

L'Efficienza Energetica al Campus
Luigi Einaudi

Federico Dattila, Giorgio Ghillardi

2015

Questo report è nato nell'ambito del progetto **Green UniTo**, volto al Risparmio Energetico all'interno dell'Ateneo Torinese. I successivi paragrafi approfondiscono il caso del **Campus Luigi Einaudi**, analizzato da noi come oggetto di uno stage di laurea triennale, svolto tra **Maggio e Settembre 2015**. Lo scopo è quello di evidenziare i casi di possibile miglioramento del consumo energetico, con attenzione particolare volta all'impianto elettrico, più semplice da trattare e con buoni margini di cambiamento.

Contents

I	Il CLE	3
0.1	Breve riepilogo su struttura impiantistica	4
0.1.1	Cabine	5
0.1.2	Impianto di illuminazione	5
0.1.3	Impianto Termico	15
0.1.4	Computer	20
0.1.5	Distributori Alimentari	21
0.2	Studio dei Costi relativi al Consumo Elettrico	21
0.2.1	Prezzi dell'Energia Elettrica	21
0.2.2	Consumi del CLE	22
0.2.3	Consumi Medi Mensili	25
II	RISPARMIO ENERGETICO	29
0.3	Impianto Termico	31
0.4	Impianto Elettrico	34
0.4.1	Illuminazione	34
0.4.2	Computer	39
0.4.3	Distributori Alimentari	40
0.4.4	Problematiche Approfondite	42
0.5	Riepilogo Finale dei Risparmi Possibili	57
A	Temporizzazioni	59
B	Lettura di una bolletta elettrica	63
C	Rendiconto Bollette del Campus Luigi Einaudi nel periodo di funzionamento	66
D	Tipologia di Apparecchi Illuminanti	78
E	La norma UNI EN 12464-1	80

Part I
II CLE

0.1 Breve riepilogo su struttura impiantistica

Il Campus Luigi Einaudi (CLE) è suddiviso in **stabili** come riportato in figura. Principalmente ai piani terra si trovano aule per le lezioni, aule studio, segreterie ed altri servizi per gli studenti, mentre nei piani superiori ci sono gli uffici dei ricercatori, sale tesi, sale dottorandi ecc. **Ogni stabile ha 3 piani, oltre il piano terreno**; vi è poi un sottotetto dove sono ubicate le cabine elettriche (sono 3 in tutto) che distribuiscono l'energia proveniente dalla rete. Sotto al campus vi è un seminterrato con autorimessa e condotti per la ventilazione.

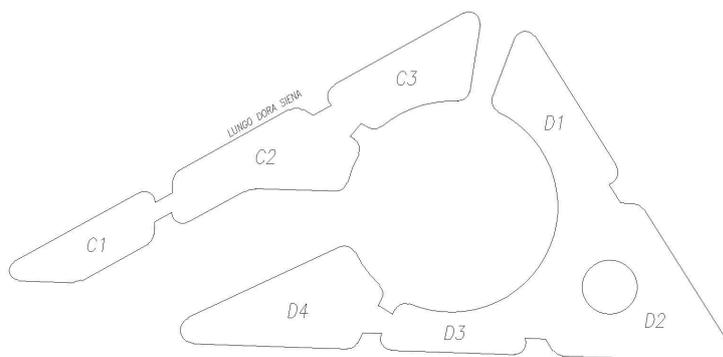


Figure 1: **Pianta Generale**

Luoghi di particolare interesse sono:

- La biblioteca**, situata nel C2, occupa tre piani. All'interno di essa ci sono copisterie e postazioni studio.
- La Main Hall** situata nel D2 e illuminata da un lucernario (rappresentato dal cerchio sulla mappa), con la segreteria di riferimento del campus.
- Le 7 Aule informatiche** situate negli stabili D3 (2 aule) e D4 (5 aule), constano di 369 postazioni in totale.
- La ControlRoom**, esterna ai fabbricati dell'immagine, dove vengono monitorati gli accessi al Campus e vengono registrati e mostrati i dati provenienti dal Software Siemens: quest'ultimo si occupa della gestione dell'impianto elettrico e di condizionamento mandando i dati provenienti da sensori distribuiti nel Campus alla ControlRoom attraverso protocolli BACNET. Questo sistema di controllo ha per il difetto di essere chiuso cioè di dover richiedere l'intervento di tecnici Siemens per apportare modifiche: si sta quindi studiando un nuovo software opensource di più facile fruizione e manutenzione.

Gli orari di apertura del Campus sono:

Lun-Ven 8:00-20:00

Sabato 8:00-14:00

Domenica chiuso

0.1.1 Cabine

Il progetto prevede la fornitura elettrica a 22kV da due linee AEMD¹ indipendenti commutate da AEMD in caso di black-out di una di esse, ed attestate nel fabbricato F lungo Corso Regina, nel quale è stata realizzata una cabina di consegna e smistamento di media tensione.

All'interno dello stesso fabbricato è stato realizzato un locale per le apparecchiature AEMD, contiguo a quello della cabina di consegna dell'Università.

Il quadro di consegna a 22kV, ubicato in tale sede, sottende un anello in cavo, che alimenta **4 cabine di trasformazione, denominate D1, D3, C2 e AUX COG**. La cabina D1 alimenta a 400V il fabbricato D1 e la maggior parte del fabbricato D2; la cabina D3 alimenta i fabbricati D3, D4 ed una zona limitata di D2. La cabina C2 alimenta i fabbricati C e l'Autorimessa. La cabina AUX COG alimenta i gruppi frigo e la centrale termica.

È stato inoltre installato **un gruppo elettrogeno da 800kVA**, entro un container insonorizzato, installato all'interno del complesso universitario di fronte all'edificio D4. Il gruppo alimenta a 400V, con una linea in cavo, **il quadro energia privilegiata** ubicato nel locale tecnico sulla copertura del fabbricato C2, che a sua volta distribuisce ad anello **l'Energia Privilegiata agli altri due quadri Energia Privilegiata** di fabbricato e con alimentazione di punta alla cabina di consegna nel fabbricato F.

0.1.2 Impianto di illuminazione

Si omette l'impianto di Illuminazione Privilegiata dato che viene utilizzato solo in caso di emergenza. Esso è alimentato da un gruppo elettrogeno automatico con una potenza di 800 kVA a 400V, con autonomia di circa 35h, ottenuta con un serbatoio da 6000 litri.

I due impianti principali sono quello di **Illuminazione Normale** ed un secondo impianto detto **Di Sicurezza** che viene utilizzato per le ore di chiusura del campus: considerando i due impianti per la cabina di alimentazione D3 si

¹AEM-DISTRIBUZIONE è la Società di IREN Energia che provvede alla gestione, al rinnovo ed allo sviluppo delle reti di distribuzione dell'energia elettrica a Torino

ottiene ad esempio che gli apparecchi illuminanti di sicurezza corrispondono al 18 % di quelle "normali".

Modalità spegnimento e accensione Dalla ControlRoom risulta generalmente *una temporizzazione sull'impianto di Illuminazione*, diversificato in Illuminazione Normale ed Illuminazione di Sicurezza.

Si riassumono di seguito le due modalità.

- **NORMALE:** Tutti i dispositivi illuminanti sono attivati in avvio. Sono però in funzione gli interruttori vicino agli apparecchi per un comando locale (es. luce stanza, ufficio, bagno)
- **SICUREZZA:** sono disattivati gli interruttori di cui sopra (non nelle aule) e vengono spenti tutti gli apparecchi non appartenenti all'impianto di sicurezza, circa l'82 %.

Come si vedrà in seguito la riduzione di illuminazione (Attivazione del **Cir-cuito di Sicurezza**) è seguente alla chiusura del Cle, così da permetterne al personale addetto la pulizia; essa avviene dal Lunedì al Venerdì a partire dalle 23:00, laddove permane nella struttura solo il personale della sorveglianza.

Nel proseguo si sviluppa uno studio delle temporizzazioni diversificate per zone di illuminamento.

Temporizzazioni Attraverso il Software Siemens² della **ControlRoom** è stato possibile definire in parte gli orari di attivazione e disattivazione dell'impianto di illuminazione a seconda della zona di interesse; purtroppo spesso il dato teorico non ha rispecchiato l'effettivo spegnimento e accensione degli apparecchi stessi ed inoltre ad oggi non si è potuto risalire all'esecutore materiale delle varie temporizzazioni.

Pur con l'impossibilità di approfondire questo studio per mancanza di informazioni, si è deciso comunque di riportarne una stima.

²vedi **Appendice A**

STABILE	PIANO	ILLUMINAZIONE	CIRCUITO	TEMPORIZZAZIONE		
				LUN-VEN	SAB	DOM
D1	Primo	Interna	Normale	7.00-23.00	7.00-14.00	-
D1	Primo	Interna	Sicurezza	0.00-7.00 23.00-24.00	0.00-7.00 14.00-24.00	0.00-24.00
D2	Terreno	Interna	Normale	7.00-23.00	7.00-14.00	-
D2	Terreno	Interna	Sicurezza	0.00-7.00 23.00-24.00	0.00-7.00 14.00-24.00	0.00-24.00
C1	Terreno	Interna	Normale	6.30-21.00	6.30-15.00	-
C1	Terreno	Interna	Sicurezza	0.00-6.30 21.00-24.00	0.00-6.30 15.00-24.00	0.00-24.00
D1	Interrato	Autorimessa	Normale	5.00-22.00	5.00-22.00	-
D1	Interrato	Autorimessa	Sicurezza	0.00-5.00 22.00-24.00	0.00-5.00 22.00-24.00	0.00-24.00
C2	Interrato	Autorimessa	Sicurezza	0.00-24.00	0.00-24.00	0.00-24.00
D1-D2	-	Esterna	Normale	16.30-8.00	16.30-8.00	16.30-8.00

Pertanto nel proseguo dello studio si sono ritenuti validi i regimi di illuminazione seguenti.

- **Illuminazione degli interni:**
NORMALE Lun-Ven 7:00-23:00 Sab 7:00-14:00
SICUREZZA in orario differente (comprensivo di Domenica);
- **Illuminazione dell'Autorimessa:**
NORMALE Lun-Sab 5:00-22:00
SICUREZZA in orario differente (comprensivo di Domenica);
- **Illuminazione Esterna:**
NORMALE 16:30-8:00 Lun-Dom.

Per gli interni si è deciso di non considerare il dato sull'illuminazione dello stabile C1, in quanto il nostro studio si è rivolto principalmente alla Cabina D3 (comprensiva principalmente degli stabili D3 e D4); per l'Autorimessa si è deciso di estendere il regime dello stabile D1 in quanto è stato verificato il regime Ordinario in funzionamento diurno.. *Si evidenzia che i dati precedenti sono relativi ad una presa dati del 31 Agosto 2015 è pertanto potrebbero non risultare più validi.*

Apparecchi Illuminanti Ora è necessario un rendiconto del numero degli apparecchi illuminanti, ricavato a partire dalla visione degli impianti “As-Built”. Per le ragioni esposte nel proseguo si è deciso di concentrarsi sugli stabili D2-D3-D4 (gli ultimi due perchè sottesi alla cabina D3 ed il primo perchè di notevole importanza).

Nel seguito si riporta il rendiconto diversificato per stabile e per tipologia di apparecchio illuminante (vedi **Appendice D** per le relative caratteristiche tecniche).

Stabile	Item	Potenza [W]	N° di Apparecchi Illuminanti			N° Sensori di Luminosità	
			Circuito Normale	Circuito di Sicurezza	Circuito Privilegiato		
D2	4	78	50	10	6	-	
	8	72	138	20	-	-	
	10	8	18	79	-	-	
	11	18	12	-	-	-	
	12	26	3	1	1	-	
	13	150	31	6	5	-	
	15	60	501	65	-	-	
	16	26	337	48	54	-	
	17	52	153	11	2	-	
	22	0,5	152	-	-	-	
	23	48	144	-	-	-	
	24	64	140	-	-	-	
	25	150	40	-	-	-	
	27	36	44	3	5	-	
	28	18	25	25	-	-	
	29	36	21	5	1	-	
	30	60	16	-	-	-	
	12/A	26	82	12	18	-	
	TOTALE	-	-	1907	285	92	27

Stabile	Item	Potenza [W]	N° di Apparecchi Illuminanti			N° Sensori di Luminosità
			Circuito Normale	Circuito di Sicurezza	Circuito Privilegiato	
D3	7	4	-	3	-	-
	8	72	36	2	-	-
	9	18	3	3	-	-
	10	8	-	28	-	-
	11	18	8	-	-	-
	14	70	13	7	-	-
	15	60	63	9	-	-
	16	26	127	23	32	-
	17	52	89	11	6	-
	19	56	20	2	-	-
	20	36	9	-	-	-
	24	64	186	-	-	-
	25	150	30	-	-	-
	27	36	48	18	6	-
	28	18	5	4	-	-
	29	36	3	2	-	-
TOTALE	-	-	640	112	44	6

Stabile	Item	Potenza [W]	N° di Apparecchi Illuminanti			N° Sensori di Luminosità
			Circuito Normale	Circuito di Sicurezza	Circuito Privilegiato	
D4	7	4	-	4	-	-
	8	72	84	7	-	-
	9	18	1	1	-	-
	10	8	-	58	-	-
	11	18	42	-	-	-
	12	26	4	-	-	-
	14	70	28	13	-	-
	15	60	140	31	-	-
	16	26	221	38	48	-
	17	52	166	19	8	-
	19	56	153	15	-	-
	24	64	224	-	-	-
	25	150	38	-	-	-
	27	36	66	13	7	-
	28	18	20	17	-	-
	29	36	20	14	-	-
30	60	9	-	-	-	
TOTALE	-	-	1216	230	63	13

Quindi si riporta una stima complessiva degli apparecchi illuminanti, diversificati per stabile e piano.

Stabile	Piano	N° di Apparecchi Illuminanti			N° Sensori di Luminosità
		Circuito Normale	Circuito di Sicurezza	Circuito Privilegiato	
D2	Interrato	229	46	8	-
	Terreno	434	85	10	10
	Primo	444	100	20	17
	Secondo	368	24	28	-
	Terzo	367	25	26	-
	Copertura	65	5	-	-
D3	Interrato	61	14	6	-
	Terreno	133	37	6	5
	Primo	123	20	10	-
	Secondo	125	12	11	-
	Terzo	151	20	11	1
	Copertura	47	9	-	-
D4	Interrato	95	19	7	-
	Terreno	237	57	8	4
	Primo	291	44	19	-
	Secondo	247	56	12	7
	Terzo	284	45	17	2
	Copertura	62	9	-	-

Infine si riporta una stima complessiva della Potenza Totale associata ai suddetti apparecchi, diversificata per stabile e piano.

Stabile	Piano	Potenza [W]		
		Circuito Normale	Circuito di Sicurezza	Circuito Privilegiato
D2	Interrato	11956	2150	320
	Terreno	21174	3512	1068
	Primo	22430	3380	644
	Secondo	15742	686	728
	Terzo	15372	730	676
	Copertura	6858	90	-
	Totale		93532	10548
D3	Interrato	3168	576	216
	Terreno	7530	1506	312
	Primo	5920	444	260
	Secondo	6040	218	286
	Terzo	7468	524	286
	Copertura	5058	270	-
	Totale		35184	3538
D4	Interrato	5028	836	252
	Terreno	12760	2406	416
	Primo	14040	1206	494
	Secondo	12408	1844	312
	Terzo	13518	1304	442
	Copertura	6510	270	-
	Totale		64264	7866

Dato il suo utilizzo nello studio dell' **illuminazione dei Servizi Igienici**, si è ritenuto utile allegare una stima del numero dei locali adibiti, del numero di apparecchi illuminanti relativi e della loro potenza: con **Servizi H** si sono indicati i servizi dedicati ai Portatori di Handicap; viceversa i **Servizi** rappresentano quelli Maschili e Femminili, divisi a loro volta in **Antibagni** (area antistante i locali provvisti di Wc) e locali **Wc**.

Stabile	Item	Potenza [W]	N° di Apparecchi Illuminanti	
			Circuito Normale	Circuito di Sicurezza
D1	7	4	-	7
	11	18	35	-
	29	36	14	12
Totale	-	-	49	19
D2	7	4	-	7
	11	18	59	-
	16	26	48	6
	29	36	35	22
Totale	-	-	142	35
D3	7	4	-	3
	11	18	9	-
	29	36	3	3
Totale	-	-	12	6
D4	7	4	-	4
	11	18	42	-
	29	36	20	14
Totale	-	-	62	18
C1	7	4	-	3
	11	18	29	-
	29	36	13	9
Totale	-	-	42	12
C2	7	4	-	4
	11	18	53	8
Totale	-	-	53	12
C3	7	4	-	4
	11	18	33	7
Totale	-	-	33	11
Totale	-	-	393	113

Figure 2: Illuminazione Servizi Igienici

Infine di seguito si ha un riepilogo degli apparecchi illuminanti relativi all'illuminazione dell'**Autorimessa** e all'**Illuminazione Esterna**.

Stabile	Piano	Potenza [W]		N° di Locali			
		Circuito Normale	Circuito di Sicurezza	Servizi H	Servizi	Antibagni	Wc
D1	Terreno	90	8	2	1	1	1
	Primo	342	152	2	4	4	9
	Secondo	342	152	2	4	4	9
	Terzo	360	148	1	4	4	9
	Totale	1134	460	7	13	13	28
D2	Interrato	1608	308	0	6	6	30
	Terreno	198	76	1	2	2	6
	Primo	684	144	0	4	4	20
	Secondo	540	224	2	6	6	12
	Terzo	540	224	2	6	6	12
	Totale	3570	976	5	24	24	80
D3	Primo	90	40	1	1	1	2
	Secondo	90	40	0	2	1	2
	Terzo	90	40	1	1	1	2
	Totale	270	120	2	4	3	6
D4	Terreno	540	148	1	4	4	9
	Primo	342	148	1	4	4	10
	Secondo	198	76	1	2	2	6
	Terzo	396	148	1	4	4	13
	Totale	1476	520	4	14	14	38
C1	Terreno	522	148	1	6	6	12
	Primo	198	76	1	2	2	6
	Secondo	162	76	1	2	2	4
	Terzo	108	36	0	1	3	2
	Totale	990	336	3	11	13	24
C2	Terreno	216	40	1	3	3	6
	Primo	234	40	1	2	2	8
	Secondo	252	40	1	3	3	8
	Terzo	252	40	1	3	3	8
	Totale	954	160	4	11	11	30
C3	Terreno	378	76	1	4	4	10
	Primo	72	22	1	1	1	2
	Secondo	72	22	1	1	1	2
	Terzo	72	22	1	1	1	2
	Totale	594	142	4	7	7	16
Totale	8988	2714	29	84	85	222	

Figure 3: Illuminazione Servizi Igienici

Illuminazione dell'Autorimessa									
Stabile	Utilizzo	Item	Potenza [W]	N° di Apparecchi Illuminanti			Consumo [Wh]		
				Circuito Normale	Circuito di Sicurezza	Circuito Privilegiato	Circuito Normale	Circuito di Sicurezza	Circuito Privilegiato
D4	Autorimessa	27	36	30	4	6	1080	144	216
		10	8	1	1	0	8	8	0
C1	Autorimessa	27	36	169	15	18	6084	540	648
C2	Autorimessa	27	36	159	14	18	5724	504	648
C3	Autorimessa	27	36	110	8	13	3960	288	468
	Totale	-	-	469	42	55	16856	1484	1980
D4	Amiat	28	18	1	1	0	18	18	0
		8	72	9	0	0	648	0	0
C1	Amiat	27	36	10	0	0	360	0	0
		28	18	2	2	0	36	36	0
	Totale	-	-	22	3	0	1062	54	0

Illuminazione Esterna							
Stabile	Piano	Item	Potenza [W]	N° di Apparecchi Illuminanti		Consumo [Wh]	
				Circuito Normale	Circuito di Sicurezza	Circuito Normale	Circuito di Sicurezza
C1	Terreno	14	70	18	9	1260	630
C2	Terreno	14	70	31	14	2170	980
C3	Terreno	14	70	17	9	1190	630
D1	Terreno	14	70	16	8	1120	560
D2	Terreno	14	70	15	7	1050	490
D3	Terreno	14	70	13	7	910	490
D4	Terreno	14	70	27	13	1890	910
	Totale	-	-	137	67	9590	4690
C1	Copertura	25	70	36	-	2520	-
C2	Copertura	25	70	32	-	2240	-
C3	Copertura	25	70	26	-	1820	-
D1	Copertura	25	70	28	-	1960	-
D2	Copertura	25	70	40	-	2800	-
D3	Copertura	25	70	26	-	1820	-
D4	Copertura	25	70	32	-	2240	-
	Totale	-	-	220	-	15400	-
	Totale	-	-	357	67	24990	4690

Nelle aree di Piano Interrato dedicate all'Autorimessa sono indicati anche due **Depositi Amiat**, che si ipotizza siano volti alla raccolta di rifiuti: questi non verranno considerati nel seguito dello studio in quanto non si è potuto verificare il loro regime di illuminazione.

0.1.3 Impianto Termico

L'impianto è diversificato a seconda delle destinazioni d'uso dei diversi luoghi; di seguito si riporta un breve elenco delle diverse tipologie, sottolineando quelle che vengono alimentate da rete elettrica: nel proseguo infatti ci si occuperà unicamente dello studio energetico su queste ultime.

- **IMPIANTO A RADIATORI:** presente soprattutto all'interno di depositi, servizi igienici e zone tecniche; consta appunto di *radiatori con valvola termostatica* per la regolazione della potenza termica in base alla necessità.
- **IMPIANTO A TRAVI ATTIVE ED ARIA PRIMARIA:** presente all'interno di uffici dipartimentali, sale riunioni, aule a basse capacità e biblioteca interdipartimentale; consta di una *trave attiva* installata a soffitto che immette aria calda e fredda per riscaldamento e raffrescamento. In esse l'aria primaria esce da una feritoia creando una zona di bassa pressione, che richiama l'aria ambiente all'interno della trave. Tale processo genera una portata d'aria miscelata 4-5 volte maggiore di quella primaria. Entrando nella trave l'aria ambiente attraversa uno scambiatore di calore composto di lamelle di alluminio e tubi di rame in cui circola l'acqua fredda o calda a seconda della temperatura voluta. Il calore dell'aria ambiente viene ceduto all'acqua del circuito.



Figure 4: **Trave Attiva**

- **IMPIANTO A TUTT'ARIA CENTRALIZZATO:** si occupa del condizionamento delle aule a media capacità; si tratta di "Unità di trattamento aria centralizzate" (UTA), poste al di sotto della copertura degli stabili; l'aria veicolata nelle aule può subire ulteriori modifiche ad

opera di batterie di scambio termico presenti in loco; il loro consumo è connesso alla rete elettrica.

- **IMPIANTO A TUTT'ARIA con macchina dedicata:** si occupa del condizionamento di aule ad alta capacità; consta di *UTA dedicate*, presenti nel piano interrato.
- **IMPIANTO A PAVIMENTO RADIANTE ED ARIA PRIMARIA:** data la conformazione dell'Atrio (stabile D2) si occupa del suo condizionamento.
- **IMPIANTO A VENTILCONVETTORI ED ARIA PRIMARIA:** dedicato al condizionamento di bar, libreria, aule informatiche, depositi libri rari e *corridoi*; connesso alla rete elettrica.
- **IMPIANTI AUTONOMI:** presenti nei locali CED, UPS, quadri elettrici e centri stampa.
- **IMPIANTI DI ESTRAZIONE FORZATA:** all'interno dei servizi igienici, si occupano dell'espulsione dell'aria viziata al livello delle coperture.

Pertanto in seguito ci si occuperà dello studio dettagliato di **UTA** (unicamente le componenti dell'impianto a TUTT'ARIA) e **Ventilconvettori**, il cui consumo è connesso alla rete elettrica.

UTA

Queste unità prendono l'aria esterna e la trattano a seconda del periodo: si distingue tra funzionamento in regime invernale ed estivo. Sono poste principalmente sopra gli stabili, sotto la copertura

Durante l'**inverno** l'aria segue questo percorso, incontrando nell'ordine:

serranda → *(recuperatore)* → *filtro* → *pre-riscaldamento* → *sezione umidificante* → *post-riscaldamento* → *filtro* → *ventilatore*.

Percorso estivo:

serranda → *(recuperatore)* → *filtro* → *batteria fredda* → *post-riscaldamento* → *ventilatore*

L'UTA possiede molteplici collegamenti con altri impianti. Oltre alle canalizzazioni aerauliche, occorre collegare la macchina all'impianto dell'acqua calda, dell'acqua refrigerata (per le batterie), dell'acqua a temperatura ambiente (per la sezione umidificante). Vi sono collegamenti elettrici (ventilatore, centraline, motori serrande) e scarichi verso fognatura (acqua di condensa).

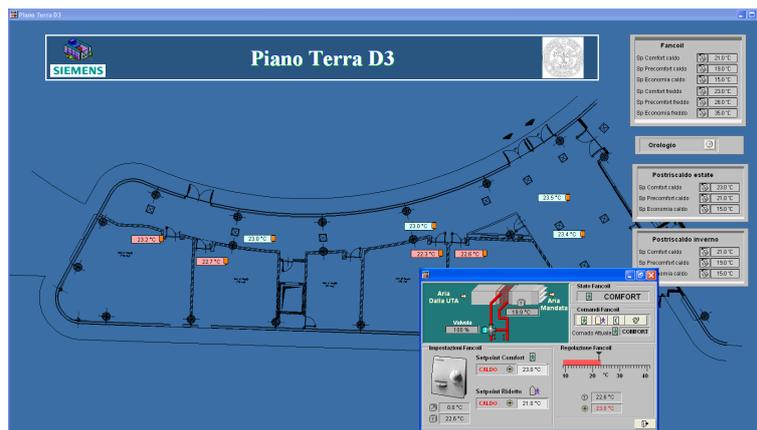


Figure 5: **Pannello di controllo del software Siemens da ControlRoom:** es. Post-Riscaldamento

Tramite appositi termostati in loco e da ControlRoom è possibile operare sulle batterie di Post-Riscaldamento (i terminali delle UTA) in modo da abbassare o alzare di tre gradi la temperatura di uscita dell'aria. L'ultimo comando, indipendentemente se esso sia stato mandato da ControlRoom o dal termostato in loco, ha validità finale.

Per la *ripresa* e la *mandata* dell'aria ci sono due motori appositi; di seguito si riporta un prospetto della potenza a regime massimo dei due motorini, sommata per tutte le UTA del rispettivo stabile.

Stabile	N° UTA	Potenza [kW]
D1	3	47.4
D2	16	119.7
D3	3	29.5
D4	4	61
C1	4	25.45
C2	2	35.5
C3	3	42.4

Il D2 ne ha molte siccome contiene aule di grande capacità che necessitano di UTA dedicate.

Si tratta semplicemente della loro **potenza a massimo regime**, cioè a 50 Hz: non si possono dunque stimare i consumi reali non avendo informazioni sul loro periodo di funzionamento e sulla potenza effettiva (i precedenti sono solo i dati massimali).

Ventilconvettori

Per quanto concerne i Ventilconvettori, essi sono dei condizionatori connessi alla rete elettrica; risalendo alla ditta produttrice, si può stimare la massima potenza elettrica richiesta, senza però poter per ora quantificare i consumi reali.

Il loro funzionamento è regolato da **ControlRoom** e da **Comandi Manu-**

Stabile	Piano	FCI	FCD	FCC1	FCC2	FCC3	FCM
		numero	numero	numero	numero	numero	numero
C1	PT	0	0	3	23	0	0
	P1	2	3	0	0	0	0
	P2	2	3	0	0	0	0
	P3	0	3	14	5	0	7
	copertura	0	0	0	0	0	0
C2	PT	23	0	0	1	0	1
	P1	3	4	0	0	0	0
	P2	3	4	0	0	0	0
	P3	3	4	0	0	0	0
	copertura	0	0	0	0	0	0
C3	PT	0	0	1	26	0	0
	P1	3	4	0	0	0	0
	P2	3	4	0	0	0	0
	P3	3	4	0	0	0	0
	copertura	0	0	0	0	0	0
D1	PT	0	0	19	8	0	0
	P1	0	0	6	10	0	0
	P2	0	0	6	7	0	0
	P3	0	0	12	5	0	0
	copertura	0	0	3	2	0	0
D2	PT	0	0	0	0	0	0
	P1	0	0	3	2	0	0
	P2	0	0	13	19	0	0
	P3	0	0	0	0	0	0
	copertura	0	0	0	0	0	0
D3	PT	0	0	11	0	0	0
	P1	0	0	2	6	0	0
	P2	0	0	2	6	0	0
	P3	0	0	4	6	0	0
	copertura	0	0	0	0	0	0
D4	PT	0	0	8	43	0	2
	P1	2	0	9	16	0	0
	P2	2	0	4	13	0	0
	P3	2	0	8	10	0	0
	copertura	0	0	0	0	0	0
TOTALE		51	33	128	208	0	10

ali presenti in loco (come per le batterie di Post-Riscaldo): in regime diurno prevedono un funzionamento **Comfort** (range di temperatura mantenuto tra i **21 °C** e i **24 °C**), con la possibilità di spegnimento; in regime notturno sembrano mantenersi in modalità **Comfort** (come in parte verificato durante il sopralluogo notturno).

Similmente alle batterie di Post-Riscaldo c'è la possibilità di shiftare il range comfort di 3 °C, manualmente (attraverso **Termostati dedicati in loco**) o da **ControlRoom**; in aggiunta si può anche modulare la **velocità di riscaldamento o raffreddamento**, prevista in **3 velocità differenti**.

Le varie modulazioni sono operate in loco dagli utenti o attraverso Con-

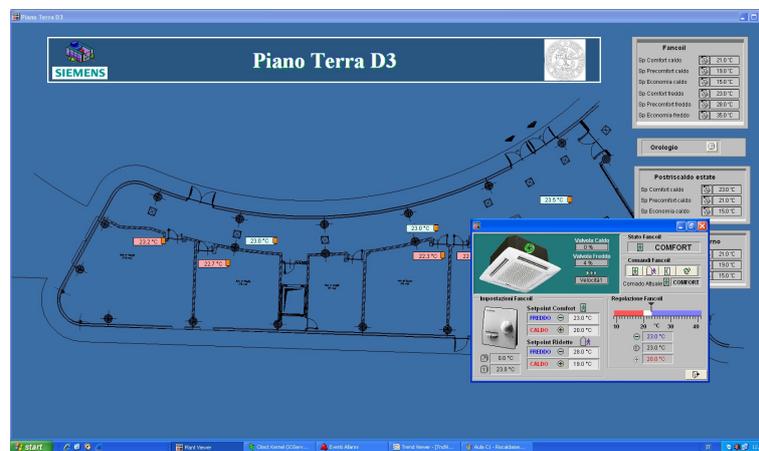


Figure 6: **Pannello di controllo del software Siemens da ControlRoom: es. VentilConvettore**

trolRoom, in azione opposta l'una all'altra: la seconda delle due azioni nega la precedente. La Fig.6 mostra un range "shiftato" di -1 rispetto al range normale: quindi invece di 21-24 °C il range comfort è 20-23 °C.

Modalità spegnimento e accensione Ricapitolando le batterie di post-riscaldamento e i Ventilconvettori presentano tre modalità di funzionamento:

- **COMFORT:** range di temperatura di 3°C (intorno ai 21-24 °C);
- **RIDOTTO:** range di temperatura di 9°C (intorno ai 19-28 °C);
- **SPEGNIMENTO:** l'impianto risulta disattivato.

Temperatura e Controllo Automatico Riscaldamento al CLE

1. SISTEMA DI CONTROLLO AUTOMATICO RISCALDAMENTO

- Ogni Aula/Ufficio/Corridoio dispone di una o più sonde di Temperatura;
- Le sonde Misurano la TEMPERATURA AMBIENTE ($T_{ambiente}$) del locale;
- In base ai valori misurati il «Sistema di Controllo» apre (100%) o chiude (0%) le valvole dei VentilConvettori in automatico.

2. INTERAZIONE CON GLI UTENTI

- Ogni VentilConvettore viene acceso se: $T_{ambiente} < T_{media}$, dove la $T_{media} = T_{fissa} + \Delta T_{utente}$;
- La T_{fissa} può essere impostata dalla Control Room e la ΔT_{utente} è regolata dagli utenti;
- In ogni aula/ufficio/corridoio è presente **un regolatore**: gli utenti possono decidere una variazione sulla T_{fissa} di $\Delta T_{utente} = \pm 3^{\circ}\text{C}$



3. ALCUNE OSSERVAZIONI:

- **1° PROBLEMA (CASO REALE DI MOLTE AULE/UFFICI):** se $T_{fissa} = 21-22^{\circ}\text{C}$ e $\Delta T_{utente} = +3^{\circ}\text{C} \rightarrow T_{media} = 24-25^{\circ}\text{C}$
- **2° PROBLEMA: Le macchine sono stupide! I sensori Vicino a delle porte di uscita misureranno sempre una $T_{ambiente}$ bassa!**

0.1.4 Computer

I computer sono presenti nelle aule informatiche, negli uffici e nelle aule. Principalmente ci si occuperà di studiare il caso delle aule informatiche poichè si ritiene che in uffici e aule il controllo personale dei docenti riscontri meno problemi.

All'interno del Campus sono presenti **5 aule informatiche nello stabile D4 al piano terreno (268 pc)** e **2 aule informatiche nello stabile C3 al piano terreno (101 pc)**. Queste sono accessibili solo per le lezioni.

Esse sono così suddivise:

- LI1 (0D4-07): 78 pc
- LI2 (0D4-08): 25 pc
- LI3 (0D4-09): 46 pc
- LI4 (0D4-10): 47 pc
- LI5 (0D4-12): 72 pc
- LL1 (0C3-06): 50 pc
- LL2 (0C3-08): 51 pc

Modalità spegnimento e accensione I computer delle aule informatiche non sono controllati da nessun software o comando esterno. Essi vengono

accesi e spenti a discrezioni degli utenti.

0.1.5 Distributori Alimentari

Ovviamente all'interno del Campus sono presenti distributori automatici di alimentari, caffè e bevande; nel proseguo si è deciso di valutarne il costo economico e i risparmi connessi possibili, pertanto se ne riporta un riepilogo sul numero:

- 12 distributori di bibite;
- 14 distributori di caffè;
- 8 distributori di alimentari;
- per un totale di 34 dispositivi.

0.2 Studio dei Costi relativi al Consumo Elettrico

0.2.1 Prezzi dell'Energia Elettrica

I prezzi dell'energia elettrica tengono conto di diversi fattori: servizi di vendita, servizi di rete, imposte, oneri generali. Nonostante ci sia un prezzo a base d'asta d'appalto della vendita, essi sono dunque fluttuanti di mese in mese per i costi aggiuntivi dipendenti dal mercato.

I costi inoltre variano a seconda della fascia oraria in cui si consuma energia elettrica secondo lo schema

Orario	Giorni Feriali	Sabato	Domenica e Festivi
dalle ore 7.00 alle ore 8.00	F2	F2	F3
dalle ore 8.00 alle ore 19.00	F1	F2	F3
dalle ore 19.00 alle ore 23.00	F2	F2	F3
dalle ore 23.00 alle ore 7.00	F3	F3	F3

Analizzando le bollette si è risaliti ai costi effettivi delle fasce mensili, già conguagliati, relativi agli anni 2013-2014-2015.

Come si evince dal grafico dell'andamento annuale dei costi si vede come essi si stiano invertendo: nel 2015 la fascia F3 è diventata più costosa rispetto alle altre (questa inversione è attribuibile all'aumentare di impianti fotovoltaici

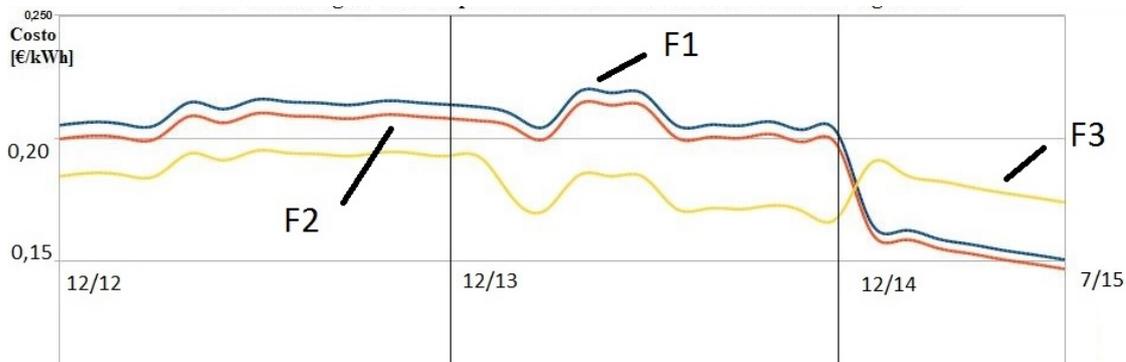


Figure 7: Costo dell'Energia Elettrica per Fasce Orarie dal Dicembre 2012 al Luglio 2015

che fanno calare il prezzo dell'energia durante le ore di luce); inoltre si riscontra un abbassamento generale dei prezzi a partire dall'anno 2015.

Per una stima più corretta dei risparmi futuri si è deciso di compiere una media tra i prezzi delle fasce orario del biennio 2013-14, considerando un'eccezione il loro andamento durante il 2015.

Nel proseguo, per le stime economiche, si utilizzano questi valori:

F1 0,211 € al kWh
 F2 0,206 € al kWh
 F3 0,184 € al kWh

0.2.2 Consumi del CLE

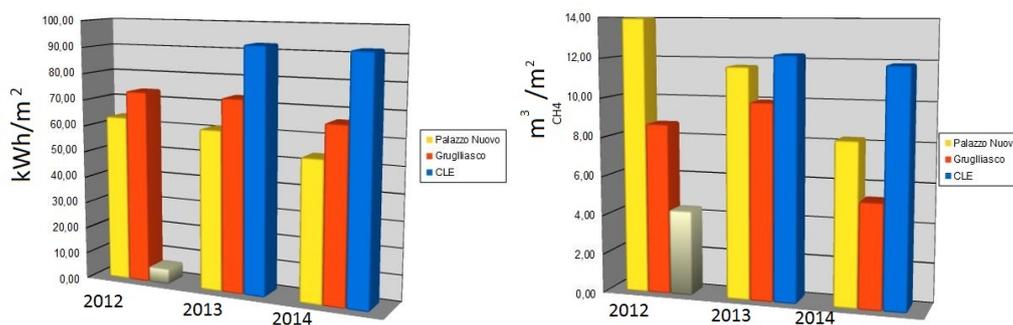


Figure 8: Consumi di kWh e m³ di metano per m²

Come si evidenzia nella Fig.8 il Cle risulta essere molto inefficiente. Per il proseguo dello studio è fondamentale conoscere i consumi in kW del

Campus.

Dalle bollette risulta che al CLE si sono consumati:

-5222557 kW nel 2013
-5236322 kW nel 2014
-3429257 kW nel periodo Gen-Lug 2015

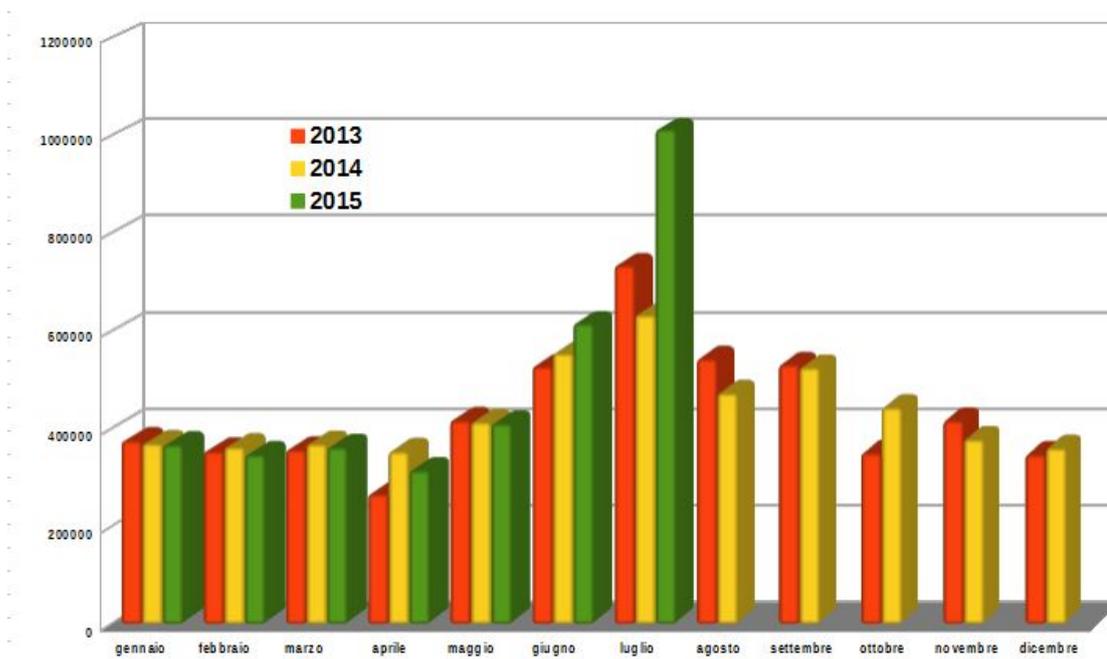


Figure 9: Consumi totali mensili

Il picco estivo dell'estate 2015 è causa di una estate molto calda rispetto alle scorse due precedenti. Per i primi mesi del 2015 risulta invece esserci un andamento simile al 2013/2014.

- Luglio 2013 25,9 °C
- Luglio 2014 21,9 °C
- Luglio 2015 **29,6°C**

Analizzando i consumi divisi in fasce si vede che i consumi si distaccano in maniera considerevole in fascia F3 e non in fascia F1: questo è dovuto alla necessaria scelta di mantenere un minimo di refrigerazione durante la notte per diminuire il carico di energia richiesta durante il giorno.

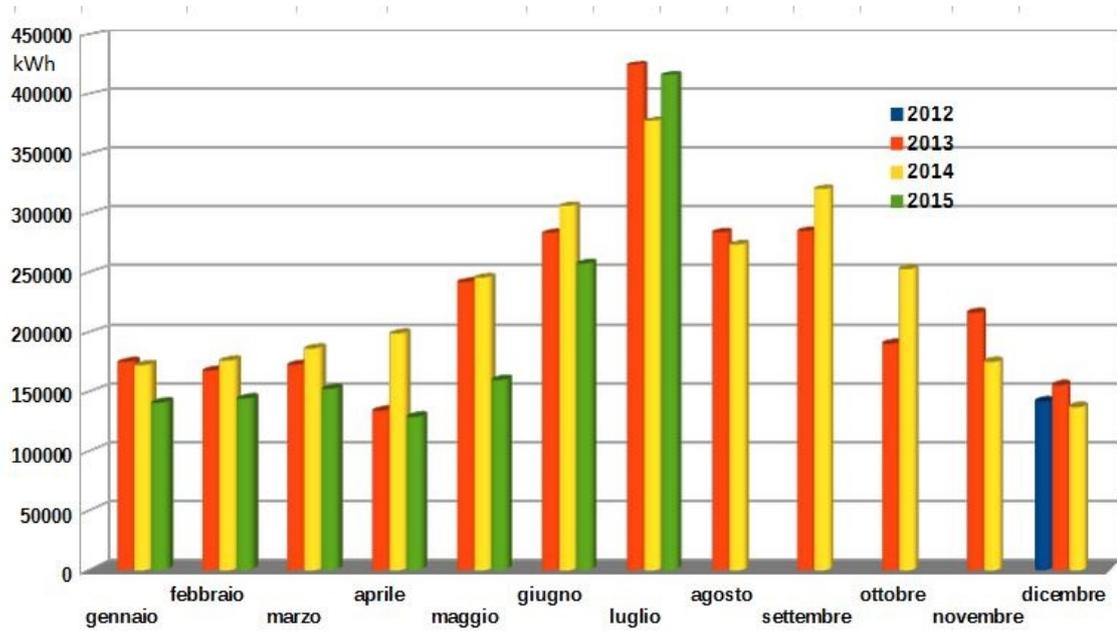


Figure 10: Consumi F1

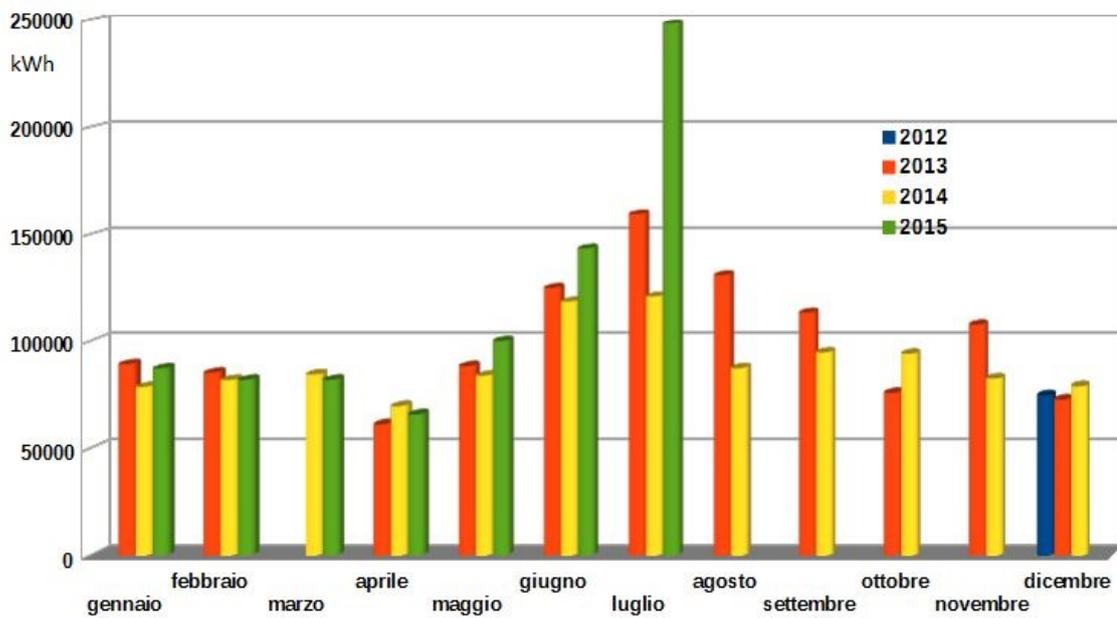


Figure 11: Consumi F2

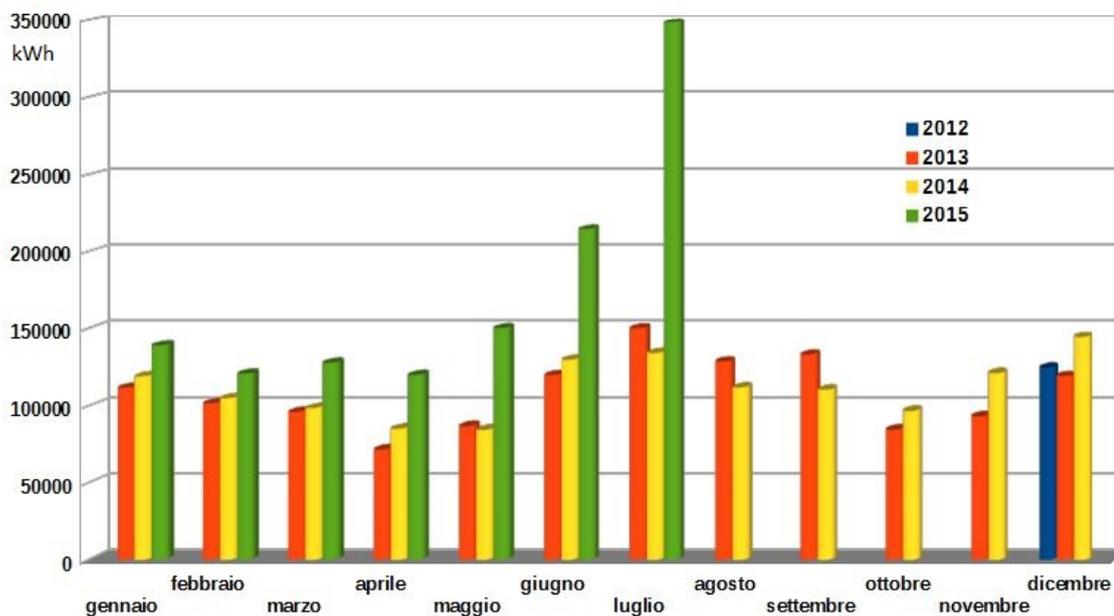


Figure 12: Consumi F3

0.2.3 Consumi Medi Mensili

Risulta utile per il proseguo dello studio una stima dei **Consumi Medi Mensili** del Campus, desunti dai dati riportati nelle sezioni precedenti.

Nella tabella sottostante sono riportati i consumi stimati per gli impianti sopra citati.

Oggetto	Consumo [kWh]
Illuminazione Interna	134060
Illuminazione Esterna	9336
Illuminazione Autorimessa	7269
Pc	5077
Distributori Alimentari	2056
Totale	157798

Il dato sui Pc è ovviamente ribassato in quanto si sono considerati unicamente i dispositivi delle aule informatiche (tralasciando i Pc personali e quelli nelle restanti aule).

Inoltre il **Consumo Totale** riportato è ulteriormente ribassato, in quanto

non si è considerato il consumo elettrico dovuto all'**Impianto Termico**³; come emergerà in seguito esso è di difficile analisi.

Si può provare a stimare il **Consumo Elettrico** dovuto all'impianto termico a partire da un confronto tra il nostro **Totale** e i **Consumi Mensili da bolletta**: si sceglie il dato minore a partire dall'apertura del Campus, quello di Aprile 2013

266597 kWh

In questo modo si ha una stima inferiore del **Consumo Termico**⁴, in quanto mediamente ad Aprile gli impianti di condizionamento risultano minormente attivi. Tuttavia il dato da bolletta considera anche i consumi della limitrofa **Palazzina Einaudi**, pertanto al dato di Aprile va sottratta una stima di tale consumo.

Si ipotizza che la Palazzina abbia un consumo energetico pari al 15 % del Cle, cioè di circa

39990 kWh

15 % del dato totale di Aprile.

Pertanto il consumo effettivo del **CLE** risulta di

(266597-39990) kWh = 226607 kWh

Dal confronto tra il nostro dato **Totale** e quest'ultimo si ottiene una stima per il **Termico** di

68809 kWh

Come si evince dal grafico a torta risulta preponderante il consumo legato all'**Illuminazione Interna**; *tuttavia il dato sul termico, come già detto, è stimato al ribasso e ovviamente ha peso molto maggiore nei restanti mesi dell'anno.*

Considerando i consumi diversificati per fasce orarie

³Per esempio il consumo elettrico necessario al funzionamento dei Ventilconvettori e delle UTA

⁴Si ipotizza che il consumo legato all'impianto di Illuminazione, Pc e Distributori Alimentari resti pressochè costante.

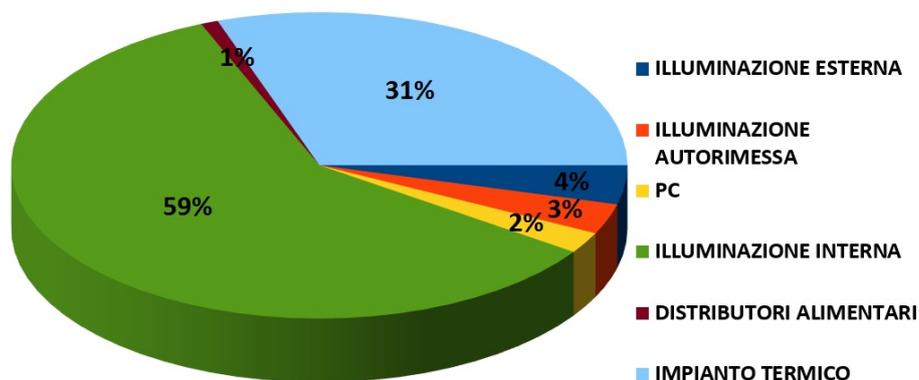


Figure 13: Consumi Medi Mensili

Oggetto	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]
Illuminazione Interna	76575	45990	11495
Illuminazione Esterna	480	2725	6132
Illuminazione Autorimessa	3708	2395	1165
Pc	1662	1239	2176
Distributori Alimentari	673	502	881
Totale	83098	52851	21849
<i>Aprile 2013</i>	<i>133842</i>	<i>61269</i>	<i>71486</i>

Il Totale è calcolato senza considerare la stima sul Termico.

Considerando la figura 14 la corrispondenza della stima del **Consumo Totale** con il dato di **Aprile** è molto buona per la fascia **F2** e ciò rassicura sulla correttezza del nostro studio.

Invece le notevoli differenze rispetto ai valori in fascia **F1** e **F3** ci confermano la notevole influenza del consumo **Termico**, soprattutto in orario notturno e nel weekend, e dei consumi diurni non considerati (dovuti al Bar del Cle o ad altri dispositivi elettronici trascurati⁵)

⁵Ad esempio i Pc dei docenti, i display luminosi antistanti le aule, le stampanti, ecc.

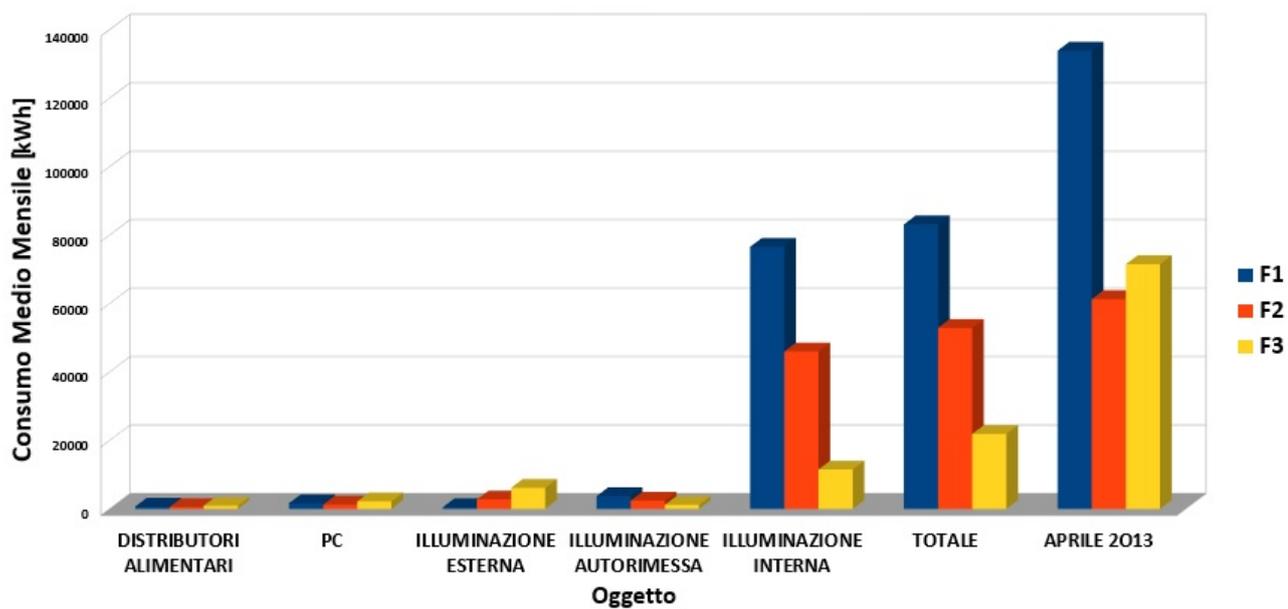


Figure 14: Consumi Medi Mensili diversificati per fasce orarie

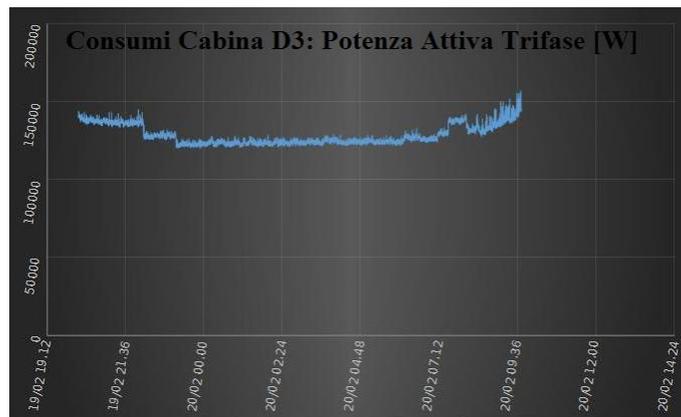
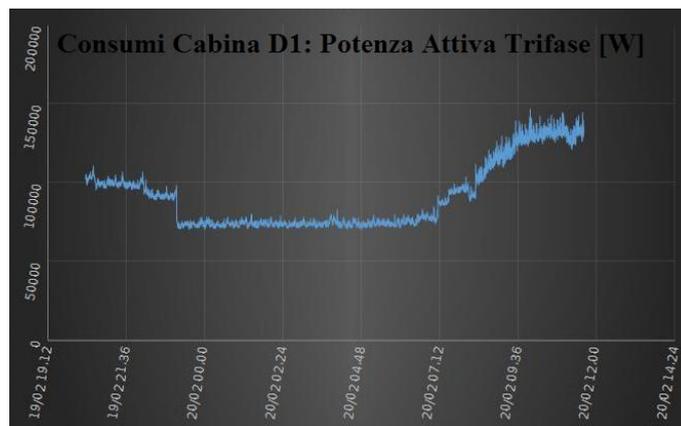
Part II

RISPARMIO ENERGETICO

Di seguito si riportano i punti principali sui quali si intende intervenire per minimizzare le inefficienze, suddivisi per natura impiantistica.

Si rende necessaria una Breve Premessa Iniziale sulla metodologia del nostro studio: inizialmente si è deciso di studiare in dettaglio i consumi connessi alla **Cabina D3** (connessa agli stabili D3 e D4), in quanto essa presentava una quasi costanza di valori in regime diurno e notturno (mentre ci si aspetterebbe un consumo minore durante la notte); in seguito, laddove possibile, si è esteso lo studio all'intera struttura del CLE, focalizzandosi su altre evidenti anomalie (ad esempio l'illuminazione diurna dello stabile D2 pur in presenza di luminosità naturale).

Di seguito appare evidente l'anomalia della cabina D3, per la quale i consumi in **Potenza Attiva Trifase** rimangono pressochè costanti anche in regime notturno, mentre la loro diminuzione è manifesta per quanto concerne la cabina D1.



0.3 Impianto Termico

Come già detto all'interno del paragrafo dedicato alla struttura impiantistica, per la quantificazione dei consumi termici connessi alla rete elettrica si considerano solo le **UTA centralizzate** e i **Ventilconvettori**; per ora si può unicamente stimare il consumo massimo (dato dalla potenza massima degli impianti), calcolato cioè per il funzionamento massimale degli stessi; ovviamente sarebbe errato considerare questo dato una stima ragionevole del consumo effettivo. Il Carico Massimale risulta

360kWh per le UTA
45kWh per i Ventilconvettori

Il dato sui Ventilconvettori è stato ricavato a partire dallo studio degli impianti "As-built", facendo riferimento alla **potenza elettrica** richiesta dai modelli in questione; il dato sulle UTA invece rappresenta la **potenza elettrica massima richiesta dai due motori** che si occupano della Ripresa e Mandata dell'aria.

*Alle UTA si dovrebbe aggiungere il dato sulle **Batterie di Post-Riscaldamento**, che si occupano del riscaldamento in loco dell'aria veicolata dall'impianto centrale: ora come ora non si è ancora riusciti a risalire al loro modello.*

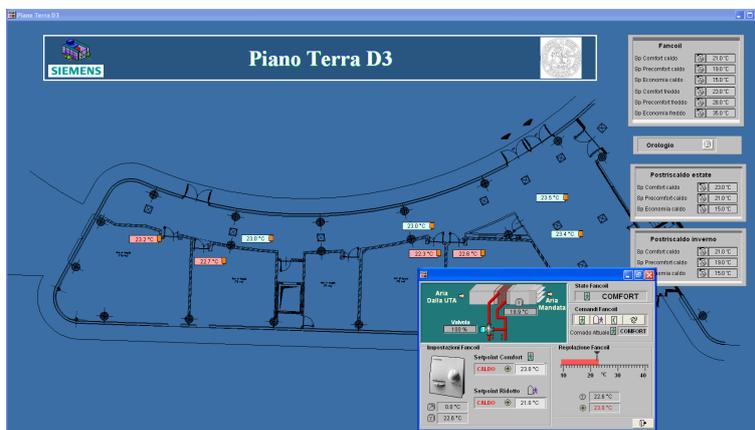


Figure 15: Pannello di controllo del software Siemens da Control-Room: es. UTA

Problematiche funzionamento diurno Per i motivi di cui sopra ci si occuperà solo di sottolineare le **problematiche energetiche** emerse dai vari sopralluoghi, con considerazioni prettamente qualitative.

Per quanto riguarda il funzionamento diurno di **UTA** e **Ventilconvettori**, una gran parte di energia viene dispersa inutilmente a causa della possibilità di modulazione del range di temperatura mantenuto. Come già detto, un qualsiasi studente può modificare i dati del **Termostato** caratterizzante ogni area, a seconda della sua esigenza: se questo è ovviamente un ottimo servizio in quanto a Comfort, determina ovviamente costi energetici inutili. Di seguito si riportano le problematiche osservate, aventi maggior impatto.

- Nelle aree comuni (corridoi) ed in alcune aule è presente **più di un termostato**: ciò può determinare (per mancanza di attenzione degli utenti) un funzionamento in opposizione degli impianti connessi, cosicchè lo stesso locale viene **riscaldato e raffreddato contemporaneamente**, determinando quindi costi energetici inutili.
- La possibilità di modifica in loco determina una **diversificazione nel condizionamento dei locali**: quindi si ha la vicinanza di locali riscaldati e raffrescati con conseguente maggior **dispersione termica**.
- La mancanza di sensibilizzazione e **informazione degli utenti** (come abbiamo potuto verificare direttamente in seguito a colloqui con i lavoratori della REAR) comporta un uso errato dei **termostati manuali**: si sono verificati da Control Room casi di **riscaldamento di uffici in stagione estiva**.

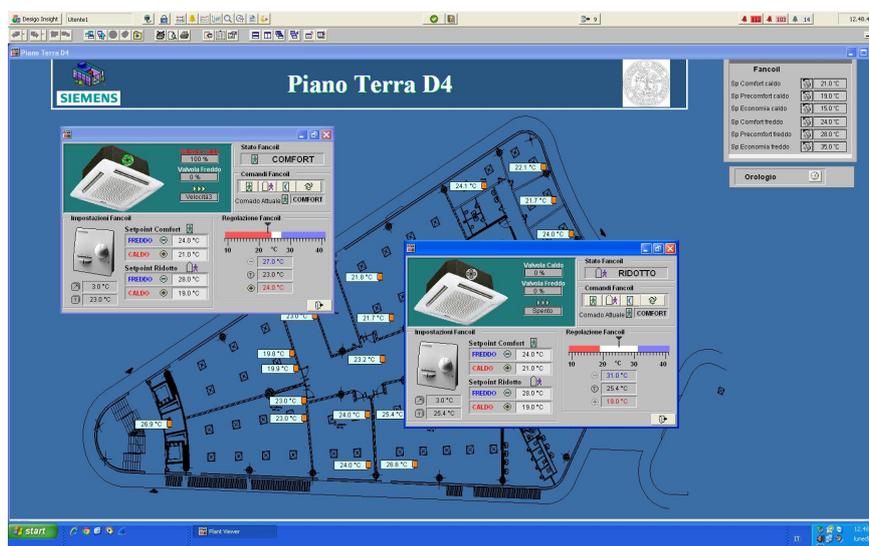


Figure 16: Esempio di Fancoil vicini con settaggi temperature diverse

- Il mancato controllo generalizzato determina la possibilità di **modifica continua** del range predeterminato (sempre all'interno dei 3 °C in più o meno), con conseguente **dispendio energetico inutile**.



Figure 17: **Esempio di buon utilizzo del Termostato**

Nuovamente non si indicano soluzioni chiare al problema, tuttavia ci appare doverosa un'opera di **sensibilizzazione** degli utenti, così da evitare sprechi inutili. In più è da considerare la possibilità di **inibire** le modifiche **manuali** almeno nelle grandi aree comuni (come i corridoi), mantenendo un range di temperatura fisso: ad esempio i corridoi dei piani elevati essendo chiusi dagli uffici circostanti determinano una bassa dispersione termica ed una conseguente non necessarietà di condizionamento continuo.

Da prese dati effettuate in vari locali e aule del CLE si vede come molti Ventilconvettori e UTA rimangano **accesi anche durante la notte e nei giorni festivi**. Per uno studio approfondito si dovrebbero monitorare tutti fancoil per un intero anno e valutarne gli effettivi sprechi: infatti risulta conveniente in alcune stagioni con maggior richiesta, come l'estate e l'inverno, tenere acceso parzialmente il condizionamento nelle ore notturne per avere un carico sulla rete inferiore negli orari di apertura del campus.

È doveroso riportare il caso del Luglio 2015: nella sezione consumi avevamo già notato l'aumento di consumi dovuto alla temperatura che ha messo alla prova l'impianto termico del Campus. Sono risultate le **inefficienze delle Travi Attive**; questi terminali, studiati per climi meno umidi del nostro, hanno dato molti problemi di condensa e conseguente gocciolamento negli uffici. Per ovviare al problema sono state *disabilitate* e si sono affidate alle UTA le operazioni di miscelamento aria.

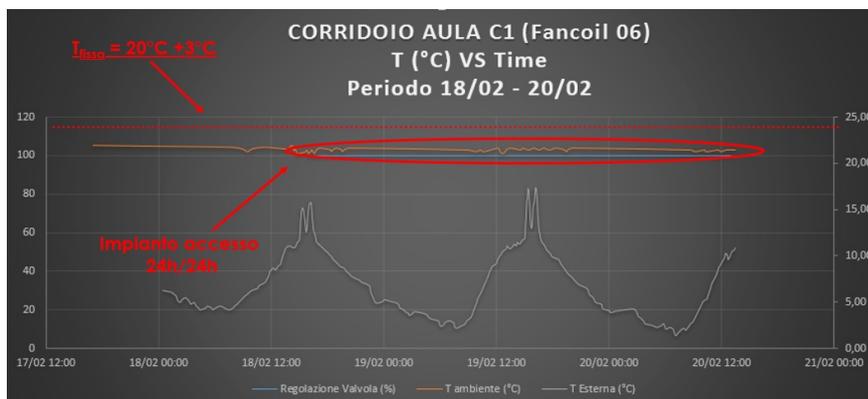


Figure 18: L'errata regolazione del Termostato determina condizionamento continuo

0.4 Impianto Elettrico

Questa sezione approfondisce i consumi energetici dovuti agli apparecchi illuminanti connessi all'impianto elettrico.

0.4.1 Illuminazione

Piani interrati

Per ogni stabile del CLE è previsto il rispettivo Piano Interrato: esso in generale funge da Autorimessa, da deposito rifiuti (Amiat) e da locale tecnico. Si studia in dettaglio il diverso utilizzo per stabile

- **D4:** presenta locali tecnici (Termo-Fluidici), un deposito Amiat e parte dell'Autorimessa del CLE; i veicoli vi entrano attraverso un ingresso che dà sull'esterno;
- **D3:** presenta Impianti Meccanici, altri locali e la Cabina D3;
- **D2:** presenta i servizi igienici sottostanti la Main Hall, spogliatoi per il personale di servizio e locali a disposizione;
- **D1:** presenta la Cabina D1 e la Sottocentrale Tecnologica Locale D1;
- **C3 e C2:** presentano locali tecnici più parte dell'Autorimessa, insieme alla C2;
- **C1:** presenta ulteriori locali tecnici insieme alla Vasca di Accumulo Acqua in funzione antincendio; collegato con il C2 funge anch'esso da autorimessa, con collegamento verso l'esterno (per l'ingresso dei veicoli).

Nel proseguo si opera un'analisi sull'illuminazione dei piani interrati, volta alla ricerca di eventuali consumi risparmiabili, pertanto si quantificano unica-

mente i consumi legati ai locali che non necessitano di illuminazione continua. Quindi, non considerando ovviamente locali tecnici e cabine (necessitanti illuminazione continua), ci si sofferma sullo studio dei consumi di **Autorimesse e Depositi Amiat**⁶, aree che interessano solo i piani interrati degli stabili **D4, C3, C2 E C1**.

Consumi Per il resoconto del numero degli apparecchi illuminanti interessati e la loro tipologia si rimanda rispettivamente alla sezione **Apparecchi Illuminanti** e all'appendice D **Tipologia di Apparecchi Illuminanti**; nel seguito si riporta unicamente la stima dei consumi orari diversificati per locale e per Circuito (NORMALE e di SICUREZZA): *N* sta per *Circuito Normale* e *S* per *Circuito di Sicurezza*.

Si ricorda la temporizzazione dell'impianto (vedi sezione **Temporizzazioni**):

- **Circuito Normale** \Rightarrow Lun-Sab 5:00-22:00;
- **Circuito di Sicurezza** \Rightarrow in orario differente (comprensivo di Domenica).

	Consumo N (kWh)	Consumo S (kWh)
Autorimessa	16.86	1.48
Deposito Amiat	1.06	0.05
Totale	17.92	1.54

Per lo studio che segue si è deciso di non considerare il dato relativo ai **Depositi Amiat**, in quanto non si è potuta verificare in loco la loro effettiva illuminazione; pertanto si considera unicamente il dato relativo all'Autorimessa, verificato direttamente.

Nelle tabelle sottostanti è riportato un confronto tra i consumi ed i costi dovuti al regime di illuminazione attuale (così da darne una stima) e i risparmi in termini energetici ed economici in seguito ad attuazione di 4 scenari differenti.

- **Scenario 1:** Disattivazione dell'impianto di illuminazione dal lunedì al sabato in orario notturno (22:00-5:00) e di Domenica;
- **Scenario 2:** Disattivazione dell'impianto di illuminazione dal lunedì al venerdì in orario notturno (22:00-5:00) e nel weekend (dalle 15:00 del Sabato alle 5:00 del lunedì successivo);

⁶Si ritiene che la loro illuminazione notturna o diurna nelle ore meno affollate sia superflua

- **Scenario 3:** Disattivazione dell'impianto di illuminazione un'ora dopo la chiusura del Campus e attivazione un'ora prima della riapertura (Circuito Normale attivo Lun-Ven 7:00-21:00, Sab 7:00-15:00);
- **Scenario 4:** Disattivazione dell'impianto di illuminazione in orario di chiusura del Campus (Circuito Normale attivo Lun-Ven 8:00-20:00, Sab 8:00-14:00).

	Consumo Settimanale (kWh)	Consumo Annuale (kWh)
Attuale	1817.26	94497.31
	Risparmio Settimanale [kWh]	Risparmio Annuale [kWh]
Scenario 1	97.94	5093.09
Scenario 2	215.94	11228.67
Scenario 3	502.49	26129.38
Scenario 4	704.76	36647.52

	Costo Settimanale [€]	Costo Annuale [€]
Attuale	372.16	19352.33
	Risparmio Settimanale [€]	Risparmio Annuale [€]
Scenario 1	18.22	947.3
Scenario 2	42.47	2208.19
Scenario 3	97.01	5044.66
Scenario 4	138.58	7206.17

Ovviamente, in termini di risparmio economico ed energetico, lo **Scenario 4** risulta il migliore; tuttavia la sua attuazione comporterebbe sicuramente difficoltà al personale del Campus; pertanto si ipotizza che lo scenario preferibile sia il **3**.

L'attuazione dello **Scenario 3** necessiterebbe comunque di una gestione più accorta dell'accesso all'autorimessa del personale, dato che essa risulterebbe illuminata solo in orario 7.00-21.00 (Lun-Ven) e 7.00-15.00 (Sab).

L'installazione di **Sensori di presenza** all'interno dei locali e ai due ingressi risulterebbe una soluzione definitiva in quanto permetterebbe di risolvere i problemi di gestione notturna (si avrebbe illuminazione ogni volta che è necessaria) e *renderebbe possibile anche un risparmio diurno* (in periodi in cui l'autorimessa rimane illuminata pur senza che vi siano accessi).

illuminazione Interna

Si ricorda la temporizzazione dell'illuminazione interna:

- **NORMALE:** Lun-Ven 7:00-23:00 Sab 7:00-14:00;
- **SICUREZZA:** in orario differente (comprensivo di Domenica).

Pertanto in orario notturno e nel fine settimana rimane attivo unicamente il **Circuito di Sicurezza**, a cui è sottesa principalmente l'illuminazione di corridoi e zone comuni (gli apparecchi illuminanti di uffici e aule risultano disattivati).

L'illuminazione dei piani superiori al terreno è necessaria al personale delle pulizie fino alle 23:00, mentre risulta superflua **negli orari 23:00/7:00** e nel **weekend** poiché il personale di sorveglianza circola effettivamente solo ai piani terreni; pertanto la sua disattivazione in tale orario comporterebbe un notevole risparmio energetico ed economico.

Dai dati relativi ai piani superiori degli stabili D3 e D4 (riportati nella sezione **Apparecchi Illuminanti**) si ha un consumo orario del Circuito di Sicurezza di 5.54 kWh.

Considerando i costi delle relative fasce orarie (vedi **Prezzi dell'Energia Elettrica**) e la possibile disattivazione dell'impianto in orario seguente:

- **Lun-Sab 23:00-7:00;**
- **Sab 16:00-24:00⁷;**
- **Dom 0:00-24:00.**

si ottengono le stime riportate di seguito.

Stabile	Risparmio Settimanale [kWh]	Risparmio Annuale [kWh]
D3-D4	437.66	22758.32
Stabile	Risparmio Settimanale [€]	Risparmio Annuale [€]
D3-D4	81.38	4231.87

Il CLE ha in totale 7 stabili: ipotizzando che i consumi si mantengano pressochè costanti negli stabili restanti, si possono ottenere i valori globali (riportati in ordine di grandezza data l'arbitrarietà della stima).

⁷Si ipotizza di disattivare l'illuminazione due ore dopo l'orario di chiusura, così da permettere le operazioni di pulizia.

	Risparmio Settimanale [kWh]	Risparmio Annuale [kWh]
CLE	1500	80000
	Risparmio Settimanale [€]	Risparmio Annuale [€]
CLE	280	14800

Illuminazione Esterna

L'illuminazione dell'intero perimetro della struttura è dovuta ad un impianto a parete, presente lungo l'esterno dei **Piani terreni** dei vari stabili, e a faretti posti in prossimità della **Copertura**.

Se ne ricorda la temporizzazione per gli apparecchi illuminanti relativi ai Piani Terreni degli stabili.

- **NORMALE:** Lun-Dom 16:30-8:00⁸;
- **IMPIANTO NON ATTIVO** in orario differente.

Non potendo risalire da **ControlRoom** ad una temporizzazione per i faretti sottocopertura si è ipotizzata la seguente.

- **NORMALE:** Lun-Dom 19.00:7.00⁹;
- **IMPIANTO NON ATTIVO** in orario differente.

Dai dati della sezione **Apparecchi Illuminanti** si valuta un consumo orario per i faretti posti al pian terreno pari a **9.59 kWh** e pari a **15.40 kWh**.

Certamente il funzionamento dell'impianto durante la notte è funzionale all'accesso alla struttura delle guardie notturne, pertanto questo non viene considerato in chiave risparmio energetico.

Viceversa **il funzionamento dell'impianto durante il weekend** appare fortemente discutibile, in quanto si immagina che la struttura non sia frequentata. Di seguito si valuterà il risparmio economico ed energetico in caso di disattivazione dell'impianto stesso nel fine settimana.

Risparmio Stimato per spegnimento nel weekend Si ottengono i seguenti dati sui consumi e costi risparmiabili tramite disattivazione degli apparecchi illuminanti in orario seguente:

⁸Nel mese di settembre l'illuminazione non risultava attiva prima delle 17:30, ma si attribuisce questa discrepanza all'ora legale

⁹L'Illuminazione risultava attiva prima delle 20:00 e disattivata entro le 8:00

- **Illuminazione da Piano Terreno:** dalle ore 16:30 di Sabato alle 5:00¹⁰ del Lunedì;
- **Illuminazione da Copertura:** dalle ore 17:00 di Sabato alle 5:00¹¹ del Lunedì.

	Posizione Faretto	Settimanale	Annuale
Consumo [kWh]	Piano Terreno	268.52	13963.04
	Copertura	338.80	17617.60
	Totale	607.32	31580.64
Costo [€]	Piano Terreno	50.76	2639.41
	Copertura	63.68	3311.20
	Totale	114.43	5950.61

Pertanto la **disattivazione dell'impianto nel weekend** comporterebbe un **risparmio annuale di circa 6000 €**.

0.4.2 Computer

Per 7 giorni si è monitorato¹² il consumo di due computer dell'aula informatica Li4 (situata nello stabile D4) e si è verificato che essi rimangono in stand-by per quasi la totalità della settimana.

Lo spegnimento a discrezione degli utenti non funziona.

I computer dovrebbero essere spenti per tutto l'orario di chiusura del Campus, ovvero le notti, il sabato pomeriggio e la domenica.

Si stima il risparmio possibile in seguito a questa scelta: dalla presa dati si sono ricavati i valori seguenti.

Consumo medio orario per Pc = 20Wh

Consumo totale Pc CLE = 369Pc *20Wh = 7.38 kWh

Risparmio Settimanale [kWh]	Risparmio Annuale [kWh]
770.56	40069.21
Risparmio Settimanale [€]	Risparmio Annuale [€]
143.29	7451.28

¹⁰Si ipotizza questa temporizzazione per permettere l'accesso al personale.

¹¹Vedi nota precedente.

¹²Ci si è serviti del dispositivo Efergy 2.0 Classic

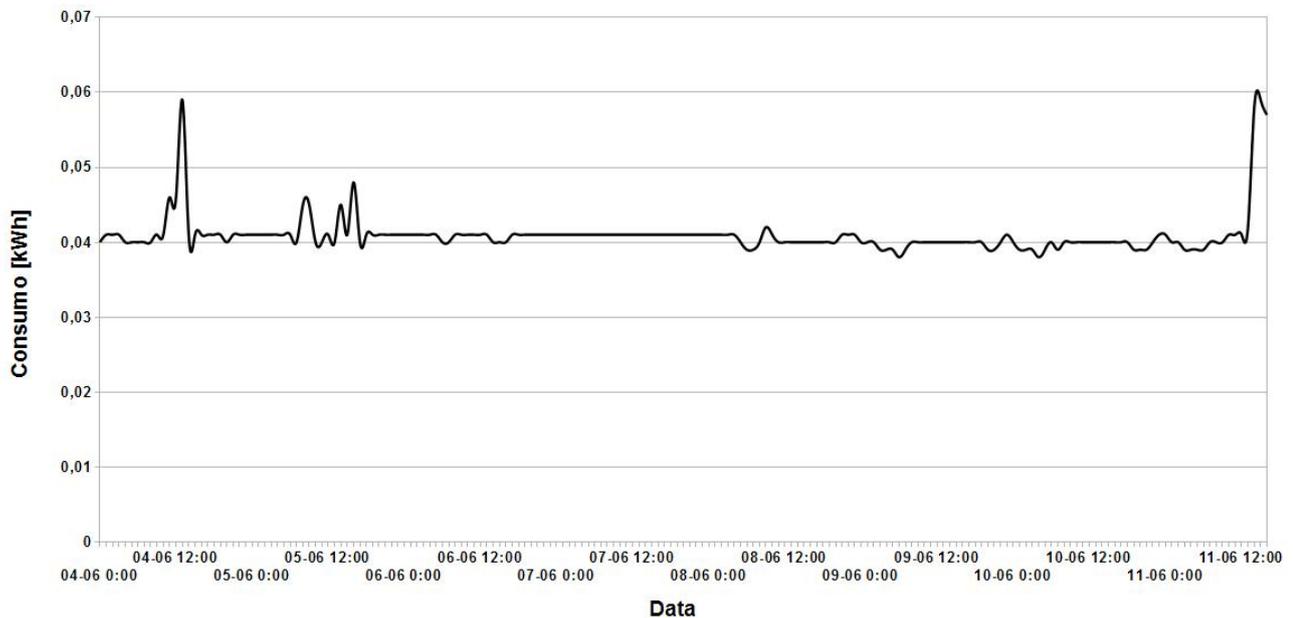


Figure 19: Monitoraggio consumo di due computer

Il risultato potrebbe essere superiore tenendo conto di festività e dei Pc connessi ai proiettori presenti in molte aule. Va tenuto presente però che non si è potuta verificare direttamente l'effettiva accensione notturna di tutti i PC del CLE, pertanto la nostra stima è fortemente ipotetica.

Ad ogni modo il risparmio risulterebbe notevole, considerato in ordine di grandezza: pertanto la problematica necessita di **soluzioni**, quali la **sensibilizzazione degli utenti** e la **temporizzazione dell'accensione dei dispositivi**.

0.4.3 Distributori Alimentari

Ci si è chiesti quanto potesse consumare un Distributore Alimentare e se questi rimanessero accesi negli orari di chiusura del Campus.

Di seguito si riportano i dati presi dalle 0:00 di Giovedì 02/07/2015 alle 10:00 di venerdì 10/07/2015 tramite il dispositivo **Efergy 2.0 Classic**.

Come mostra la figura 20 le fluttuazioni del consumo sembrano casuali: infatti non c'è distinzione tra giorni lavorativi o feriali, tra ore diurne o notturne. Quello che viene evidenziato è dunque il consumo inutile nelle ore di chiusura.

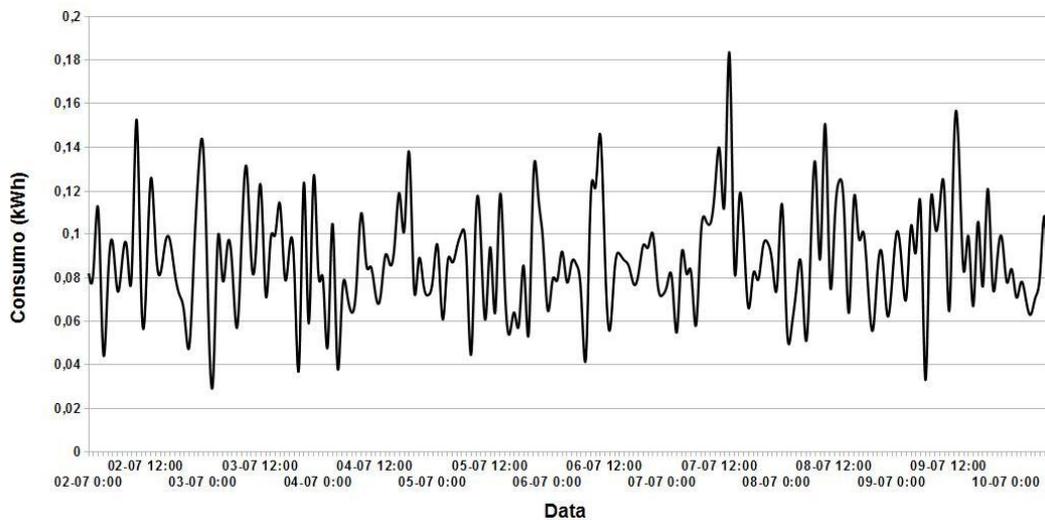


Figure 20: **Consumo di un distributore automatico di Caffè**

Mediando sui dati si ottiene un **consumo medio di 89Wh**.

Se si considerano i periodi di chiusura del CLE nei quali questo distributore potrebbe essere spento grazie ad un adattatore temporizzato (costo intorno ai 10€) si stima un risparmio di **1.72 €** settimanalmente per dispositivo.

Si ricorda che all'interno del Campus sono presenti: **12 distributori d'acqua, 14 di caffè e 8 di alimentari**. Escludendo i distributori alimentari che necessitano di alimentazione continua per la conservazione degli alimenti, vi sono **26 distributori** che possono essere disattivati in orario di chiusura del Campus.

Ipotizzando che un distributore di bevande consumi almeno quanto un distributore di caffè¹³, si valuta il seguente risparmio grazie alla possibile temporizzazione dei 26 dispositivi.

Risparmio Settimanale [kWh]	Risparmio Annuale [kWh]
238.68	12411.36
Risparmio Settimanale [€]	Risparmio Annuale [€]
44.81	2330.01

¹³La stima appare consistente in quanto il primo si occupa anche della refrigerazione delle bibite.

0.4.4 Problematiche Approfondite

La Main Hall

Come evidenziato nell'**Appendice D**, alcune tipologie di apparecchi illuminanti posti all'interno del Campus sono dimmerabili: posti in successione a sensori di luminosità (presenti in alcune aule e aree comuni) permettono un risparmio in caso di sufficiente illuminamento naturale (ad esempio durante una tipica giornata estiva).

Dallo studio degli impianti di illuminazione "As-built" e da sopralluoghi al CLE, è emersa la totale assenza di questa tipologia all'interno della **Main Hall (stabile D2)**, benchè la sua copertura consista di un grande **Lucernario** (che permette la trasmissione interna di radiazione solare esterna).



Figure 21: La Main Hall illuminata dal Lucernario

Ricordando il regime di illuminazione interna

- **CIRCUITO NORMALE:** Lun-Ven 7:00-23:00 Sab 7.00-14.00;
- **Circuito di Sicurezza** in orario differente (comprensivo di Domenica).

La totalità degli apparecchi illuminanti dello **Stabile D2** risulta attiva in orario di Apertura: laddove ciò è strettamente necessario per gli uffici dei piani superiori (nei quali l'illuminamento naturale non permea), esso può risultare superfluo per le aree comuni della **Main Hall** nel caso di elevata luminosità esterna.

Nel proseguo si stimano i consumi delle aree interessate, l'illuminamento interno in una generica giornata soleggiata (grazie a due prese dati), i consumi risparmiabili ed il conseguente risparmio energetico ed economico.

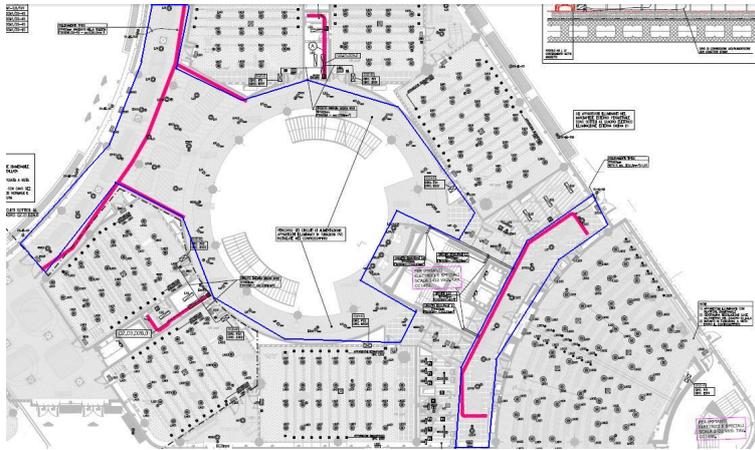


Figure 22: Main Hall: Piano Terreno

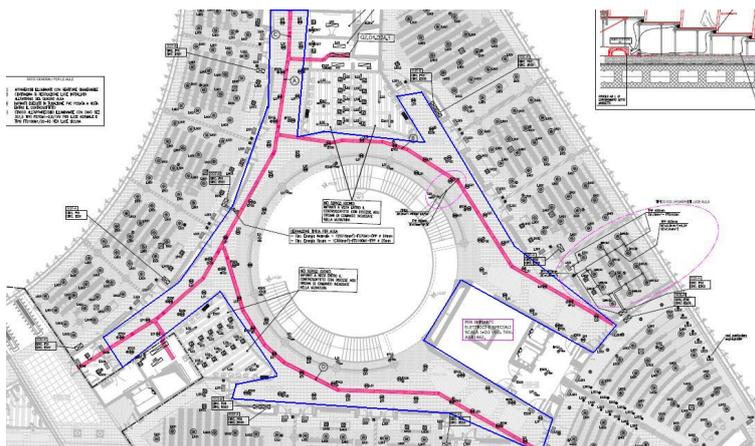


Figure 23: Main Hall: Piano Primo

Consumi Aree Interessate Nelle due planimetrie si sono cerciate in blu le aree comuni della **Main Hall**, che potrebbero risultare interessate dalla radiazione esterna.

Si riporta di seguito il numero degli apparecchi illuminanti nelle aree interessate e le rispettive potenze (vedi **Tipologia di Apparecchi Illuminanti**)

Piano	Item	N° Dispositivi	Potenza [W]	Potenza Complessiva [kW]
Terreno	13	22	150	3.30
Terreno	4	30	78	2.34
Primo	13	9	150	1.35
Primo	12/A	82	26	2.13
Totale	-	143	-	9.12

Nella tabella di seguito si riportano i **Consumi Totali Stimati**

	Consumo [kWh]
Orario	9.12
Settimanale	601.92
Annuale	31299.84

I valori stimati sono notevoli e ciò conferma l'esigenza di uno studio sull'effettiva necessità d'illuminazione interna.

Studio Illuminamento Interno Le norme nazionali¹⁴ per l'illuminazione delle aree comuni in edifici scolastici richiedono un valore di **Illuminamento** pari a

$$E = 100 \text{ lx}$$

Pertanto si è attuato uno studio sull'illuminamento degli interni, alla ricerca delle aree in cui tale valore fosse molto superiore al necessario (grazie all'influenza della radiazione solare esterna). Non avendo a disposizione un **LuxMetro** opportunamente tarato, si è utilizzata l'app **LuxMeter** di un Samsung A3: in ogni caso la bontà della presa dati è stata confermata dal confronto con dati di illuminamento già noti.

Dopo aver individuato **18 punti di osservazione** (evidenziate nelle planimetrie seguenti) si è optato per una presa dati a cadenza di un'ora e mezza, dalle **8:30** alle **19:00**: il dato sull'Illuminamento è stato valutato all'altezza di circa **1 m** dal pavimento.

Si riportano di seguito i dati, presi rispettivamente il **18 Settembre 2015** e l'**8 Ottobre 2015**; si sottolinea che entrambe le giornate hanno presentato clima soleggiato. *Si è deciso di non riportare gli errori in quanto lo strumento di misura appare fortemente limitato: esso risulta sempre almeno dell'ordine delle unità.*

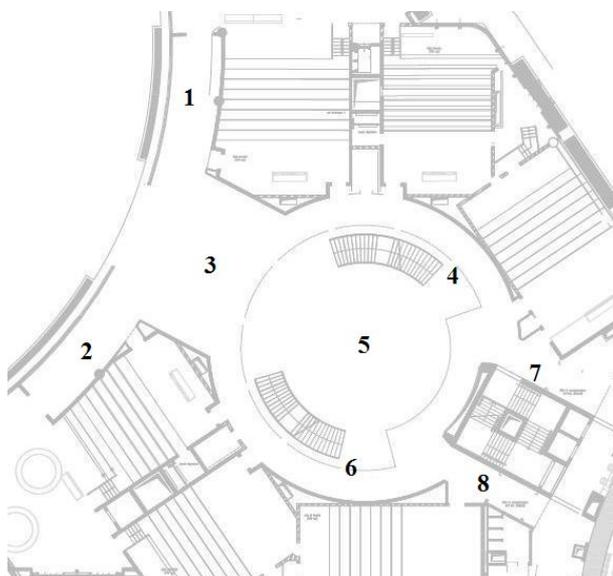


Figure 24: Main Hall: Piano Terreno

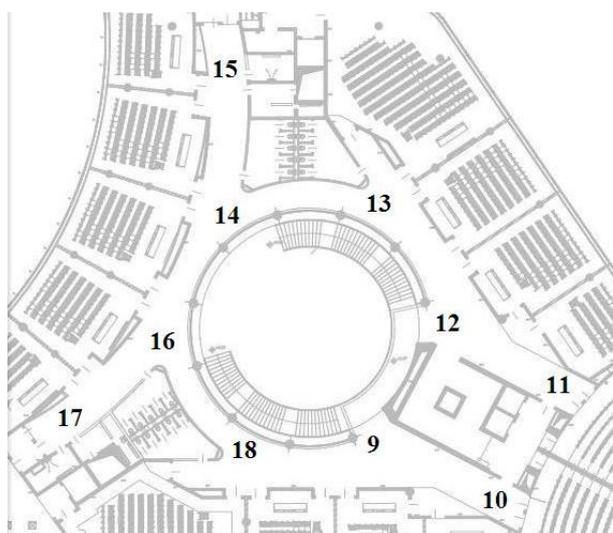


Figure 25: Main Hall: Piano Primo

Dal confronto tra il **Percorso del Sole** in data 18 settembre 2015 (ottenuto tramite il sito internet <http://www.sunearthtools.com/>, vedi figura 26) e una mappa a falsi colore dell'**Illuminamento interno** (vedi figura 27), ricavata a partire dai nostri dati sperimentali, si verifica la bontà della nostra stima. La variazione di Illuminamento interno nel corso delle due giornate di stu-

¹⁴Vedi **Appendice E**

Data	Orario	08.30	10.00	11.30	13.00	14.30	16.00	17.30	19.00
18/09/15	Punti	Illuminamento [lx]							
Piano Terreno	1	115	250	400	300	250	1100	2600	140
	2	130	250	330	350	270	300	340	140
	3	170	300	510	560	400	300	360	160
	4	540	740	870	1100	750	470	530	350
	5	710	3100	6700	4900	3040	2000	950	290
	6	340	750	820	890	790	800	300	460
	7	370	500	420	450	460	500	430	360
	8	560	480	620	740	720	600	650	520
Piano Primo	9	140	330	910	1100	920	690	520	240
	10	100	260	220	140	140	220	250	230
	11	60	220	200	250	230	100	230	250
	12	400	340	900	800	1000	940	400	120
	13	180	240	590	730	1200	370	220	140
	14	60	240	1020	1520	360	300	120	85
	15	150	90	65	100	100	100	90	80
	16	40	400	615	620	500	500	220	160
	17	70	70	110	80	80	100	80	73
	18	200	230	540	630	500	470	220	140
Stato Atmosferico		Velato	Velato	Soleggiato	Soleggiato	Soleggiato	Soleggiato	Soleggiato	Sereno

Data	Orario	08.30	10.00	11.30	13.00	14.30	16.00	17.30	19.00
08/10/15	Punti	Illuminamento [lx]							
Piano Terreno	1	108	80	200	280	430	800	260	80
	2	150	93	220	250	370	320	160	60
	3	155	140	240	315	340	270	170	120
	4	360	260	583	550	650	388	390	240
	5	475	700	2400	2915	3800	1984	580	21
	6	370	435	610	634	870	605	330	680
	7	410	292	440	520	450	468	360	370
	8	600	530	720	780	900	650	550	400
Piano Primo	9	180	170	1050	820	1400	510	230	70
	10	190	164	120	230	120	210	220	218
	11	194	123	194	210	160	174	170	205
	12	170	123	870	1100	1300	780	260	70
	13	150	151	320	410	295	243	170	105
	14	100	77	470	300	320	165	212	50
	15	50	70	80	100	90	110	93	112
	16	165	187	300	470	420	260	150	143
	17	60	30	75	70	63	63	50	50
	18	160	125	400	510	600	270	170	75
Stato Atmosferico		Velato	Soleggiato	Soleggiato	Soleggiato	Soleggiato	Soleggiato	Soleggiato	Sereno

dio evidenziano qualitativamente l'influenza della radiazione solare esterna; ovviamente si è interessati ad un **approccio maggiormente quantitativo**. Sapendo che l'ultimo dato del **08/10/15** è stato misurato successivamente al **tramonto**, verificatosi sulla città di Torino alle

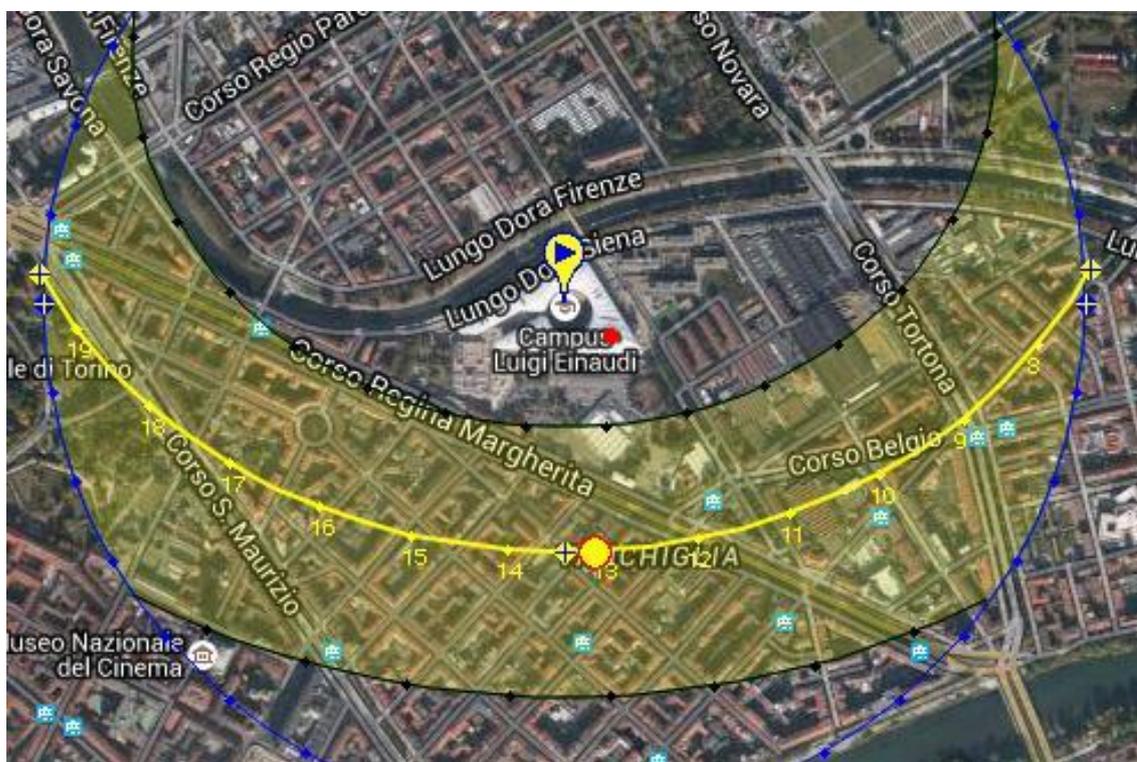


Figure 26: **Percorso del Sole in data 18 Settembre 2015**: in rosso il Lucernario

18.57.35¹⁵

lo si è utilizzato come buona stima dell'**Illuminamento Artificiale** dovuto agli apparecchi illuminanti.

Quindi considerando l'Illuminamento dei dispositivi presenti costante nel corso delle due giornate, si è sottratto questa stima ai dati sperimentali, così da avere una valutazione approssimata dell'**Illuminamento Naturale**, dovuto alla radiazione esterna.

Nel seguito si riporta l'elaborazione dei dati: si sono evidenziati in verde i valori superiori ai **100 lx** richiesti a norma di legge.

Se le nostre ipotesi fossero totalmente corrette, non si dovrebbero ovviamente ottenere valori negativi per l'Illuminamento Solare: si attribuisce tale anomalia ad errori sperimentali (dovuti allo strumento utilizzato e alla misurazione).

D'altro canto i valori minimi di Illuminamento Solare nelle posizioni **10-11-15-17**, lontane dal centro della Main Hall e per questo meno accessibili alla

¹⁵Valore desunto nuovamente dal sito <http://www.sunearthtools.com>

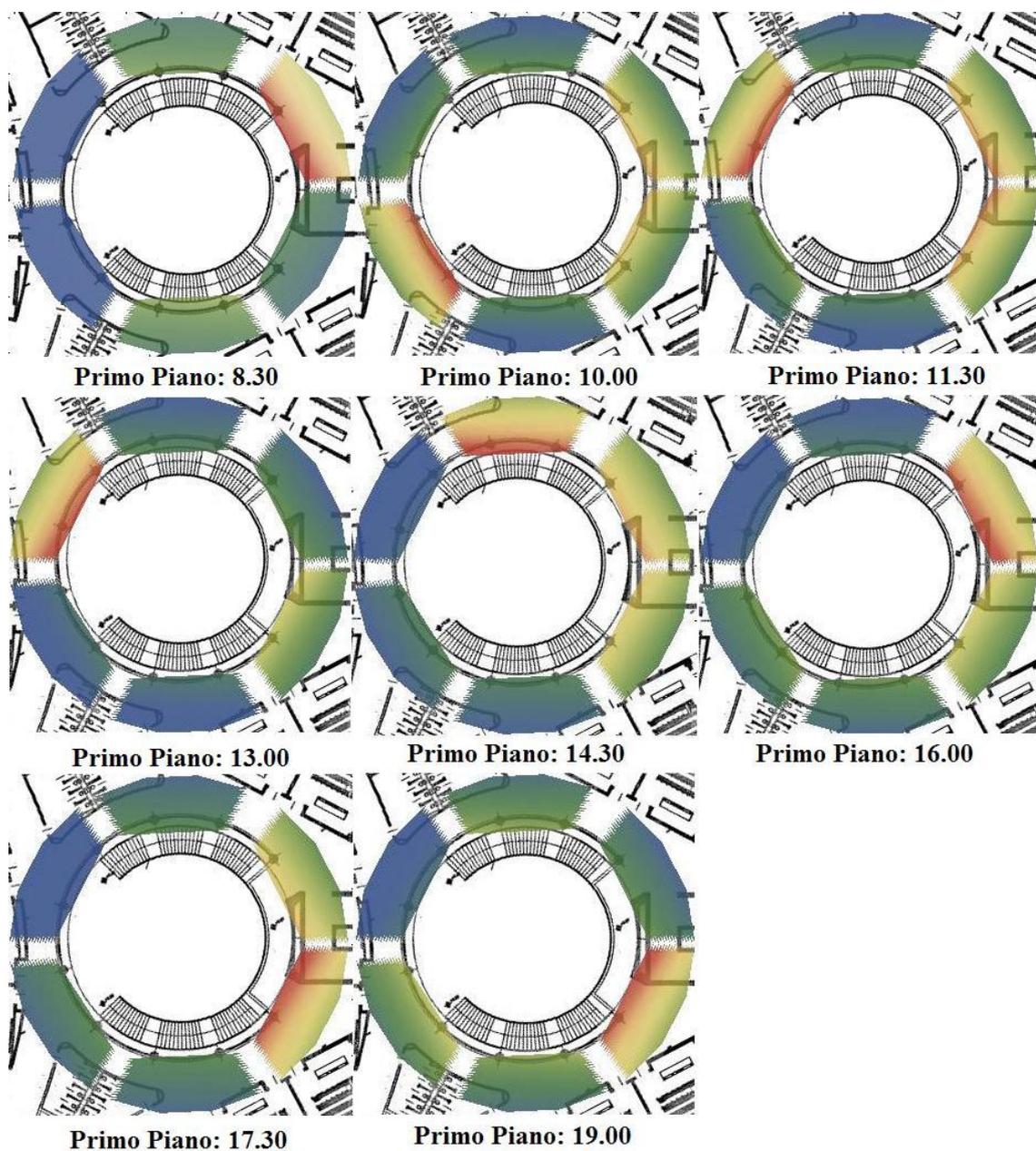


Figure 27: A valori di illuminamento maggiori sono associati colori caldi; a valori minori colori freddi

radiazione esterna ci conforta sulla sensazione delle approssimazioni.
 Escluse le posizioni 6-7 (per le quali ci si aspettava un'influenza, evidenziata solo in parte), si stima che *in media* le restanti ricevano radiazione solare sufficiente all'illuminamento necessario in orario

Data	Orario	08.30	10.00	11.30	13.00	14.30	16.00	17.30	19.00
18/09/15	Punti	$E_{Sol} = E_{exp} - E_{art} [lx]$							
Piano Terreno	1	35	170	320	220	170	1020	2520	60
	2	70	190	270	290	210	240	280	80
	3	50	180	390	440	280	180	240	40
	4	300	500	630	860	510	230	290	110
	5	689	3079	6679	4879	3019	1979	929	269
	6	-340	70	140	210	110	120	-380	-220
	7	0	130	50	80	90	130	60	-10
	8	160	80	220	340	320	200	250	120
Piano Primo	9	70	260	840	1030	850	620	450	170
	10	-118	42	2	-78	-78	2	32	12
	11	-145	15	-5	45	25	-105	25	45
	12	330	270	830	730	930	870	330	50
	13	75	135	485	625	1095	265	115	35
	14	10	190	970	1470	310	250	70	35
	15	38	-22	-47	-12	-12	-12	-22	-32
	16	-103	257	472	477	357	357	77	17
	17	20	20	60	30	30	50	30	23
	18	125	155	465	555	425	395	145	65

Figure 28: E_{Sol} : Illuminamento Solare; E_{exp} : dato sperimentale; E_{art} : dato sperimentale del 8/10/15 alle 19:30

- 10:00-17:30¹⁶ in data 18/09/15;
- 11.30-16.00 in data 08/10/15;

Pertanto risulta ragionevole considerare una riduzione dell'illuminamento dovuto agli apparecchi illuminanti, permessa tramite un loro parziale spegnimento.

Riduzione dell'Illuminamento Artificiale Dallo studio precedente risulta ragionevole ipotizzare una parziale disattivazione degli apparecchi illuminanti relativi alle posizioni **1-2-3-4-5-8-9-12-13-14-16-18**.

Di seguito se ne riporta il numero, la tipologia e le potenze assorbite.

¹⁶Si è preferito soffermarsi sull'andamento generale (senza curarsi delle due eccezioni alle posizioni 14 e 16)

Data	Orario	08.30	10.00	11.30	13.00	14.30	16.00	17.30
08/10/15	Punti	$E_{Sol} = E_{exp} - E_{art} [Ix]$						
Piano Terreno	1	28	0	120	200	350	720	180
	2	90	33	160	190	310	260	100
	3	35	20	120	195	220	150	50
	4	120	20	343	310	410	148	150
	5	454	679	2379	2894	3779	1963	559
	6	-310	-245	-70	-46	190	-75	-350
	7	40	-78	70	150	80	98	-10
	8	200	130	320	380	500	250	150
Piano Primo	9	110	100	980	750	1330	440	160
	10	-28	-54	-98	12	-98	-8	2
	11	-11	-82	-11	5	-45	-31	-35
	12	100	53	800	1030	1230	710	190
	13	45	46	215	305	190	138	65
	14	50	27	420	250	270	115	162
	15	-62	-42	-32	-12	-22	-2	-19
	16	22	44	157	327	277	117	7
	17	10	-20	25	20	13	13	0
	18	85	50	325	435	525	195	95

Figure 29: E_{Sol} : Illuminamento Solare; E_{exp} : dato sperimentale; E_{art} : dato sperimentale del 8/10/15 alle 19:30

Piano	Item	N° Dispositivi	Potenza [W]	Potenza Complessiva [kW]
Terreno	13	14	150	2.10
Terreno	4	18	78	1.40
Primo	13	9	150	1.35
Primo	12/A	33	26	0.86
Totale	-	74	-	5.71

Pertanto si può ipotizzare uno spegnimento degli stessi in presenza di radiazione solare esterna sufficiente: per una stima al ribasso si immagina che la disattivazione possa avvenire per il **Semestre Estivo (Aprile-Settembre)** per **4.5 ore quotidiane** (dalle **11.30** alle **16.00**¹⁷).

In prima analisi può sembrare eccessivo una disattivazione dei dispositivi per l'intero semestre considerato (bisognerebbe considerare l'incidenza della nuvolosità nel periodo considerato), tuttavia la sottostima sul numero di ore

¹⁷Dato ricavato dall'analisi precedente per l'8/10/15

quotidiane di spegnimento¹⁸ ci conforta sulla bontà dell'approssimazione. Nel proseguo si riportano i risparmi energetici ed economici conseguenti alla disattivazione quotidiana dei dispositivi interessati (**ore 11:30-16:00 dal Lunedì al Sabato per un semestre**).

	Settimanale	Mensile	Annuale
Risparmio [kWh]	142.8	571.2	3427.2
Risparmio [€]	30.03	120.13	720.8

Date le notevoli approssimazioni i dati precedenti devono essere considerati come semplici stime; ovviamente il risparmio risulta notevolmente influenzato dall'andamento meteorologico attuale.

Non è auspicabile ipotizzare una disattivazione manuale giornaliera degli apparecchi illuminanti superflui; viceversa l'introduzione di **sensori di luminosità** e **lampade crepuscolari** nella **Main Hall** permetterebbe una soluzione al problema semplice ed automatica.

Servizi Igienici

I servizi igienici del Cle presentano il medesimo regime di illuminazione degli interni

- **Circuito Normale:** Lun-Ven 7:00-23:00, Sab 7:00-14:00
- **Circuito di Sicurezza:** in orario differente (comprensivo di Domenica).

Benchè vi sia la possibilità di **disattivazione manuale** degli apparecchi illuminanti per ogni locale (antibagno o singolo WC) attraverso un interruttore, essa non viene **mai applicata** dagli utenti stessi.

Pertanto i servizi igienici risultano costantemente illuminati in orario di apertura del Cle (Lun-Ven 8:00-20:00; Sab 8:00-14:00), anche in caso di mancata fruizione dei locali. In generale dalla temporizzazione ci si aspetta che l'illuminazione rimanga attiva dalle 7:00 alle 23:00 dal Lunedì al Venerdì (per permettere l'accesso al personale addetto alla pulizia): *pur non avendo potuto verificare in loco questa ipotesi, si decide di ritenerla valida.* Inoltre in orario di chiusura si ha il mantenimento del Circuito di Sicurezza: parte degli apparecchi illuminanti rimangono in funzione per permettere l'accesso eventuale della guardia notturna. *Nuovamente non si è avuta una verifica in loco, ma si giudica l'ipotesi valida a partire dai dati desunti da **Control-Room**.*

¹⁸Infatti si è utilizzato il dato del 8/10/15; è ragionevole ritenere che nei mesi estivi il numero di ore sia maggiore.

Ovviamente le precedenti rappresentano inefficienze in quanto si ha illuminazione attiva pur in caso di mancato utilizzo dei servizi stessi. Nel proseguo si opera uno studio dei consumi relativi, un'analisi delle soluzioni e i risparmi energetici ed economici ottenibili.

Consumi Energetici Si ricordano i seguenti dati relativi ai Servizi Igienici del Cle (vedi sezione **Apparecchi Illuminanti**):

- **113 Locali** divisi in **84 Maschili e Femminili** e **29** per **Portatori di Handicap**;
- **85 Antibagni** (presenti all'interno dei servizi Maschili e Femminili);
- **251 Locali Wc** (**222** all'interno dei servizi Maschili e Femminili e **29** per i Portatori di Handicap);
- **Consumo Orario** degli apparecchi Illuminanti

8.99 kWh per Circuito Normale
2.71 kWh per Circuito di Sicurezza

Pertanto il **Consumo Energetico Attuale** risulta

Illuminazione	Consumo Settimanale [kWh]	Consumo Annuale [kWh]
Normale	781.96	40661.71
Di Sicurezza	219.83	11431.37
Totale	1001.79	52093.08

Risparmio Energetico Ora si stima il risparmio energetico ed economico in seguito ad installazione di sensori di presenza.

Si ipotizza che tale soluzione permetta di **ridurre** i consumi dell'**Illuminazione Normale del 50%** e quelli dell'**Illuminazione di Sicurezza di circa il 100%**.

Le ipotesi non sono eccessivamente restrittive in quanto

- **in orario 7:00-8:00 e 20:00-23:00** l'illuminazione è necessaria solo per la pulizia dei servizi (la fruizione è limitata nel tempo);
- **in orario di Apertura** la fruizione dei servizi è limitata (soprattutto in orari prossimi alla chiusura);

- **in orario notturno e nel weekend** l'illuminazione è necessaria unicamente alla fruizione da parte della guardia notturna, ovviamente molto limitata.¹⁹.

Pertanto si riportano le stime sui risparmi energetici ed economici conseguenti all'installazione di sensori di presenza.

illuminazione	Risparmio Settimanale [kWh]	Risparmio Annuale [kWh]
Normale	390.98	20330.86
Di Sicurezza	219.83	11431.37
Totale	610.81	31762.22

illuminazione	Risparmio Settimanale [€]	Risparmio Annuale [€]
Normale	81.67	4246.8
Di Sicurezza	40.98	2131.16
Totale	122.65	6377.97

Soluzioni per l'efficienza Grazie all'aiuto della **Direzione Tecnica** (il cui sostegno è stato fondamentale per l'intero studio), si sono ipotizzate delle soluzioni quantitative al problema, stimando anche i costi necessari alla loro messa in atto.

L'analisi seguente si intende riferita ad un tipico blocco composto da **Servizio Maschile, Servizio Femminile e Servizio per Portatori di Handicap**, come riportato in figura.

In primo luogo sono state indicate quattro soluzioni possibili: l'ipotesi di fondo è la **sostituzione dei punti di comando presenti** nei Servizi Igienici (attualmente semplici interruttori manuali) con **comandi automatici a spegnimento temporizzato** (aventi tempo di regolazione di 12 minuti).

- **Soluzione 1:** sostituzione dei punti di comando con **pulsanti manuali** e installazione di un **centralino** per ciascun tipo di Servizio (Maschile, Femminile, per Portatori di Handicap);
- **Soluzione 2:** sostituzione dei punti di comando con **pulsanti manuali** e inserimento di **sensori di presenza** dotati di sensore crepuscolare

¹⁹I sensori di presenza permetterebbero l'accensione istantanea dei dispositivi in caso di necessità

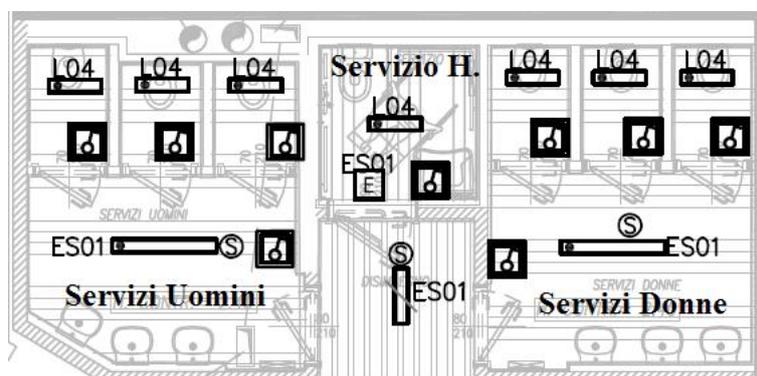


Figure 30: 3 Locali Servizi, 2 Antibagni, 6 Wc

(che permette la misurazione della luce esterna) e temporizzatore regolabile integrato (del tipo Theben²⁰);

- **Soluzione 3:** utilizzazione di **soliti sensori di presenza** con solo relè crepuscolare **per ogni WC e antibagno**;
- **Soluzione 4:** soluzione evoluta con **sistema “BTicino”** con un controllore e sensori e rivelatori di presenza “daylight”.

Si riporta la stima della **Direzione Tecnica** sui costi delle installazioni per il blocco considerato.

	Soluzione 1	Soluzione 2	Soluzione 3	Soluzione 4
Costo [€]	705.98	1041.46	1379.91	2450.75

La **Soluzione 1** è certamente la più semplice ed economica, tuttavia comporta notevoli difficoltà gestionali (l’illuminazione deve essere attivata manualmente all’ingresso).

La **Soluzione 3** è ovviamente la più efficiente, in quanto l’illuminazione viene attivata unicamente dai movimenti degli utenti (vi sono sensori in ogni locale): l’elevato numero di questi ultimi, tuttavia, comporta l’innalzamento del costo di installazione e manutenzione.

La **Soluzione 4** risulta la migliore in assoluto: il sistema BTicino permette di variare il flusso luminoso di ogni dispositivo illuminante in funzione della presenza degli utenti e del contributo della radiazione solare; benché preferibile per i servizi dei Piani Terreni degli stabili **D2** e **D3** (parzialmente illuminati dalla radiazione solare), non è attuabile per il costo elevato.

²⁰Il sensore Theben è un rivelatore di presenza in luce mista con campo di luminosità 10-1500 lx e autoconsumo $\sim 0.7 W$



Figure 31: **Soluzione 2:** installazione di sensori Theben nei due antibagni e nel Bagno per Portatori di Handicap

La **Soluzione 2**, infine, risulta preferibile perchè unisce efficienza a praticabilità: i sensori degli antibagni determinano l'attivazione degli apparecchi illuminanti ovunque, con la possibilità di attivazione manuale nei Locali Wc in caso di spegnimento.

All'interno del Campus la tipologia di **Servizi Igienici** varia molto, pertanto non è facile estendere lo studio precedente all'intero **CLE**; tuttavia considerando il numero dei locali si può stimare un totale di circa **38 Blocchi**²¹

Pertanto si stimano i costi conseguenti alle attuazioni delle 4 soluzioni.

	Soluzione 1	Soluzione 2	Soluzione 3	Soluzione 4
Costo CLE [€]	26827.24	39575.48	52436.58	93128.50

Ricordando il dato sul Risparmio economico conseguente

6377.97 €

²¹Si è diviso il numero totale di Locali Servizi e Locali Wc per quelli del blocco considerato.

risulta evidente un totale **Ammortamento** del costo di intervento in circa **4 anni (Soluzione 1)** o in circa **6 anni (Soluzione 2)**.

0.5 Riepilogo Finale dei Risparmi Possibili

Per completezza si riporta un resoconto finale sugli interventi migliorativi ipotizzabili per il Campus Luigi Einaudi e sul loro impatto energetico ed economico.

Si ricordano le inefficienze riscontrate.

- **Mantenimento Illuminazione Autorimessa in orario di chiusura (notturno e festivi)** ⇒ Soluzione²² Ipotizzata: disattivazione dell'impianto da **ControlRoom** o introduzione di sensori di presenza agli ingressi²³;
- **Illuminazione Interna in orario di chiusura (notturno e festivi)** ⇒ Soluzione²⁴ Ipotizzata: disattivazione dell'impianto da **ControlRoom**;
- **Illuminazione Esterna nel fine settimana** ⇒ Soluzione²⁵ Ipotizzata: disattivazione dell'impianto da **ControlRoom**;
- **Consumo dei Pc in orario di chiusura** ⇒ Soluzione Ipotizzata: temporizzazione per spegnimento;
- **Consumo dei Distributori Alimentari in orario di chiusura** ⇒ Soluzione Ipotizzata: temporizzazione per spegnimento;
- **Illuminazione della Main Hall in presenza di sufficiente radiazione solare** ⇒ Soluzione Ipotizzata: installazione di sensori di luminosità e apparecchi illuminanti dimmerabili;
- **Illuminazione dei Servizi Igienici in periodi di mancata fruizione** ⇒ Soluzione Ipotizzata: installazione di sensori di presenza.

²²Per valutare l'effettiva realizzabilità è necessario uno studio sulle norme illuminotecniche vigenti.

²³In questo modo si eviterebbero anche i consumi diurni nei periodi di mancata fruizione dei locali, risparmio non considerato nella nostra analisi, sebbene presente.

²⁴Per valutare l'effettiva realizzabilità è necessario uno studio sulle norme illuminotecniche vigenti.

²⁵Per valutare l'effettiva realizzabilità è necessario uno studio sulle norme illuminotecniche vigenti.

Oggetto	Risparmio [€]	Risparmio [kWh]	% sull'attuale
Illuminazione Interna	14800	80000	5
Pc	7500	40100	61
Servizi Igienici	6400	31800	61
Illuminazione Esterna	6000	31600	26
Illuminazione Autorimessa ²⁶	5000	26100	28
Distributori Alimentari	2300	12400	46
Illuminazione Main Hall	700	3400	11
Totale	42700	225400	-

I dati sul risparmio economico ed energetici sono valutati annualmente per l'intero Campus Luigi Einaudi; con % sull'attuale si indica la percentuale rispetto ai valori attuali.

Si è scelto di riportare solo l'ordine di grandezza dei valori, dato che si tratta di stime.

Appendix A

Temporizzazioni

Si riportano di seguito gli Screenshot desunti dal Software Siemens operante all'interno della ControlRoom, così da dar maggior peso alle considerazioni della sezione **Temporizzazioni**.

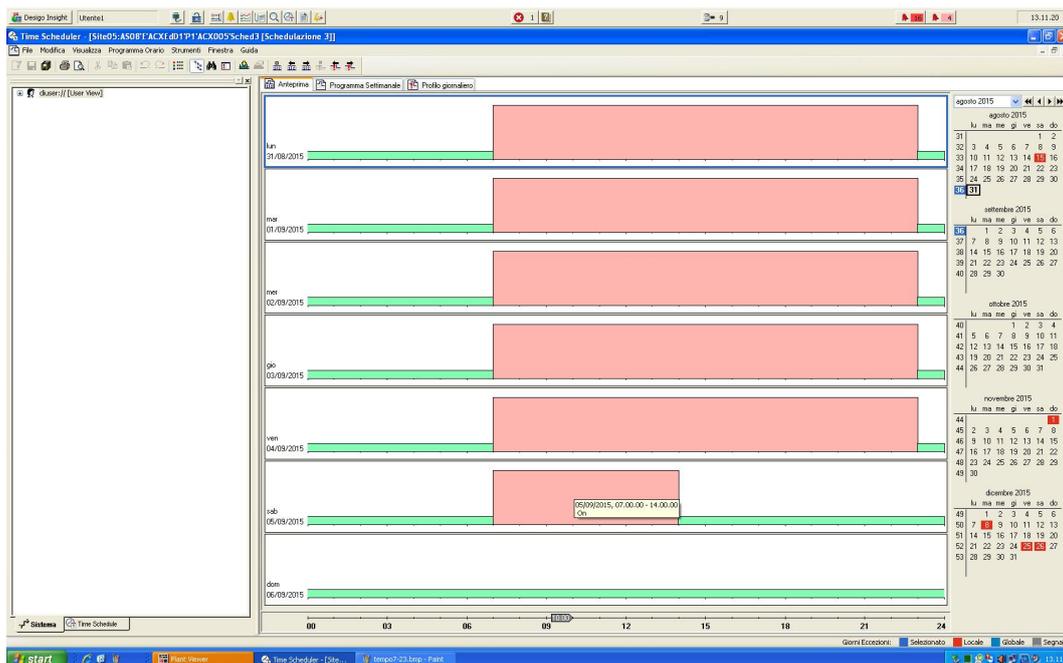


Figure A.1: D1 - Piano Primo: Illuminazione Interna

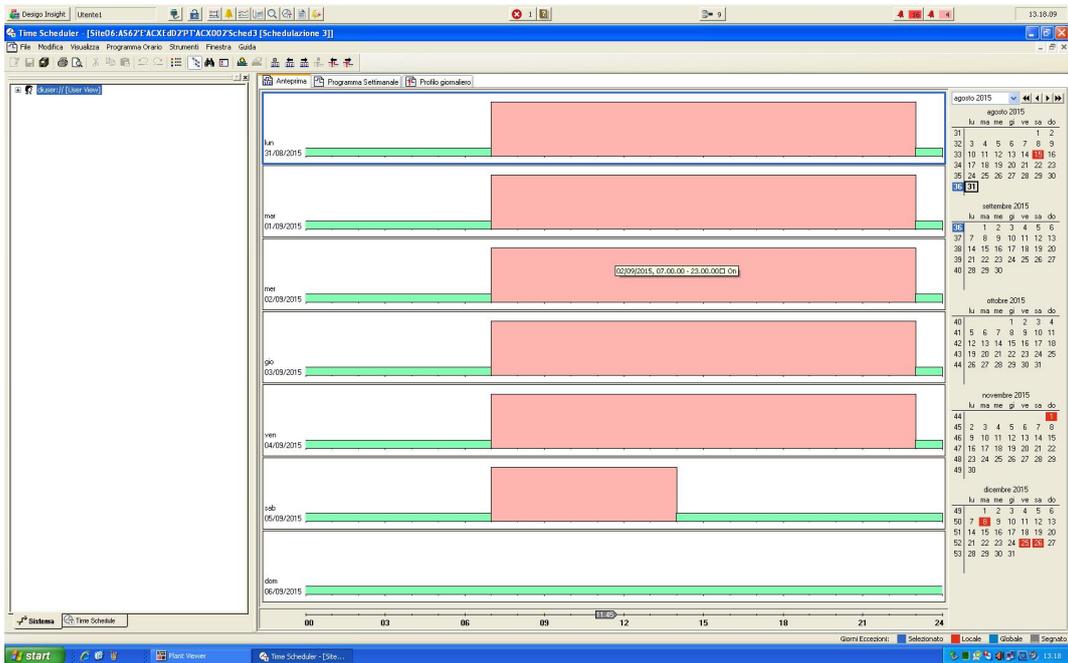


Figure A.2: D2 - Piano Terreno: Illuminazione Interna

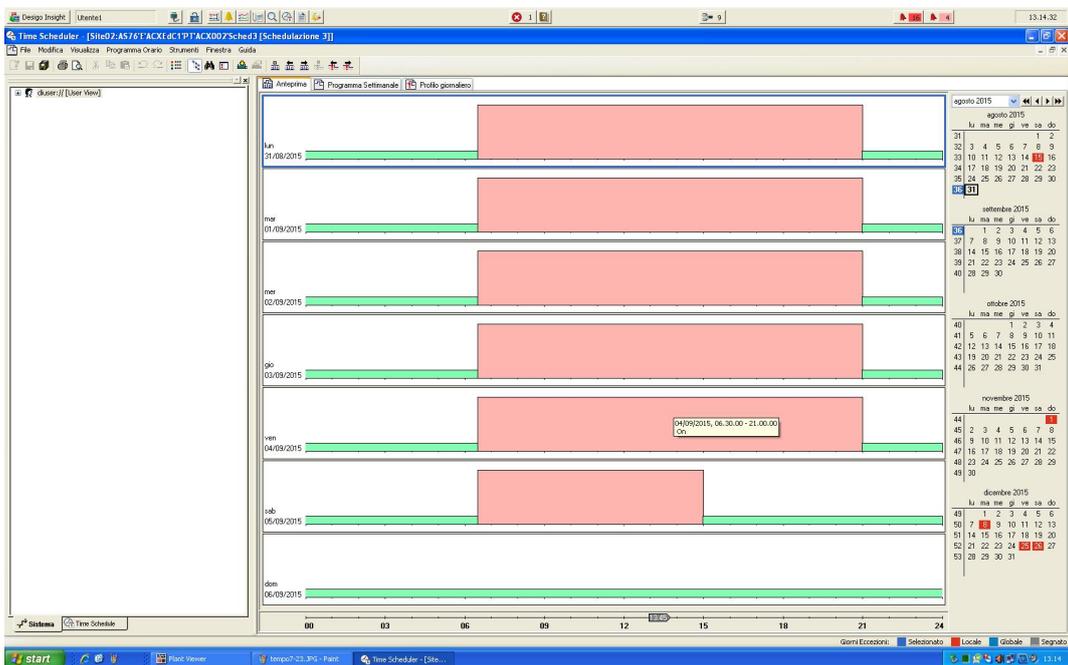


Figure A.3: C1 - Piano Terreno: Illuminazione Interna

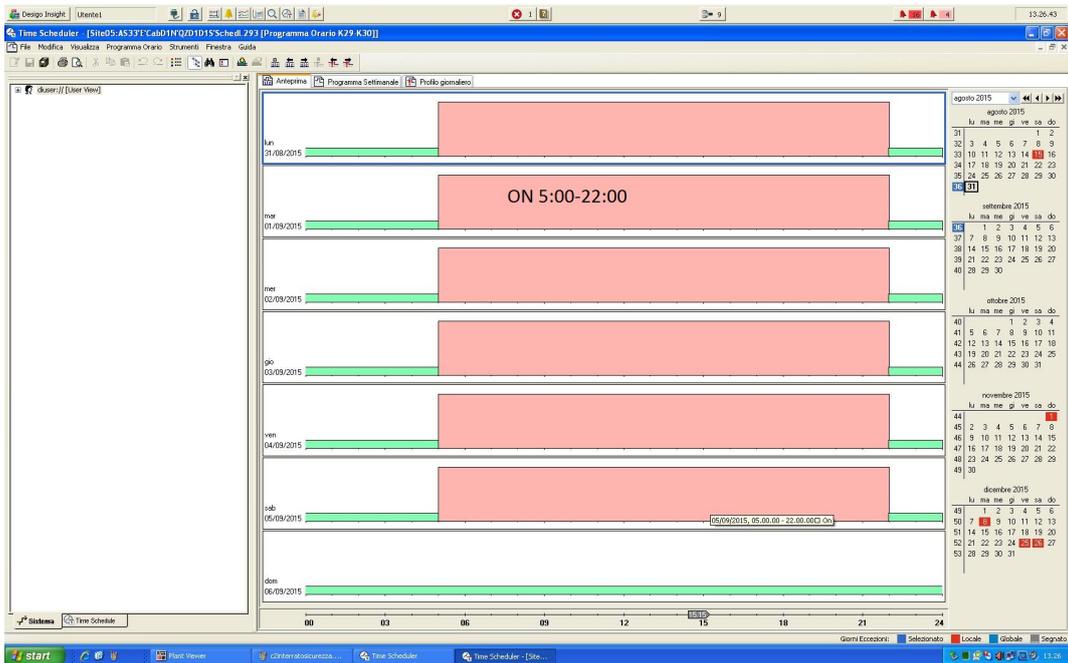


Figure A.4: D1 - Piano Interrato: Illuminazione Autorimessa

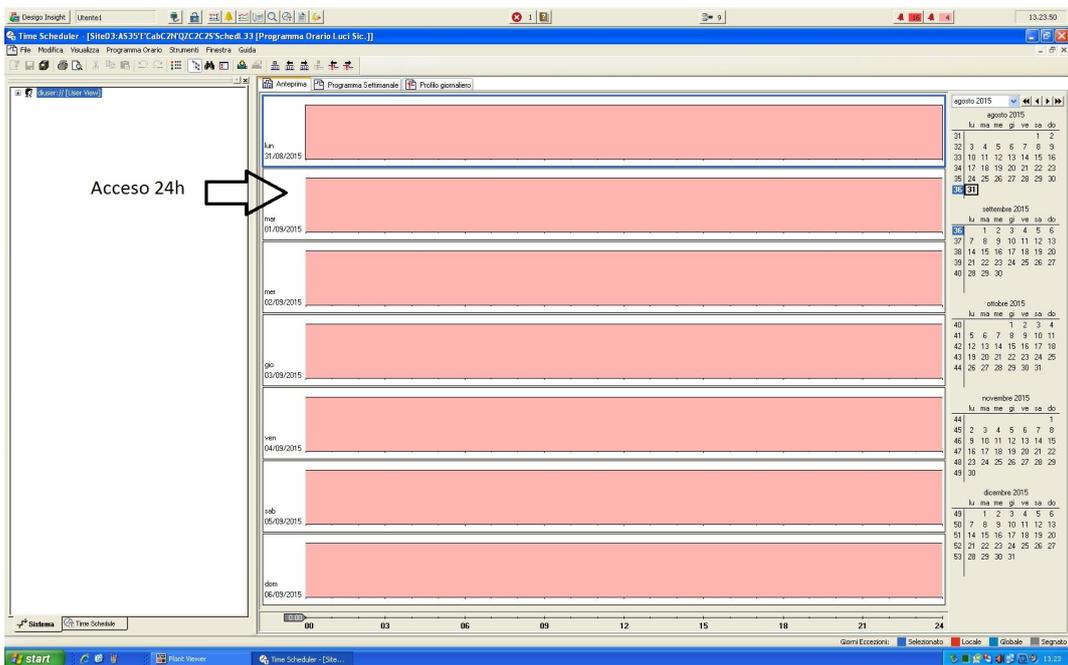


Figure A.5: C2 - Piano Interrato: Illuminazione Autorimessa

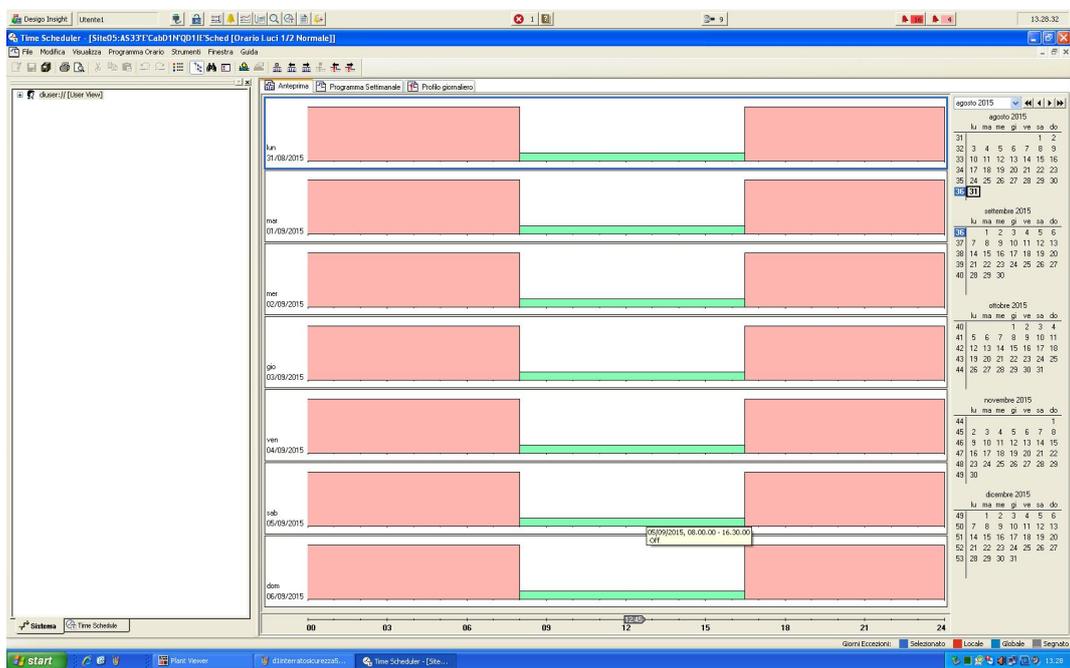


Figure A.6: D1,D2 - Luci Perimetrali: Illuminazione Esterna

Appendix B

Lettura di una bolletta elettrica

Nel corso dello studio si sono riscontrate notevoli difficoltà nel risalire al costo al kWh delle Fasce Orarie, a partire dalle bollette fornite dal gestore **Olicar**: infatti al valore diversificato per fascia riportato in bolletta bisogna aggiungere le voci **componenti €/mese** e **Imposta Erariale**, oltre a tenere conto del **Conguaglio dei mesi precedenti**; così facendo si ottiene effettivamente il dato riportato a fine bolletta, che viene poi aumentato considerando l'Iva al 22%.

Pertanto si riporta la lettura di una bolletta esemplificativa, così che possa risultare utile negli studi futuri: si considera il caso del Dicembre 2012.

Dati i costi lordi delle **tre fasce orarie**

$$\mathbf{F1 = 0.151491 \text{ €/kWh} \quad F2 = 0.146878 \text{ €/kWh} \quad F3 = 0.134440 \text{ €/kWh}}$$

le voci **componenti €/mese** e **Imposta Erariale**

$$\mathbf{\text{Componenti} = 2220.88 \text{ €} \quad \text{Imposta Erariale} = 3557.88 \text{ €}}$$

e il consumo totale del mese

$$\mathbf{\text{Consumo} = 341050 \text{ kWh}}$$

si procede secondo la tabella

Voce	F1	F2	F3
Costo Lordo [€/kWh]	0.151491	0.146878	0.134440
Costo Netto [€/kWh]	0.168435	0.163822	0.151384
Costo con iva [€/kWh]	0.205491	0.199863	0.184689

con la voce **Costo Netto** data da

$$CN = CL * \frac{(Comp + ImpE)}{ConT}$$

dove

CN = Costo Netto CL = Costo Lordo Comp = Componenti
ImpE = Imposta Erariale ConT = Consumo Totale

e la voce **Costo con Iva** data da

$$CI = CN * 1.22$$

Moltiplicando i costi netti delle fasce orarie per i consumi per fascia si ottiene effettivamente il costo **Totale ELETTRICO Iva esclusa**, pertanto il procedimento risulta corretto: per questo nello studio precedente ci si è serviti della voce **Costo con Iva** per la valutazione del costo dell'energia. Laddove sia presente la voce **Conguaglio**, il costo **Totale ELETTRICO iva esclusa** risulta generalmente sottratto di questa quantità; tuttavia ciò non avviene costantemente pertanto abbiamo deciso di non considerarlo: quindi l'importo effettivo pagato dall'Università potrebbe risultare minore rispetto alla nostra stima.



Università di Torino - Calcolo importi di fatturazione Riepilogo

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	dic-12
F1	141.580
F2	74.796
F3	124.674
Totale kWh (Allegato 1)	341.050

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,151491
F2	0,146878
F3	0,134440

Totale €

F1	21.448,03
F2	10.985,89
F3	16.761,13
componenti €/mese	2.220,88
imposta erariale dal 01.06.12	3.557,88
conguaglio mese precedente	-
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 54.973,80 €

Appendix C

Rendiconto Bollette del Campus Luigi Einaudi nel periodo di funzionamento

Si includono di seguito le bollette fornite dalla ditta Fornitrice **Olicar** con il resoconto dei consumi elettrici del Campus fino a data odierna (da Dicembre 2012 a Luglio 2015); ci si serviti di questi dati per lo studio sull'andamento dei consumi della struttura e dei prezzi dell'Energia Elettrica.



Università di Torino - Calcolo importi di fatturazione Riepilogo

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	dic-12	gen-13	feb-13	mar-13
F1	141.580	174.827	167.525	172.507
F2	74.796	89.286	85.319	88.772
F3	124.674	111.521	101.470	95.911
Totale kWh (Allegato 1)	341.050	375.634	354.314	357.190

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,151491	0,153334	0,152583	0,152511
F2	0,146878	0,148752	0,148001	0,147929
F3	0,134440	0,136397	0,135646	0,135574

Totale €

F1	21.448,03	26.806,96	25.561,40	26.309,13
F2	10.985,89	13.281,51	12.627,29	13.131,93
F3	16.761,13	15.211,16	13.763,97	13.003,00
componenti €/mese	2.220,88	2.234,28	2.298,84	2.366,09
imposta erariale dal 01.06.12	3.557,88	3.817,26	3.657,36	3.678,93
conguaglio mese precedente	-	-	-	-
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 54.973,80	€ 61.351,17	€ 57.908,84	€ 58.489,08



Università di Torino - Calcolo importi di fatturazione Riepilogo

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	apr-13	mag-13	giu-13
F1	133.842	242.132	283.239
F2	61.269	88.442	124.955
F3	71.486	86.755	119.737
Totale kWh (Allegato 1)	266.597	417.330	527.931

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,159904	0,157701	0,160740
F2	0,155291	0,153088	0,156127
F3	0,142853	0,140650	0,143689

Totale €

F1	21.401,81	38.184,48	45.527,74
F2	9.514,52	13.539,49	19.508,85
F3	10.211,96	12.202,16	17.204,91
componenti €/mese	2.143,53	2.143,69	2.143,69
imposta erariale dal 01.06.12	2.999,48	4.129,97	4.959,48
conguaglio mese precedente	-	163,91	-
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 46.271,30	€ 70.363,70	€ 89.344,66



Università di Torino - Calcolo importi di fatturazione Riepilogo

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	lug-13	ago-13	set-13
F1	424.694	283.886	284.855
F2	159.437	130.862	113.326
F3	150.224	128.573	133.077
Totale kWh (Allegato 1)	734.354	543.320	531.258

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,160150	0,159756	0,159100
F2	0,155538	0,155144	0,154487
F3	0,143099	0,142705	0,142049

Totale €

F1	68.014,69	45.352,52	45.320,42
F2	24.798,43	20.302,36	17.507,42
F3	21.496,88	18.348,01	18.903,47
componenti €/mese	4.886,10	4.628,97	2.601,03
imposta erariale dal 01.06.12	6.507,66	5.074,90	4.984,43
conguaglio mese precedente	-	4.971,55	7.966,41
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 125.703,76	€ 98.678,32	€ 97.283,19



Università di Torino - Calcolo importi di fatturazione Riepilogo

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	ott-13	nov-13	dic-13
F1	190.189	216.284	155.356
F2	75.891	107.767	72.773
F3	84.325	92.958	119.085
Totale kWh (Allegato 1)	350.404	417.008	347.215

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,160406	0,159888	0,159183
F2	0,155794	0,155275	0,154570
F3	0,143355	0,142837	0,142132

Totale €

F1	30.507,45	34.581,12	24.730,07
F2	11.823,26	16.733,48	11.248,58
F3	12.088,40	13.277,86	16.925,86
componenti €/mese	2.611,08	2.262,33	1.853,89
imposta erariale dal 01.06.12	3.628,03	4.127,56	3.604,11
conguaglio mesi precedenti	-	3.715,00	10.294,12
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 60.658,22	€ 74.697,35	€ 68.656,64



Università di Torino - Calcolo importi di fatturazione Riepilogo

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	gen-14	feb-14	mar-14
F1	172.102	175.997	186.131
F2	78.714	81.911	84.498
F3	119.022	104.832	98.387
Totale kWh (Allegato 1)	369.838	362.741	369.017

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,156215	0,156153	0,152421
F2	0,152069	0,152006	0,148302
F3	0,128228	0,128166	0,124621

Totale €

F1	26.884,94	27.482,35	28.370,28
F2	11.969,87	12.451,05	12.531,29
F3	15.262,04	13.435,97	12.261,17
componenti €/mese	2.005,26	1.805,98	2.003,71
imposta erariale dal 01.06.12	3.773,79	3.720,55	3.767,63
conguaglio mesi precedenti	-	2.235,75	8.505,39
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 59.895,90	€ 56.660,15	€ 50.428,69

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	apr-14	mag-14	giu-14
F1	198.743	245.653	305.963
F2	69.709	83.962	118.522
F3	85.023	84.259	129.692
Totale kWh (Allegato 1)	353.475	413.874	554.177

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,163833	0,163575	0,163380
F2	0,159714	0,159457	0,159261
F3	0,136034	0,135776	0,135581

Totale €

F1	32.560,64	40.182,79	49.988,07
F2	11.133,54	13.388,40	18.876,00
F3	11.565,98	11.440,34	17.583,77
componenti €/mese	3.269,79	3.694,35	4.343,22
imposta erariale dal 01.06.12	3.651,06	4.104,06	5.156,33
conguaglio mesi precedenti	-	-	-
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 62.181,02	€ 72.809,95	€ 95.947,39

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	lug-14	ago-14	set-14
F1	377.578	273.537	320.228
F2	120.864	87.424	94.782
F3	134.157	111.695	110.318
Totale kWh (Allegato 1)	632.599	472.655	525.328

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,152889	0,152868	0,152611
F2	0,148770	0,148750	0,148492
F3	0,125090	0,125069	0,124812

Totale €

F1	57.727,47	41.815,08	48.870,20
F2	17.980,94	13.004,27	14.074,43
F3	16.781,66	13.969,56	13.768,96
componenti €/mese	4.379,73	4.110,59	4.019,02
imposta erariale dal 01.06.12	5.744,49	4.544,91	4.939,96
conguaglio mesi precedenti	-	-	-
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 102.614,29	€ 77.444,43	€ 85.672,56

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	ott-14	nov-14	dic-14
F1	252.883	174.938	136.907
F2	94.174	82.583	79.020
F3	96.520	121.092	144.502
Totale kWh (Allegato 1)	443.577	378.613	360.429

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,153890	0,151427	0,149924
F2	0,149772	0,147308	0,145805
F3	0,126091	0,123628	0,122124

Totale €

F1	38.916,28	26.490,27	20.525,59
F2	14.104,65	12.165,23	11.521,52
F3	12.170,39	14.970,26	17.647,28
componenti €/mese	4.329,77	2.137,62	1.613,15
imposta erariale dal 01.06.12	4.326,83	3.839,60	3.703,22
conguaglio mesi precedenti	-	-	-
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 73.847,92	€ 59.602,97	€ 55.010,77

Importi maturati:

kWh	gen-15	feb-15	mar-15	apr-15	mag-15
F1	140.665	144.103	152.200	128.788	159.733
F2	87.328	82.034	82.363	65.851	100.138
F3	139.082	120.668	127.777	119.880	150.271
Totale kWh (Allegato 1)	367.075	346.805	362.340	314.519	410.142

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,121437	0,118283	0,115806	0,113877	0,111923
F2	0,118327	0,115173	0,112697	0,110768	0,108813
F3	0,140536	0,137382	0,134905	0,132976	0,131022

Totale €

F1	17.081,89	17.044,95	17.625,70	14.666,02	17.877,75
F2	10.333,30	9.448,10	9.282,00	7.294,12	10.896,32
F3	19.546,04	16.577,65	17.237,82	15.941,22	19.688,70
componenti €/mese	1.760,59	1.736,69	948,74	1.931,56	3.600,67
imposta erariale dal 01.06.12	3.753,06	3.601,04	3.717,55	3.358,89	4.076,06
conguaglio mesi precedenti	-	-	-	-	-
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 52.474,88	€ 48.408,43	€ 48.811,82	€ 43.191,83	€ 56.139,50

Conguaglio:	-€ 13.352,49	-€ 13.115,60	-€ 15.670,01	-€ 4.844,76	-€ 6.849,31	-€ 53.832,17
--------------------	---------------------	---------------------	---------------------	--------------------	--------------------	---------------------



Università di Torino - Calcolo importi di fatturazione Riepilogo

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	giu-15
F1	257.582
F2	143.363
F3	214.564
Totale kWh (Allegato 1)	615.509

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,110316
F2	0,107207
F3	0,129415

Totale €

F1	28.415,55
F2	15.369,49
F3	27.767,89
componenti €/mese	3.981,94
imposta erariale dal 01.06.12	5.616,32
conguaglio mesi precedenti	- 53.832,17
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 27.319,03



Università di Torino - Calcolo importi di fatturazione Ric

TORINO - GRANDE ITALGAS

Elettrico

kWh	lug-15
F1	416.214
F2	248.354
F3	348.628
Totale kWh (Allegato 1)	1.013.197

€/kWh* (Allegato 2)

F1	0,108602
F2	0,105492
F3	0,127701

Totale €

F1	45.201,55
F2	26.199,43
F3	44.520,07
componenti €/mese	4.617,39
imposta erariale dal 01.06.12	8.598,98
conguaglio mesi precedenti	-
Totale ELETTRICO iva esclusa	€ 129.137,41

Appendix D

Tipologia di Apparecchi Illuminanti

Nel corso della trattazione si sono indicate le tipologie degli apparecchi illuminanti secondo la numerazione presente nelle planimetrie "As-Built".
Si riporta di seguito la legenda corrispondente.

LEGENDA					
SIMBOLO	ITEM	DESCRIZIONE	SIMBOLO	ITEM	DESCRIZIONE
	18	PROIETTORE PER LAMPADA ALOGENA 75W-QT12 VOLT COMPLETO DI TRASFORMATORE, PARABOLA IN ALLUMINIO DIAM. 150mm CIRCA			
	19	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA INCASSO NEL CONTROSOFFITTO AD EMISSIONE DIRETTA CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, OTTICA LAMELLARE IN ALLUMINIO SEMISPECULARE DARK-LIGHT (LUMINANZA <math><200\text{cd/m}^2</math> PER ANGOLI >60° TRASVERSALI E LONGITUDINALI) IP20, EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADIE FLUORESCENTI LINEARI 4x14w T5 AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA		1	APPARECCHIO ILLUMINANTE INTEGRATO NELLA TRAVE FREDDA AD EMISSIONE DIRETTA CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, OTTICA LAMELLARE IN ALLUMINIO SEMISPECULARE DARK-LIGHT (LUMINANZA <math><200\text{cd/m}^2</math> PER ANGOLI >60° TRASVERSALI E LONGITUDINALI), IP20 EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADA FLUORESCENTE LINEARE 1x18w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA
	20	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA PLAFONE O DA PARETE PER ILLUMINAZIONE LAVAGNA CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, OTTICA ASIMMETRICA CON EFFETTO WALL WASHER EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO DIMMERABILE E LAMPADA FLUORESCENTE 1x36w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA		2	APPARECCHIO ILLUMINANTE INTEGRATO NELLA TRAVE FREDDA AD EMISSIONE DIRETTA CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, OTTICA LAMELLARE IN ALLUMINIO SEMISPECULARE DARK-LIGHT (LUMINANZA <math><200\text{cd/m}^2</math> PER ANGOLI >60° TRASVERSALI E LONGITUDINALI), IP20 EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADA FLUORESCENTE LINEARE 1x36w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA
	21	BINARIO MONOFASE A BASSISSIMA TENSIONE 12V COMPLETO DI TRASFORMATORE ELETTRONICO DA 200W		3	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA INCASSO IN CONTROSOFFITTO A DOGHE, E/O IN CARTONGESSO AD EMISSIONE DIRETTA CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, OTTICA LAMELLARE IN ALLUMINIO A CELLA QUADRATA, IP20, EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADA FLUORESCENTE LINEARE 1x36w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA
	22	APPARECCHIO SEGNAGRADINI DA INCASSO, A LED CON INVOLUCRO IN TECNOPOLIMERO, ANELLO ESTERNO IN ALLUMINIO, DIFFUSORE IN POLICARBONATO, DI TIPO CARRABILE E STAGNO, POTENZA ASSORBITA 0,5w/24V		4	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA INCASSO CON CORPO METALLICO VERNICIATO, OTTICA BRILLANTATA RADIALE IN ALLUMINIO PER UNA DIFFUSIONE A FASCIO LARGO COMPLETA DI CASSAFORMA PER SOFFITTO IN CLS ED EQUIPAGGIATA CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADIE FLUORESCENTI COMPATTE TC-026 - 3x26w. DIAM. APPARECCHIO CIRCA 300mm
	23	APPARECCHIO ILLUMINANTE INTEGRATO NELLA TRAVE FREDDA AD EMISSIONE DIRETTA ED INDIRETTA CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, CARTER LATERALI BIANCHI CON PARTE SUPERIORE MICROFORATA, OTTICA DIRETTA IN ALLUMINIO A SPECCHIO DARK-LIGHT (LUMINANZA <math><200\text{cd/m}^2</math> PER ANGOLI >60° TRASVERSALI E LONGITUDINALI) IP20, EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADIE FLUORESCENTI T5 2x24w		5	APPARECCHIO ILLUMINANTE PER POSA A PLAFONE O A PARETE DI FORMA TRAPEZOIDALE CORPO IN ALLUMINIO ESTRUSO E DIFFUSORE IN PLEXIGLAS LISCIO, IP40, EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADA FLUORESCENTE LINEARE 1x18w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA
	24	APPARECCHIO ILLUMINANTE INTEGRATO NELLA TRAVE FREDDA AD EMISSIONE DIRETTA ED INDIRETTA CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, CARTER LATERALI BIANCHI CON PARTE SUPERIORE MICROFORATA, OTTICA DIRETTA IN ALLUMINIO A SPECCHIO DARK-LIGHT (LUMINANZA <math><200\text{cd/m}^2</math> PER ANGOLI >60° TRASVERSALI E LONGITUDINALI) IP20, EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO, N.1 LAMPADA FLUORESCENTE T5 DA 24w E N. 1 LAMPADA FLUORESCENTE COMPATTA DA 40w		6	APPARECCHIO ILLUMINANTE PER POSA A PLAFONE O A PARETE DI FORMA TRAPEZOIDALE CORPO IN ALLUMINIO ESTRUSO E DIFFUSORE IN PLEXIGLAS LISCIO, IP40, EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADA FLUORESCENTE LINEARE 1x36w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA
				7	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA INCASSO IN SCATOLA DA 6 MODULI COMPLETO DI LAMPADA FLUORESCENTE 4WGS, SUPPORTO E PLACCA DA 6 MODULI

	25	PROIETTORE IN PRESSOFUSIONE DI ALLUMINIO IP65 DOTATO DI FORCELLA IN ALLUMINIO PER FISSAGGIO A PARETE, O A PAVIMENTO, DIFFUSORE IN VETRO TEMPERATO, RIFLETTORE ASIMMETRICO IN ALLUMINIO PURO COMPLETO DI LAMPADA AD ALOGENURI METALLICI DA 70W - RX75		8	APPARECCHIO ILLUMINANTE STAGNO IP55 CON CORPO E SCHERMO IN POLICARBONATO AUTOESTINGUENTE EQUIPAGGIATO CON LAMPADE FLUORESCENTI LINEARI 2x36w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA E REATTORE ELETTRONICO
	26	PROIETTORE IN PRESSOFUSIONE DI ALLUMINIO STAGNO IP65 DOTATO DI SNODO PER ORIENTABILITA' SULL'ASSE ORIZZONTALE E VERTICALE, OTTICA ASIMMETRIA COMPLETO DI LAMPADA AD ALOGENURI METALLICI DA 250w INSTALLATO SULLA COPERTURA DELL'EDIFICIO		9	APPARECCHIO ILLUMINANTE DI EMERGENZA AUTONOMO SOTTESO AL CIRCUITO LUCE DI SICUREZZA (DA UPS) STAGNO IP55 CON CORPO E SCHERMO IN POLICARBONATO AUTOESTINGUENTE EQUIPAGGIATO CON LAMPADA FLUORESCENTE LINEARE 1x18w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA, BATTERIE AL Ni-Cd RICARICABILI CON INVERTER AUTONOMIA 2 h
	27	APPARECCHIO ILLUMINANTE STAGNO IP55 CON CORPO E SCHERMO IN POLICARBONATO AUTOESTINGUENTE EQUIPAGGIATO CON LAMPADE FLUORESCENTI LINEARI 1x36w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA E REATTORE ELETTRONICO		10	APPARECCHIO ILLUMINANTE SOTTESO AL CIRCUITO LUCE DI SICUREZZA (DA UPS) POSTO IN PROSSIMITA' DELLE VIE DI ESODO, CORPO IN ALLUMINIO PRESSOFUSO, DIFFUSORE IN MATERIALE PLASTICO AUTOESTINGUENTE IP40, EQUIPAGGIATO CON LAMPADA FLUORESCENTE DA 8w E PITTORGRAMMA
	28	APPARECCHIO ILLUMINANTE STAGNO IP55 CON CORPO E SCHERMO IN POLICARBONATO AUTOESTINGUENTE EQUIPAGGIATO CON LAMPADA FLUORESCENTE LINEARE 1x18w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA E REATTORE ELETTRONICO		11	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA INCASSO IN CONTROSOFFITTO A DOGHE CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, SCHERMO IN METACRILATO TRASPARENTE STAMPATO AD INIEZIONE IP54 EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADA FLUORESCENTE LINEARE 1x18w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA
	29	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA INCASSO IN CONTROSOFFITTO A DOGHE CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, SCHERMO IN METACRILATO TRASPARENTE STAMPATO AD INIEZIONE IP54 EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADA FLUORESCENTE LINEARE 1x36w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA		12	APPARECCHIO ILLUMINANTE A SOSPENSIONE CORPO IN ALLUMINIO E COLLARE TERMINALE IN POLICARBONATO CON SEZIONE INTERNA NERA ANTABBAGLIAMENTO, PARABOLA IN ALLUMINIO, DIAM. 20cm, EQUIPAGGIATO CON LAMPADA FLUORESCENTE COMPATTA DA 26w
	30	APPARECCHIO ILLUMINANTE STAGNO IP55 PER POSA A PARETE E/O PLAFONE TIPO "TARTARUGA" EQUIPAGGIATO CON LAMPADA AD INCANDESCENZA 60w		13	APPARECCHIO ILLUMINANTE A SOSPENSIONE CORPO IN ALLUMINIO E COLLARE TERMINALE IN POLICARBONATO CON SEZIONE INTERNA NERA ANTABBAGLIAMENTO, PARABOLA IN ALLUMINIO, DIAM. 20cm, EQUIPAGGIATO CON LAMPADA A JODURI METALLICI 150w
	31	APPLIQUE AD EMISSIONE DIRETTA E INDIRETTA CON CORPO IN ALLUMINIO, SCHERMO SUPERIORE IN VETRO TEMPERATO, SCHERMO INFERIORE IN TECNOPOLIMERO, REATTORE ELETTRONICO E LAMPADE FLUORESCENTI TC-L 2x55w		14	APPARECCHIO ILLUMINANTE CON CORPO IN ALLUMINIO VERNICIATO DI COLORE NERO, OTTICA REALIZZATA CON LAMINA IN ALLUMINIO, VETRO DI COPERTURA, IP40, EQUIPAGGIATO CON LAMPADA A JODURI METALLICI DA 70w
	32	APPARECCHIO A SOSPENSIONE CON EMISSIONE DIRETTA E INDIRETTA DARK-LIGHT CON CORPO IN LAMIERA D'ACCIAIO VERNICIATA, CABLAGGIO ELETTRONICO EQUIPAGGIATO CON LAMPADE FLUORESCENTI T16 2x35w		15	APPARECCHIO ILLUMINANTE A SOSPENSIONE CON ELEMENTO CENTRALE IN ALLUMINIO SATINATO CIRCONDATO DA COPERTURA OPALE A CERCHI CONCENTRICI, RIFLETTORE IN ALLUMINIO SEMISPESULARE EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO DIMERABILE E LAMPADA FLUORESCENTE CIRCOLARE 60w - T15
	33	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA INCASSO NELLA MURATURA O NEL CEMENTO ARMATO, CON CORPO E TELAIO IN PRESSOFUSIONE DI LEGA LEGGERA, GRIGLIA DIREZIONALE A SCHERMATURE PARALLELE, RIFLETTORE IN ALLUMINIO PURISSIMO, GRADO DI PROTEZIONE IP65, EQUIPAGGIATO CON LAMPADE FLUORESCENTI COMPATTE DA 18w O 26w		16	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA INCASSO IN CONTROSOFFITTO O CARTONGESSO A PANNELLI DIAM. 220mm CIRCA CON CORPO IN POLICARBONATO AUTOESTINGUENTE, OTTICA DOZZIONALE IN ALLUMINIO SEMISPESULARE, EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO, LAMPADA FLUORESCENTE COMPATTA 1x26w
	34	APPARECCHIO ILLUMINANTE PER POSA ENTRO CONTROSOFFITTO A CARABOTTINO, EMISSIONE DIRETTA SIMMETRICA, CORPO IN ACCIAIO ZINCATO E SCHERMO IN POLICARBONATO, GRADO DI PROTEZIONE IP40 EQUIPAGGIATO CON LAMPADA FLUORESCENTE T5 - 1x28w		17	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA INCASSO IN CONTROSOFFITTO A PANNELLI O CARTONGESSO DIAM. 220mm CIRCA CON CORPO IN POLICARBONATO AUTOESTINGUENTE, OTTICA DOZZIONALE IN ALLUMINIO SEMISPESULARE, EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO, LAMPADE FLUORESCENTI COMPATTA 2x26w

	35	APPARECCHIO ILLUMINANTE PER POSA ENTRO CONTROSOFFITTO A CARABOTTINO, EMISSIONE DIRETTA SIMMETRICA, CORPO IN ACCIAIO ZINCATO E SCHERMO IN POLICARBONATO, GRADO DI PROTEZIONE IP40 EQUIPAGGIATO CON LAMPADA FLUORESCENTE T5 - 1x24w
	36	APPARECCHIO ILLUMINANTE PER POSA DA INCASSO IN CONTROSOFFITTO A DOGHE AD EMISSIONE DIRETTA CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, OTTICA LAMELLARE IN ALLUMINIO SEMISPESULARE DARK-LIGHT (LUMINANZA <200cd/m ² PER ANGOLI >60° TRASVERSALI E LONGITUDINALI) IP20, EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADA FLUORESCENTE LINEARE 1x36w AD ALTA EMISSIONE LUMINOSA
	37	APPARECCHIO ILLUMINANTE PER LA POSA ENTRO CONTROSOFFITTO A CARABOTTINO, EMISSIONE DIRETTA SIMMETRICA, CORPO IN ALLUMINIO ESTRUSO, RIFLETTORE IN ALLUMINIO, SCHERMO IN POLICARBONATO, GRADO DI PROTEZIONE IP20, EQUIPAGGIATO CON LAMPADA FLUORESCENTE 1x36w
	38	PROIETTORE A SOSPENSIONE PER LAMPADA ALOGENA 75w - QT 12V COMPLETO DI TRASFORMATORE, PARABOLA IN ALLUMINIO DIAM. 150mm CIRCA
	39	APPARECCHIO ILLUMINANTE DA INCASSO NEL COTROSOFFITTO AD EMISSIONE DIRETTA CON CORPO IN ACCIAIO VERNICIATO, SCHERMO IN LASTRA DI METACRILATO, IP44 EQUIPAGGIATO CON REATTORE ELETTRONICO E LAMPADE FLUORESCENTI LINEARI 4x18w
		SIMBOLO POSTO IN PROSSIMITA' DI APPARECCHIO ILLUMINANTE INDICANTE CHE LO STESSO E' SOTTESO AL CIRCUITO ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA
		SIMBOLO POSTO IN PROSSIMITA' DI APPARECCHIO ILLUMINANTE INDICANTE CHE LO STESSO E' SOTTESO AL CIRCUITO ILLUMINAZIONE PRIVILEGIATA
		PULSANTE UNIPOLARE DA INCASSO 10A-230V
		PULSANTE UNIPOLARI 10A-230V IN CONTENITORE STAGNO IP55

Appendix E

La norma UNI EN 12464-1

L'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (riconosciuto dallo stato Italiano e dall'Unione Europea) ha elaborato la norma **UNI EN 12464-1** per la regolazione dei requisiti illuminotecnici per i posti di lavoro in interni. Si riporta la norma relativa agli edifici scolastici.

6.2 Edifici scolastici

N. rif.	Tipo di interno compito o attività	E_m lx	UGR L	R_a -	Note
6.2.1	Aule scolastiche	300	19	80	È raccomandato l'uso di apparecchi con regolazione del flusso luminoso
6.2.2	Aule in scuole serali e per adulti	500	19	80	È raccomandato l'uso di apparecchi con regolazione del flusso luminoso
6.2.3	Sale lettura	500	19	80	È raccomandato l'uso di apparecchi con regolazione del flusso luminoso
6.2.4	Lavagna	500	19	80	Evitare le riflessioni speculari
6.2.5	Tavolo per dimostrazioni	500	19	80	In sale lettura 750 lx
6.2.6	Aule educazione artistica	500	19	80	
6.2.7	Aule educazione artistica in scuole d'arte	750	19	80	$T_{CP} \geq 4000$ K
6.2.8	Aule per disegno tecnico	750	16	80	
6.2.9	Aule per educazione tecnica e laboratori	500	19	80	
6.2.10	Aule lavori artigianali	500	19	80	
6.2.11	Laboratorio insegnamento	500	19	80	
6.2.12	Aule musica	300	19	80	
6.2.13	Laboratori di informatica	300	19	80	
6.2.14	Laboratori linguistici	300	19	80	
6.2.15	Aule di preparazione e officine	500	22	80	
6.2.16	Ingressi	200	22	80	
6.2.17	Aree di circolazione, corridoi	100	25	80	
6.2.18	Scale	150	25	80	