



Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione
dell'Ambiente

Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

Ing. Nicola Cagnazzi
U.O.S. Gestione Tecnica e Manutentiva
n.cagnazzi@arpa.puglia.it

■ Ing. Nicola Cagnazzi

Laureato in Ingegneria Civile-Edile al Politecnico di Bari

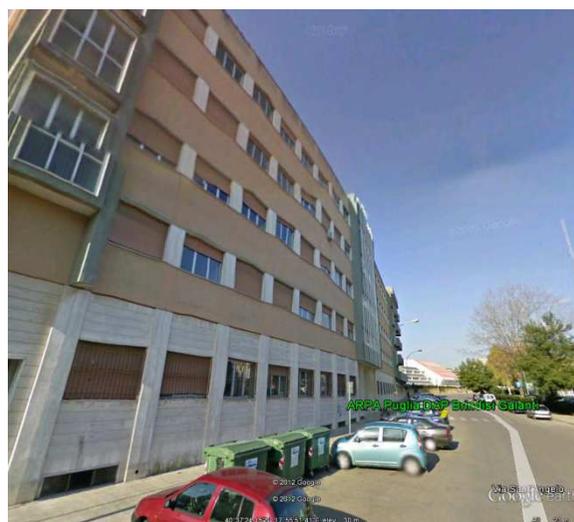
dal 1991 al giugno 2012 – Funzionario della struttura tecnica del Politecnico di Bari e tra il 2002 e il 2012 Responsabile di tutti gli impianti tecnologici e dei contratti di utility ed Energy Manager.

da luglio 2012 – Funzionario dell'U.O.S. Gestione Tecnica e Manutentiva dell'ARPA Puglia – Agenzia regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente.

ARPA Puglia – Organo Tecnico della Regione Puglia per le problematiche di tipo ambientale. Presente su tutto il territorio regionale attraverso le strutture periferiche DAP (*Dipartimento Ambientale Provinciale*)

Sono all'attenzione della Direzione Generale

- *Diagnosi energetica*
- *Programmi di interventi di riqualificazione energetica DAP FG-BR-TA*
- *Solar cooling e/o Microtrigenerazione*





L'esperienza di Energy Management nel Politecnico di Bari

■ Politecnico di Bari

Seconda Istituzione Universitaria di Bari dal 1990;
Terzo Politecnico Italiano, dopo quelli di Milano e Torino;
Formazione di ingegneri ed architetti con più Scuole e Corsi di Laurea
11500 studenti iscritti
340 Docenti
310 unità personale Dirigente e Tecnico-Amministrativo

Strutture Didattiche e di Ricerca

Comprensorio Campus “E. Quagliariello” – Bari (*I Fac. di Ingegneria – Fac. Architettura*)
Comprensorio Viale Japigia – Bari (*I Fac. di Ingegneria*)
Comprensorio “ex Officine Scianatico” – Bari (*I Fac. di Ingegneria – Fac. Architettura*)
Edificio Isolato 47 – Bari Città Vecchia
Laboratorio Ricerca e Sperimentazione per la Difesa sulle Coste – Valenzano (BA)
Comprensorio Paolo VI – Taranto (*II Fac. di Ingegneria*)
Sede Foggia (*I Fac. di Ingegneria*)

Strutture Amministrative

Edificio Sede Amministrazione Centrale - Bari (*Rettorato e Direzione Amministrativa*)

L'esperienza di Energy Management nel Politecnico di Bari

Utenze di Energia Elettrica Dati identificativi

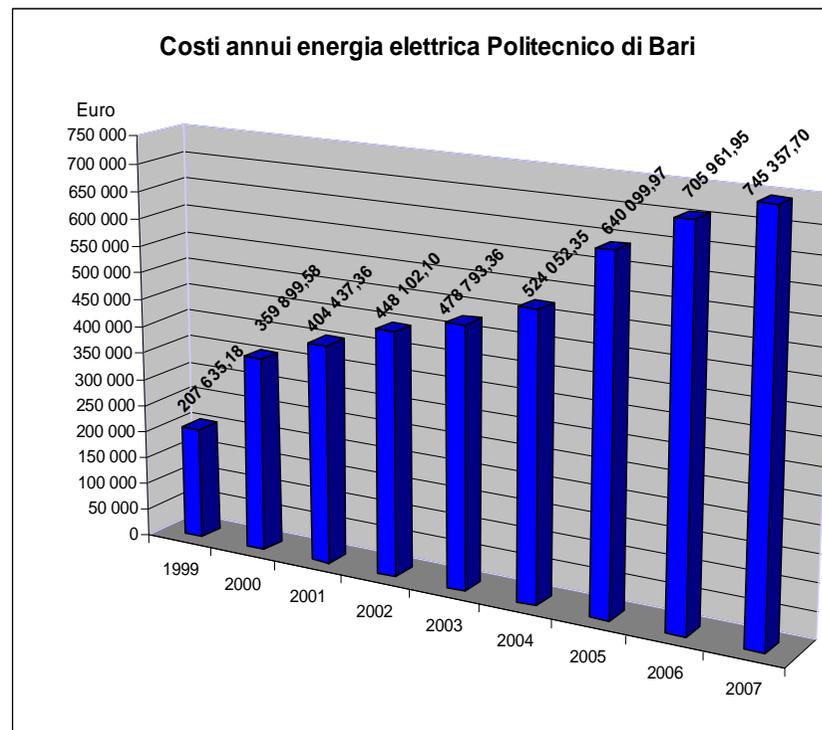
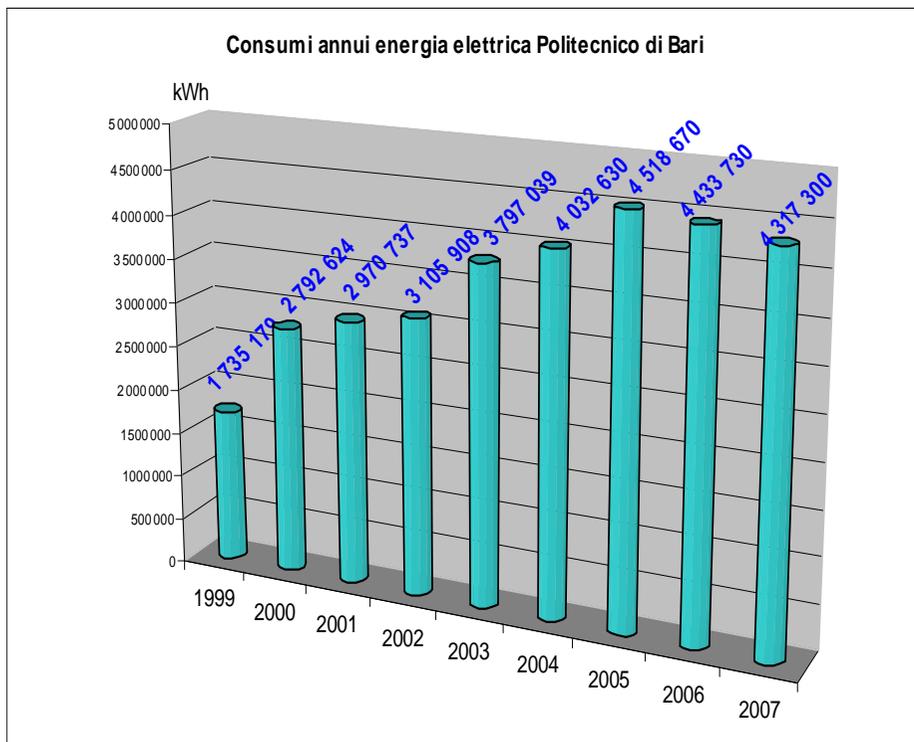
	Strutture servite	Sede	N. presa	Potenza disponibile kW	Tariffa	Tensione Fornitura
1	Amm.ne Centrale	Via Amendola 126/b Bari	72038003027101	250,0	M1	MT
2	Campus Universitario	Via Orabona - Bari	72038000100401	1200,0	M1	MT
3	Comprensorio "ex Scianatico"	Via Amendola, 132 - Bari	7203800318712	300,0	B2	BT
4	Comprensorio Japigia	Viale Japigia, 182 Bari	72015105027083	175,0	M1	MT
5	Isolato 47	Strada Lamberti, 16 - Bari	7200722802214	37,5	B2	BT
6	Il Facoltà di Ingegneria	Viale del Turismo - Taranto	7311435300100	180,0	B2	BT
7	LIC	Comprensorio Universitario - Valenzano	72215035020011	313,0	M1	MT

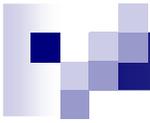
MT = Media Tensione BT = Bassa tensione M1=Tariffa Multioraria B2=Tariffa Bioraria

Utenze di Gas Metano Dati identificativi

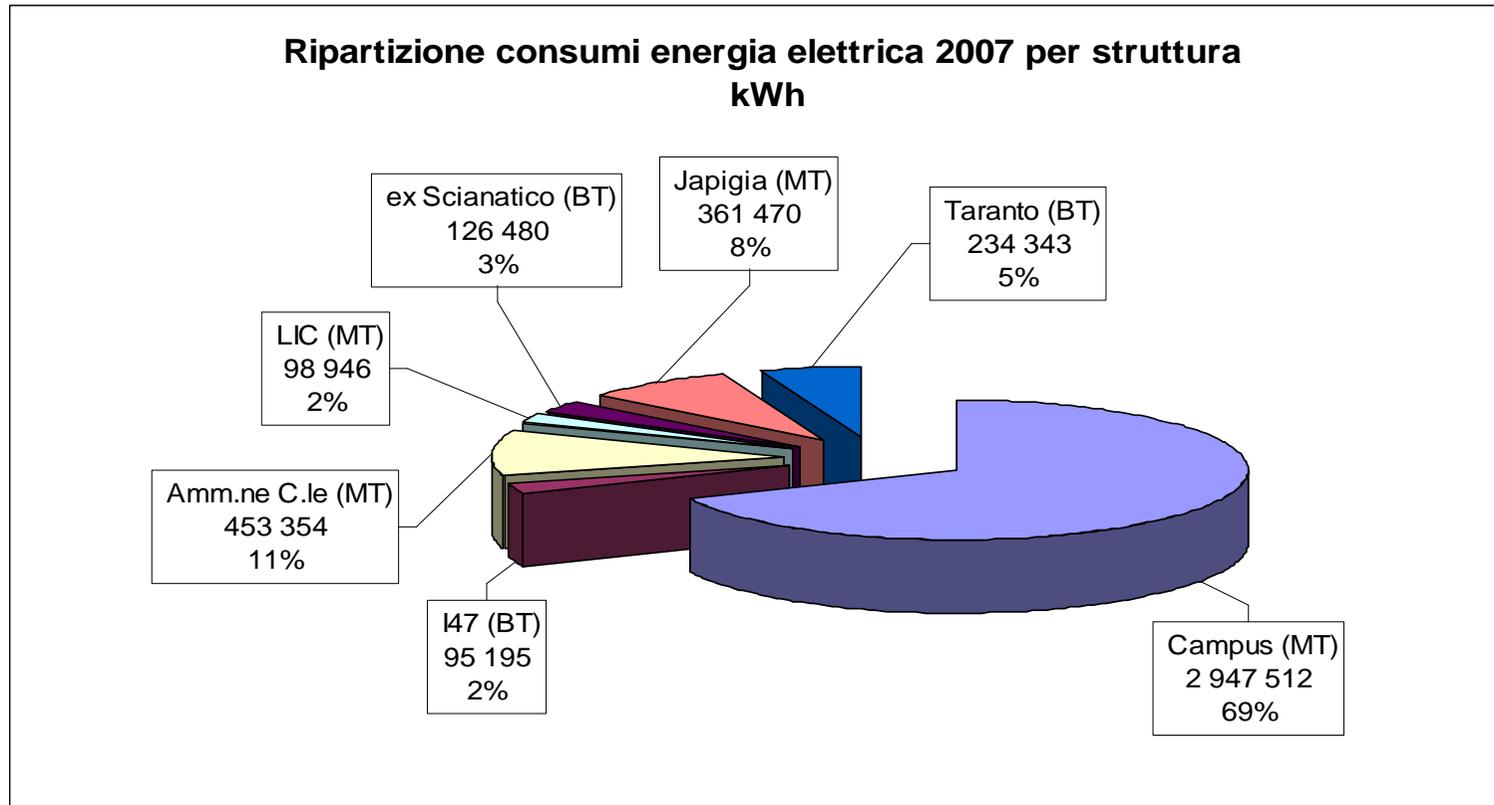
	Strutture servite	Sede	Fornitore	N. contatore	Potenza Termica utilizzata kW
1	Amministrazione Centrale	Via Amendola 126/b Bari	AMGAS srl Bari	23456949	387,0
2	Campus Universitario - Centrale termica Fac. Ingegneria	Via Orabona, Bari	AMGAS srl Bari	13823	4190,0
3	Campus Universitario - Centrale termica Grandi Aule Nuove	Via Orabona, Bari	AMGAS srl Bari	80033151	1046,0
4	Campus Universitario - Centrale Termica Aule Biennio	Via Orabona, Bari	AMGAS srl Bari	15083837	334,0
5	Campus Universitario - Utenze Varie (piccoli generatori di calore e utenze laboratori)	Via Orabona, Bari	AMGAS srl Bari	7938195	100,0
6	Comprensorio "ex Scianatico"	Via Amendola, 132 - Bari	AMGAS srl Bari	7947217	328,50
7	Comprensorio Japigia	Viale Japigia, 182 Bari	AMGAS srl Bari	15079606	450,0
8	Il Facoltà di Ingegneria	Viale del Turismo - Taranto	ENEL Gas	17059021988	875,0

L'esperienza di Energy Management nel Politecnico di Bari

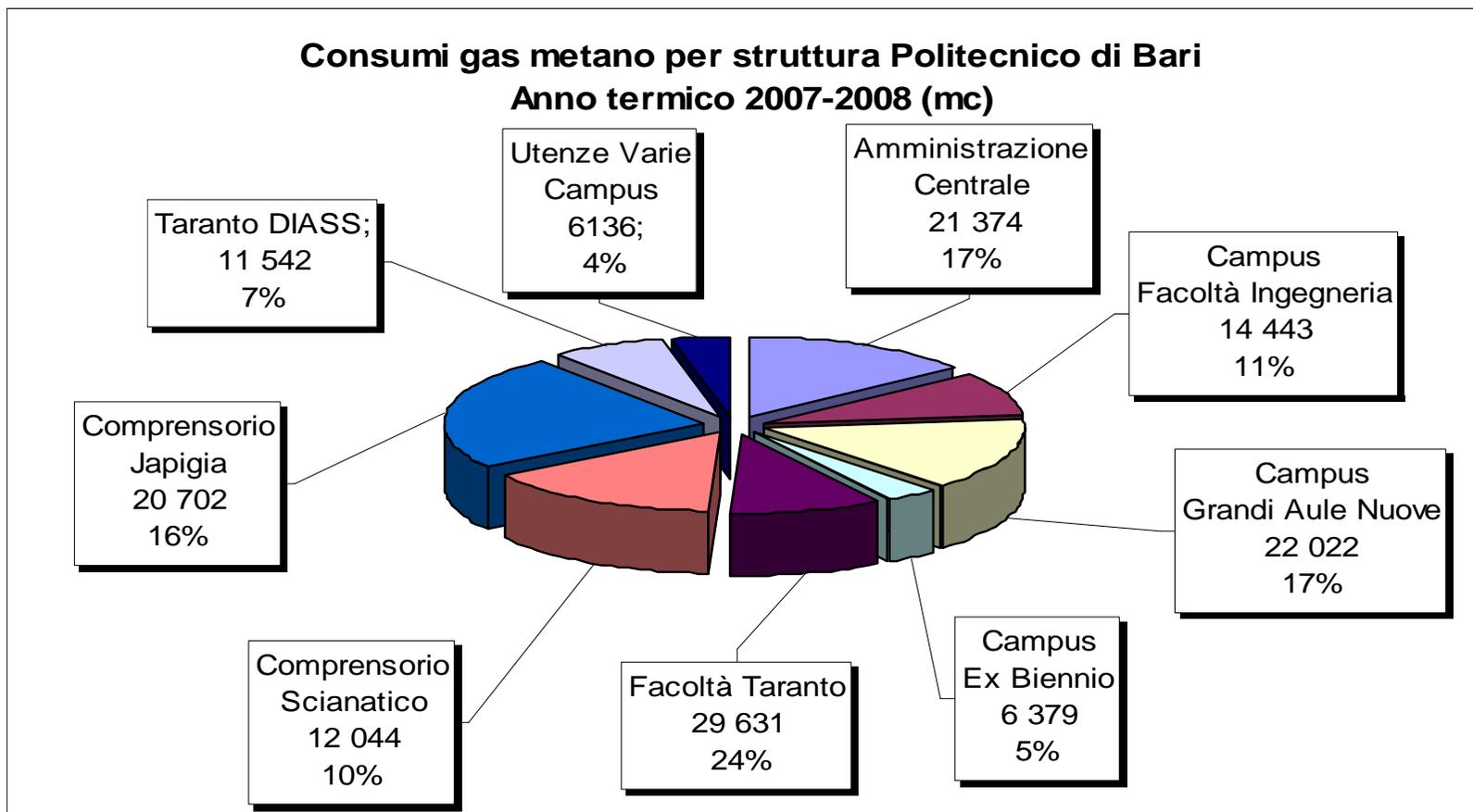


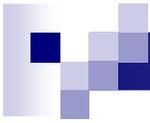


L'esperienza di Energy Management nel Politecnico di Bari

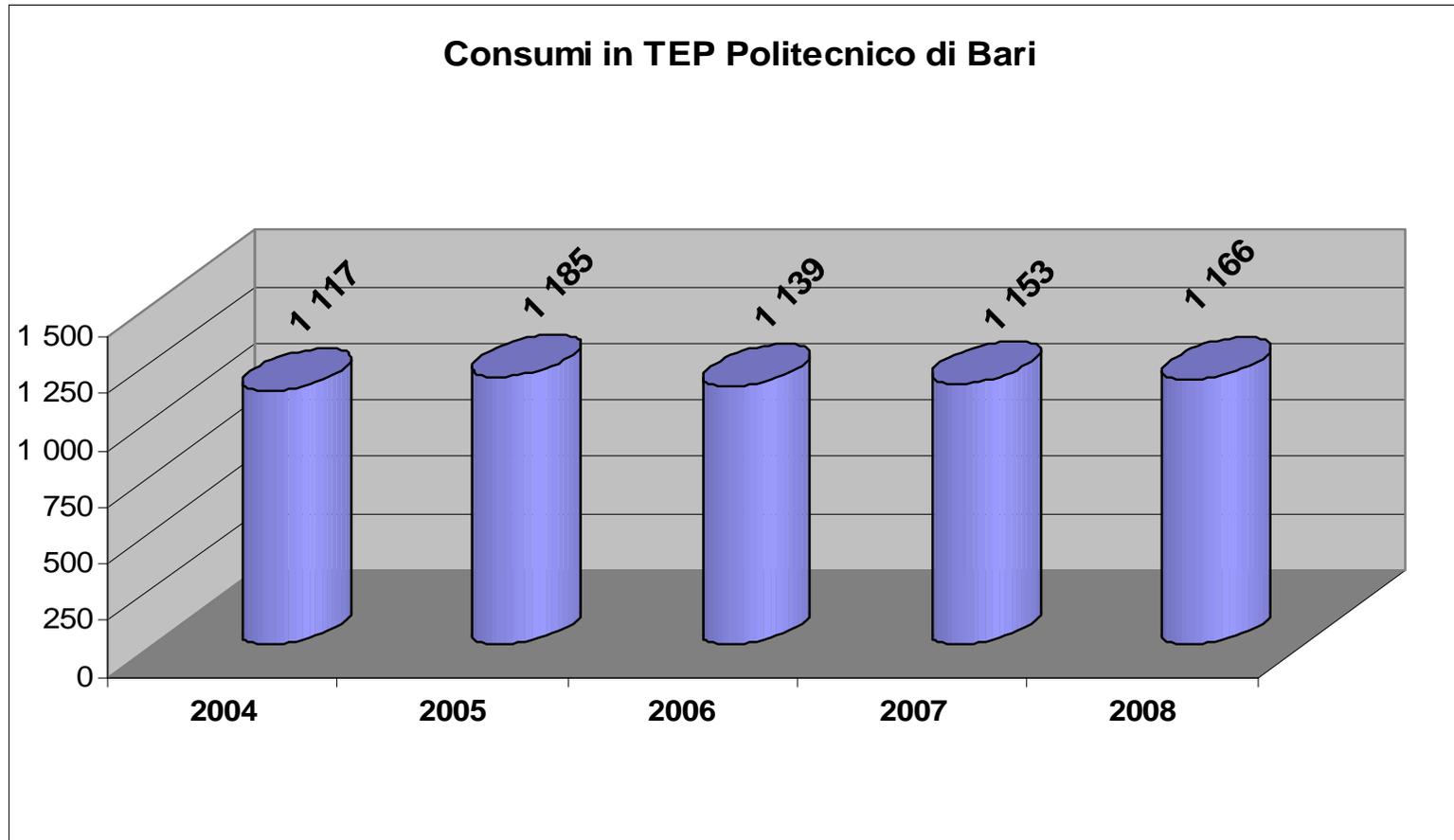


L'esperienza di Energy Management nel Politecnico di Bari





L'esperienza di Energy Management nel Politecnico di Bari





L'esperienza di Energy Management nel Politecnico di Bari

■ Interventi di Energy Management

Organizzazione gestione utenze (*e.e. – gas – acqua competenza da ragioneria ad ufficio tecnico*)

Sostituzione lampade pubblica illuminazione Campus (*da ioduri metallici 250W a vapori sodio 150W*) ;

Installazione Telegestione di tutti gli impianti di riscaldamento (*metano Bari-Taranto*)

Installazione Telegestione di tutti gli impianti termo-frigoriferi a pompe di calore (*energia elettrica Bari-Taranto*)

Installazione di generatori di calore a condensazione (*metano, 330 kW, doppio bruciatore modulanti 0-100%*);

Installazione di sistemi di Building Automation (*Amministrazione Centrale*)

Riqualificazione energetica di alcune piccoli edifici (*coibentazione tetto, sostituzione infissi, schermature solari*)

L'esperienza di Energy Management nel Politecnico di Bari



Riqualificazione energetica
palazzina 400 mq



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

**Accordo di Programma Quadro “Università e Ricerca Scientifica”
(*Delibera CIPE 20/04*)**

Ministero Economia e Finanze

Ministero dell'Università

Regione Puglia

Università Pugliesi (UniBA, PoliBA, UniFg, UniLe, LUM)

Nella Misura “*Opere di completamento, ristrutturazione, ed adeguamento funzionale di plessi dedicati alle attività didattiche e/o di ricerca*” sono stati destinati al PoliBa € 10.000.000,00.



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

Riqualificazione energetica edifici PoliBA nel Campus

Il PoliBa decide di utilizzare il finanziamento assegnato integrandolo con fondi propri, per realizzare 3 interventi finalizzati alla riqualificazione energetica del patrimonio edilizio e della rete impiantistica presenti nel Campus Universitario "E. Quagliariello" in Bari, con implementazione di un impianto di trigenerazione (*produzione di energia elettrica, produzione energia termica , produzione di acqua refrigerata*)

Nel 2005-2008 vengono progettati ed appaltati 3 interventi

(Progettazione Preliminare Settore Sviluppo Edilizio del PoliBA

Progettazione Esecutiva e Direzione Lavori Sviluppo Italia Engineering S.p.a. ROMA)

- RISING - Interventi di risanamento energetico e riqualificazione ambientale e realizzazione dell'impianto di condizionamento degli edifici della Facoltà di Ingegneria – Campus "E. Quagliariello" (Importo di progetto € 10.000.000,00)
- INFRA - Riqualificazione delle infrastrutture a rete – Campus "E. Quagliariello" (Importo di progetto € 1.900.000,00)
- COGEN - Realizzazione di un sistema di cogenerazione – Campus "E. Quagliariello" (Importo di progetto € 973.562,00)

Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

I tre appalti sono intimamente connessi ed in ognuno dei tre vi sono elementi ed opere ed impianti coordinati

Campus Universitario “E. Quagliariello” Bari
Il Politecnico di Bari occupa, con le proprie strutture una parte una parte del Campus

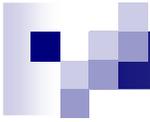


Superficie complessiva edifici soggetti a riqualificazione 14.500 mq

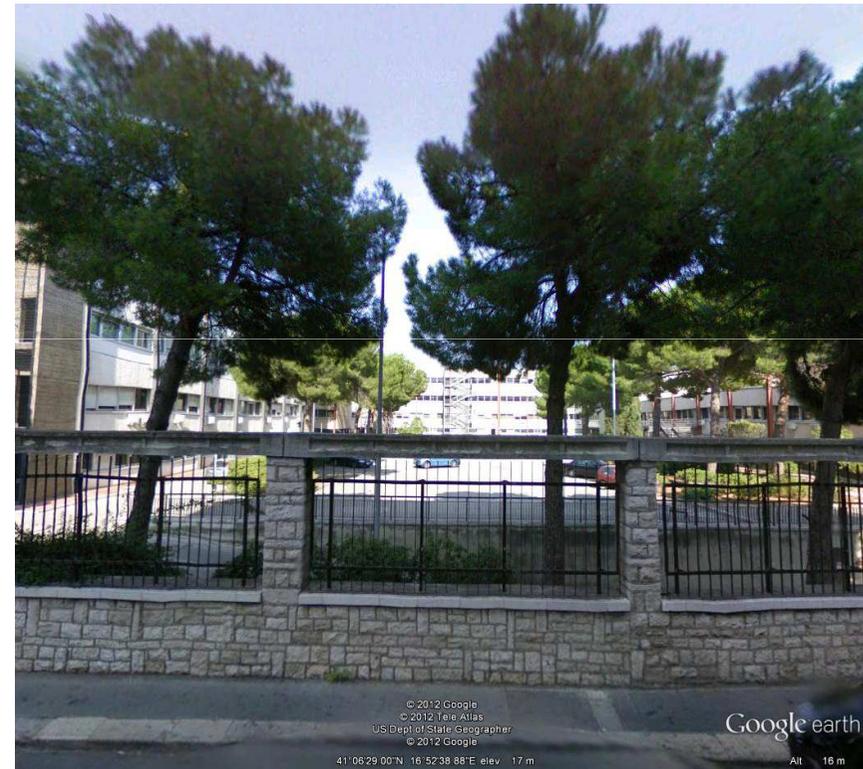
Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

- Edificio sede ex Facoltà di Ingegneria
- Progetto Prof. Carbonara
- Completato nel 1972
- Impostazione architettonica che fa riferimento ai principi di Le Corbusier
 - Piano libero (senza pilastri)
 - Piano pilotis
 - Struttura in acciaio a vista, solai in laterocemento su travi composte acciaio-calcestruzzo, completamente permeabile agli impianti
 - Finestre a nastro di tipo scorrevole, in alluminio con vetro semplice 4 mm
 - Maglia strutturale 12x6 metri
 - Rete di teleriscaldamento ad acqua surriscaldata a 115°C con n.7 sottocentrali da ciascuna partono 3 circuiti a temperatura differenziata per ventilconvettori, radiatori ed aerotermi a servizio delle diverse zone dell'edificio
 - Predisposizione per climatizzazione estiva (*non realizzata – installazione delle canalizzazioni aerauliche non connesse ad unità di trattamento aria - UTA*);
 - Superficie studi, uffici, laboratori leggeri circa 14.500 mq (*escluse Grandi Aule a gradonate, Sala Prove Alta Tensione e Sala laboratori pesanti*)

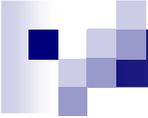




Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione



Edifici su Via Re David - Bari



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

OBIETTIVI PRINCIPALI APPALTI

RISING

Bonifica di tutti i MECA (Materiali Edili Contendenti Amianto) presenti negli edifici

- Pannelli di rifinitura sottodavanzali in cemento-amianto
- Strato protettivo coibentazioni impianto di riscaldamento impasto gesso-amianto
 - Tubazioni tipo "Eternit" di scarico e raccolta acque meteoriche
 - Sostituzione di tutti gli infissi esterni
- Risanamento delle pareti esterne e intradosso pilotis
 - Sostituzione controsoffitti
 - Sostituzione di tutti gli apparecchi illuminanti
 - Termoregolazione ambiente
- Realizzazione impianto di climatizzazione estiva con ventilconvettori ed aria primaria
- *(lavori in fase di ultimazione, termine previsto per il 30/11/2012 – prolungamento di 100 giorni rispetto al termine contrattuale)*

INFRA

Rifacimento delle rete e.e. di MT all'interno del Campus a servizio degli edifici del Poliba

Rifacimento cabina di consegna e.e. in MT

Rifacimento di n.2 cabine MT/bt con installazione di trasformatori in resina

(lavori completati in fase di collaudo tecnico-funzionale–amministrativo)

COGEN

- Installazione di un gruppo di cogenerazione da 950 kwe alimentato da gas metano
- Realizzazione di un impianto di alimentazione di emergenza per il Comprensorio
 - *(lavori completati in fase di collaudo tecnico-funzionale –amministrativo)*



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

■ **Caratteristiche gestionali appalti**

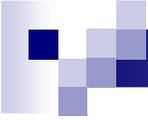
- - Unitarietà gestione degli appalti da parte della Stazione Appaltante – unico gruppo di funzionari che ha seguito tutte le fasi della realizzazione progettazione- affidamento- esecuzione per tutti gli interventi (*ing. Vincenzo Brunetti, ing. Nicola Cagnazzi*)
- - Unitarietà della progettazione – unico gruppo di progettisti in collegamento costante con la Stazione appaltante che ha consentito di prevedere il coordinamento di tutte le fasi costruttive e ed esecutive fin dalla fase di ideazione
- - Unitarietà della Direzione dei Lavori – unico Direttore dei Lavori per i 3 appalti che ha consentito di risolvere in cantiere le problematiche di interferenza tra le varie attività ed il coordinamento tra le imprese.
- - Appalti affidati a 3 imprese distinte che hanno operato in coordinamento
- - Appalti eseguiti in ambienti occupati senza interruzione delle attività didattiche, di ricerca ed amministrative (*l'appalto RISING è durato 4 anni e 3 mesi – con 25 lotti di lavori e 40 cantieri di bonifica MECA*)
- - Disponibilità utenti condivisione obiettivi (*trasloco di cose e persone per liberare completamente gli ambienti e realizzazione di soluzioni operative provvisorie per accogliere professori, personale tecnico-amministrativo e studenti*)



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

PRINCIPALI INTERVENTI ESEGUITI

- bonifica dei pannelli sottofinestra contenenti amianto (*1550 mq*);
- bonifica delle coibentazioni contenenti amianto delle tubazioni delle reti dell'impianto di riscaldamento e rifacimento con isolante a cellule chiuse;
- bonifica dei collettori suborizzontali di raccolta delle acque pluviali in cemento-amianto e il loro rifacimento con tubazioni in materiale plastico;
- la realizzazione di un manufatto da destinarsi a Centrale Tecnologica ed interventi di adeguamento della Centrale Termica esistente;
- modifiche impiantistiche nella Centrale Termica esistente volte all'incremento dell'efficienza energetica del sistema;
- le predisposizioni e allacci per il Sistema di Cogenerazione di prevista realizzazione nell'ambito di altro appalto;
- la realizzazione di una nuova Centrale Frigorifera a servizio del Campus (*n.2 gruppi frigo centrifughi acqua-acqua da 1170 kwf + n.1 assorbitore a brumoro di litio a doppio stadio da 670 kwf*);
- l'installazione di un gruppo di 3 torri evaporative a servizio della nuova Centrale Frigorifera;
- la realizzazione di una rete di teleraffreddamento per acqua refrigerata alle sottocentrali di scambio termico del Campus (*L=350m*);
- modifiche di n.6 sottocentrali di scambio per accogliere la nuova rete di distribuzione dell'acqua refrigerata;
- modifiche alle reti di distribuzione dei fluidi termovettori, integrazioni e modifiche alle reti di raccolta condensa degli edifici;
- la sostituzione degli apparecchi terminali (*radiatori e ventilconvettori 90 + 490 pezzi*);



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

PRINCIPALI INTERVENTI PREVISTI

- demolizione delle reti aerauliche esistenti e posa di nuove reti di distribuzione dell'aria primaria e delle relative unità di trattamento aria e di estrazione con recuperatori di calore (n.10 UTA);
- la realizzazione dei sistemi di regolazione e telegestione degli impianti;
- nuove realizzazioni, modifiche e integrazioni per l'impiantistica elettrica a supporto degli impianti meccanici;
- la sostituzione degli infissi esterni con altri ad alta efficienza energetica (taglio termico con vetro camera basso emissivo con interposto gas inerte 3400 mq)
- posa in opera di pannelli sottofinestra coibentati (30+40 mm di fibra di vetro + pannello sandwich 2 lamiera preverniciata+30 mm polistirene, 1550 mq)
- sostituzione dei controsoffitti interni ed esterni in tutti i locali dei fabbricati interessati (interni in fibra minerale 14.500 mq – esterni in doghe di acciaio preverniciate 2500 mq)
- Isolamento a cappotto intradosso piano pilotis 70 mm di polistirene (2500 mq)
- la protezione REI degli elementi strutturali interni (travi reticolari, travi di bordo, elementi di ancoraggio dei pannelli esterni, travi di bordo, compartimentazioni orizzontali, etc.)
- opere varie di finitura, di completamento e di sistemazioni esterne, opere di finitura interna con tinteggiatura di tutte le pareti
- rifacimento con tubazioni in materiale plastico dei collettori suborizzontali di raccolta delle acque pluviali;
- la realizzazione di una cabina di trasformazione MT/BT e delle altre componenti elettriche necessarie per l'integrazione del sistema di cogenerazione, la cui realizzazione è prevista in altro appalto, nei sistemi impiantistici del Campus;
- la sostituzione dei corpi illuminanti con altri ad alta efficienza energetica (1970 pz).
- eliminazione di 320 condizionatori autonomi tipo split

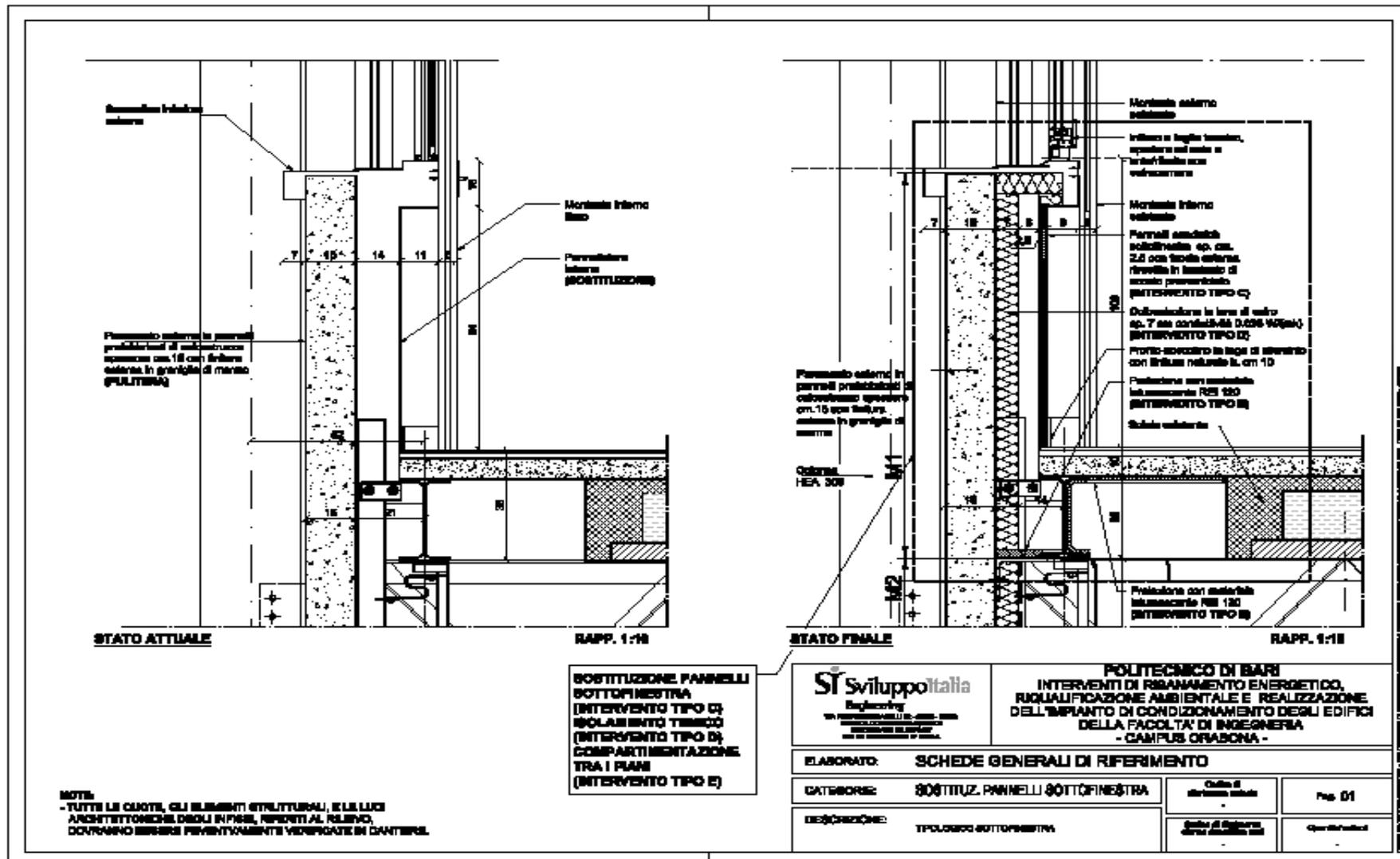
Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione



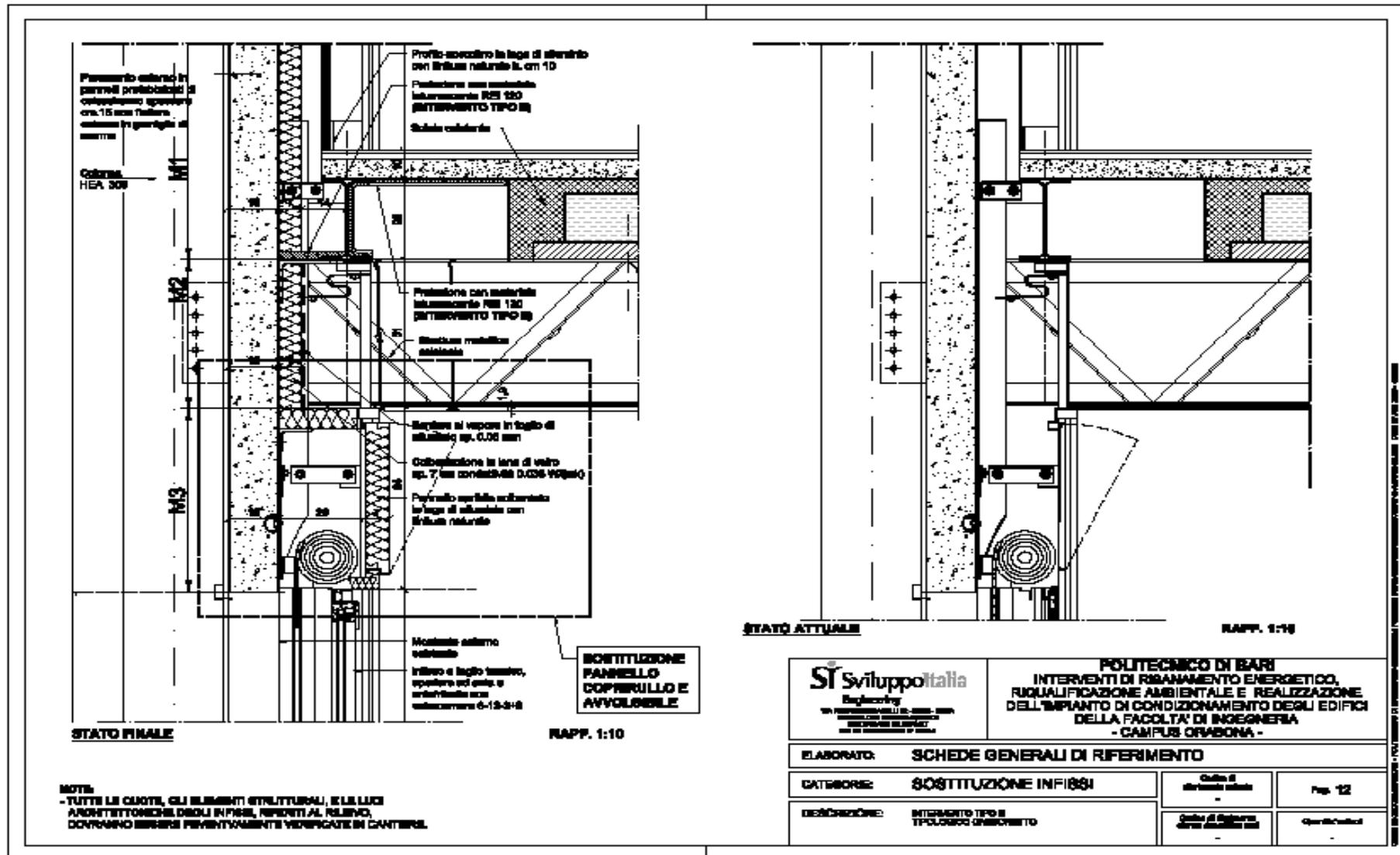
Infissi prima
degli interventi
di
risanamento



Riqualficazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione



Interventi di risanamento
energetico pannelli sottodavanzali

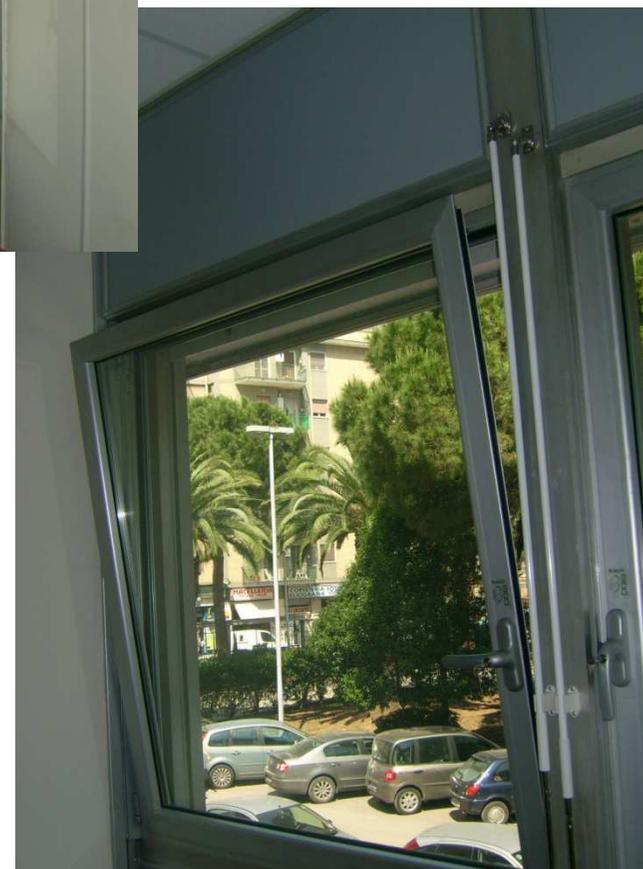
Pareti $K=2,58 \text{ W/mq}^\circ\text{K}$ (prima)

Pareti $K=0,378 \text{ W/mq}^\circ\text{K}$ (dopo)

70 mm fibra di vetro + 30 mm di polistirene



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

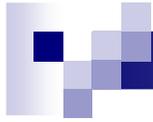


Valori trasmittanza prima degli interventi

Infissi $K=4,80 \text{ W/mq}^\circ\text{K}$

Previsioni di progetto

Infissi $K=2,60 \text{ W/mq}^\circ\text{K}$



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione



Nuovi controsoffitti in fibra minerale con apparecchi illuminanti a luce diretta/indiretta comandati da rilevatori di presenza



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

■ **Interventi caratterizzanti i progetti**

- Sostituzione di tutti gli infissi esterni circa 3.400 mq;
- Riqualificazione energetica pareti esterne circa 1.550 mq;
- Riqualificazione intradosso piano pilotis con cappotto 70 mm polistirene 2500 mq;
- Sostituzione di tutti i corpi illuminanti interni con nuovi apparecchi con lampade fluorescenti 3x24w ed alimentatore elettronico 1970 pezzi
- Realizzazione di una centrale termo frigorifera centralizzata
- Installazione di n.1 Gruppo Frigo ad assorbimento a brumuro di litio alimentato ad acqua 80-85°C, da 670 kWf
- Installazione di n.2 Gruppi Frigo alimentati a e.e. da 1170 kWf con compressore doppia vite centrifughi e condensazione ad acqua di torre con COP 5,7
- Installazione di n.10 UTA con recuperatori di calore
- Realizzazione di una rete di distribuzione di acqua refrigerata per servire tutti gli edifici
- Gruppi di circolazione sotto inverter
- Termoregolazione di tutti gli ambienti
- Realizzazione della centrale di trasformazione Bt/MT a valle del cogeneratore
- Bonifica M.E.C.A.
- Tinteggiatura pareti

Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

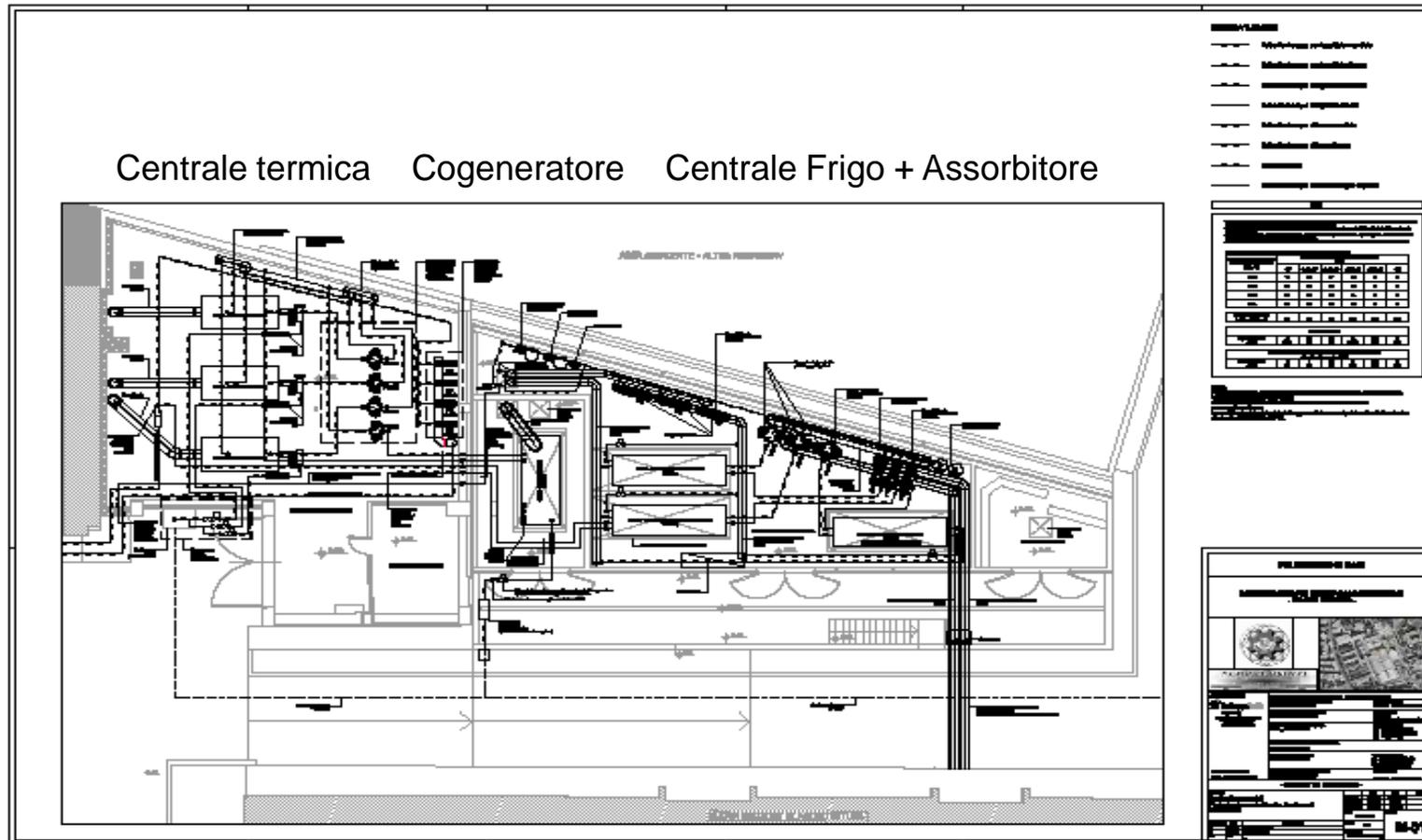


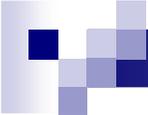
Nuova rete
distribuzione
acqua refrigerata

Installazioni torri
evaporative

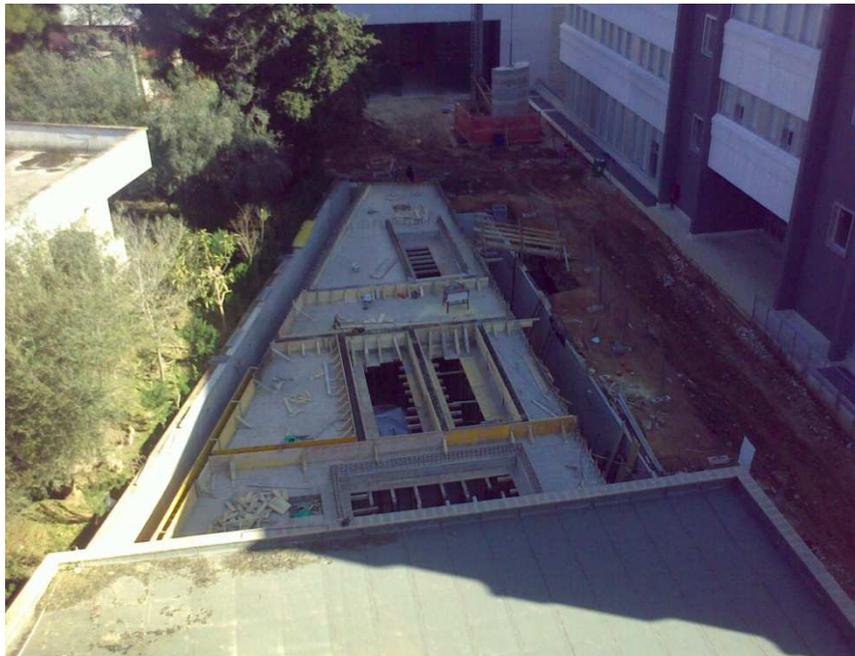


Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione Nuova centrale tecnologica





**Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione
Costruzione Nuova centrale tecnologica**



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione



Assorbitore
all'interno centrale
frigorifera

Ammodernamento
centrale termica



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione



Torri evaporative



Pipeline torri evaporative



U.T.A. con recuperatore di calore



Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

■ **Caratteristiche sistema cogenerazione**

- Potenza elettrica 950 kWe
- Funzionamento in isola/parallelo
- Alimentazione gas metano di rete
- Recupero calore scambiatore fumi
- Recupero calore scambiatore olio motore
- Recupero calore scambiatore acqua motore
- produzione acqua calda 85-90°C
- Consumo combustibile 2.125 kW (220 mc/h)
- Rendimento elettrico 37,88%
- Rendimento complessivo 90,58%

Riqualificazione energetica di edifici esistenti con applicazione della trigenerazione

Tabelle calcolo IRE ed LT

Descrizione	Sigla	U.M.	Valore reale	Valori da norma	Note
Potere calorifico inferiore di un combustibile	p.c.i.	kWh/mc	9,5917		Metano
Rendimento termico netto medio annuo per energia ad usi civili	η_{ts_civ}	numero puro	0,8	0,8	Rendimento dei generatori di calore, esclusa rete di distribuzione e altri elementi a valle
Rendimento termico netto medio annuo per energia ad usi industriali	η_{ts_ind}	numero puro	0,9	0,9	Rendimento dei generatori di calore, esclusa rete di distribuzione e altri elementi a valle
Coefficiente di perdita per energia immessa in rete	p_immessa	numero puro	0,972		Distribuzione in media tensione: 1-(2,8/100)
Coefficiente di perdita per energia autoconsumata	p_autocons	numero puro	0,957		Distribuzione in media tensione: 1-(4,3/100)
Percentuale energia termica prodotta destinata ad usi industriali	%_industriale	numero puro	0%		Solo usi civili per l'energia termica prodotta
Coefficiente per minori perdite di trasporto e di trasformazione per autoconsumo	p	numero puro	0,958		
Rendimento elettrico netto medio annuo	η_{es}	numero puro	0,38	0,40	Impianto di taglia inferiore a 1MWe alimentato a gas naturale
Consumo annuo combustibile	C_comb	mc	396272		
Energia primaria dei combustibili utilizzati da una sezione di produzione combinata di energia elettrica e calore	Ec	MWh	3800,91		
Produzione di energia elettrica netta di una sezione di produzione combinata di energia elettrica e calore	Ee	MWh	1437,22		
Produzione di energia termica utile di una sezione di produzione combinata di energia elettrica e calore per usi civili	Et_civ	MWh	1623,33		
Produzione di energia termica utile di una sezione di produzione combinata di energia elettrica e calore per usi industriali	Et_ind	MWh	0		
Energia elettrica immessa in rete	Ee_immessa	MWh	112,22		
Energia elettrica autoconsumata	Ee_autocons	MWh	1325,00		
Indice di risparmio di energia	IRE	numero puro	0,342	0,100	
Limite termico	LT	numero puro	0,530	0,330	