AUDIT DI DETTAGLIO

Samarate
SCUOLA MATERNA CASCINA ELISA

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

Nome	**SCUOLA MATERNA CASCINA ELISA**	
	Via S. Maria Samarate	
Tipologia di edificio	scuola	
Epoca costruttiva	anni '70	
Ristrutturazione		
Anno di ristrutturazione	-	
Adeguamento normativo	Creazione zona adibita a mensa.	
Tecnologia costruttiva	muri in mattoni pieni	
Tipologia delle superfici vetrate	vetro doppio	
Anno impianto di riscaldamento	1978	
Combustibile riscaldamento	gas	

Dalle bollette elettriche raccolte si osserva che sul periodo 2003-2006 si ha un'unica lettura effettiva del contatore a gennaio 2003, mentre tutte fatturazioni successive si riferiscono a consumi presunti. In Tabella 2 si riportano i valori dei consumi presunti risultanti dalle bollette.

Il consumo specifico medio, calcolato rispetto alla superficie utile dell'edificio, è pari a **14 kWh/m^2** e risulta nella media se confrontato con i consumi tipici di utenze della medesima tipologia.

I margini per interventi di risparmio sono contenuti.

Figura 1 - Consumi di energia elettrica

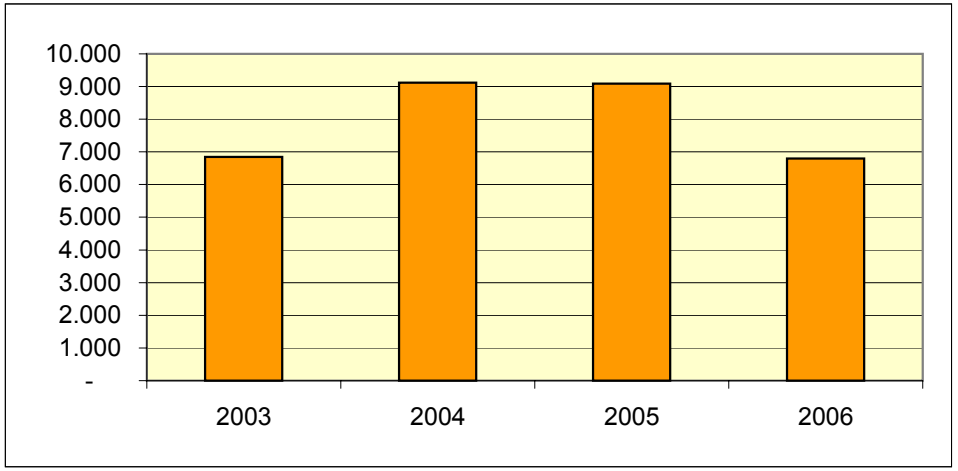


Tabella 2 - Consumi di energia elettrica

		2003	2004	2005	2006
kWh	GENNAIO		772		
	FEBBRAIO		722		
	MARZO		772	2.242	2.242
	APRILE				
	MAGGIO	1.519			
	GIUGNO	747	2.267	2.267	2.267
	LUGLIO				
	AGOSTO				
	SETTEMBRE	2.292	2.292	2.292	2.292
	OTTOBRE				
	NOVEMBRE				
	DICEMBRE	2.292	2.292	2.292	
	TOTALE	6.850	9.117	9.093	6.801

Tabella 3 - Elaborazione dei consumi di energia elettrica

	2003	2004	2005	2006	media
POTENZA DISPONIBILE [kW]	15				**15**
P_{max} REGISTRATA [kW]	13				**13**
kWh	6.850	9.117	9.093	6.801	**8.891**
kWh/m^2	11	14	14	11	**14**
cosϕ					

CO_2 PRODOTTA	2003	2004	2005	2006	media
tonnellate	3,6	4,7	4,7	3,5	**4,6**
kg/m^2	5,5	7,3	7,3	5,5	**7,1**

Tabella 4 - Parco illuminante

LAMPADE	%	UBICAZIONE
a incandescenza		
alogene		
a tubi fluorescenti	100%	

Sensori o timer per l'illuminazione ☐

Le voci di maggiore consumo sono l'illuminazione, i dispositivi in uso nella cucina e nella lavanderia e il condizionamento estivo.
Si suggerisce di valutare i seguenti interventi, eseguendo un'analisi costi-benefici:
- adozione di alimentatori elettronici per le lampade fluorescenti ed eventuali sensori di presenza/luce naturale
- alimentazione di lavabiancheria e lavastoviglie con acqua preriscaldata dal boiler a gas
- corretta gestione delle accensioni dei condizionatori e regolazione delle temperature su valori non inferiori ai 28°C.

Tabella 5 - Apparecchiature elettriche

UFFICIO		CUCINA E BAGNO		CLIMATIZZAZIONE		ALTRE APPARECCHIATURE	
☑	PC	☑	frigoriferi	☐	condizionatori	☑	TV/proiettori
☐	server	☑	scaldavivande	☐	ventilatori	☑	ascensori
☑	fax	☑	lavatrici	☐	stufette elettriche	☐	torni
☑	fotocopiatrici/stampanti	☑	lavastoviglie	☐	altro	☐	altro
☐	altro	☐	piastre elettriche				
		☑	Forno a microonde, macchina per il caffè				

In Tabella 6 sono riportati i consumi relativi al periodo in esame.

I consumi specifici di questo edificio sono di **48 kWh/m^3**; questo risultato è stato ottenuto facendo una media dei consumi rilevati dalla lettura delle bollette da febbraio 2005 a dicembre 2007, rapportata al volume riscaldato dell'edificio (2570 m^3).

Risultano consumi elevati, se rapportati a tipologie di utenza analoghe, e pertanto vi sono margini per attuare migliorie volte al risparmio energetico.

Figura 2 - Consumi di combustibile (Smc)

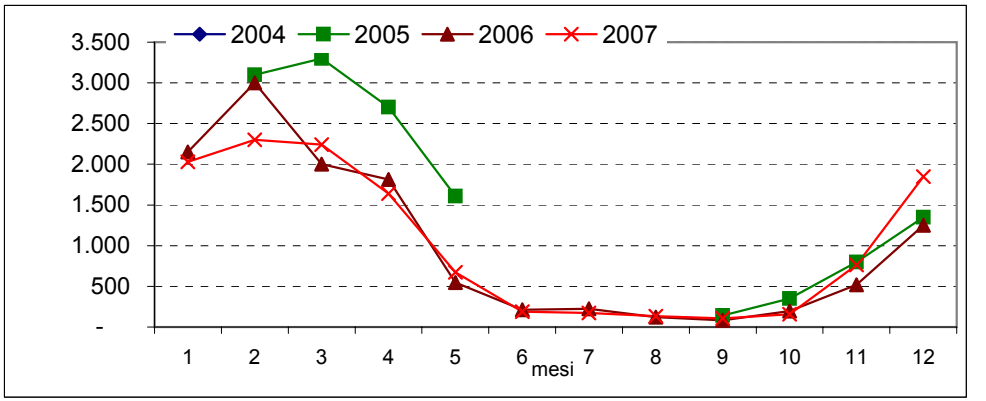


Tabella 6 - Consumi di combustibile

		2004	2005	2006	2007
Smc gas	GENNAIO			2.150	2.028
	FEBBRAIO		3.100	3.000	2.300
	MARZO		3.300	2.000	2.241
	APRILE		2.700	1.813	1.641
	MAGGIO		1.610	547	671
	GIUGNO			214	188
	LUGLIO			226	175
	AGOSTO			120	133
	SETTEMBRE		140	82	108
	OTTOBRE		350	198	159
	NOVEMBRE		800	520	761
	DICEMBRE		1.350	1.252	1.848
	TOTALE		13.350	12.122	12.253

Tabella 7 - Elaborazione dei consumi di combustibile

combustibile: gas	**2004** NON PERVENUTI	**2005**	**2006**	**2007**	**media**
Smc		13.350	12.122	12.253	**12.934**
kWh		128.067	116.287	117.544	**124.079**
kWh/m^2		198	180	182	**192**
kWh/m^3		50	45	46	**48**
	valore limite dell'indice di prestazione energetica				**12**

CO_2 prodotta	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**media**
tonnellate		25,9	23,5	23,8	**25,1**
kg/m^2		40,0	36,4	36,7	**38,8**
kg/m^3		10,1	9,1	9,2	**9,8**

Tabella 8 - Descrizione del sistema di riscaldamento

Tipologia della caldaia	centralizzata standard
Potenza cumulata [kW]	125
Anno installazione caldaia	1978
Combustibile utilizzato	gas
Tipologia dei terminali scaldanti	radiatori
Sistema di regolazione	di zona con pre-regolazione / reg. modulante
Note: 125,3	

Il rendimento del sistema di riscaldamento è pari al 54%: ciò significa che il 46% dell'energia potenzialmente presente nel combustibile viene dispersa. La causa primaria è individuabile nella tipologia di generatore di calore installato, standard e poco efficiente, nonchè datato: la vita media di un generatore di calore è infatti di 20-25 anni, oltre i quali il rendimento si abbassa notevolmente. Si suggerisce pertanto la sostituzione con un apparecchio a condensazione, dai rendimenti ben più elevati abbinato, nel caso di ristrutturazione degli impianti interni, a terminali funzionanti a bassa temperatura (di tipo radiante).

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

79 kW. La caldaia risulta sovradimensionata del 59%

Figura 3 - Rendimenti dei componenti del sistema di riscaldamento

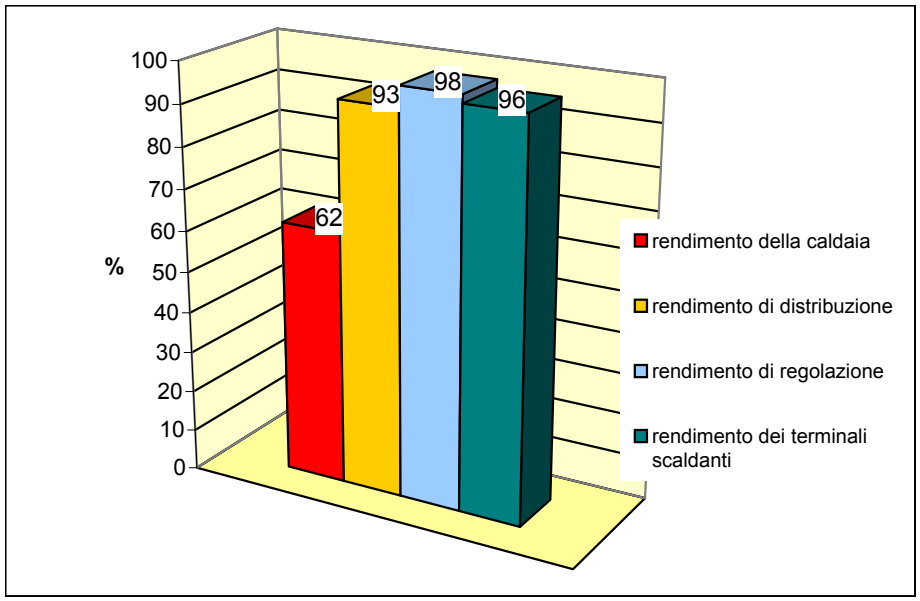


Figura 4 - Rendimento medio stagionale del sistema di riscaldamento

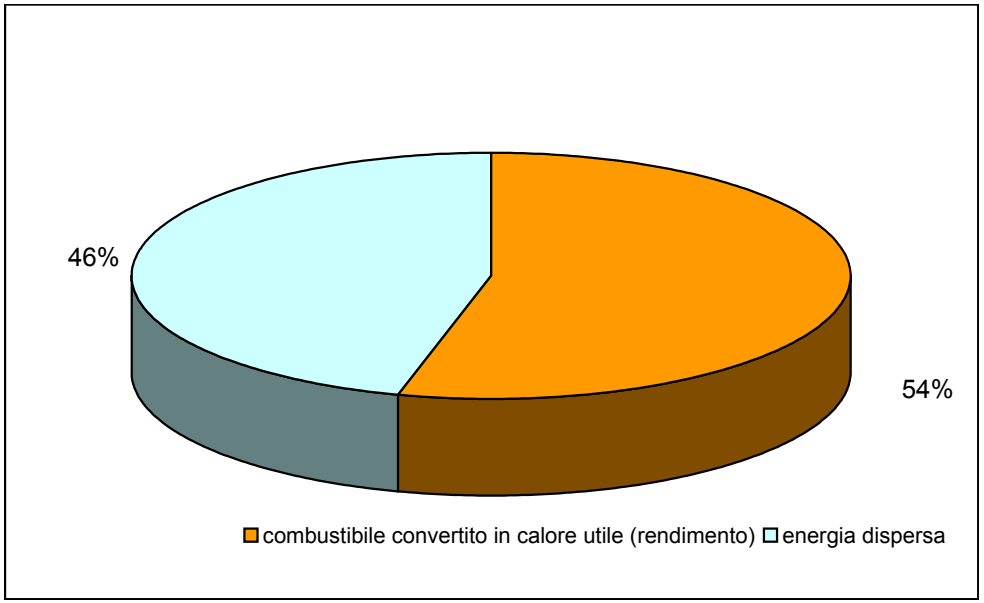


Tabella 9 - Descrizione del sistema di produzione ACS

Tipologia di impianto	autonomo indipendente
Anno installazione	1998
Tipologia di apparecchio	generatore a gas ad accumulo per produzione di acqua calda sanitaria / tipo B senza pilota permanente

Il rendimento del sistema di produzione di acqua calda sanitaria mediante generatore autonomo a gas ad accumulo è pari al 61% e pertanto si tratta di un sistema efficiente.
Si suggerisce tuttavia di valutare la realizzazione di impianto combinato con il riscaldamento e l'installazione di impianto solare termico a copertura di parte del fabbisogno.

Figura 5 - Rendimenti dei componenti del sistema di produzione ACS

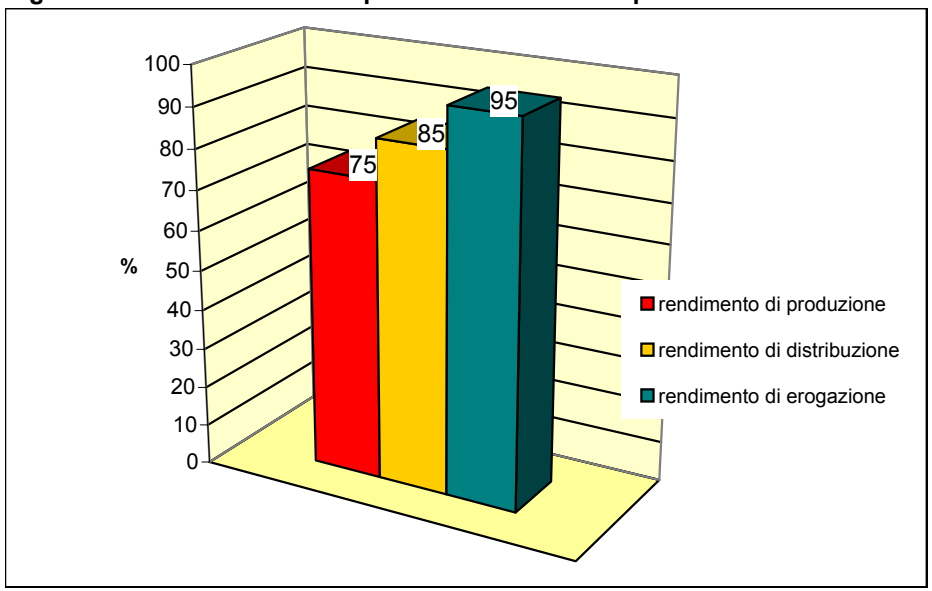
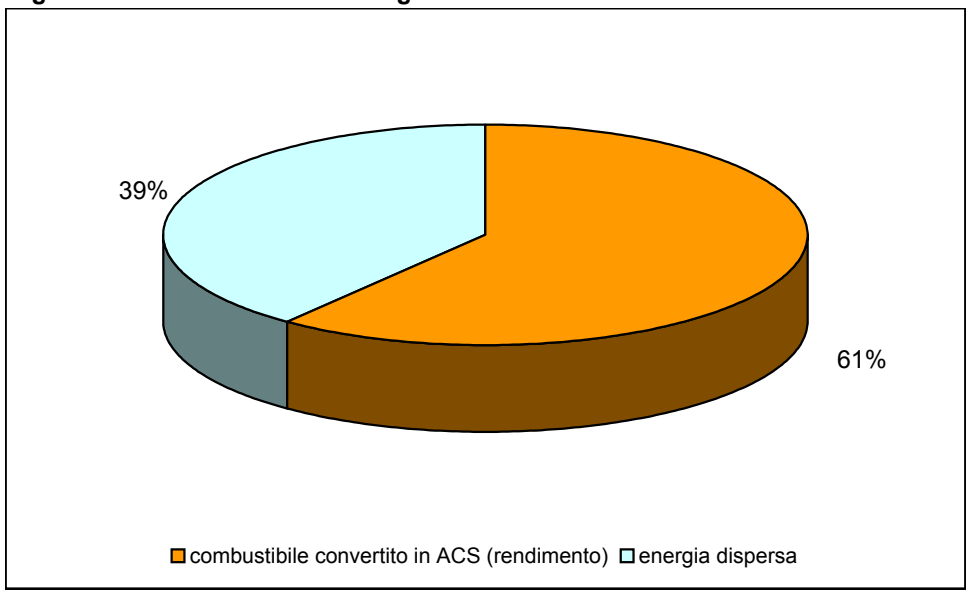


Figura 6 - Rendimento medio stagionale del sistema ACS



Generatore

Bruciatore

Terminali scaldanti

Bollitore per la produzione di ACS

Tabella 10 - Descrizione dell'involucro

elemento	sup. netta [m^2]	tipologia costruttiva	spessore medio [cm]	trasmittanza [$W/(m^2*K)$]	trasmittanza DGR VIII/5773
pareti	318,8	blocchi di cls vuoti faccia a vista (331-332)	30	2,59	0,34
serramenti finestrati	168,2	vetrocamera semplice (6-12-6) serramenti in metallo senza taglio termico	-	3,66	2,20
porte	0,0	-	-	0,00	-
basamento	497,0	laterocemento su vespaio o pilotis	30	0,39	0,33
copertura	496,4	soletta piana coibentata	30	0,61	0,30

Le prestazioni energetiche dell'edificio non risultano soddisfacenti. La tramittanza del basamento, delle pareti, della copertura e dei serramenti risultano superiori ai 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).

Figura 7 - Involucro, suddivisione percentuale delle superfici

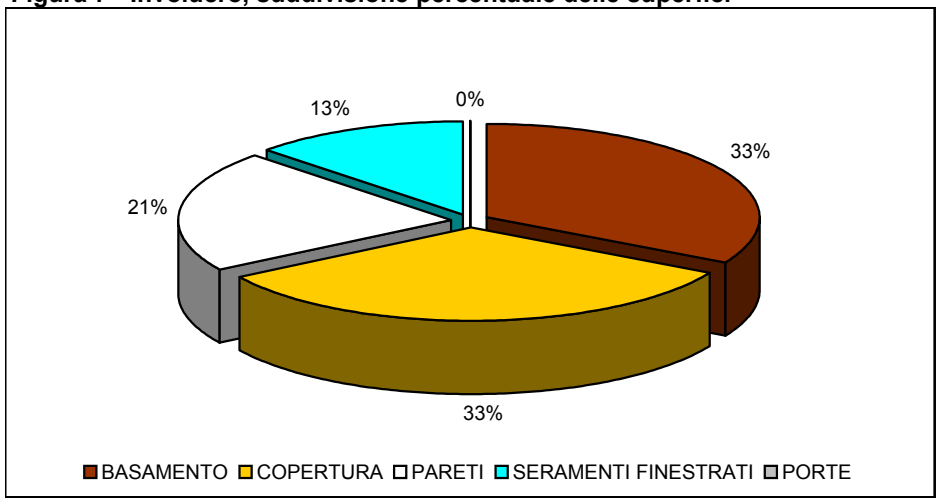
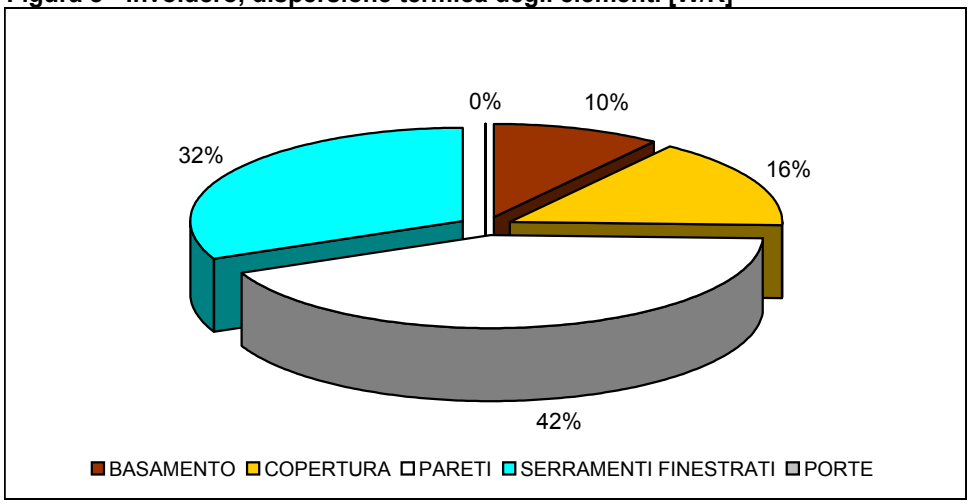


Figura 8 - Involucro, dispersione termica degli elementi [W/K]



Ingresso

Vista interno

Dettaglio serramenti

Vista interna

SIMULAZIONE TERMICA INVERNALE

Tabella 11 - Simulazione termica invernale dell'edificio

		simbolo	kWh/anno	kWh/mc anno
Energia scambiata per trasmissione dall'involucro		Q_T	69.927	27,2
Energia scambiata per ventilazione		Q_V	14.189	5,5
Energia dovuta agli apporti interni		Q_I	3.156	1,2
Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a	N	Q_{SIN}	1.356	0,5
Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a	O	Q_{SIO}	3.699	1,4
Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a	S	Q_{SIS}	6.669	2,6
Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a	E	Q_{SIE}	3.096	1,2
Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orizzontali		Q_{SIC}	-	0,0
Fabbisogno annuo, in relazione all'uso, di calore per il riscaldamento		**E_H**	**66.139**	**25,7**
Energia del combustibile necessaria a soddisfare la domanda di risc.		**EP_H**	**121.924**	**47,4**
Fabbisogno annuo, in relazione all'uso, di energia termica per usi sanitari		**E_W**	**1.440**	**0,6**
Energia del combustibile necessaria a soddisfare la domanda di ACS		**EP_W**	**2.378**	**0,9**
Fabbisogno globale di energia primaria		**EP_{HW}**	**124.301**	**48,4**

Il fabbisogno specifico di calore per il riscaldamento è pari a 25,7 kWh/mc, dato dalla somma dell'energia scambiata per trasmissione dall'involucro 27,2 kWh/mc, quella per ventilazione, 5,5 kWh/mc e sottraendo gli apporti gratuiti, 7 kWh/mc (tab.11 e fig. 9).

Considerando il fabbisogno specifico annuo di energia termica e il rendimento del sistema di riscaldamento, 0,5, è possibile ottenere il valore di combustibile necessario a soddisfare tale fabbisogno.

Il consumo termico medio elaborato nelle bollette, pari a 48,3 kWh/mc, risulta confermato dalla simulazione di tab.11, 48,4 kWh/mc suddividibile in 47,4 kWh/mc per riscaldamento e 0,9 kWh/mc per ACS (fig. 10).

Figura 9 - Bilancio termico dell'involucro

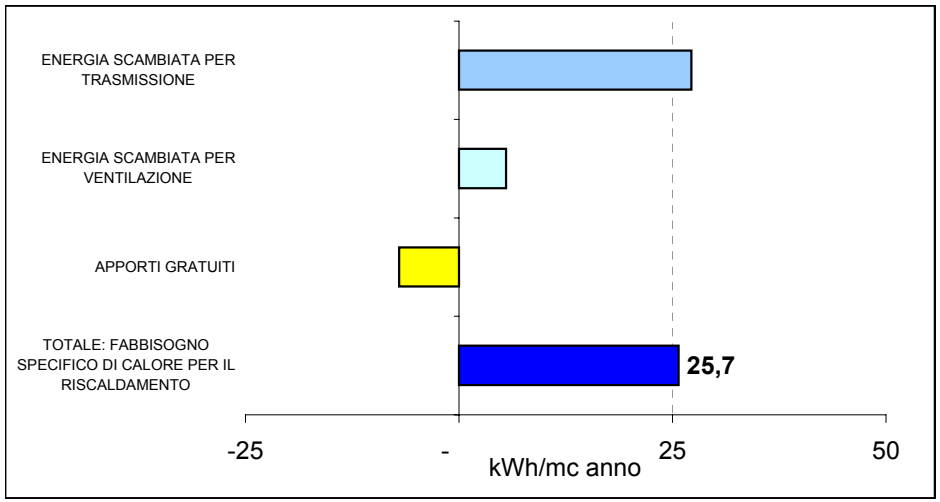
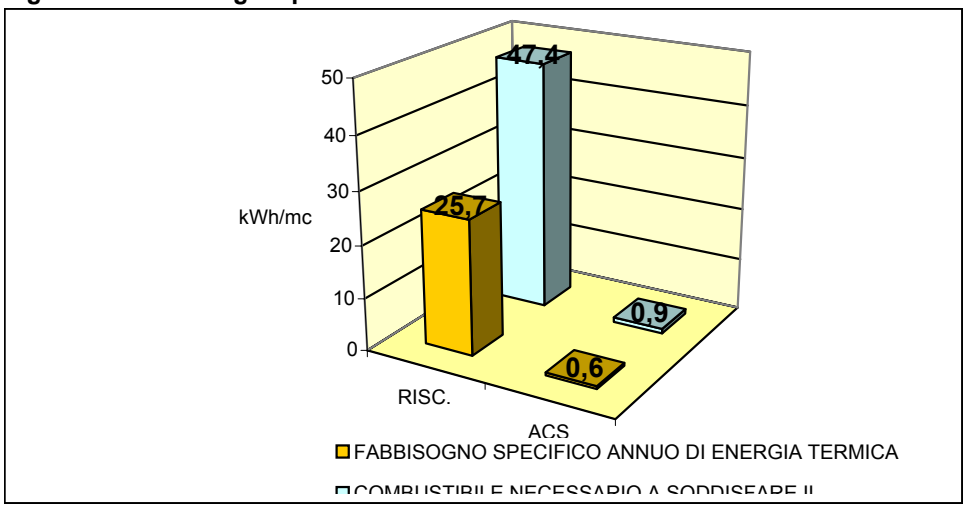


Figura 10 - Fabbisogni specifici e combustibile necessario



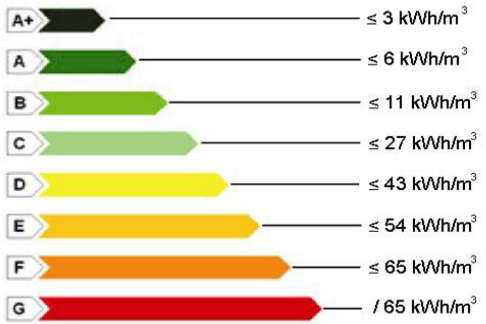
In relazione alla certificazione energetica, secondo una modalità di utilizzo standard dell'impianto termico, con 243 kWh/mc rappresentanti il fabbisogno specifico di energia primaria per la climatizzazione invernale, l'edificio si attesterebbe in CLASSE G (tab.12).

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

TARGA ENERGETICA Zona Climatica E

fabbisogno specifico di energia primaria
(climatizzazione invernale)

CLASSE G



Si ipotizza la coibentazione delle pareti perimetrali con uno strato di polistirene di 8 cm.

Tabella 15 - Risparmio energetico ed emissioni evitate

Energia primaria considerata	gas
Risparmio energetico annuo di energia primaria	4637 Smc
CO_2 evitata	9,0 t/anno
Diminuzione percentuale delle emissioni di CO_2	30,3 %

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

TARGA ENERGETICA Zona Climatica E

fabbisogno specifico di energia primaria (climatizzazione invernale)

CLASSE G

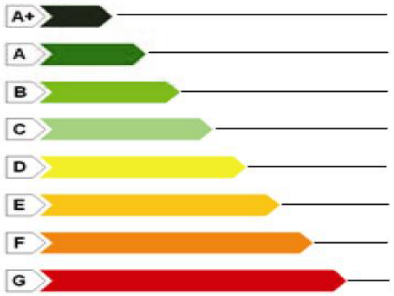


Tabella 17 - Analisi economica dell'investimento

	€	anni	%	€/Smc
Vita media investimento		30		
Investimento complessivo (ipotesi)	**22.272,84**			
Costo dell'energia primaria				0,65
Risparmio economico annuo	3.000,00			
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)	22.272,84			
Quota di investimento effettuata all'anno uno	3.026,17			
Rata annua mutuo a tasso fisso	3.026,17			
VAN Valore Attuale Netto	**63.300,00**			
PBT_R Pay Back Time ipotesi Rateizzazione		**2**		
IRR tasso di rendimento interno			**598,27%**	
PBT_S Pay Back Time semplice		**7**		

Figura 14 - Entrate e uscite annuali

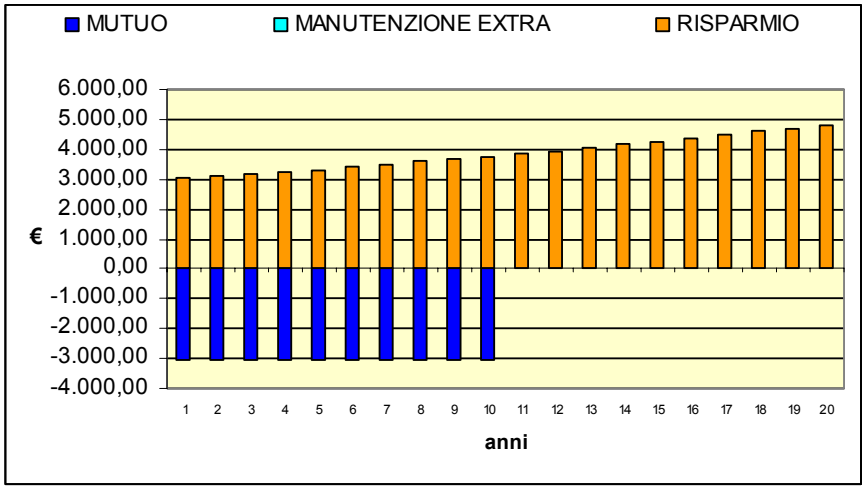


Figura 15 - Flusso di cassa netto

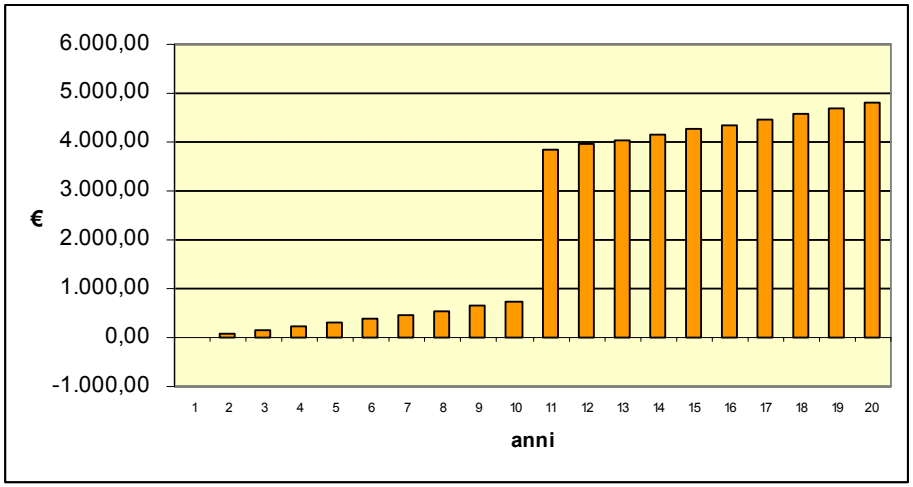


Figura 16 - Flusso di cassa netto attualizzato

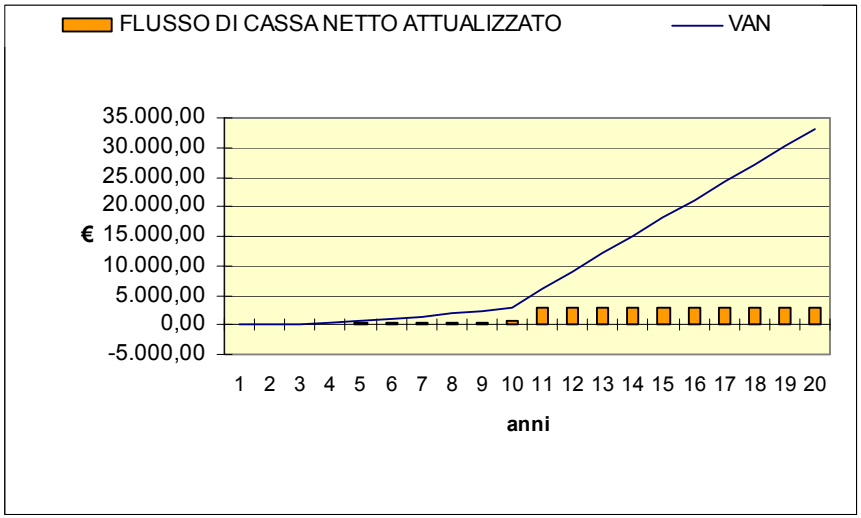
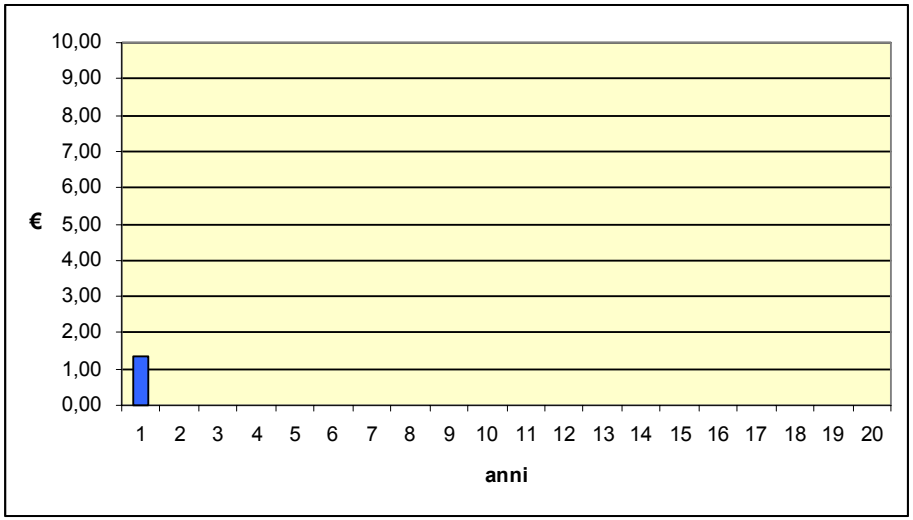


Figura 17 - Costo attualizzato della tonnellata di CO_2 evitata



Si ipotizza la sostituzione della caldaia con una caldaia a condensazione di una potenza pari a 100 kW.

Tabella 15 - Risparmio energetico ed emissioni evitate

Energia primaria considerata	gas
Risparmio energetico annuo di energia primaria	1876 Smc
CO_2 evitata	3,6 t/anno
Diminuzione percentuale delle emissioni di CO_2	12,3 %

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

TARGA ENERGETICA Zona Climatica E

fabbisogno specifico di energia primaria
(climatizzazione invernale)

CLASSE G

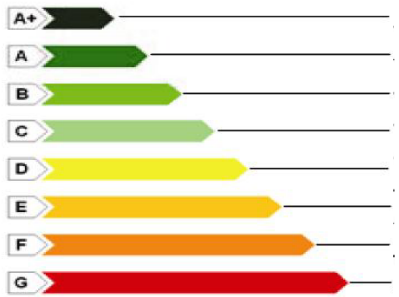


Tabella 17 - Analisi economica dell'investimento

	€	anni	%	€/Smc
Vita media investimento		30		
Investimento complessivo (ipotesi)	**25.000,00**			
Costo dell'energia primaria				0,65
Risparmio economico annuo	1.200,00			
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)	25.000,00			
Quota di investimento effettuata all'anno uno	3.396,70			
Rata annua mutuo a tasso fisso	3.396,70			
VAN Valore Attuale Netto	**6.100,00**			
PBT_R Pay Back Time ipotesi Rateizzazione		**25**		
IRR tasso di rendimento interno			**1,93%**	
PBT_S Pay Back Time semplice		**21**		

Figura 14 - Entrate e uscite annuali

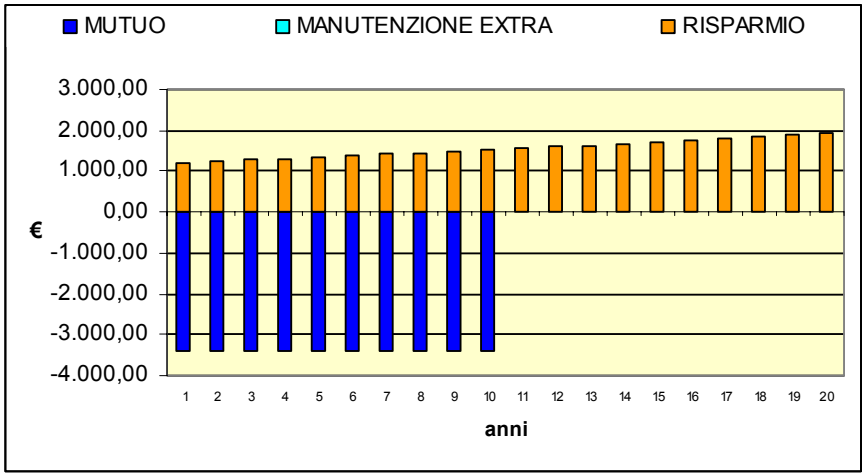


Figura 15 - Flusso di cassa netto

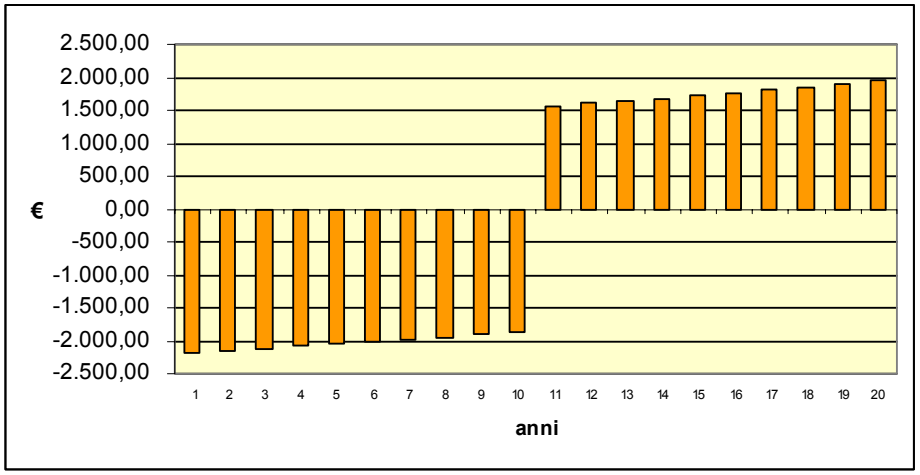


Figura 16 - Flusso di cassa netto attualizzato

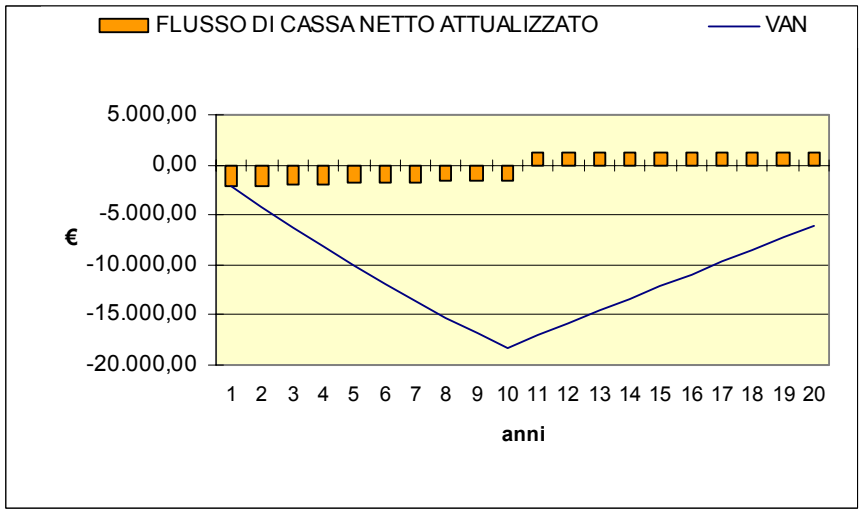
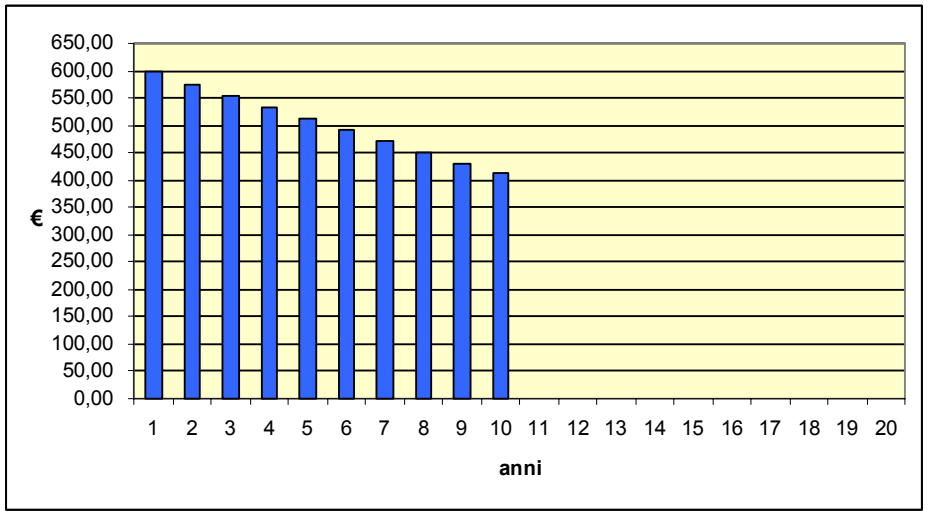


Figura 17 - Costo attualizzato della tonnellata di CO_2 evitata



INTERVENTO DI RISPARMIO ENERGETICO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO

POTENZA PROPOSTA: 7,82 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 cosidetto 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 141 mq.

Per ricoprire tale superficie vengono proposti 46 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino ciascuno della potenza di picco pari a 170 W per una potenza complessiva dell'impianto di 7,82 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 di 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 5342,17 €/anno, a fronte di un investimento iniziale stimabile intorno ai 55913 €/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” .

Tabella 18 - Analisi tecnico-economica impianto fotovoltaico

	kW	°	m^2	kWh/anno	anni	€/kWh	€	€/m^2	%	ton/anno
Potenza	7,82									
Tecnologia: monocristallino; Solterra - SOL 170H										
Tipologia: non integrato										
Regime contrattuale: scambio sul posto										
Azimut		sud								
Inclinazione ottimale modulo		30,00								
Superficie netta impiegata			58,59							
Superficie lorda impiegata			140,89							
Decadimento efficienza celle applicato									0,5% / anno	
Rendimento di sistema									79,00%	
Irradiazione solare media (UNI 10349)				86.819						
Produzione				9.155						
CO_2 evitata									16,00%	4,8
Premio da sommare alla tariffa incentivante dopo il primo anno						0,06				
Investimento complessivo							**55.913,00**			
Incentivazione annua Conto Energia				9.155		0,40	3.652,80			
Risparmio annuo				8.891		0,19	1.689,37			
Vendita annua				-		0,10	-			
Resa annua (risparmi + incentivi)							**5.342,17**			
Manutenzione annua							78,20			
Incentivo a fondo perduto							-			
Investimento mutuizzato							55.913,00			
Numero anni pagamento					10					
Rata annua mutuo a tasso fisso							7.596,79			
Quota investimento effettuata all'anno 1							7.596,79			
Inflazione									2,50%	
Inflazione energia elettrica									2,50%	
Tasso di interesse bancario									6,00%	
VAN Valore attuale netto							**34.326,39**	**585,91**		
PBT Pay Back Time					**14**					
IRR tasso di rendimento interno									**11,02%**	

Figura 14 - Entrate e uscite annuali

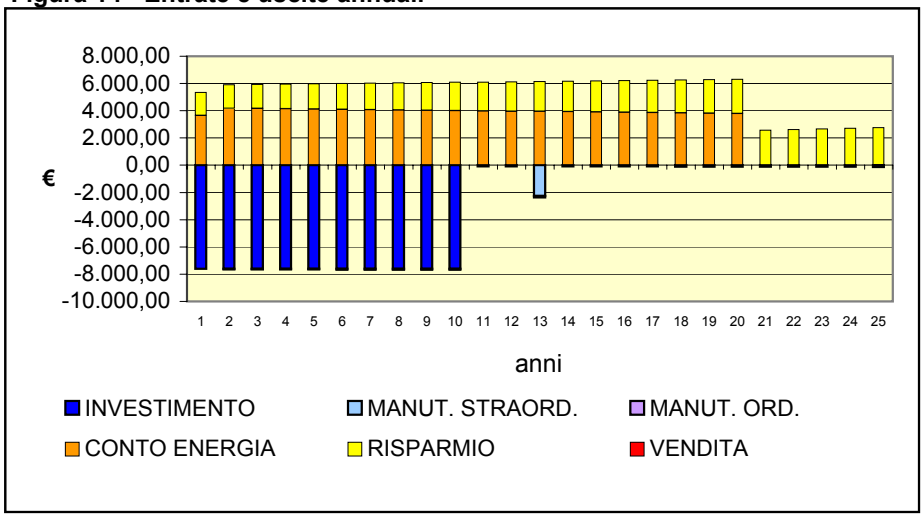


Figura 15 - Flusso di cassa netto

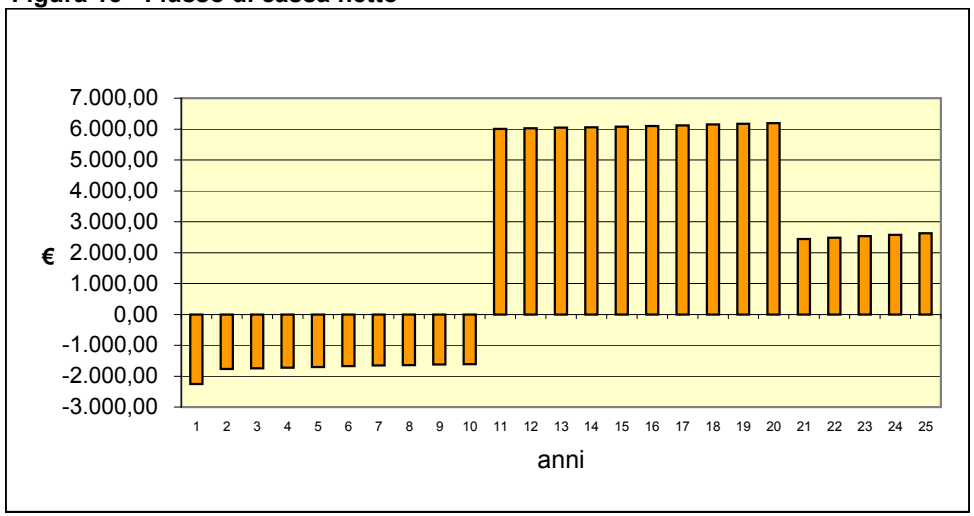


Figura 16 - Flusso di cassa netto attualizzato

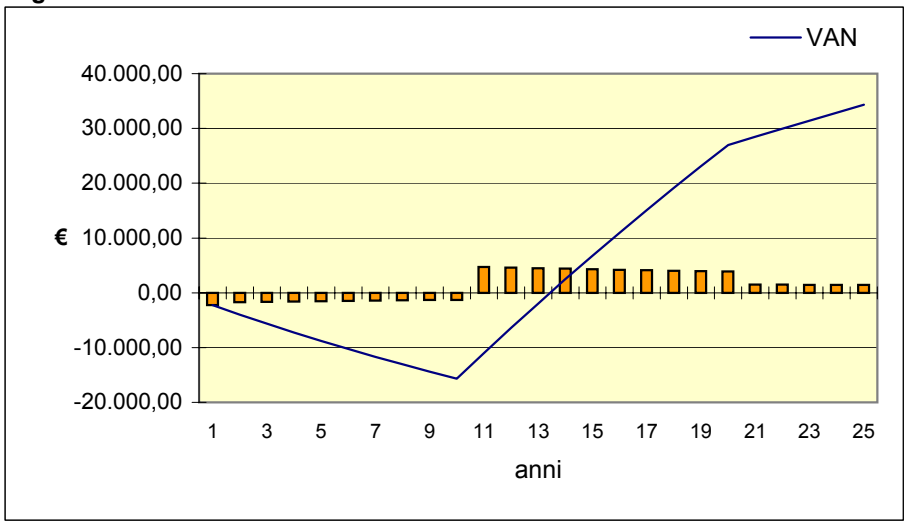
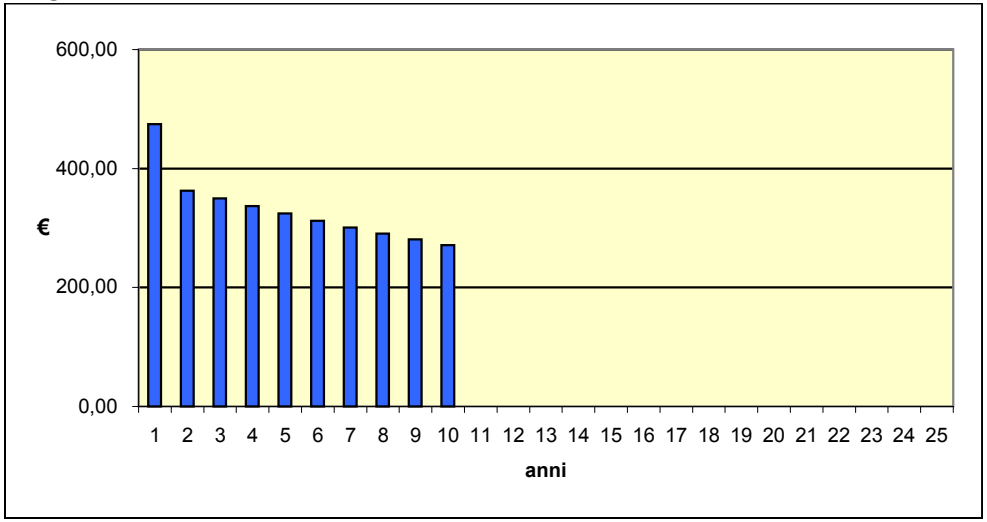



Figura 17 - Costo attualizzato della tonnellata di CO_2 evitata