

Studio Tecnico ING. PIERANGELO CANTONI

VIA A. COSTA 27 - NOVARA

Tel: 0321/391875 - Fax: 0321/390221 - e-mail: ingcantoni@msoft.it

PROVINCIA DI NOVARA

Piazza Matteotti 1

committente

EDIFICIO n. 12

COMPLESSO DI VIA MORO

Via A. Moro, 12 - BORGOMANERO

edificio

DIAGNOSI ENERGETICA

oggetto

LEGGE 10/91 - D.P.R. 412/93

Normativa di riferimento

1 - GENERALITÀ

1.1 - Descrizione dell'edificio

L'edificio in oggetto ospita il Liceo Scientifico "Galilei" ed il Biennio dell'Istituto Tecnico "Leonardo da Vinci" di Borgomanero. E' costituito da aule e laboratori, da locali segreteria, presidenza e professori, da una palestra, una biblioteca, un auditorium, un'officina e locali depositi vari, oltre che da un piccolo appartamento abitato da un custode.

Per 6 giorni la settimana l'impianto di riscaldamento funziona per tutto il complesso, mentre va in attenuazione nei giorni festivi e di vacanza. L'appartamento del custode è dotato di proprio impianto di riscaldamento autonomo.

L'edificio è stato costruito nei primi anni '80 e, dal punto di vista delle coibentazioni e del risparmio energetico, è stato oggetto di manutenzione ridotta all'essenziale.

1.2 - Acquisizione dati

I dati relativi alla combustione non sono disponibili, per cui sono stati inseriti nel calcolatore dati teorici valutati secondo l'esperienza dell'operatore.

I dati relativi ai consumi di combustibile nelle ultime tre stagioni sono stati gentilmente forniti dalla Amministrazione Provinciale.

1.3 - Metodo di calcolo

I calcoli sono eseguiti con l'ausilio di calcolatore, utilizzando uno dei metodi più sofisticati e validati oggi disponibili.

Il metodo di calcolo consente di operare su ipotesi diverse, simulando al meglio le situazioni riscontrate all'atto del sopralluogo.

Consente poi di inserire i nuovi dati di progetto conseguenti alle diverse possibilità di intervento, eseguire quindi le proiezioni sugli scenari futuri e quantificare infine i risparmi ottenibili.

1.4 - Valutazione delle strutture disperdenti

In mancanza di disegni progettuali dettagliati con i particolari costruttivi delle singole strutture (murature, solai, ecc.) e nell'impossibilità di operare saggi

distruttivi, si procede assumendo tutte le informazioni possibili ed affidandosi all'esperienza degli operatori.

I componenti disperdenti sono descritti più avanti nell'Allegato A al paragrafo "Caratteristiche termiche ed igrometriche" e costituiscono ipotesi abbastanza aderenti alla realtà, come dimostrerà il confronto fra i consumi calcolati con tali ipotesi ed i consumi storici reali.

2 - CALCOLO DEI CONSUMI CON LE STRUTTURE DISPERDENTI IPOTIZZATE IN 1.4 - "CONSUMO NORMALIZZATO"

I calcoli eseguiti nell'Allegato A:

- calcolo del fabbisogno di potenza termica,
- calcolo del fabbisogno di energia utile,
- calcolo del fabbisogno di energia primaria,

ipotizzando i componenti disperdenti descritti nello stesso Allegato A, portano ai seguenti risultati di consumi, divisi per tipo di combustibile (gasolio, energia elettrica):

per l'utilizzo di 6 giorni la settimana (vedere "Calcolo del fabbisogno di energia primaria" - Allegato A) il consumo annuo dell'edificio - che ha un volume riscaldato di 39.390 m³ - è di 91,1 MJ/m³anno, corrispondenti a:

95.841 m³/anno di metano (con pci = 34,00 MJ/m³)
e 33.166 KWh/anno di energia elettrica;

I costi sostenuti (assumendo il costo unitario del combustibile dalle fatture effettivamente pagate dalla Provincia: 1.000 £/m³), sono:

costo metano:	95.841 m ³ /anno x 1.000 £/m ³ =	£. 95.841.000=
costo energia elettrica:	33.166 KWh/anno x 200 £/KWh =	£. 6.633.000=

La somma dei costi rappresenta il "CONSUMO NORMALIZZATO" dell'edificio, cioè il consumo dell'"anno tipo":

£. 102.474.000=

3 - VALUTAZIONE DEL "CONSUMO NORMALIZZATO" IN RAPPORTO CON I CONSUMI STORICI

I dati di consumo più significativi fra quelli trasmessici dall'Amministrazione Provinciale sono senz'altro quelli relativi agli ultimi due anni e cioè 99.210 m³ di metano, valore del 3,5% superiore a quanto calcolato con le ipotesi fatte.

A commento di questa piccola differenza (che è meglio definibile come sostanziale coincidenza), si possono fare le seguenti considerazioni:

- 1° - le strutture disperdenti ipotizzate hanno un comportamento nella realtà molto simile a quello teorico usato nel calcolo;
- 2° - si assumerà il "consumo normalizzato" come valore di riferimento per i successivi conteggi relativi ai possibili interventi.

Ulteriore verifica della attendibilità del calcolo eseguito si ha prendendo come riferimento il valore di potenza volumica, pari a 21,8 W/m³ (rilevata nell'Allegato A - "Calcolo del fabbisogno di potenza termica") che corrisponde a dati che per esperienza si ritengono mediamente validi per edifici la cui costruzione risale agli anni '80 (inizio delle murature coibentate, o almeno con camera d'aria - vetri semplici - copertura non isolata).

4 - INTERVENTI POSSIBILI

Alcuni degli interventi possibili, descritti qui di seguito, sono legati uno all'altro; altri interventi sono indipendenti e possono essere direttamente effettuati per proprio conto.

Anche gli interventi presi in considerazione come collegati e conseguenti uno all'altro possono essere slegati e realizzati indipendentemente: la massima validità economica ed energetica si raggiunge però se questi interventi vengono realizzati contestualmente.

L'analisi parte dall'intervento ritenuto economicamente più vantaggioso.

4.1 - interventi sull'isolamento della copertura a terrazzo, sulla regolazione automatica in C.T., conseguenti uno all'altro.

4.1.1 - 1° intervento: isolamento delle coperture a terrazzo

Dai calcoli allegati (vedere "Calcolo del fabbisogno di energia primaria" - Allegato B) si dimostra che il consumo della scuola con l'isolamento della copertura, sarà di 67,0 MJ/m²anno corrispondenti a:

67.921 m³/anno di metano
e 33.029 KWh/anno di energia elettrica.

Il risparmio previsto con l'intervento 4.1.1 è di:

costo metano:

$$(95.841 - 67.921) = 27.920 \text{ m}^3/\text{anno} \times 1.0 \text{ £/kg} = \text{£. } 27.920.000=$$

costo energia elettrica: ininfluyente

risparmio: = **£. 27.920.000=**

L'isolamento della copertura è realizzabile con diversi sistemi più o meno validi e più o meno costosi, come per esempio:

- 1° - inserire l'isolamento e rifare l'impermeabilizzazione delle coperture a terrazzo;
- 2° - realizzare un controsoffitto sul quale posare o stendere la coibentazione;
- 3° - incollare lastre di isolante (con opportune caratteristiche di resistenza al fuoco) direttamente sull'intradosso dell'ultimo solaio, ecc.;

Ipotizzando un intervento del costo unitario di £. 70.000/m² si giunge ad una spesa per l'isolamento della copertura pari a:

$$5.920 \text{ m}^2 \times 70.000 \text{ £/m}^2 =$$

$$\text{£. } 370.300.000=$$

Il costo dell'intervento è circa pari a 13 volte il risparmio annuo.

4.1.2 - 2° intervento: inserimento di regolazione in sequenza delle caldaie in funzione della temperatura di mandata (cascata) e razionalizzazione della Centrale Termica. (eseguito dopo l'intervento 1°)

Dai calcoli allegati (vedere "Calcolo del fabbisogno di energia primaria" - Allegato C) si dimostra che il consumo annuo dell'edificio, dopo gli interventi qui proposti, sarà di 65,8 MJ/m³/anno, corrispondenti a:

66.523 m³/anno di metano
e 32.984 KWh/anno di energia elettrica.

I nuovi costi di gestione saranno, quindi:

costo metano: $66.523 \text{ m}^3/\text{anno} \times 1.000 \text{ £/ m}^3 =$ $\text{£. } 66.523.000=$

costo energia elettrica: ininfluente

costo totale annuo: $\text{£. } 66.523.000=$

risparmio: $\text{£. } (67.921.000 - 66.523.000) =$ $\text{£. } 1.398.000=$

La **spesa** per l'installazione delle nuove apparecchiature e per le opere accessorie in C.T. è stimabile in circa: $\text{£. } 10.000.000=$

che verrebbe ripagata nel corso di sette stagioni circa.

I due interventi 4.1.1 e 4.1.2, del costo complessivo di £ 380.000.000 circa, portano ad un risparmio complessivo di circa £ 29.300.000, che ripagherebbe il capitale impegnato in circa 12/13 anni.

4.2 - 3° intervento: sostituzione delle superfici vetrate.

Si è presa in considerazione la possibilità di sostituire i vetri semplici con vetri doppi.

I calcoli allegati (vedere Allegato D) dimostrano che si giungerebbe ad un consumo di:

57.654 m³/anno di metano

4.2 - 3° intervento: sostituzione delle superfici vetrate.

Dal sopralluogo si è rilevato che i vetri dei serramenti dovrebbero essere doppi con una piccolissima camera d'aria.

Poiché il calcolo di verifica effettuato con i vetri doppi porta a risultati lontani dalla realtà, si è preferito assimilare, al solo fine dei conteggi, i serramenti esistenti a serramenti con vetro singolo, giungendo come sopra esplicitato, a risultati coerenti.

La sostituzione dei vetri non è quindi ipotizzabile e comunque porterebbe a risultati modesti.

4.3 - 4° intervento: maggiore coibentazione delle murature perimetrali.

Si è presa in considerazione anche la possibilità di operare una migliore coibentazione delle murature perimetrali, per esempio eseguendo contropareti in forati con interposizione di isolante.

I conteggi eseguiti dimostrano che il risparmio sarebbe comunque modesto rispetto al notevole costo dell'intervento e quindi l'intervento stesso è del tutto sconsigliabile.

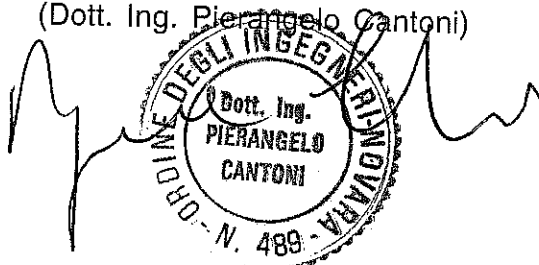
5 - CONCLUSIONI

L'analisi effettuata dimostra che il SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO TERMICO in oggetto è abbastanza accettabile.

Gli interventi possibili potranno portare **miglioramenti**, ma con ritorni del capitale impegnato molto lungo, come sopra dimostrato con i calcoli e qui di seguito proposto in sintesi.

- L'intervento di cui al punto 4.1.1, cioè la coibentazione delle coperture a terrazzo può essere molto conveniente se effettuata in occasione di un necessario rifacimento dell'impermeabilizzazione: la sola interposizione del coibente (si stima un costo circa metà rispetto a quello ipotizzato) verrà ammortizzata in circa 6 anni. Dovendo invece rifare l'impermeabilizzazione in seguito alla decisione di voler coibentare, l'intervento appare meno conveniente: si ripagherebbe in circa 13 anni.
- L'intervento di cui al punto 4.1.2 risulta poco conveniente e anche gli interventi 4.1.1 e 4.1.2 eseguiti insieme si ripagano in circa 12 anni, cioè un tempo troppo lungo.
- L'intervento di cui al punto 4.3 non potrà mai essere conveniente.

Il Tecnico incaricato
(Dott. Ing. Pierangelo Cantoni)



**CALCOLO DEL FABBISOGNO DI POTENZA TERMICA DELL' EDIFICIO
PER RISCALDAMENTO INVERNALE**

secondo UNI 7357-74

Verifica di rispondenza alla Legge 10/91 e DPR 412/93

Edificio	: COMPLESSO SCOLASTICO DI BORGOMANERO VIA A. MORO - BORGOMANERO (NOVARA)
Committente	: PROVINCIA DI NOVARA PIAZZA MATTEOTTI 1 - NOVARA
Progettista	: Dott. Ing. Pierangelo CANTONI Via Andrea Costa, 27 - 28100 NOVARA - Tel. 0321/391875-6

Dati climatici della località:

Comune	: BORGOMANERO	
Provincia	: NO	
Altitudine	: 307	m slm
Gradi giorno	: 2559	
Zona climatica	: E	
Velocità max del vento	: 4	m/s
Temp. esterna di progetto	: -6	°C
Temp. interna di progetto	: 20	°C
Differenza di temp. di progetto	: 26	°C

Dati geometrici dell' edificio:

Superficie esterna	: 16104,30	m ²
Volume lordo	: 39390,00	m ³
Fattore di forma S/V	: 0,409	m ² /m ³
Cd ammissibile	: 0,450	W/m ³ K
Valori limite Cd ammissibile	: 0,320	W/m ³ K (S/V < 0,2)
	: 0,754	W/m ³ K (S/V > 0,9)

Coefficienti di esposizione:

Nord = 1,20

Nord-Ovest = 1,15

Nord-Est = 1,20

Ovest = 1,10

Est = 1,15

Sud-Ovest = 1,05

Sud-Est = 1,10

Sud = 1,00

Riassunto della stagione di riscaldamento

PERDITE

Mese	Giorni	Te °C	Qt MJ	Qgr MJ	Qu MJ	Qa MJ	Qv MJ	QL MJ
Ottobre	19,60	11,0	276377	23436	0	0	51148	350961
Novembre	30,44	6,3	651863	55275	0	0	120637	827775
Dicembre	30,44	1,6	875494	74238	0	0	162024	1111756
Gennaio	30,44	0,1	946866	80290	0	0	175232	1202388
Febbraio	30,44	2,5	832671	70607	0	0	154099	1057377
Marzo	30,44	7,6	590007	50030	0	0	109190	749227
Aprile	4,26	10,3	64693	5486	0	0	11972	82151
Totali:	176,06		4237971	359362	0	0	784302	5381635

APPORTI

Mese	Qse MJ	Qsi MJ	Qi MJ	GLR	η_u	QG MJ
Ottobre	94663	96453	62650	0,621	0,974	253766
Novembre	105524	117190	97310	0,297	0,999	320024
Dicembre	81814	97424	97310	0,189	1,000	276548
Gennaio	90890	104811	97310	0,182	1,000	293011
Febbraio	139220	141345	97310	0,260	1,000	377875
Marzo	215069	194003	97310	0,545	0,985	506382
Aprile	37424	31781	13610	1,015	0,844	82815
Totali:	764604	783007	562810			2110421

FABBISOGNO

Qh MJ
101332
507966
835208
909377
679502
247215
6417
3287017

STAGIONE DI RISCALDAMENTO

Inizio	Fine	Durata
10 Ottobre	5 Aprile	176,1 giorni
Energia per dispersioni : (Qi - Qv)		4597333 MJ/anno
Energia per ventilazione: (Qv)		784302 MJ/anno
Energia totale - fabbisogno dell' edificio: (Qh)		3287017 MJ/anno

$$\begin{aligned}
 Q_t &= H_t * (t_i - t_e) * \text{num.giorni} * 86400 * 10^{-6} \\
 Q_u &= H_u * (t_i - t_e) * \text{num.giorni} * 86400 * 10^{-6} \\
 Q_{gr} &= H_g * (t_i - t_e) * \text{num.giorni} * 86400 * 10^{-6} \\
 Q_a &= H_a * (t_i - t_a) * \text{num.giorni} * 86400 * 10^{-6} \\
 Q_v &= H_v * (t_i - t_e) * \text{num.giorni} * 86400 * 10^{-6} \\
 Q_L &= Q_t + Q_{gr} + Q_u + Q_a + Q_v
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{se} &= I_{rr} * \text{num.giorni} * A_e \text{ muri} \\
 Q_{si} &= I_{rr} * \text{num.giorni} * A_e \text{ vetri} \\
 Q_i &= P_i * \text{num.giorni} * 86400 * 10^{-6} \\
 GLR &= (Q_{si} + Q_i) / (Q_L - Q_{se}) \\
 Q_G &= Q_{se} + Q_{si} + Q_i \\
 Q_h &= (Q_L - Q_{se}) - \eta_u * (Q_{si} + Q_i)
 \end{aligned}$$

CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA

secondo CEN TC89

Edificio : COMPLESSO SCOLASTICO DI BORGOMANERO
VIA A. MORO - BORGOMANERO (NOVARA)
Committente : PROVINCIA DI NOVARA
PIAZZA MATTEOTTI 1 - NOVARA
Progettista : Dott. Ing. Pierangelo CANTONI
Via Andrea Costa, 27 - 28100 NOVARA - Tel. 0321/391875-6

Modalità di calcolo : Intero edificio

Modalità di funzionamento dell' impianto :

Spegnimento dell'impianto per un periodo di 6 - 18 ore (giorno+notte)

Fattore di intermittenza :

Ore di spegnimento durante il giorno (tra le 8:00 e le 16:00)	80,5	%
Ore di spegnimento durante la notte (tra le 16:00 e le 8:00)	0,0	ore
Temperatura minima notturna:	10,0	ore
Tipo di terminale di erogazione:	16,0	°C
Giorni di spegnimento o funzionamento attenuato settimanali	Radiatori a piastre	
	1,0	gg

η_r = Rendimento di regolazione medio:

Tipo di regolazione:	94,0	%
	Climatica+Zona a 2 posizioni ON/OFF	

η_e = Rendimento di emissione :

Tipo di terminale di erogazione:	96,2	%
Tipologia di installazione:	Radiatori a piastre	
	Parete esterna isolata, non riflettente	

η_d = Rendimento di distribuzione :

Tipo di edificio:	97,0	%
	C	
Edifici nei quali le colonne montanti, in traccia o situate nelle intercapedini sono isolate con gli spessori di isolante previsti dalla vigente legislazione ed ubicate all'interno dell'isolamento termico delle pareti.		
Altezza edificio:	13,0	m
Volume edificio:	39390,0	m ³

Fattore di riduzione per contabilizzazione (riscaldamento) :

1,00

Potenza nominale del focolare:	$Q_c =$	1198760	W
Potenza utile nominale:	$Q_u =$	1096600	W
Potenza elettrica del bruciatore:	$P_{br} =$	4000	W
Rendimento del bruciatore:	$\eta_{br} =$	85	%
Pompe: Prevalenza		Media	
Non sono installate pompe di ricircolo.			
Rendimento delle pompe:	$\eta_{po} =$	85	%
Tempo di funzionamento delle pompe:	$T_{po} =$	14	ore
Potenza elettrica delle pompe:	$P_{po} =$	14300	W

Perdite al camino a bruciatore funzionante:

Temperatura fumi:

Valori misurati o dichiarati dal costruttore per un generatore alto rendimento

Pf = 8,00 %

T fumi = 200 °C

Perdite per trasmissione attraverso l' involucro:

Temperatura dell'acqua in caldaia : **costante:**

Generatore in ottimo stato, omologato ai sensi della legge

30.04.76 n.373 installato in centrale termica

Pd = 0,74 %

Tc = 70 °C

Pdc = 0,52 %

Perdite al camino a bruciatore spento:

Centrale termica esistente

Generatore a combustibile liquido o a gas con bruciatore ad

aria soffiata senza serranda sull'aspirazione dell'aria

comburente con camino di altezza fino a 10 m

Pfbs = 0,80 %

Mese	giorni	Ql (MJ)	Qg (MJ)	η_{uti} %	Qh (MJ)	fattore interm.	Qhvs (MJ)	η_{ced} %	Qp risc. (MJ)	Qp sanit. (MJ)	Qp altri (MJ)	Qp totale (MJ)
Gen	30,44	1202388	293011	100,0	909377	0,82	742955	87,7	847009	0	0	847009
Feb	30,44	1057377	377875	100,0	679502	0,80	546883	87,7	623476	0	0	623476
Mar	30,44	749227	506382	98,5	247215	0,77	189485	87,7	216023	0	0	216023
Apr	4,26	82151	82815	84,4	6417	0,64	4082	87,7	4654	0	0	4654
Mag	0,00	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Giu	0,00	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lug	0,00	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ago	0,00	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Set	0,00	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ott	19,60	350961	253766	97,4	101332	0,77	77715	87,7	88599	0	0	88599
Nov	30,44	827775	320024	99,9	507966	0,80	405314	87,7	462080	0	0	462080
Dic	30,44	1111756	276548	100,0	835208	0,81	679790	87,7	774997	0	0	774997
					3287017		2646224		3016838	0	0	3016838

Simbologia

Ql	perdite di energia.
Qg	apporti gratuiti.
η_{uti}	fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti (UNI 10344).
Qh	fabbisogno energetico utile mensile in funzionamento continuo per riscaldamento ambienti.
Qhvs	fabbisogno energetico utile mensile in funzionamento non continuo per riscaldamento ambienti.
interm.	fattore di intermittenza.
η_{ced}	prodotto dei rendimenti di regolazione, distribuzione ed emissione.
Qp risc.	energia termica mensile fornita dal sistema di produzione per riscaldamento.
Qp sanit.	energia termica mensile fornita dal sistema di produzione per acqua calda sanitaria.
Qp altri	energia termica mensile fornita dal sistema di produzione per altri usi.
Qp totale	= Qp risc. + Qp sanit. + Qp altri

Mese	Qs (MJ)	CP	P'f %	P'd %	P'fbs %	FC	η_c %	η_p %	η_{gen} %
Gennaio	974501	0,57	7,57	0,62	0,95	0,58	94,0	86,9	90,7
Febbraio	731197	0,42	7,34	0,59	0,92	0,43	94,0	85,3	90,0
Marzo	289249	0,14	6,56	0,55	0,85	0,15	94,0	74,7	84,9
Aprile	12948	0,01	5,14	0,53	0,81	0,03	94,0	35,9	43,0
Maggio	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
Giugno	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
Luglio	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
Agosto	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
Settembre	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
Ottobre	131232	0,08	6,25	0,52	0,80	0,09	94,0	67,5	80,7
Novembre	555249	0,31	7,11	0,56	0,87	0,32	94,0	83,2	89,2
Dicembre	895882	0,52	7,50	0,60	0,93	0,53	94,0	86,5	90,5

3590258

Simbologia

Qs	energia primaria mensile richiesta dal generatore (Qs risc. + Qs sanit. + Qs altri).
CP	fattore di carico utile.
P'f	perdite termiche percentuali al camino a bruciatore funzionante.
P'd	perdite termiche percentuali verso l'ambiente attraverso l'involucro.
P'fbs	perdite termiche percentuali al camino a bruciatore spento.
FC	fattore di carico al focolare.
η_c	rendimento di regolazione mensile.
η_p	rendimento di produzione medio mensile (compresa energia elettrica).
η_{gen}	rendimento medio mensile del generatore.

Energia primaria annuale richiesta:

Qs =

3590258 MJ/a

di cui:

per riscaldamento :

3590258 MJ/a

 $\eta_p = Q_p / Q_s =$ Rendimento di produzione medio annuale :

84,0 %

 $\eta_{p,s} = Q_{p,s} / Q_s =$ Rendimento di produzione medio annuale per riscaldamento:

84,0 %

 $\eta_{g,s} = Q_{hvs,s} / Q_s =$ Rendimento globale medio annuale per il riscaldamento:

73,7 %

Consumo annuo:

91,1 MJ/m³a

corrispondenti, (per il volume riscaldato di 39390,0 m³) , a:

95841 m³std/a di Metano

pci = 34.00 MJ/m³st

e 33166 kWh/a di energia elettrica.

RIASSUNTO DELLE VERIFICHE SECONDO LEGGE 10/91

Edificio : COMPLESSO SCOLASTICO DI BORGOMANERO
 VIA A. MORO - BORGOMANERO (NOVARA)
Committente : PROVINCIA DI NOVARA
 PIAZZA MATTEOTTI 1 - NOVARA
Progettista : Dott. Ing. Pierangelo CANTONI
 Via Andrea Costa, 27 - 28100 NOVARA - Tel. 0321/391875-6

Simbologia :

Cd = Coefficiente di dispersione volumica dell' involucro
FEN = Fabbisogno Energetico Normalizzato per la climatizzazione invernale
 η_g = Rendimento globale medio stagionale.
 La verifica si applica agli impianti nuovi e ristrutturati.
 η_p = Rendimento di produzione.
 La verifica si applica alla sostituzione di generatori di calore negli impianti esistenti.
 $\eta_{u100} - \eta_{u30}$ = Rendimento utile dei generatori ad acqua calda, rispettivamente, al 100% e al 30% della potenza utile nominale.
 Q_g/Q_h = Rapporto calcolato per il mese a maggiore insolazione interamente compreso nel periodo di riscaldamento.

Edificio

Tipo di generatore : Caldaia

	Valore ammissibile	Valore calcolato	Verifica
Cd (W/m ³ K)	0,450	0,669	No
FEN (kJ/m ³ gg)	41,54	0,00	Sì
Rendimento globale medio stagionale η_g	73,63 %	73,70 %	Sì
Rendimento di produzione medio stagionale η_p	85,63 %	84,00 %	
Rendimento utile 100% Pn η_{u100}	89,20 %	86,70 %	
Rendimento utile 30% Pn η_{u30}	87,81 %	87,60 %	
Rendimento di combustione 100% Pn η_{c100}	0,00 %	0,00 %	
Rapporto Q_g / Q_h		168,9 %	*

* : il rapporto Q_g/Q_h calcolato per il mese a maggior insolazione interamente compreso nel periodo di riscaldamento è maggiore del 20%: è quindi prescritta l' installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente.

DIAGNOSI ENERGETICA EDIFICI AGGIORNAMENTO

COMPLESSO SCOLASTICO DI BORGOMANERO

Via Aldo Moro, 13 - Borgomanero

COMMITTENTE

PROVINCIA DI NOVARA

NOVARA (NO)

FIAR S.R.L.

Commessa: 0510
Doc.n.: 10CD
Data: 21/05/2007
Pag.tot.: 11

FIAR S.R.L.
IMPIANTI ELETTRICI
Via Vercellina 14/bis
20044 Vercelle (VC) (NO)
Tel. 0321/920418 - Fax 0321/923807

1	<i>Introduzione</i>	3
2	<i>Descrizione dell'edificio</i>	3
3	<i>Consumi energetici</i>	4
3.1	Per usi termici	4
3.2	Per usi elettrici	4
3.2.1	Consumi BT	4
3.2.2	Consumi MT	8
4	<i>Risultati</i>	10
4.1	Fabbisogno energetico per usi termici	10
4.2	Fabbisogno energetico per usi elettrici	10
4.2.1	Basso fattore di potenza elettrico	10
5	<i>Elaborazione linee di priorità interventi</i>	10
5.1.1	Rifasamento	10
6	<i>Utilizzo di fonti rinnovabili</i>	11
6.1	Impianto a pannelli solari	11
6.2	Impianto fotovoltaico	11

1 Introduzione

La presente relazione viene elaborata per aggiornare gli ultimi dati energetici esistenti. Tali dati non risultano disponibili, ma ne è confermata l'esistenza dalla delibera n. 461 del 02/07/98 della Giunta Provinciale di Novara.

Dal sopralluogo effettuato risulta che, dall'ultima diagnosi energetica ad oggi, l'unico intervento effettuato che incide in maniera significativa sulle prestazioni energetiche del sistema edificio-impianti riguarda la realizzazione di un impianto solare termico entrato in funzione nella primavera del 2007. I dati tecnici di valenza energetica relativi a quest'impianto, più volte richiesti agli uffici competenti, non sono tutt'oggi pervenuti e pertanto non saranno presi in considerazione in questo documento.

Pertanto l'unico aggiornamento possibile, e che qui viene riportato, è finalizzato all'indicazione dei consumi energetici.

2 Descrizione dell'edificio

L'edificio preso in esame è sede del Liceo Scientifico "Galileo Galilei" e della succursale dell'Istituto Tecnico Industriale "Leonardo da Vinci", sito a Borgomanero in via Aldo Moro, 13.

Per le caratteristiche principali dell'edificio bisogna fare riferimento alla diagnosi di cui alla delibera n.461 del 02/07/98 della Giunta Provinciale di Novara.

Nel corso del 2007 è stato realizzato un impianto solare termico per il riscaldamento dell'acqua con l'energia solare.

La produzione di calore avviene con tre generatori di calore alimentati a metano per una potenza termica nominale totale pari a 1.444 kW ed è finalizzato sia alla climatizzazione invernale che al riscaldamento dell'acqua sanitaria (anche se quest'ultimo servizio non risulta dal libretto d'impianto).

Dal 2003 l'impianto termico è dato in gestione alla società TRE G SOGESCA srl che risulta esserne anche "terzo responsabile".

Il sistema di regolazione è basato sulla rivelazione della temperatura esterna e dell'acqua di mandata con possibilità di regolazione telegestita.

3 Consumi energetici

3.1 Per usi termici

I consumi di metano, così come comunicati dalla Provincia all'ing. Cantoni, sono stati pari a 100.140 mc nell'anno 1996, pari a 3.437.806 MJ (equivalenti a 954.946 kWh o a 82 TEP) e nell'anno 1997 pari a 101.940 mc, pari a 3.499.600 MJ (equivalenti a 997.111 kWh o a 84 TEP).

Gli unici dati relativi ai consumi di combustibile per usi termici delle ultime tre stagioni di riscaldamento che sono stati comunicati dalla società di gestione TRE G SOGESCA srl riguardano la stagione di riscaldamento 2005/2006. In tale stagione i consumi sono stati pari a 115.837 mc, pari a 3.976.684 MJ (equivalenti a 1.104.635 kWh o a 95 TEP), corrispondenti ad un aumento del 15,7% circa rispetto ai consumi di dieci anni prima.

Il tutto è riassunto nella tabella seguente:

Stagione termica	Totale consumi			
	Combustibile	Energia prodotta		
	[m ³]	[MJ]	[kWh]	[TEP]
1996	100.140	3.437.806	954.946	82
1997	101.940	3.499.600	972.111	84
2005/06	115.837	3.976.684	1.104.635	95
aumento in dieci anni		15.697 mc		15,7%

3.2 Per usi elettrici

Il complesso scolastico è alimentato sia dalla rete in Bassa Tensione (BT) che dalla rete in Media Tensione (MT).

3.2.1 Consumi BT

I dati forniti dall'ente distributore per i consumi in BT si riferiscono agli anni 2001, 2002, 2003 e 2004 e sono riportati di seguito.

consumi 2001	Energia				Potenza
periodo	attiva [kWh]	reattiva [kVArh]	apparente [kVAh]	cos φ	impegnata [kW]
gennaio	5.840	3.350	6.733	0,87	41,5
febbraio	7.260	3.710	8.153	0,89	51,5
marzo	8.880	4.300	9.866	0,9	54,5
aprile	7.760	3.830	8.654	0,9	49,5
maggio	6.060	2.860	6.701	0,9	42,5
giugno	6.710	2.850	7.290	0,92	42
luglio	3.290	1.260	3.523	0,93	35
agosto	2.780	1.170	3.016	0,92	12,5
settembre	2.320	780	2.448	0,95	16
ottobre	5.250	1.890	5.580	0,94	40,5
novembre	8.520	3.840	9.345	0,91	46,5
dicembre	7.020	3.670	7.921	0,89	48,5
Totale annuo	71.690	33.510	79.230		

consumi 2002	Energia				Potenza
periodo	attiva [kWh]	reattiva [kVArh]	apparente [kVAh]	cos ϕ	impegnata [kW]
gennaio	8.090	4.530	9.272	0,87	46
febbraio	9.520	5.270	10.881	0,88	47,5
marzo	8.040	3.940	8.954	0,9	49,5
aprile	7.570	3.350	8.278	0,91	48
maggio	7.040	2.780	7.569	0,93	49,5
giugno	6.440	2.730	6.995	0,92	47,5
luglio	4.030	1.630	4.347	0,93	40,5
agosto	2.900	1.210	3.142	0,92	15,5
settembre	2.610	770	2.721	0,96	25,5
ottobre	6.120	1.990	6.435	0,95	47
novembre	9.280	3.310	9.853	0,94	53,5
dicembre	9.140	3.690	9.857	0,93	62,5
Totale annuo	80.780	35.200	88.304		

consumi 2003	Energia				Potenza
periodo	attiva [kWh]	reattiva [kVARh]	apparente [kVAh]	cos ϕ	impegnata [kW]
gennaio	9.110	3.670	9.821	0,93	58
febbraio	9.920	4.260	10.796	0,92	57,5
marzo	8.830	4.070	9.723	0,91	58,5
aprile	8.800	3.900	9.625	0,91	49,5
maggio	6.880	2.900	7.466	0,92	56,5
giugno	6.550	2.930	7.175	0,91	44,5
luglio	3.620	1.910	4.093	0,88	45,5
agosto	2.910	1.650	3.345	0,87	13,5
settembre	2.400	1.340	2.749	0,87	21
ottobre	6.110	2.860	6.746	0,91	50,5
novembre	10.400	4.790	11.450	0,91	57,5
dicembre	8.720	4.220	9.687	0,9	62
Totale annuo	84.250	38.500	92.678		

consumi 2004	Energia				Potenza
periodo	attiva [kWh]	reattiva [kVArh]	apparente [kVAh]	cos φ	impegnata [kW]
gennaio	-	-	-	0	0
febbraio	17.630	9.820	20.180	0,87	63,5
marzo	-	-	-	0	0
aprile	18.130	9.010	20.245	0,9	63
maggio	-	-	-	0	0
giugno	-	-	-	0	0
luglio	18.860	8.800	20.812	0,91	63,5
agosto	-	-	-	0	0
settembre	5.260	3.280	6.199	0,85	22
ottobre	6.640	3.210	7.375	0,9	50
novembre	9.180	4.640	10.286	0,89	60,5
dicembre	9.210	4.810	10.390	0,89	57
Totale annuo	84.910	43.570	95.488		

L'andamento temporale mostra un aumento dei consumi fino al 2003 e una stabilizzazione negli ultimi due anni analizzati.

Consumi	Energia		
anno	attiva [kWh]	reattiva [kVArh]	apparente [kVAh]
2001	71.690	33.510	79.230
2002	80.780	35.200	88.304
2003	84.250	38.500	92.678
2004	84.910	43.570	95.488
media nei 4 anni	80.408	37.695	88.925

3.2.2 Consumi MT

I dati relativi ai consumi sulla rete MT coprono due annualità e vengono di seguito riportati:

consumi 2004/05	Energia				Potenza
periodo	attiva [kWh]	reattiva [kVAh]	apparente [kVAh]	cos φ	impegnata [kW]
gennaio '05	8.220	4.630	9.434	0,871	58
febbraio '05	8.670	4.260	9.660	0,898	78
marzo '05	9.070	4.640	10.188	0,890	61
aprile '04	18.130	9.010	20.245	0,896	63
maggio '04			-		
giugno '04			-		
luglio '04	18.860	8.800	20.812	0,906	63
agosto '04			-		
settembre '04	5.260	3.280	6.199	0,849	22
ottobre '04	6.640	3.210	7.375	0,900	50
novembre '04	9.180	4.640	10.286	0,892	60
dicembre '04	9.210	4.810	10.390	0,886	57
Totale annuo	93.240	47.280	104.590		

consumi 2006	Energia				Potenza
periodo	attiva [kWh]	reattiva [kVAh]	apparente [kVAh]	cos φ	impegnata [kW]
gennaio	18.106	5.371	18.886	0,959	nd
febbraio	17.400	4.920	18.082	0,962	nd
marzo	17.642	4.751	18.271	0,966	nd
aprile	12.957	3.595	13.446	0,963	nd
maggio	13.015	2.551	13.263	0,981	nd
giugno	8.184	2.562	8.576	0,954	nd
luglio	4.525	3.083	5.475	0,826	nd
agosto	5.399	2.991	6.172	0,878	nd
settembre	-	-	-		nd
ottobre	16.647	5.431	17.511	0,951	nd
novembre	17.638	6.275	18.721	0,942	nd
dicembre	14.264	6.752	15.781	0,904	nd
Totale annuo	145.777	48.282	154.184		

Il primo dato rilevante è un aumento dei consumi pari al 56%.

Il secondo dato significativo è il basso fattore di potenza ($\cos \varphi$) ricorrente nel 2004/2005 ma presente solo a luglio e agosto del 2006.

4 Risultati

4.1 Fabbisogno energetico per usi termici

L'aumento del 15% dei consumi termici, a fronte di un fabbisogno energetico teoricamente invariato, potrebbe essere giustificato da una stagione climatica più fredda.

4.2 Fabbisogno energetico per usi elettrici

L'andamento mensile dei consumi elettrici relativi all'istituto scolastico, evidenzia dei massimi in corrispondenza dei periodi centrali delle attività scolastiche ed è sostanzialmente corretto per tutto il periodo di rilevazione.

4.2.1 Basso fattore di potenza elettrico

L'impossibilità di correlare il basso fattore di potenza della rete MT, mostrato durante il 2004/2005, con quello del 2006, non permette di arrivare a delle conclusioni definitive. Si può ipotizzare che solo nel 2006 sia stato installato un impianto di rifasamento e che la regolazione del "pendolamento" dei gradini non sia stata affinata; oppure che sia stato installato un quadro di rifasamento con pochi gradini; oppure che sia necessario un rifasamento fisso per i trasformatori MT/BT.

Per ciò che concerne il basso fattore di potenza evidenziato sulla rete BT, esso indica la necessità di un rifasamento automatico.

5 Elaborazione linee di priorità interventi

5.1.1 Rifasamento

Sulla rete MT i livelli di $\cos \varphi$ riscontrati nel 2006 sono bassi, ma non allarmanti. Nel caso in cui tali livelli si dovessero ripetere anche nel 2007 allora è opportuno far eseguire una campagna di misure con l'analizzatore d'energia per accertarsi di eventuali anomalie agli impianti ed evitare problemi di sicurezza. Questo perché la notevole potenza impegnata sulla rete a valle dei trasformatori MT/BT amplifica le sollecitazioni reattive da basso $\cos \varphi$.

Discorso diverso per la rete BT: qui è consigliabile installare un quadro di rifasamento automatico.

6 Utilizzo di fonti rinnovabili

L'integrazione nell'edificio di impianti di produzione di energia da fonte rinnovabile è particolarmente efficace per contribuire ad abbassare il fabbisogno di energia primaria per acqua calda sanitaria ed il fabbisogno di energia primaria per usi elettrici.

6.1 Impianto a pannelli solari

E' stato realizzato durante i primi mesi del 2007. Sicuramente utile la produzione di acqua calda sanitaria per soddisfare le richieste delle docce della palestra.

6.2 Impianto fotovoltaico

Un impianto fotovoltaico converte l'energia solare in energia elettrica.

Utilizzando circa 200 m² di tetto, si può installare un impianto fotovoltaico da 10 kWp in grado di produrre 12.000 kWh/a di energia elettrica con un risparmio di energia primaria di circa 32.400 kWh/a ed evitare l'immissione in atmosfera di 6.800 kg di anidride carbonica (CO₂)

Il tempo di ritorno dell'investimento si aggira intorno ai 20 anni senza incentivi e scende intorno ai 9 anni utilizzando gli incentivi del Conto Energia.