grid Connected), soggetto agli incentivi concessi (con decreto del Ministero delle attività Produttive e dal Ministero dell' Ambiente) dal cosiddetto Conto Energia per il fotovoltaico.

In considerazione dei dati resi disponibili sulla copertura dell'edificio e dalla stima dei consumi di energia elettrica, è possibile prevedere e dimensionare un impianto in grado di ottimizzare al meglio le risorse disponibili.

La copertura di tipo piana, l'inclinazione ottimale dei moduli pari a 30 gradi rispetto al piano e l'esposizione a sud consentono di optare per un impianto non integrato (vedi immagine esemplificativa). La superficie totale lorda occupata dall'insieme dei pannelli fotovoltaici che verranno installati sulla copertura sarà di circa 368 mq.

Per ricoprire tale superficie vengono proposti 120 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino ciascuno della potenza di picco pari a 165 W per una potenza complessiva dell'impianto di 19,8 kWp.

Le tabelle della norma UNI 10349 permettono di desumere che il valore di radiazione solare ottimale (esposizione sud e angolo di tilt 30 gradi) per la provincia di Varese è di 1481,9 kWh/mq. L'orientamento del campo fotovoltaico (azimut), l'inclinazione rispetto l'orizzonte e il fattore di ombreggiamento stimato portano ad un valore corretto di radiazione solare pari a 1481,9 kWh/mq.

I benefici economici derivanti da questa installazione sono rappresentati dall'incentivazione in conto energia e dal risparmio in bolletta ottenibile con lo scambio sul posto. Le tariffe incentivanti in "Conto Energia"- DM 19 febbraio 2007 prevedono che ogni kWh prodotto dall'impianto fotovoltaico venga incentivato, sia nel caso di assorbimento diretto da parte dell'utenza, sia nel caso venga immesso in rete.

Lo scambio sul posto è consentito per potenze che variano da 1 a 20 kW_p. Il funzionamento è il seguente: L'energia (kWh) prodotta dall'impianto viene immessa in rete e misurata da un apposito contatore. Alla fine dell'anno la società elettrica effettua un conguaglio tra energia assorbita ed energia immessa; al cliente viene rimborsata una quota dell'energia assorbita pari a quella immessa in rete durante l'arco dell'anno; ciò significa che ogni kWh prodotto viene scalato dai consumi e quindi dalla bolletta elettrica.

Nella tabella seguente si illustra che la resa economica derivante da incentivazione e risparmio in bolletta si attesta sui 13652,95 €/anno, a fronte di un investimento iniziale stimabile intorno ai 141570 €/anno.

La tabella illustra l'analisi economica dell'investimento, ipotizzando la modalità di pagamento con rateizzazione a 10 anni. L'impianto fotovoltaico proposto si ripaga in 14 anni e nell'arco di 25 anni restituisce 1,6 volte l'investimento complessivo.

Questa stima tiene conto dei parametri riferiti alla producibilità, guadagno e risparmio annuo dell'impianto, puntualmente per ogni anno di vita, considerando il fisiologico decadimento del rendimento dei moduli, 0,5%/anno, e della manutenzione straordinaria necessaria agli inverter dopo il tredicesimo anno, oltre che della manutenzione ordinaria. Viene considerata inoltre l'inflazione, dal momento la normativa non prevede che il GSE rivaluti la tariffa con meccanismi di indicizzazione. L'accuratezza delle valutazioni tecniche sui rendimenti di sistema e la coerente aggiunta di considerazioni economico-finanziarie supplementari sono volutamente "cautelative e peggiorative".

ANALISI ECONOMICA

Tabella 18 - Analisi tecnico-economica impianto fotovoltaico

	kW	°	m ²	kWh/anno	anni	€/kWh	€	€/m ²	%	ton/anno
Potenza	19,80									
Tecnologia: monocristallino; SOLARFUN - SF160-24 165W										
Tipologia: non integrato										
Regime contrattuale: scambio sul posto										
Azimut		sud								
Inclinazione ottimale modulo		30,00								
Superficie netta impiegata			153,20							
Superficie lorda impiegata			368,42							
Decadimento efficienza celle applicato									0,5% / anno	
Rendimento di sistema									79,00%	
Irradiazione solare media (UNI 10349)				227.022						
Produzione				23.180						
CO ₂ evitata									12,25%	12,0
Premio da sommare alla tariffa incentivante dopo il primo anno						0,05				
Investimento complessivo							141.570,00			
Incentivazione annua Conto Energia				23.180		0,40	9.248,77			
Risparmio annuo				23.180		0,19	4.404,18			
Vendita annua				-		0,10	-			
Resa annua (risparmi + incentivi)							13.652,95			
Manutenzione annua							198,00			
Incentivo a fondo perduto							-			
Investimento mutuizzato							141.570,00			
Numero anni pagamento					10					
Rata annua mutuo a tasso fisso							19.234,83			
Quota investimento effettuata all'anno 1							19.234,83			
Inflazione									2,50%	
Inflazione energia elettrica									2,50%	
Tasso di interesse bancario									6,00%	
VAN Valore attuale netto							84.040,44	548,58		
PBT Pay Back Time					14					
IRR tasso di rendimento interno									10,60%	

Figura 14 - Entrate e uscite annuali

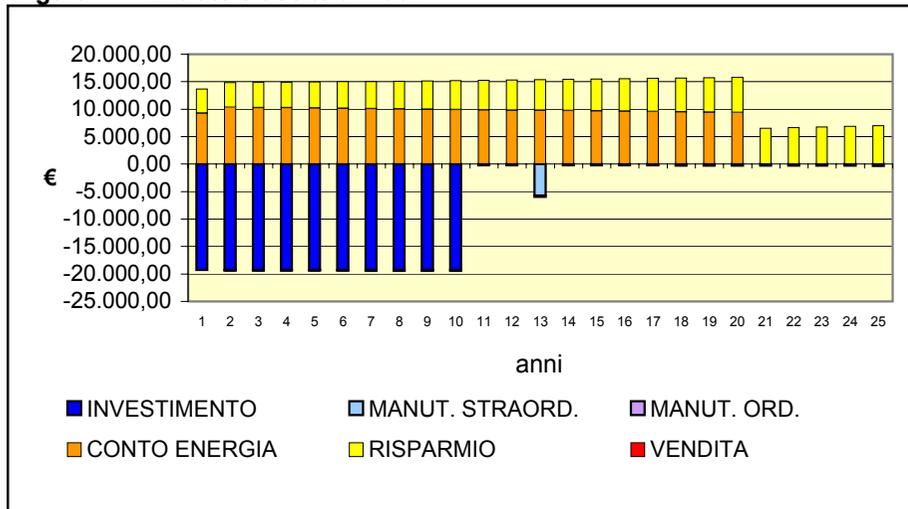


Figura 15 - Flusso di cassa netto

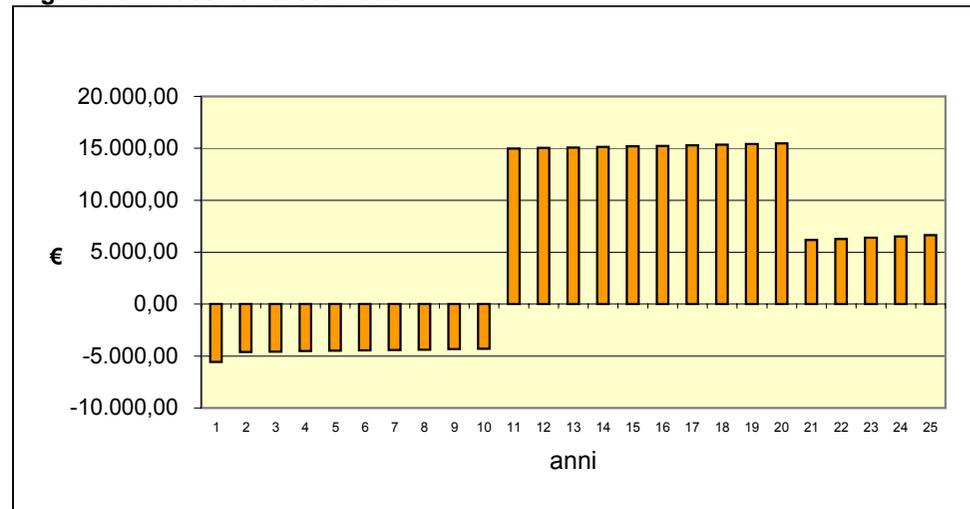


Figura 16 - Flusso di cassa netto attualizzato

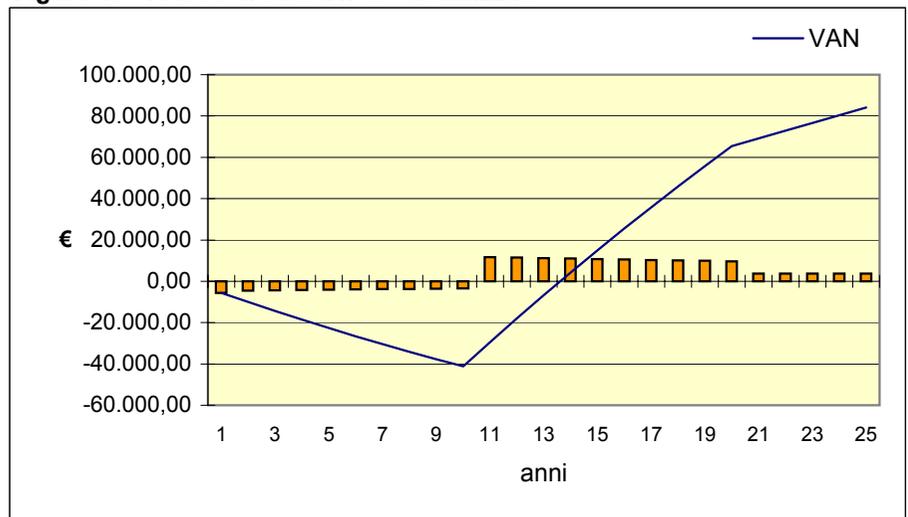


Figura 17 - Costo attualizzato della tonnellata di CO₂ evitata

