



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ASTRONAUTICA, ELETTRICA ED
ENERGETICA

Progetto di una microrete a servizio di un campus universitario

IMPIANTI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE

Gruppo:

Alessandro Uncini
Mario Cascini
Paolo Carboni

Contents

1	Introduzione	2
2	Analisi dei carichi	3
3	Progetto illuminotecnico	6
3.1	Calcolo dell'illuminamento degli ambienti mediante il metodo del flusso totale	6
3.1.1	Metodo del flusso totale	7
3.2	Verifica puntuale di un'aula attraverso DIALux	7
4	Architettura dell'impianto elettrico	15
4.1	Rete di distribuzione MT	17
4.2	Layout degli ambienti	18
5	Calcolo Pb	23
5.1	Dimensionamento TR, GE e UPS	23
6	Dimensionamento rete MT	25
6.1	Dimensionamento cavi	25
6.2	Dimensionamento quadro generale	25
7	Dimensionamento rete di distribuzione principale BT	27
7.1	Dimensionamento cavi	27
7.2	Dimensionamento quadro di edificio	29
8	Dimensionamento circuiti terminali	34
8.1	Dimensionamento cavi	34
8.2	Dimensionamento quadro di semipiano	36
9	Dimensionamento impianto di terra	41
10	Legenda	43

1 Introduzione

L'obiettivo è quello di sviluppare il progetto di massima dell'impianto elettrico a servizio di un campus universitario e di ricerca.

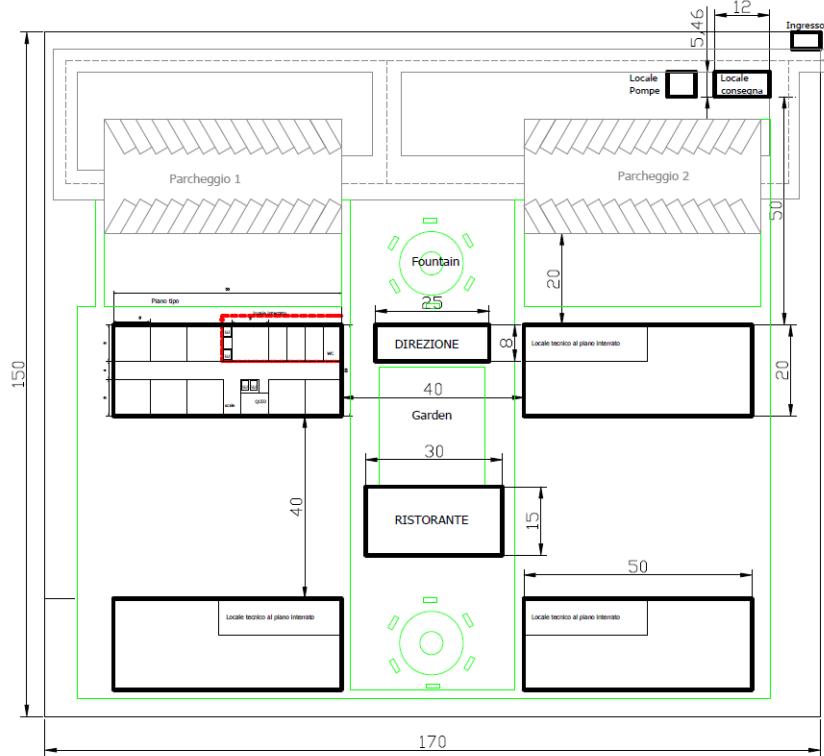


Figure 1: Pianta del campus

Il progetto si è sviluppato nei seguenti punti:

- Analisi dei carichi, concentrati e distribuiti, andandoli a suddividere per i servizi normale, preferenziale e continuità.
- Progetto illuminotecnico attraverso il metodo del flusso totale di tutti gli ambienti di un edificio e il calcolo puntuale di un aula attraverso il software DIALux.
- Scelta dell'architettura dell'impianto con i vari livelli di distribuzione e i vari servizi di alimentazione.
- Scelta del layout carichi per ogni ambiente dell'edificio per poi trovare la potenza totale di progetto per piano e per un singolo edificio. Si sono usati i risultati ottenuti per dimensionare i trasformatori, i gruppi elettrogeni e gli UPS.
- Dimensionamento dei cavi e dei quadri a partire dalla rete MT fino ai circuiti terminali. I calcoli sono stati prima svolti su Excel e poi verificati utilizzando il software i-project.
- Dimensionamento dell'impianto di terra.

2 Analisi dei carichi

Nella TAB1-1 si è calcolata la potenza convenzionale dei carichi concentrati e distribuiti presenti nell’edificio 1, suddividendoli nelle tipologie: normale, preferenziale e continuità. Si è scelto di realizzare una cabina MT/BT in ognuno dei 4 edifici. I carichi concentrati esterni agli edifici (pompe, ristorante, direzione, ingresso, illuminazione esterna e ricarica) sono stati ripartiti tra i 4 edifici come riportato nella TAB1-2. In questo modo le cabine assorbiranno dalla rete una potenza che varia, in funzione dell’edificio, dai 317.5 ai 344.5 kW. In totale il campus assorbirà circa 1050 kW dalla rete, per questo si richiederà un allaccio in MT da 1200 kW.

Per il dimensionamento della cabina di edificio MT/BT si è considerato $\cos(\varphi) = 0.9$ e coefficiente di caricabilità del trasformatore pari a 0.7, ottenendo 547 kVA per la cabina di maggior potenza. Si è quindi scelto di adottare per ogni cabina 2 trasformatori da 630 kVA in modo da garantire l’esercizio continuativo anche nel caso in cui uno dei due sia fuori servizio o in manutenzione.

Carichi distribuiti		Carichi concentrati	
Uti	Piano	Sup	N
Didattici	T		133
Didattici	1		CED IT
Uffici	2		CED CDZ
Uffici	3		ASC
			AUX

Tipologia servizio	Pb convenzionale					
	N	P	C	PIANO	Ks	N
kW	kW	kW	kW	kW	p.u.	kW
28	8.75	1		37.75	0.9	25.2
28	8.75	1		37.75	0.9	25.2
29.25	22.5	16		67.75	0.9	26.325
29.25	22.5	16		67.75	0.9	26.325
						103.05
						56.25
						30.6
						189.9
						33.975
						60.975
						14.4

Figure 2: TAB 1-1

Pb carichi				Pb alimentazioni		
N	P	C	TOTALE	RETE	GE	UPS
kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
Edificio 1	165.235	74.375	28.42	268.03	268.03	28.42
Edificio 2	165.235	74.375	28.42	268.03	268.03	28.42
Edificio 3	165.235	74.375	28.42	268.03	268.03	28.42
Edificio 4	165.235	74.375	28.42	268.03	268.03	28.42
Pompe		24		24		
Ristorante	25	25		50		
Direzione		45	5	50		
Ingresso		3		3		
Illuminazione esterna		30		30		
Ricarica	84			84		
Pi totale impianto	769.94	424.5	118.68	1313.12		
Ks edificio	0.8	0.8	0.8			
Pb totale impianto	615.952	339.6	94.944	1050.496		
Si sceglie l'allaccio MT da 1200 kW						
Na [kVA]	1105.785263			457.4147368	99.94105263	

	kW	cosf	ctrasf	kVA TR	Configurazione TR
Cabina 1	317.53	0.9	0.7	504.015873	2 x 630kVA
Cabina 2	344.53	0.9	0.7	546.8730159	2 x 630kVA
Cabina 3	325.53	0.9	0.7	516.7142857	2 x 630kVA
Cabina 4	325.53	0.9	0.7	516.7142857	2 x 630kVA

	kW	cosf	cGE	kVA GE	Configurazione GE
Cabina 1	110.295	0.9	0.7	175.0714286	1 x 200kVA
Cabina 2	137.295	0.9	0.7	217.9285714	1 x 250kVA
Cabina 3	135.295	0.9	0.7	214.7539683	1 x 250kVA
Cabina 4	160.295	0.9	0.7	254.4365079	1 x 275kVA

CARICHI ALIMENTATI					
CABINA 1	Edificio 1	1/4 ill. esterna	1/2 parcheggio		
CABINA 2	Edificio 2	1/4 ill. esterna	1/2 parcheggio	Pompe	Ingresso
CABINA 3	Edificio 3	1/4 ill. esterna	Ristorante		
CABINA 4	Edificio 4	1/4 ill. esterna	Direzione		

Figure 3: TAB 1-2

3 Progetto illuminotecnico

3.1 Calcolo dell'illuminamento degli ambienti mediante il metodo del flusso totale

Per il calcolo dell'illuminamento degli ambienti si è fatto riferimento alla norma UNI EN 12464-1, che prescrive i valori da rispettare nei vari ambienti per quanto riguarda i seguenti parametri:

- Illuminamento medio E_M ;
- Coefficiente di uniformità globale U_0 ;
- Unified Glare Rating UGR ;
- Resa cromatica R_a .

Destinazione	a	b	S	h	hl	hpl	hu	hW	w	k	r1 r2 r3	EM	Uo	UGR	RA	Apparecchio
	m	m	m^2	m	m	m	m	m	p.u.	p.u.		lux	p.u.			
Aule	8	8	64	3.5	3.5	0.85	2.65	3	0.8	1.509	753	500	0.6	19	80	RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC
Corridoio	50	4	200	3.5	3.5	0	3.5	3	0.8	1.058	753	100	0.4	28	40	RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC
Locale tecnico interrato	27	8	216	3.5	3.5	0.85	2.65	0	0	2.329	753	200	0.4	25	60	RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC
Uffici 8x8	8	8	64	3.5	3.5	0.85	2.65	3	0.8	1.509	753	500	0.6	19	80	RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC
Sala studenti / Uffici 4x8	8	4	32	3.5	3.5	0.85	2.65	3	0.8	1.006	753	500	0.6	19	80	RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC
Biblioteca	8	8	64	3.5	3.5	0.85	2.65	3	0.8	1.509	753	500	0.6	19	80	RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC
CED / Uffici 6x5	5	6	30	3.5	3.5	0.85	2.65	3	0.8	1.029	753	500	0.6	19	80	RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC
WC	4	8	32	3.5	3.5	0	3.5	3	0.8	0.762	753	200	0.8	25	80	RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC
Laboratori	8	8	64	3.5	3.5	0.85	2.65	3	0.8	1.509	753	500	0.6	19	80	RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC

Figure 4: TAB 2-1

si è tenuto conto dei seguenti parametri:

- superficie da illuminare S ;
- altezza dei punti luce dal pavimento h_l ;
- altezza del piano di lavoro dal pavimento h_{pl} ;
- altezza dei punti luce dal piano di lavoro h_u ;
- altezza della parte superiore della finestra dal pavimento h_w ;
- rapporto tra la lunghezza complessiva delle finestre e la lunghezza della parete w ;
- room index $k = \frac{S}{h_u(a+b)}$;

3.1.1 Metodo del flusso totale

Destinazione	Fu	Pi	CU	MF	F	n°L	n°app	Matrice	Em t=0	Em	Em > EM	Densità di potenza impianto	Kc
	lm	W			lm	#	#	# x #	lux	lux	OK/NO	W/m^2	p.u.
Aule	4000.0	33.5	0.9	0.8	43478.3	10.9	12	4 x 3	690.0	552.0	OK	6.3	0.7
Corridoio	4000.0	33.5	0.9	0.8	27173.9	6.8	8	8 x 1	147.2	117.8	OK	1.3	0.7
Locale tecnico interrato	4000.0	33.5	0.9	0.8	58695.7	14.7	18	9 x 2	306.7	245.3	OK	2.8	0.7
Uffici 8x8	4000.0	33.5	0.9	0.8	43478.3	10.9	15	5 x 3	862.5	690.0	OK	7.9	0.6
Sala studenti / Uffici 4x8	4000.0	33.5	0.9	0.8	21739.1	5.4	8	4 x 2	920.0	736.0	OK	8.4	0.5
Biblioteca	4000.0	33.5	0.9	0.8	43478.3	10.9	12	4 x 3	690.0	552.0	OK	6.3	0.7
CED / Uffici 6x5	4000.0	33.5	0.9	0.8	20380.4	5.1	6	3 x 2	736.0	588.8	OK	6.7	0.7
WC	4000.0	33.5	0.9	0.8	8695.7	2.2	3	3 x 1	345.0	276.0	OK	3.1	0.6
Laboratori	4000.0	33.5	0.9	0.8	43478.3	10.9	15	5 x 3	862.5	690.0	OK	7.9	0.6

Figure 5: TAB 2-2

Si è scelto di utilizzare una lampada con flusso luminoso di 4000 lm.

Si è calcolato il flusso necessario:

$$F = \frac{E_m \cdot S}{CU \cdot MF}$$

tenendo quindi conto del coefficiente di utilizzazione *CU* e del maintenance factor *MF*. Dividendo il flusso totale necessario per il flusso della singola lampada si è trovato il numero di apparecchi da installare in ogni ambiente e la loro matrice.

3.2 Verifica puntuale di un'aula attraverso DIALux

Di seguito vengono riportati le specifiche della lampada e i risultati della verifica puntuale effettuata con DIALux, con le rispettive regolazioni delle lampade nei 2 scenari, diurno e notturno.

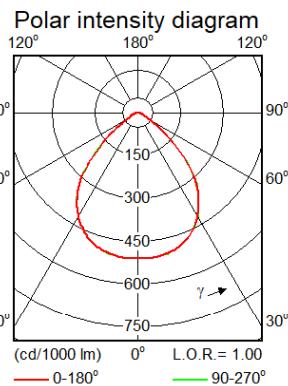
PowerBalance gen2

Luminaire	: RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC
Light Source Flux	: 4000 lm
Light Output Ratio	: 1.00
Luminous Flux	: 4000 lm
Power	: 34 W
LxBxH	: 0.60x0.60x0.07 m
Driver	: -

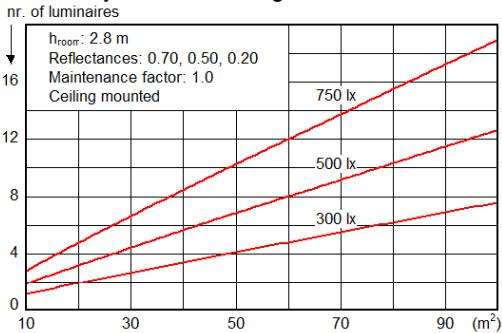


RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC

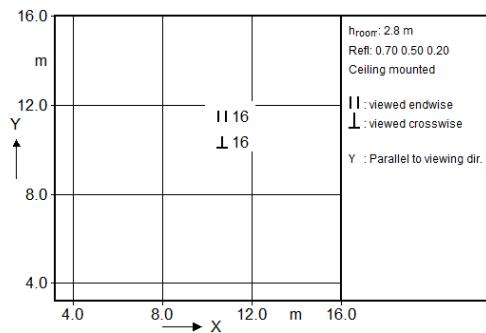
1 x 4000 lm



Quantity estimation diagram



UGR diagram



Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)					
	0.80 0.80	0.70 0.70	0.70 0.70	0.50 0.50	0.30 0.30	0.00
	0.50 0.50	0.50 0.50	0.50 0.50	0.30 0.10	0.30 0.10	0.00
0.60	0.60 0.57	0.60 0.58	0.57 0.51	0.50 0.46	0.50 0.46	0.45
0.80	0.71 0.67	0.70 0.68	0.66 0.60	0.60 0.56	0.59 0.56	0.54
1.00	0.80 0.74	0.79 0.76	0.74 0.68	0.67 0.63	0.67 0.63	0.61
1.25	0.88 0.81	0.86 0.83	0.80 0.75	0.74 0.71	0.73 0.70	0.68
1.50	0.94 0.85	0.92 0.88	0.84 0.80	0.79 0.76	0.78 0.75	0.73
2.00	1.03 0.95	1.00 0.95	0.91 0.87	0.86 0.83	0.85 0.82	0.80
2.50	1.08 0.95	1.05 0.99	0.94 0.91	0.90 0.88	0.89 0.87	0.84
3.00	1.12 0.98	1.09 1.02	0.97 0.94	0.93 0.91	0.91 0.90	0.87
4.00	1.16 1.00	1.13 1.06	0.99 0.97	0.96 0.94	0.94 0.93	0.90
5.00	1.19 1.02	1.15 1.07	1.01 0.99	0.97 0.96	0.96 0.94	0.92

Ceiling mounted

Luminance Table

Plane	0.0	45.0	90.0
Cone	5191	6355	5222
45.0	3814	5515	3823
50.0	2485	3955	2472
55.0	1609	2325	1612
60.0	1004	1332	1008
70.0	904	922	908
75.0	826	820	832
80.0	762	735	770
85.0	688	653	706
90.0	-	-	-

(cd/m²)

LVT0062300

2023-04-12



© 2018 Signify
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Signify or their respective owners.

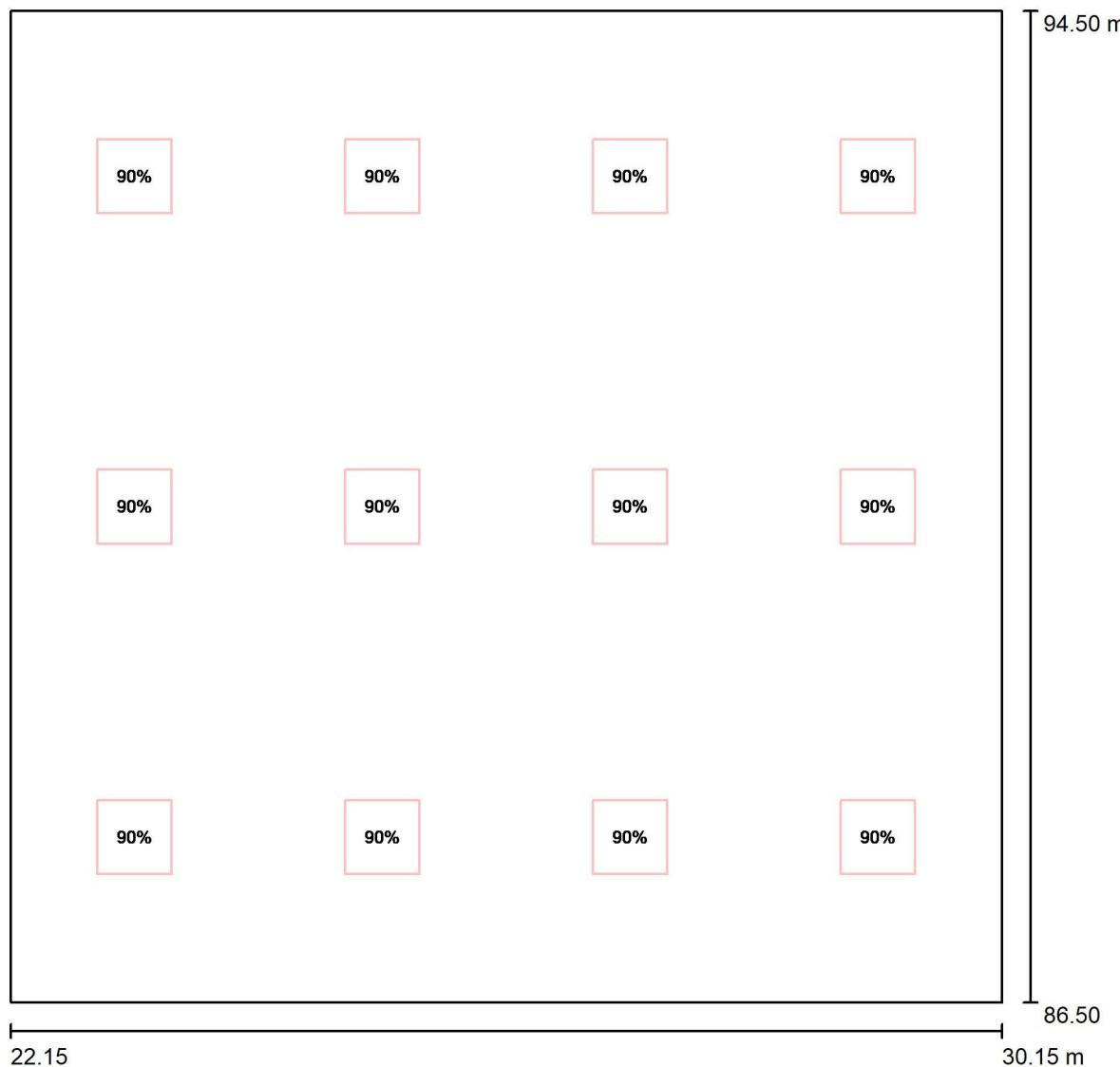
www.lighting.philips.com

data subject to change



Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

T-S-1 / Night-time / Dati di pianificazione

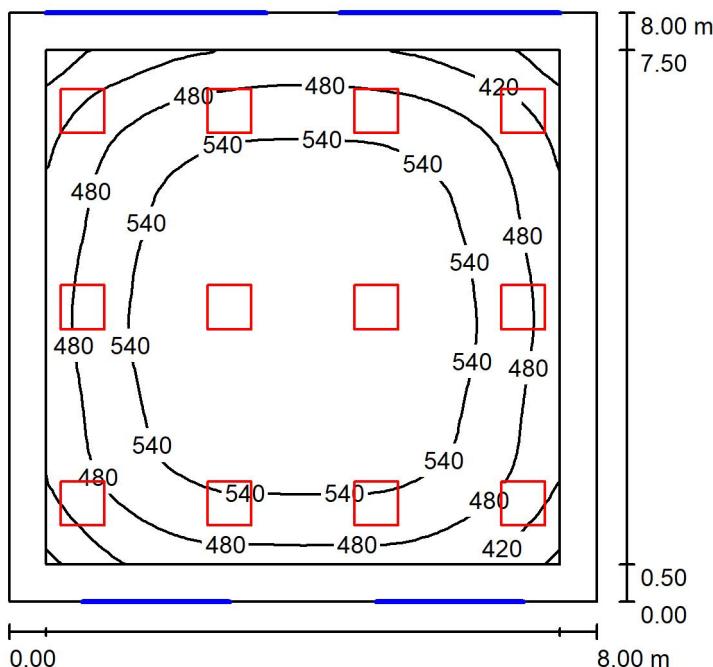


Scala 1 : 58

No.	Gruppo di controllo (Lampada)	Valore di variazione (Totale) [%]
1	Fila luci porta (PHILIPS RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC)	90
2	Fila luci centro (PHILIPS RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC)	90
3	Fila luci finestra (PHILIPS RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC)	90
	Tutte le altre lampade	100

Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

T-S-1 / Night-time / Riepilogo



Altezza locale: 3.500 m, Altezza di montaggio: 3.500 m, Fattore di manutenzione: 0.80

Valori in Lux, Scala 1:103

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Superficie utile	/	514	324	595	0.631
Pavimento	30	435	244	568	0.562
Soffitto	70	103	69	127	0.672
Pareti (4)	50	200	78	364	/

Superficie utile:

Altezza: 0.850 m
Reticolo: 32 x 32 Punti
Zona margine: 0.500 m

UGR Longitudinale- Trasversale verso l'asse lampade
Parete sinistra 16 16
Parete inferiore 16 16
(CIE, SHR = 0.25.)

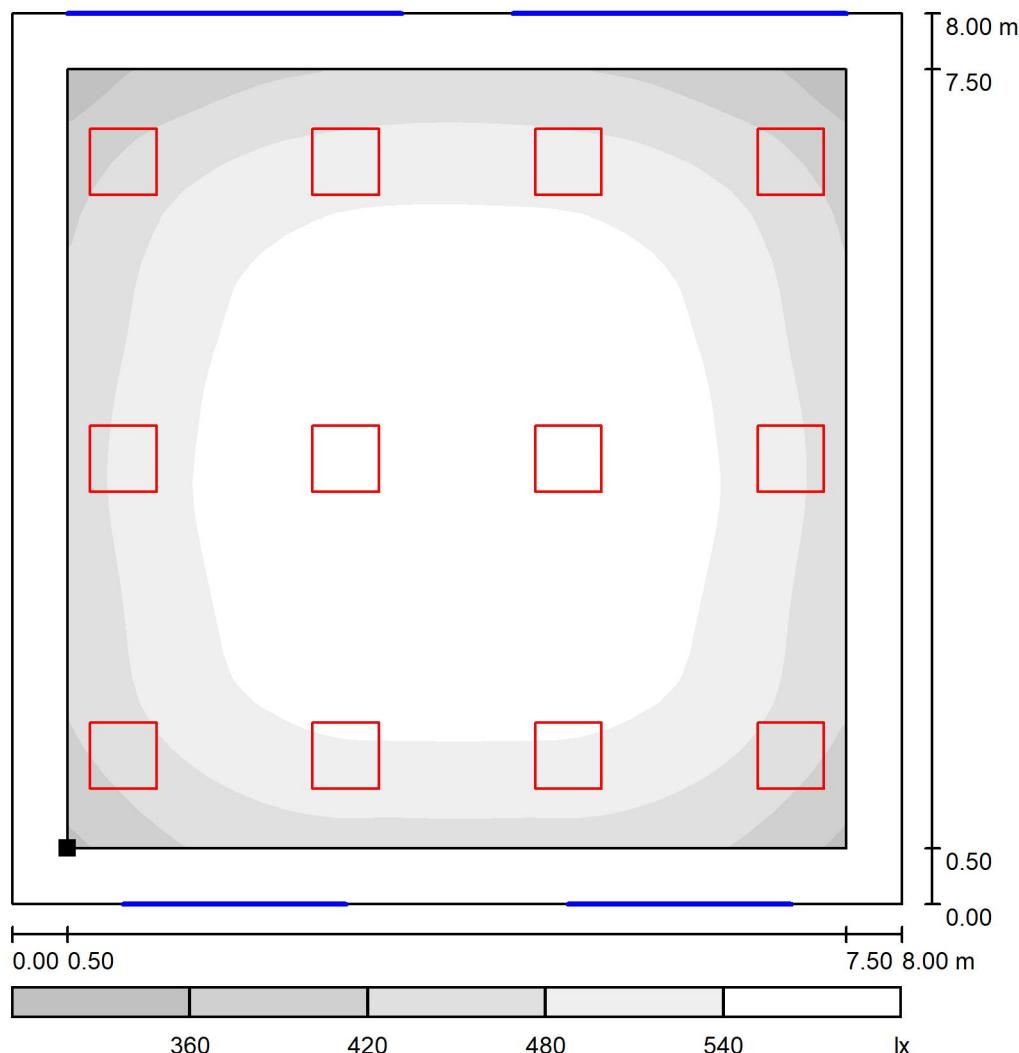
Distinta lampade

No.	Pezzo	Denominazione (Fattore di correzione)	Φ (Lampada) [lm]	Φ (Lampadine) [lm]	P [W]
1	12	PHILIPS RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC (1.000)	4000	4000	33.5
			Totalle: 48000	Totalle: 48000	402.0

Potenza allacciata specifica: 6.28 W/m² = 1.22 W/m²/100 lx (Base: 64.00 m²)

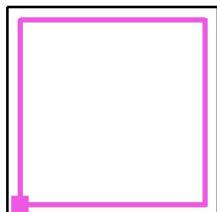


Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

T-S-1 / Night-time / Superficie utile / Livelli di grigio (E)

Scala 1 : 68

Posizione della superficie nel locale:
Superficie utile con 0.500 m Zona
marginale
Punto contrassegnato:
(22.648 m, 87.002 m, 0.850 m)



Reticolo: 32 x 32 Punti

E_m [lx]
514

E_{min} [lx]
324

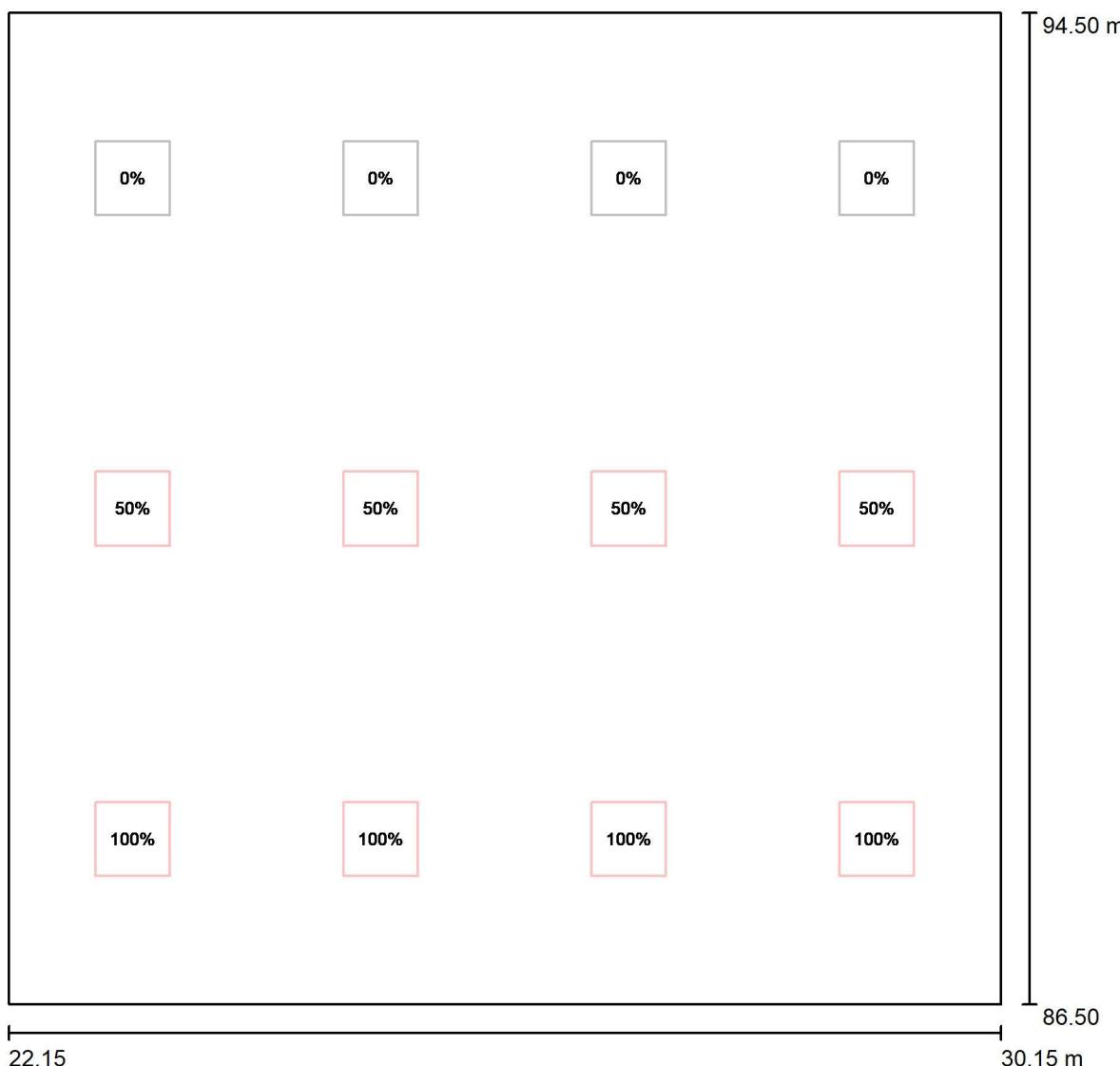
E_{max} [lx]
595

E_{min} / E_m
0.631

E_{min} / E_{max}
0.546

Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

T-S-1 / Combinata / Dati di pianificazione



Scala 1 : 58

Parametri luce diurna:

Località: Rome, Grado di longitudine: 12.50°, Grado di latitudine: 41.90°, Orientamento a nord: 45.0°

Data: 21.03.2023, Ora:10:28:00 (+1 Spostamento orario rispetto a GMT)

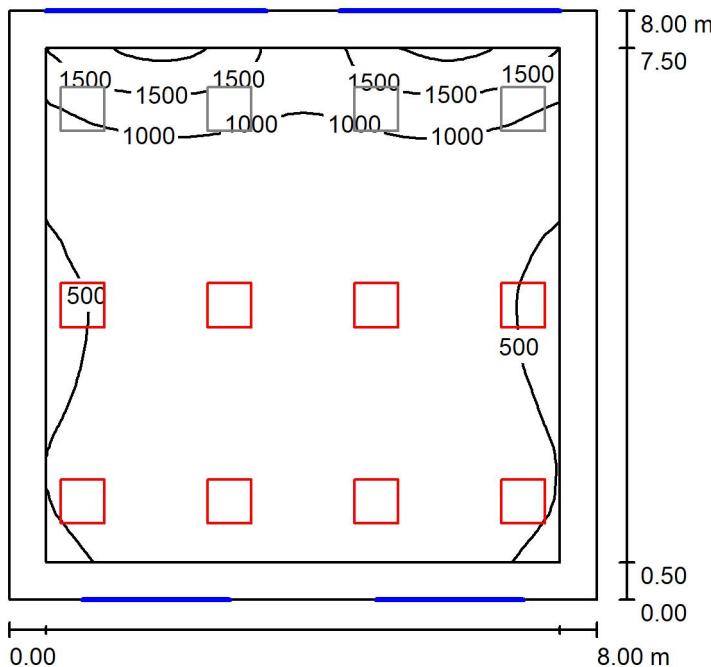
Modello cielo: Cielo coperto

No.	Gruppo di controllo (Lampada)	Valore di variazione (Totale) [%]
1	Fila luci porta (PHILIPS RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC)	100
2	Fila luci finestra (PHILIPS RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC)	0
3	Fila luci centro (PHILIPS RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC)	50
	Tutte le altre lampade	0



Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

T-S-1 / Combinata / Riepilogo



Altezza locale: 3.500 m, Altezza di montaggio: 3.500 m, Fattore di manutenzione: 0.80

Valori in Lux, Scala 1:103

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Superficie utile	/	732	448	2065	0.612
Pavimento	30	696	291	1396	0.418
Soffitto	70	166	109	201	0.656
Pareti (4)	50	317	123	823	/

Superficie utile:

Altezza: 0.850 m
Reticolo: 32 x 32 Punti
Zona margine: 0.500 m

Distinta lampade

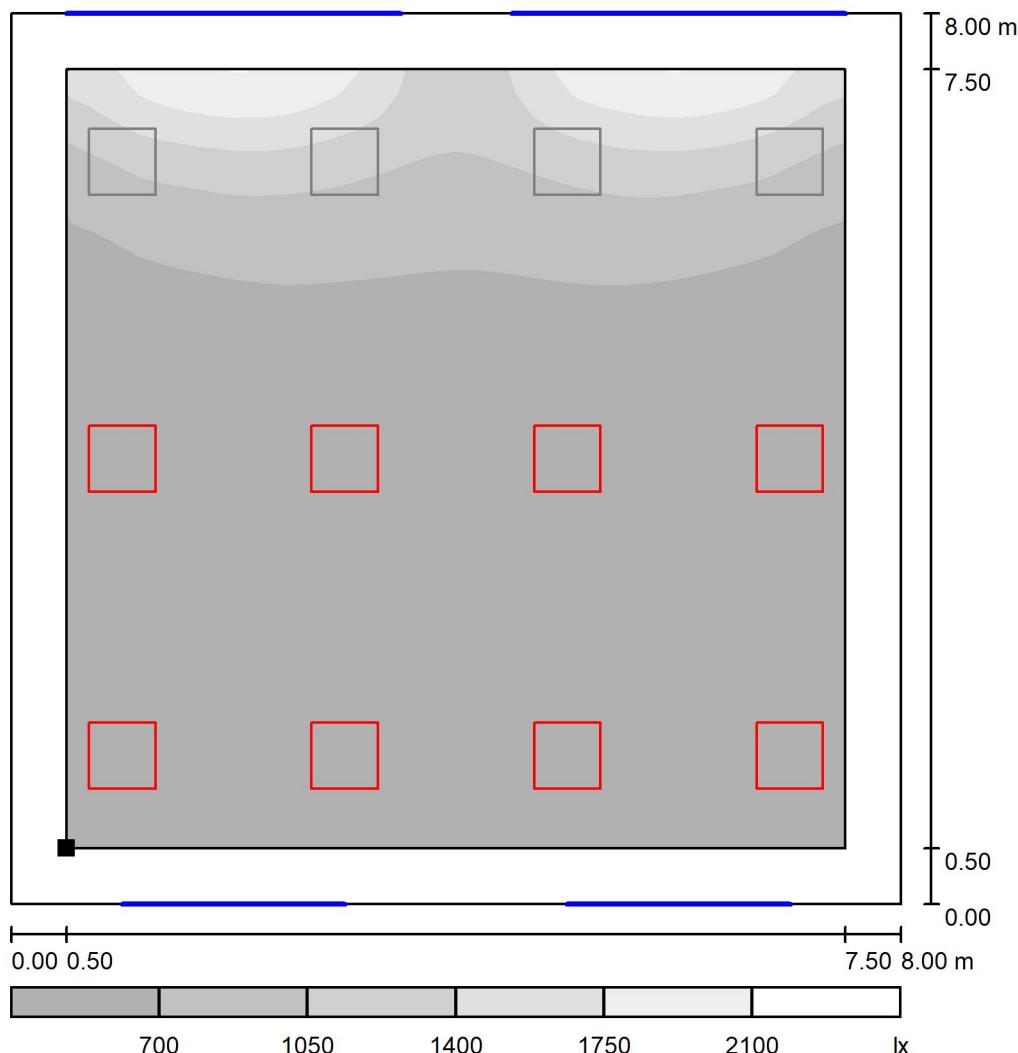
No.	Pezzo	Denominazione (Fattore di correzione)	Φ (Lampada) [lm]	Φ (Lampadine) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS RC461B PSD W60L60 1 xLED40S/BU840 OC (1.000)	4000	4000	33.5
			Totalle: 32000	Totalle: 32000	268.0

Potenza allacciata specifica: 4.19 W/m² = 0.57 W/m²/100 lx (Base: 64.00 m²)



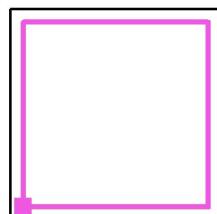
Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

T-S-1 / Combinata / Superficie utile / Livelli di grigio (E)



Scala 1 : 68

Posizione della superficie nel locale:
Superficie utile con 0.500 m Zona
marginale
Punto contrassegnato:
(22.648 m, 87.002 m, 0.850 m)



Reticolo: 32 x 32 Punti

E_m [lx]
732

E_{min} [lx]
448

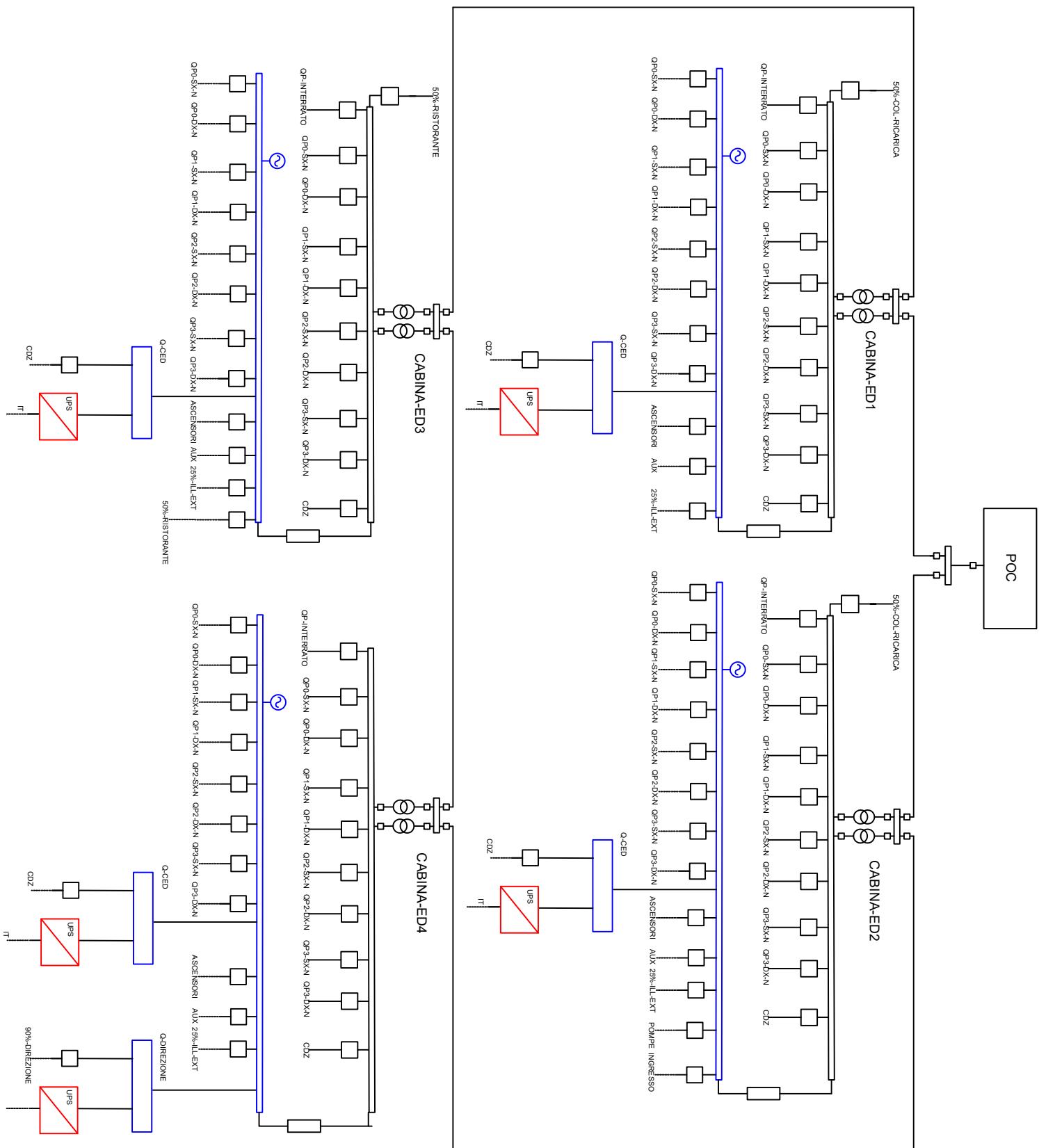
E_{max} [lx]
2065

E_{min} / E_m
0.612

E_{min} / E_{max}
0.217

4 Architettura dell'impianto elettrico

Si è scelto di utilizzare 4 cabine MT/BT, situate una in ogni edificio sfruttando lo spazio del locale tecnico interrato, i trasformatori scelti alimentano i quadri di edificio e i carichi esterni. A questo livello abbiamo la suddivisione del quadro nella sezione normale e nella sezione preferenziale, collegate attraverso un congiuntore. In ogni quadro di edificio è presente un gruppo elettrogeno collegato alla sezione preferenziale. A livello di piano si è scelto di utilizzare 2 quadri di semipiano trifase, in cui tra la sezione normale e preferenziale non è presente un congiuntore. Per quanto riguarda la sezione in continuità si è scelto di distribuire gli UPS sui vari quadri dove necessari. Di seguito si riporta lo schema a blocchi della rete di distribuzione.



4.1 Rete di distribuzione MT

Le 4 cabine sono state collegate attraverso una rete ad anello come riportato nella tavola 1. Come tecnica di gestione della rete si è scelto di gestire l'anello aperto dove una singola dorsale può autonomamente alimentare tutte e 4 le cabine.

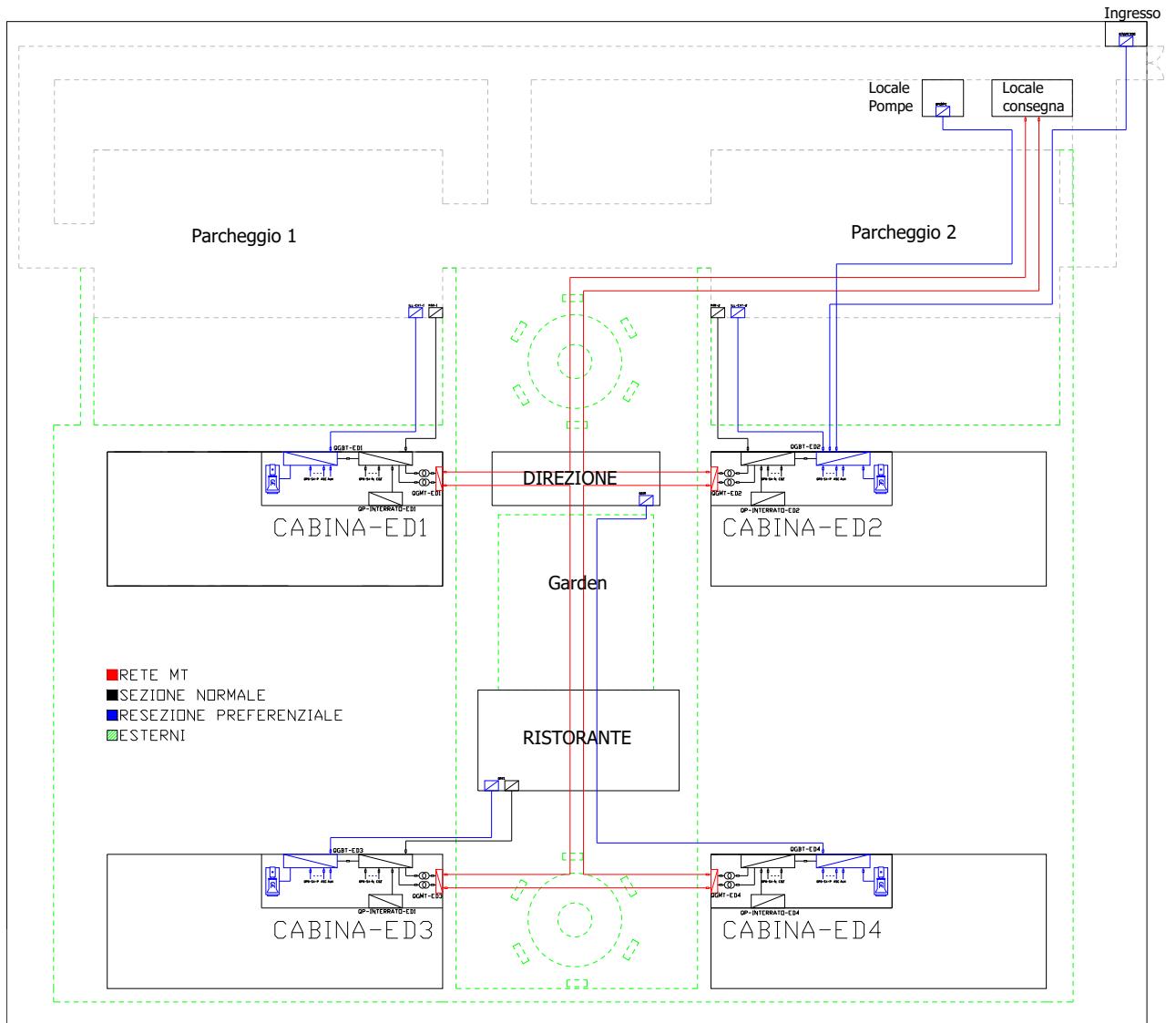


Figure 6: TAV 1

4.2 Layout degli ambienti

Per gli edifici si è entrati nel dettaglio andando a personalizzare tutti i tipi di ambienti, andando a verificare i tipi di carichi presenti e la loro suddivisione in normale, preferenziale e continuità. Nella tabella 3 sono raccolti i risultati di questa analisi. Inoltre si è rappresentato il circuito dell'intero piano terra, il quale ha uso didattico, nella tavola 2 SX e nella tavola 2 DX riportate di seguito.

Destinazione	N° ambienti	Illuminazione				Vie uscita				Prese				Pc				CDZ				RACK DATI PIANO				CED-CED-ZT			
		N° app	Kit emergenza	Papp Paux	Pb	Vie uscita	Papp Pb	PdL	Prese singola presa Pdt.	Pi	Ku	Ks	Pb	n° prese singola presa	Pi	Ku	Ks	Pb	Numero fancoil	Pi fancoil	Ku	Ks	Pb	Pb	Pb	Pb	Ph tot per ambiente	kW	
Aula	6	12	6	34	34	448,8	2	10	20	8	2	3000	0,1	0,4	1920				4	30	1	1	120	100			2,61		
Corridoio	1	8	34	34	299,2	2	10	20	4	2	3000	0,2	0,4	1920				14	30	1	1	420				2,66			
Ufficio 3x8	9	15	7	34	34	561	2	10	20	8	2	3000	0,1	0,4	1920	8	2	3000	0,1	0,4	1920	4	30	1	1	120	100		4,64
Ufficio 2x8	3	8	4	34	34	299,2	2	10	20	6	2	3000	0,1	0,4	1440	6	2	3000	0,1	0,4	1440	2	30	1	1	60			3,26
Ufficio 3x5	1	6	3	34	34	224,4	1	10	10	6	2	3000	0,1	0,4	1440	6	2	3000	0,1	0,4	1440	2	30	1	1	60	100		3,27
Biblioteca	1	12	6	34	34	448,8	2	10	20	6	2	3000	0,1	0,4	1440				4	30	1	1	120				2,03		
Aula studio	3	8	4	34	34	299,2	1	10	10	6	2	3000	0,1	0,4	1440				2	30	1	1	60				1,81		
Locale tecnico	1	18	9	34	34	673,2	2	10	20	2	2	3000	0,3	0,4	1440												2,13		
Laboratorio	2	15	7	34	34	561	2	10	20	8	2	3000	0,4	0,4	7680				4	30	1	1	120	100			8,48		
WC	1	3	1	34	34	112,2	1	10	10	2	1	3000	0,2	0,4	480				2	30	1	1	60				0,66		
CED	1	6	3	34	34	224,4	1	10	10	2	1	3000	0,3	0,4	720												10000	10000	20,95

Figure 7: TAB 3-1, analisi della potenza convenzionale assorbita per ambiente

SEMIPIANO SINISTRO		Illuminazione										Presse										CDZ									
NORMALE		n° ambienti	n app	Papp	Paux	Pb circuito	Papp	Vie uscita	PdL	#	n° prese per PdL	Pi singola presa	Ku	Ks	Pb circuito	Numero fancoil	Pi	Ku	Ks	Pb circuito	Pb ambiente										
Destinazione d'uso																															
Aula	#	6	#	W	W	W	W	#	W	10	20	8	2	3000	0.1	0.4	1920	4	30	1	120	W	2284.4								
CED	1	3	34	3.4	224.4	2	112.2	1	10	10	10	1	3000	0.3	0.4	720						842.2									
																						12240									
																						720									
PREFERENZIALE		Illuminazione										Presse										CDZ									
		n° ambienti	n app	Papp	Paux	Pb circuito	Papp	Vie uscita	PdL	#	n° prese per PdL	Pi singola presa	Ku	Ks	Pb circuito	Numero fancoil	Pi	Ku	Ks	Pb circuito	Pb ambiente										
Destinazione d'uso																															
Aula	#	6	#	W	W	W	W	#	W	2	10	W	W	W	100	324.4						112.2									
CED	1	3	34	3.4	224.4	2	112.2	1	10	10	10	130	600									1852.74									
CONINUITÀ		Rack										Presse										CDZ									
		n° ambienti	n app	Papp	Paux	Pb circuito	Papp	Vie uscita	PdL	#	n° prese per PdL	Pi singola presa	Ku	Ks	Pb circuito	Numero fancoil	Pi	Ku	Ks	Pb circuito	Pb ambiente										
Destinazione d'uso																															
Aula	#	6	#	W	W	W	W	#	W	2	10	W	W	W	100	324.4						112.2									
																						1852.74									
Rack		Rack										Presse										CDZ									
		n° ambienti	n app	Papp	Paux	Pb circuito	Papp	Vie uscita	PdL	#	n° prese per PdL	Pi singola presa	Ku	Ks	Pb circuito	Numero fancoil	Pi	Ku	Ks	Pb circuito	Pb ambiente										
Destinazione d'uso																															
Aula	#	6	#	W	W	W	W	#	W	2	10	W	W	W	100	324.4						112.2									
																						1852.74									

Figure 8: TAB 3-2, analisi dei carichi presenti sul semipiano sinistro del piano terra

SEMIPIANO SINISTRO									
NORMALE									
Illuminazione									
Destinazione d'uso	n° ambienti	n app	Papp	Paux	Pb circuito	Vie uscita	Pb circuito	Vie uscita	Pb circuito
Laboratorio	2	#	W	W	W	#	W	W	W
Corridoio	1	8	34	3.4	299.2	2	10	20	8
Biblioteca	1	4	34	3.4	149.6	2	10	20	4
Aula studio	3	6	34	3.4	224.4	2	10	20	6
WC	1	2	34	3.4	149.6	1	10	10	2
					149.6				120
									1496
									1020
									23520

SEMIPIANO SINISTRO									
PREFERENZIALE									
Illuminazione									
Destinazione d'uso	n° ambienti	n app	Papp	Paux	Pb circuito	Vie uscita	Pb circuito	Vie uscita	Pb circuito
Laboratorio	2	#	W	W	W	#	W	W	W
Corridoio	1	7	34	3.4	261.8	2	10	20	10
Biblioteca	1	4	34	3.4	149.6	2	10	20	100
Aula studio	3	6	34	3.4	224.4	2	10	20	361.8
WC	1	4	34	3.4	149.6	1	10	10	149.6
		1	34	3.4	37.4	1	10	10	224.4
					1383.8				149.6
									37.4
									200

SEMIPIANO SINISTRO									
CONINUITÀ									
Rack									
Destinazione d'uso	n° ambienti	n app	Papp	Paux	Pb circuito	Vie uscita	Pb circuito	Vie uscita	Pb circuito
Laboratorio	2	#	W	W	W	#	W	W	W
		200							

Figure 9: TAB 3-3, analisi dei carichi presenti sul semipiano destro del piano terra



LEGENDA

- APPARECCHIO ILLUMINANTE
- FANCOIL
- PUNTO DI LAVORO (BIPASSO 10/16 + SCHUKO)
- SCATOLA DI DERIVAZIONE
- ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA
- RACK
- QUADRO SEMIPIANO N
- QUADRO SEMIPIANO P
- UPS
- CIRCUITO N
- CIRCUITO P
- CIRCUITO C



LEGENDA

- APPARECCHIO ILLUMINANTE
- FANCOIL
- PUNTO DI LAVORO (BIPASSO 10/16 + SCHUKO)
- SCATOLA DI DERIVAZIONE
- ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA
- RACK
- QUADRO SEMIPIANO N
- QUADRO SEMIPIANO P
- UPS
- CIRCUITO N
- CIRCUITO P
- CIRCUITO C

5 Calcolo Pb

Partendo dalla potenza di ogni ambiente e conoscendo il numero e la loro posizione nell’edificio si sono calcolati la potenze sotto ogni quadro di semipiano. A seconda se il piano è ad uso didattico o ad uso uffici, la potenza varia. Di seguito si riportano i valori trovati:

		Pb N	Pn P	Pb C	Pb semi-piano	Pb TOT piano
		KW	KW	KW	KW	KW
PIANO 0-1	QP-SX	13903	1852	540	16295	41620
	QP-DX	23540	1425	360	25325	
PIANO 2-3	QP-SX	14200	13926	6462	34588	64120
	QP-DX	13700	10756	5076	29532	

Figure 10: TAB calcolo Pb nei piani

Nel calcolo sono stati presi in considerazione i coefficienti di contemporaneità riportati precedentemente nella tabella 1. Infine i valori trovati sono stati confrontati con l’analisi dei carichi inizialmente fatta nella tabella 1.

5.1 Dimensionamento TR, GE e UPS

Conoscendo le potenze di progetto di ogni quadro, suddivise anche per il tipo di servizio normale, preferenziale e continuità si sono dimensionati i trasformatori, i gruppi elettrogeni e gli UPS. I risultati sono riassunti nella tabella 4 TR-GE-UPS qui sotto riportata. Sono stati riportati anche i valori di corto circuito dei trasformatori e dei gruppi elettrogeni utilizzati successivamente nel metodo delle correnti caratteristiche per dimensionare gli interruttori.

Trasformatori. Si è scelto di utilizzare 2 trasformatori eserciti in parallelo nel normale esercizio. Ogni trasformatore è comunque in grado di alimentare autonomamente la singola cabina. Le potenze nella tabella sotto riportata si riferiscono al singolo trasformatore.

Gruppo elettrogeno. Si sono scelte 3 taglie differenti di gruppi elettrogeni, come già visto nella tabella 1-2: questo perché tra le varie cabine i carichi concentrati preferenziali alimentati sono differenti. Per la cabina 1 si è scelto un gruppo elettrogeno con P_n pari a 200 kVA, per le cabine 2 e 3 da 250 kVA mentre per la cabina 4 da 275 kVA.

UPS. Per quanto riguarda gli UPS si è scelto di distribuirli nei vari quadri. Abbiamo un UPS sotto il quadro CED e un UPS per ogni quadro di semipiano. Il dimensionamento varia a seconda se il piano è adibito ad uso didattico (piani 0-1) o ad uso uffici (piani 2-3). Per ridondanza poi ogni UPS è stato raddoppiato. Le potenze nella tabella sotto

riportata si riferiscono al singolo UPS. Osservare che il servizio di continuità del CED non si trova sotto il quadro di semipiano ma si trova direttamente sotto il quadro di edificio.

Un	20000	V
cmax	1,1	
cmin	1	
Umax	12702	V
Umin	11547	V
q	1	
w	1	

TRASFORMATORE							
Pn	uk%	Pcc	Zo/Zd	Un2	Un1	In	pcc%
kVA	%	W	p.u.	V	V	A	%
630,00	6,00	6860,00	0,95	400,00	20000,00	909,33	1,09

Trifase				Monofase							
1/iki	1/iko	1/ikn	fx	Ik3M	cosfk3M	Ik3m	cosfk3m	Ik1M	cosfk1M	Ik1m	cosfk1m
p.u.	p.u.	p.u.		A		A		A		A	
1	0,8	0	1,07	15155,44	0,18	13777,68	0,18	16237,98	0,18	14761,80	0,18

Un	400	V
cmax	1,05	
cmin	0,95	
Umax	242	V
Umin	219	V
q	0,90	
w	1	

GRUPPO ELETTOGENO					
Pn	x" d	Xo/Xd"	tan(phi_k")	cos(phi_r)	Ir
kVA	%	p.u.			A
200	11	0,5	6,6	0,8	288,68
250	11	0,5	6,6	0,8	360,84
275	11	0,5	6,6	0,8	396,93

Trifase				Monofase							
1/iki	1/iko	1/ikn	fx	Ik3M	cosfk3M	Ik3m	cosfk3m	Ik1M	cosfk1M	Ik1m	cosfk1m
p.u.	p.u.	p.u.		A		A		A		A	
1	0,5	0	1,2	171,34	0,15	155,02	0,15	183,58	0,15	166,10	0,15
1	0,5	0	1,2	214,15	0,15	193,76	0,15	229,45	0,15	207,60	0,15

Un	400	V
cmax	1,05	
cmin	0,95	
Umax	242	V
Umin	219	V
q	0,90	
w	1	

UPS	
Destinazione	Pn
CED-IT	kVA
PIANO 0-1	16
PIANO 2-3	1
	9

Figure 11: TAB 4 TR-GE-UPS

6 Dimensionamento rete MT

La rete MT è stata dimensionata ipotizzando un esercizio ad anello aperto e considerando come condizione peggiore il caso in cui una singola derivazione alimenti tutte e 4 le cabine.

6.1 Dimensionamento cavi

Nella tabella seguente si riporta il calcolo delle sezioni utilizzando come dimensionamento il calcolo dell'energia passante. La P_b di ogni circuito rappresenta la potenza massima che transita sul circuito rispetto alle 2 condizioni critiche, ovvero tra il caso in cui tutte le cabine siano alimentate dalla derivazione destra o sinistra.

RGH7H1M1		
Temperaura	°C	90
Uo	V	20000
g	1/omh	42

M/T	Pb	cosfb	Ic	lb	Iz'	K1*K2	Iz	Condizione Iz>lb	S calcolo I^2t	ScommF	Formazione	
			kW	m	A	A	p.u					
POC-ED1	T	1051	0,9	150	19,46	385	0,8	308	OK	74,17	95	3*1*70
ED1-ED3	T	800	0,9	105	14,81	385	0,8	308	OK	74,17	95	3*1*70
ED3-ED4	T	540	0,9	45	10,00	385	0,8	308	OK	74,17	95	3*1*70
ED4-ED2	T	800	0,9	105	14,81	385	0,8	308	OK	74,17	95	3*1*70
POC-ED2	T	1051	0,9	150	19,46	385	0,8	308	OK	74,17	95	3*1*70

Figure 12: TAB 4 QPOC cavi

6.2 Dimensionamento quadro generale

Successivamente si è dimensionato il quadro generale, si è scelto il dispositivo generale DG e i 2 interruttori delle 2 derivazioni dell'anello (POC-ED1 e POC-ED2). Il dimensionamento è stato effettuato direttamente utilizzando il software i-project, i risultati e lo schema unifilare sono riportati di seguito.

7 Dimensionamento rete di distribuzione principale BT

Successivamente si sono dimensionati i circuiti a valle del quadro di edificio. Da questo partono i circuiti dei quadri di semipiano e i carichi concentrati. Si è scelto di mantenere questa distribuzione ancora trifase. Il posizionamento dei carichi concentrati sui vari quadri è stato riportato precedentemente nello schema a blocchi e nella tavola 1. Notare che a questo livello dell'architettura si ha la suddivisione dei circuiti normali e preferenziali, tra le 2 alimentazioni è presente un congiuntore.

7.1 Dimensionamento cavi

La sezione dei cavi è stata dimensionata a partire dalla caduta di tensione. Come caduta massima è stata presa pari al 4% a partire dagli avvolgimenti BT dei trasformatori, questa poi è stata suddivisa in 1,45% della distribuzione principale e 2,55% nei circuiti terminali. Una volta calcolata la sezione minima attraverso questo metodo poi si è controllato con un metodo iterativo il coordinamento dei cavi con le protezioni, che si vedrà nel capitolo successivo.

Nei casi in cui la sezione di fase fosse superiore ai $16\ mm^2$ si è scelto per i conduttori di neutro e PE una sezione pari alla metà della sezione del conduttore di fase, ma comunque non inferiore di $16\ mm^2$.

Nei casi in cui la sezione di fase fosse inferiore ai $16\ mm^2$ si è scelto per i conduttori di neutro e PE una sezione uguale alla sezione del conduttore di fase.

FG17						
Temperaura	°C	90				
Uo	V	230				
g	/lommh	42				
eps	%	1,45				

SEZIONE NORMALE

Sigla	M/T	Pb	cosfb	Ib	Lc	Mb	S	ScommF	ScommN	Formazione	DV%	Iz'	k1*k2	Iz	Condizione Iz>lb OK/NO
QP0-SK-N	T	13	0.95	19.83	42	791,30	5,65	6	6	F + N + PE	1,37%	41	0,8	32,8	OK
QP0-DX-N	T	234	0.95	35,70	24	813,91	5,81	10	10	3*1*10 + 1*16 + 1*16	0,84%	58	0,8	46,4	OK
QP1-SK-N	T	13	0.95	19.83	46	866,67	6,19	10	10	3*1*10 + 1*10 + 1*10	0,90%	58	0,8	46,4	OK
QP1-DX-N	T	23,4	0.95	35,70	28	949,57	6,78	10	10	3*1*10 + 1*10 + 1*10	0,98%	58	0,8	46,4	OK
QP2-SK-N	T	14,08	0.95	21,48	50	1020,29	7,28	10	10	3*1*10 + 1*10 + 1*10	1,06%	58	0,8	46,4	OK
QP2-DX-N	T	13,56	0.95	20,69	32	628,87	4,49	10	10	3*1*10 + 1*10 + 1*10	0,65%	58	0,8	46,4	OK
QP3-SK-N	T	14,08	0.95	21,48	54	1101,91	7,87	10	10	3*1*10 + 1*10 + 1*10	1,14%	58	0,8	46,4	OK
QP3-DX-N	T	13,56	0.95	20,69	36	707,48	5,05	10	10	3*1*10 + 1*10 + 1*10	0,73%	58	0,8	46,4	OK
QPAR-1N	T	42	0.95	64,07	28	1704,35	12,17	25	16	3*1*25 + 1*16 + 1*16	0,71%	102	0,8	81,6	OK
CDZ	T	133	0.95	202,90	28	5397,10	38,53	150	95	3*1*150 + 1*95 + 1*95	0,37%	329	0,8	263,2	OK

SEZIONE PREFERENZIALE

Sigla	M/T	Pb	cosfb	Ib	Lc	Mb	S	ScommF	ScommN	Formazione	DV%	Iz'	k1*k2	Iz	Condizione Iz>lb OK/NO
QP0-SK-P	T	1,85	0.95	2,82	42	112,61	0,80	2,5	2,5	3*1*2,5 + 1*2,5 + 1*2,5	0,47%	25	0,8	20	OK
QP0-DX-P	T	1,42	0.95	2,17	24	49,39	0,35	2,5	2,5	3*1*2,5 + 1*2,5 + 1*2,5	0,20%	25	0,8	20	OK
QP1-SK-P	T	1,85	0.95	2,82	46	123,33	0,88	2,5	2,5	3*1*2,5 + 1*2,5 + 1*2,5	0,51%	25	0,8	20	OK
QP1-DX-P	T	1,42	0.95	2,17	28	57,62	0,41	2,5	2,5	3*1*2,5 + 1*2,5 + 1*2,5	0,24%	25	0,8	20	OK
QP2-SK-P	T	13,8	0.95	21,05	50	1000,00	7,14	25	16	3*1*25 + 1*16 + 1*16	0,41%	102	0,8	81,6	OK
QP2-DX-P	T	13,56	0.95	20,69	32	628,87	4,49	35	16	3*1*35 + 1*16 + 1*16	0,19%	127	0,8	101,6	OK
QP3-SK-P	T	13,8	0.95	21,05	54	1080,00	7,71	25	16	3*1*25 + 1*16 + 1*16	0,45%	102	0,8	81,6	OK
QP3-DX-P	T	13,56	0.95	20,69	36	707,48	5,05	25	16	3*1*25 + 1*16 + 1*16	0,29%	102	0,8	81,6	OK
QILL-EXT-1-P	T	7,5	0.95	11,44	28	304,35	2,17	10	10	3*1*10 + 1*10 + 1*10	0,32%	58	0,8	46,4	OK
QCED	T	20	0.95	30,51	33	956,52	6,83	35	16	3*1*35 + 1*16 + 1*16	0,28%	127	0,8	101,6	OK
QASC	T	20	0.95	30,51	30	869,57	6,21	35	16	3*1*35 + 1*16 + 1*16	0,26%	127	0,8	101,6	OK
QAUX	T	20	0.95	30,51	25	724,64	5,17	35	16	3*1*35 + 1*16 + 1*16	0,21%	127	0,8	101,6	OK

Figure 13: TAB 4 QED cavi

7.2 Dimensionamento quadro di edificio

Una volta scelta la sezione dei cavi allora si è calcolata la portata I_z dei circuiti considerando il prodotto $k_1 k_2 = 0,8$. Successivamente si sono calcolati i valori delle correnti di corto circuito, massimi, minimi, monofase e trifase, attraverso il metodo delle correnti caratteristiche. Per questo calcolo si è trascurato il contributo della rete MT considerandola a potenza infinita. Inoltre, partendo dalla tabella 4 TR-GE-UPS si sono scelti anche gli scenari di corto circuito massimo e minimo:

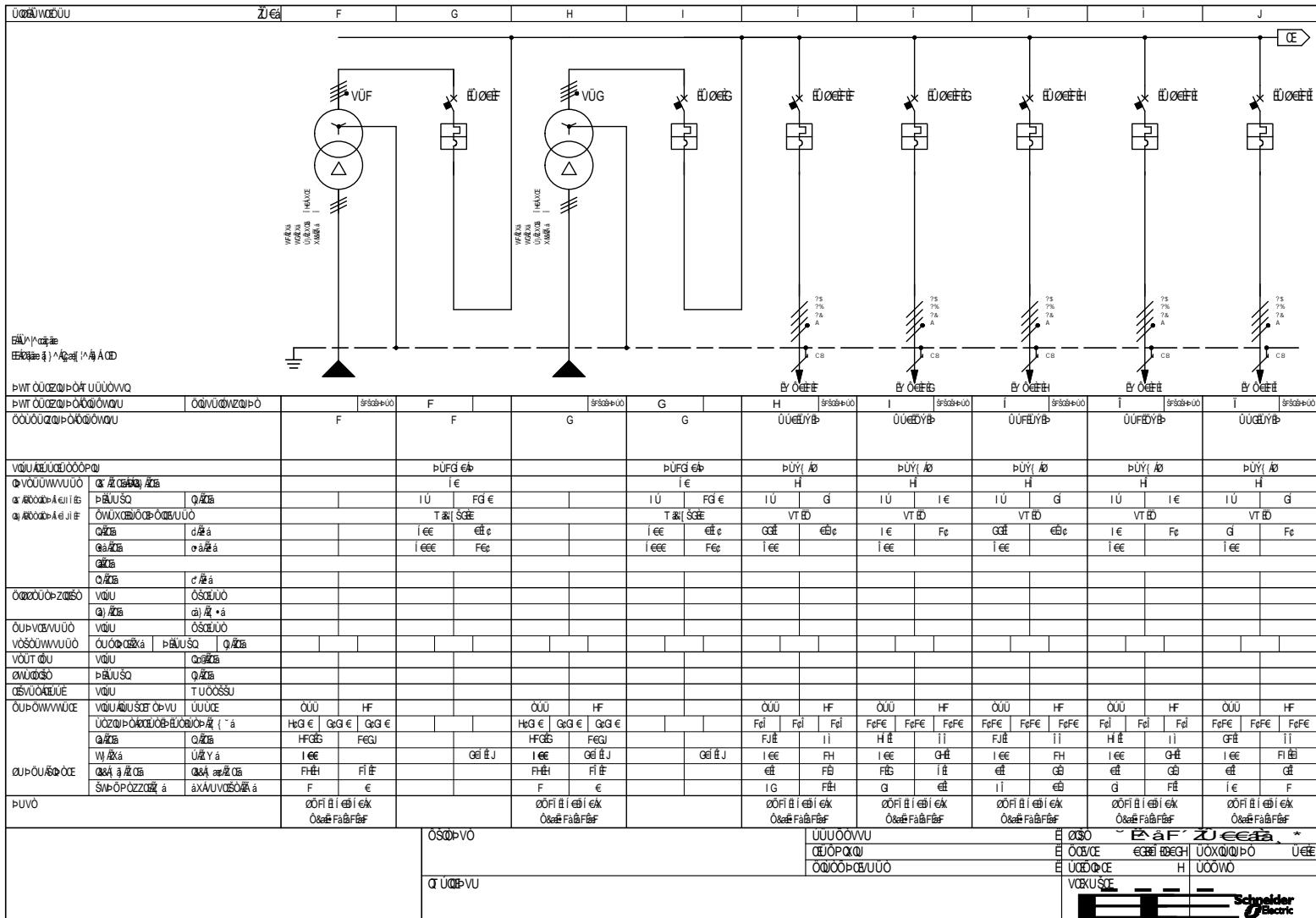
- Condizione massima sezione normale: 2 trasformatori in parallelo con guasto vicino al quadro.
- Condizione minima sezione normale: 1 trasformatore con guasto al termine del circuito.
- Condizione massima sezione preferenziale: 2 trasformatori in parallelo con guasto vicino al quadro.
- Condizione minima sezione preferenziale: alimentazione dal gruppo elettrogeno con guasto al termine del circuito.

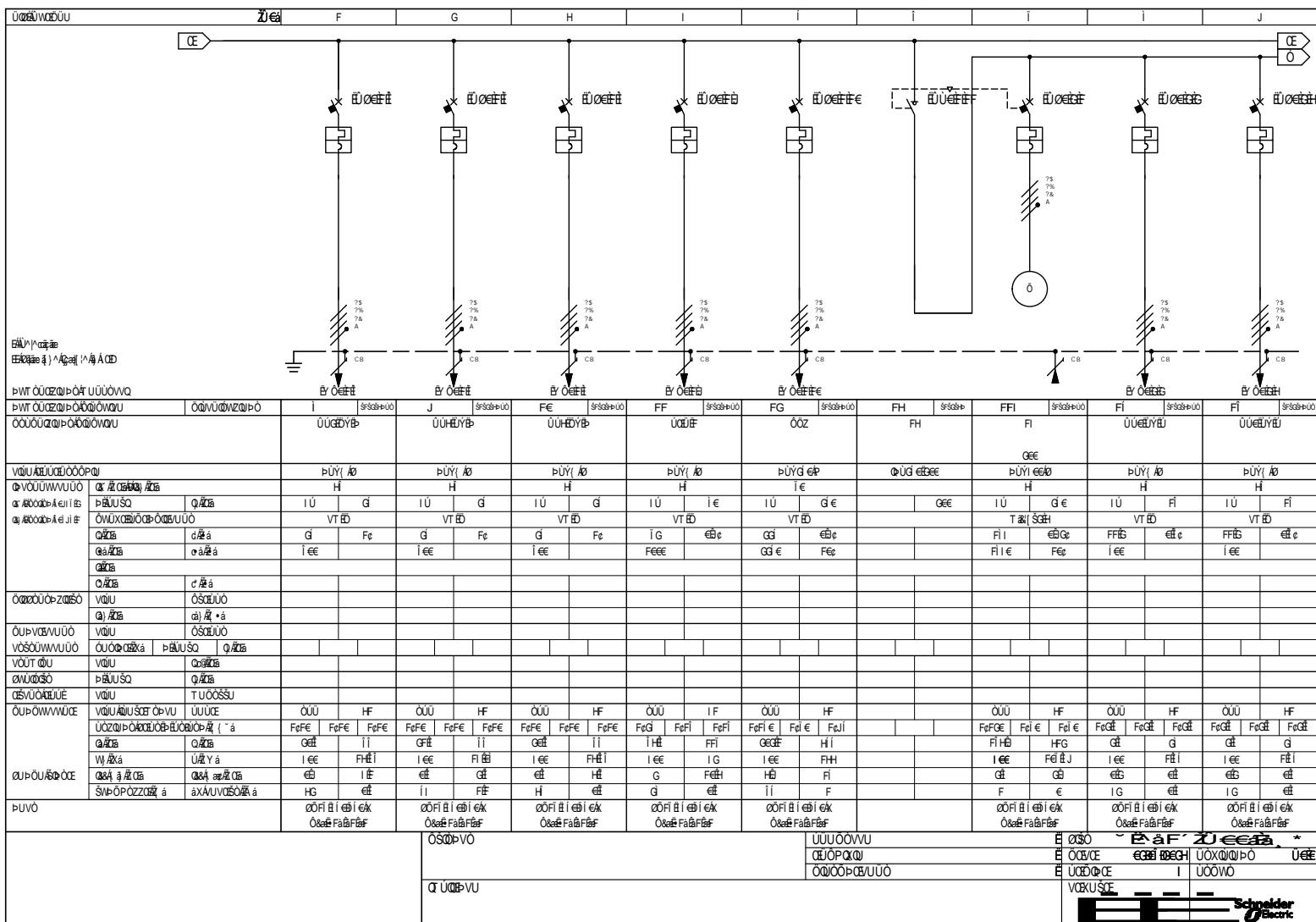
Le condizioni che si sono verificate nella scelta degli interruttori sono:

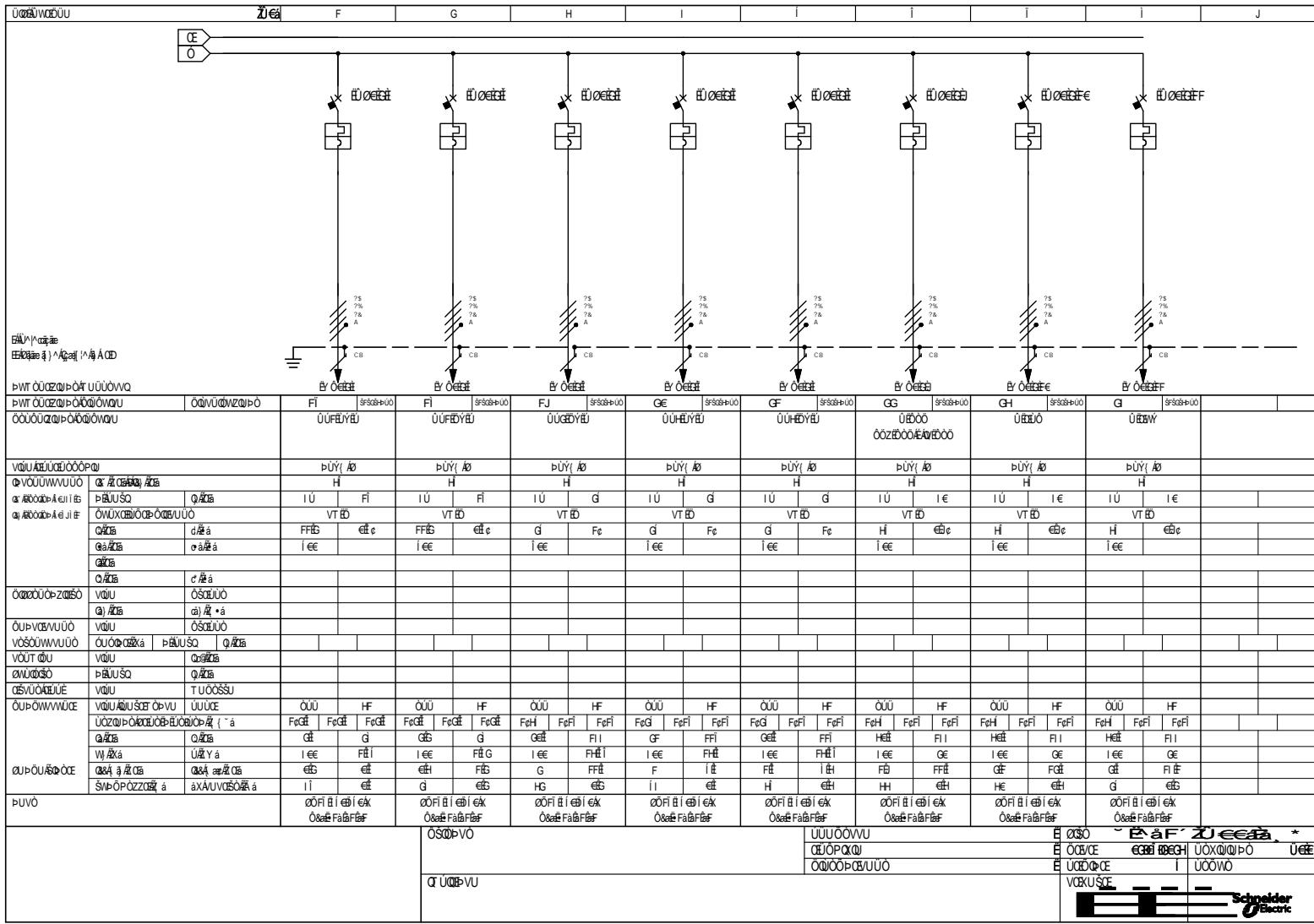
- $I_b < I_n < I_z$
- $I_{k,min} > I_m$
- $I_{k,max} < PdI$

Quando non venivano soddisfatte queste condizioni è stato scelto un diverso interruttore o si è cambiata la sezione dei cavi. I risultati sono stati riportati nella tabella 4 sotto riportata. A questo livello di distribuzione si è optato per tutti interruttori scatolati, a 4 poli e magnetotermici senza differenziale. I differenziali si sono utilizzati negli interruttori a valle dei quadri di semipiano. Come si vedrà più avanti si è scelto un sistema TN-S essendo i trasformatori di proprietà dell'utente.

Una volta completato il dimensionamento di cavi e interruttori si sono verificati i risultati anche utilizzando il software i-project. Qui sotto si riportano i risultati e lo schema unifilare del quadro di edificio.







SEZIONE NORMALE												SEZIONE PREFERENZIALE														
K _i			K _i			K _i			K _i			K _i			K _i			K _i			K _i					
Un	400	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	
27555.35	0.16	13777.98	0.16	29235.59	0.16	14761.80	0.16	29235.59	0.16	14761.80	0.16	29235.59	0.16	14761.80	0.16	29235.59	0.16	14761.80	0.16	29235.59	0.16	14761.80	0.16	29235.59	0.16	
cmax	1																									
cmin	0.95																									
Umax	230.9401077																									
Umin	219.3931023																									
q	0.95																									
w	1.5																									
Sigla	Ravvo Xcavo	Zravo	costfc	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m	costfIK3M	IK3m
ohm	ohm	ohm	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
QPO-SX-N	0.17	0.00	0.17	1.00	1385.20	1.00	877.45	1.00	682.60	1.00	438.68	1.00	386.37	1.00	864.88	1.00	688.22	1.00	436.00	1.00	NSXm-100F-4P-25A	MAT	4	36000	25	
QPO-DX-N	0.08	0.00	0.06	1.00	4057.89	1.00	2555.58	1.00	2018.95	1.00	1278.84	1.00	387.345	0.98	2426.22	0.98	1986.19	1.00	1252.85	0.99	NSXm-100F-4P-40A	MAT	4	36000	40	
QP1-SX-N	0.18	0.00	0.18	1.00	1284.75	1.00	801.15	1.00	632.37	1.00	400.54	1.00	1251.65	1.00	790.78	1.00	628.57	1.00	398.31	1.00	NSXm-100F-4P-40A	MAT	4	36000	25	
QP1-DX-N	0.07	0.00	0.07	1.00	3461.05	1.00	2198.07	1.00	1730.53	1.00	1096.24	1.00	3345.28	0.98	2058.80	0.98	1706.85	1.00	1077.44	1.00	NSXm-100F-4P-40A	MAT	4	36000	40	
QP2-SX-N	0.12	0.01	0.12	1.00	1938.19	1.00	1223.12	1.00	969.09	1.00	613.89	1.00	1903.98	0.99	1201.27	0.99	962.00	1.00	608.34	1.00	NSXm-100F-4P-40A	MAT	4	36000	40	
QP2-DX-N	0.08	0.00	0.08	1.00	3028.42	1.00	1919.94	1.00	1514.21	1.00	958.21	1.00	2840.07	0.99	1848.55	0.99	1496.31	1.00	945.05	1.00	NSXm-100F-4P-40A	MAT	4	36000	40	
QP3-SX-N	0.13	0.01	0.13	1.00	1784.62	1.00	1131.15	1.00	887.31	1.00	568.42	1.00	1765.52	0.99	1114.37	0.99	891.26	1.00	563.68	1.00	NSXm-100F-4P-40A	MAT	4	36000	40	
QP3-DX-N	0.09	0.00	0.09	1.00	2891.93	1.00	1705.72	1.00	1345.96	1.00	852.63	1.00	2823.27	0.99	1651.25	0.99	1331.97	1.00	841.59	1.00	NSXm-100F-4P-40A	MAT	4	36000	40	
QP4R-1-N	0.03	0.00	0.03	0.99	861.91	0.99	547.44	1.00	4306.45	1.00	2731.12	1.00	7620.54	0.93	4698.57	0.92	4117.05	0.98	2592.68	0.98	NSXm-100F-4P-30A	MAT	4	36000	30	
CDZ	0.00	0.00	0.01	0.95	43864.20	0.95	30341.48	0.92	21862.10	0.92	14540.83	0.96	18401.32	0.48	10554.62	0.46	14277.12	0.69	8633.04	0.68	NSXm-100F-4P-25A	MAT	4	75000	25	
cmax	0.18	0.15	0.02	0.15	29235.59	0.18	29235.59	0.18	29235.59	0.18	29235.59	0.18	29235.59	0.18	29235.59	0.18	29235.59	0.18	29235.59	0.18	29235.59	0.18	29235.59	0.18		
cmin	0.95	0.95	0.02	0.99	853.21	0.99	13434.90	0.99	8553.21	1.00	4285.67	1.00	10783.30	0.87	6508.35	0.84	6190.20	0.96	3853.73	0.95	NSXm-100F-4P-100A	MAT	4	36000	100	

Figure 14: TAB 4 QED int

8 Dimensionamento circuiti terminali

Per il dimensionamento dei circuiti terminali è stato scelto di dimensionare il quadro di semipiano sinistro del piano terra di un edificio. Come visto precedentemente questo alimenta le 6 aule e il CED. Tra la sezione normale e quella preferenziale non è presente un congiuntore mentre sotto la sezione preferenziale è presente una sezione di continuità per alimentare i RACK. Il carico RACK è stato considerato un carico distribuito nei vari ambienti, quindi diviso tra il quadro di semipiano sinistro e destro.

8.1 Dimensionamento cavi

Per il dimensionamento della sezione è stato utilizzato lo stesso metodo per i circuiti di distribuzione principali BT, si è calcolati la sezione a partire dalla caduta di tensione e poi si è modificata con un processo iterativo per il coordinamento tra le protezioni e i cavi. Si ricorda che a questo livello si è scelta una caduta di tensione massima di 2,55%. A differenza dei calcoli fatti precedentemente, i circuiti terminali hanno una struttura ramificata (come si è visto nella tavola 2), allora per il calcolo della sezione è stato considerato il coefficiente di punta c_p , il quale valore è stato preso pari a 0,8.

FG 17									
Temperatura	°C	90							
Uo	V	230							
g	1/cm³h	42							
eps	%	2.55							

SEZIONE NORMALE

Sigla	M/T	Pb	cosf	Ib	Lc	cp	Mb	S	ScommF	ScommN	Formazione	DV%	Iz'	k1*k2	Iz	Condizione Iz>lb	
	Tipo	kW	A	m	p.u.	A*m	mm²*2	mm²	mm²*2	mm²	111.5 + 1*1.5	0.0021	18.00	0.80	14.40	OK/NOK	
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	25.00	0.60	30.21	0.12	1.50	1.50						
Aula 1	P	M	1.92	0.95	8.79	30.00	0.60	316.34	1.28	1.50	1.50	122.5 + 1*2.5	0.0218	18.00	0.80	14.40	OK
	CDZ	M	0.12	0.95	0.55	25.00	0.60	16.48	0.07	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0011	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	10.00	0.60	12.08	0.05	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0008	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 2	P	M	1.92	0.95	8.79	15.00	0.60	158.17	0.64	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0109	18.00	0.80	14.40	OK
	CDZ	M	0.12	0.95	0.55	10.00	0.60	6.59	0.03	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0005	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	25.00	0.60	30.21	0.12	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0021	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 3	P	M	1.92	0.95	8.79	30.00	0.60	316.34	1.28	1.50	1.50	122.5 + 1*2.5	0.0218	18.00	0.80	14.40	OK
	CDZ	M	0.12	0.95	0.55	25.00	0.60	16.48	0.07	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0011	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	30.00	0.60	36.25	0.15	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0025	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 4	P	M	1.92	0.95	8.79	35.00	0.60	369.06	1.50	2.50	1.50	114 + 1*4	0.0153	25.00	0.80	20.00	OK
	CDZ	M	0.12	0.95	0.55	30.00	0.60	19.77	0.08	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0014	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	15.00	0.60	18.12	0.07	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0013	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 5	P	M	1.92	0.95	8.79	20.00	0.60	210.89	0.86	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0146	18.00	0.80	14.40	OK
	CDZ	M	0.12	0.95	0.55	15.00	0.60	9.89	0.04	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0007	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	30.00	0.60	36.25	0.15	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0025	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 6	P	M	1.92	0.95	8.79	35.00	0.60	369.06	1.50	2.50	1.50	114 + 1*4	0.0153	25.00	0.80	20.00	OK
	CDZ	M	0.12	0.95	0.55	30.00	0.60	19.77	0.08	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0014	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.11	0.95	0.50	40.00	0.60	24.16	0.10	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0017	18.00	0.80	14.40	OK
CED	P	M	0.72	0.95	3.30	45.00	0.60	177.94	0.72	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0123	18.00	0.80	14.40	OK

SEZIONE PREFERENZIALE

Sigla	M/T	Pb	cosf	Ib	Lc	cp	Mb	S	ScommF	ScommN	Formazione	DV%	Iz'	k1*k2	Iz	Condizione Iz>lb	
	Tipo	kW	A	m	p.u.	A*m	mm²*2	mm²	mm²*2	mm²	111.5 + 1*1.5	0.0021	18.00	0.80	14.40	OK/NOK	
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	25.00	0.60	30.21	0.12	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0019	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 1	RACK	M	0.10	0.95	0.48	30.00	1.00	27.46	0.11	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0008	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	10.00	0.60	12.08	0.05	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0009	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 2	RACK	M	0.10	0.95	0.48	15.00	1.00	13.73	0.08	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0021	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	25.00	0.60	30.21	0.12	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0025	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 3	RACK	M	0.10	0.95	0.48	30.00	1.00	27.46	0.11	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0022	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	30.00	0.60	36.25	0.15	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0025	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 4	RACK	M	0.10	0.95	0.48	35.00	1.00	32.04	0.13	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0022	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	15.00	0.60	18.12	0.07	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0013	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 5	RACK	M	0.10	0.95	0.48	20.00	1.00	18.31	0.07	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0013	18.00	0.80	14.40	OK
	ILL	M	0.22	0.95	1.01	30.00	0.60	36.25	0.15	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0025	18.00	0.80	14.40	OK
Aula 6	RACK	M	0.10	0.95	0.48	36.00	1.00	32.04	0.13	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0022	18.00	0.80	14.40	OK
CED	ILL	M	0.12	0.95	0.55	40.00	0.60	26.38	0.11	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0018	18.00	0.80	14.40	OK

SEZIONE CONTINUITÀ

Sigla	M/T	Pb	cosf	Ib	Lc	cp	Mb	S	ScommF	ScommN	Formazione	DV%	Iz'	k1*k2	Iz	Condizione Iz>lb		
	Tipo	kW	A	m	p.u.	A*m	mm²*2	mm²	mm²*2	mm²	111.5 + 1*1.5	0.0021	18.00	0.80	14.40	OK/NOK		
	Aula 1	RACK	M	0.10	0.95	0.48	30.00	0.60	16.48	0.07	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0011	18.00	0.80	14.40	OK
	Aula 2	RACK	M	0.10	0.95	0.48	15.00	0.60	8.24	0.03	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0006	18.00	0.80	14.40	OK
	Aula 3	RACK	M	0.10	0.95	0.48	30.00	0.60	16.48	0.07	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0011	18.00	0.80	14.40	OK
	Aula 4	RACK	M	0.10	0.95	0.48	36.00	0.60	19.22	0.08	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0013	18.00	0.80	14.40	OK
	Aula 5	RACK	M	0.10	0.95	0.48	20.00	0.60	10.88	0.04	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0008	18.00	0.80	14.40	OK
	Aula 6	RACK	M	0.10	0.95	0.48	36.00	0.60	19.22	0.08	1.50	1.50	111.5 + 1*1.5	0.0013	18.00	0.80	14.40	OK

8.2 Dimensionamento quadro di semipiano

Una volta ricavata la sezione dei cavi si sono calcolate le correnti di corto circuito per poi andare a dimensionare gli interruttori. Nei circuiti terminali sono stati scelti tutti interruttori modulari, magnetotermici differenziali con curva C. Per il calcolo delle correnti di corto circuito è stato sempre utilizzato il metodo delle correnti caratteristiche; come valore di input per le correnti I_k sul quadro sono stati utilizzati i valori precedentemente calcolati nel dimensionamento del quadro di edificio. I risultati sono stati riassunti nella tabella 4 QP0-SX int sotto riportata. Essendo i circuiti monofase sono state riportate solo le correnti di corto circuito monofase.

Una volta completato il dimensionamento di cavi e interruttori si sono verificati i risultati anche utilizzando il software i-project. Qui sotto si riportano i risultati e lo schema unifilare del quadro di semipiano.

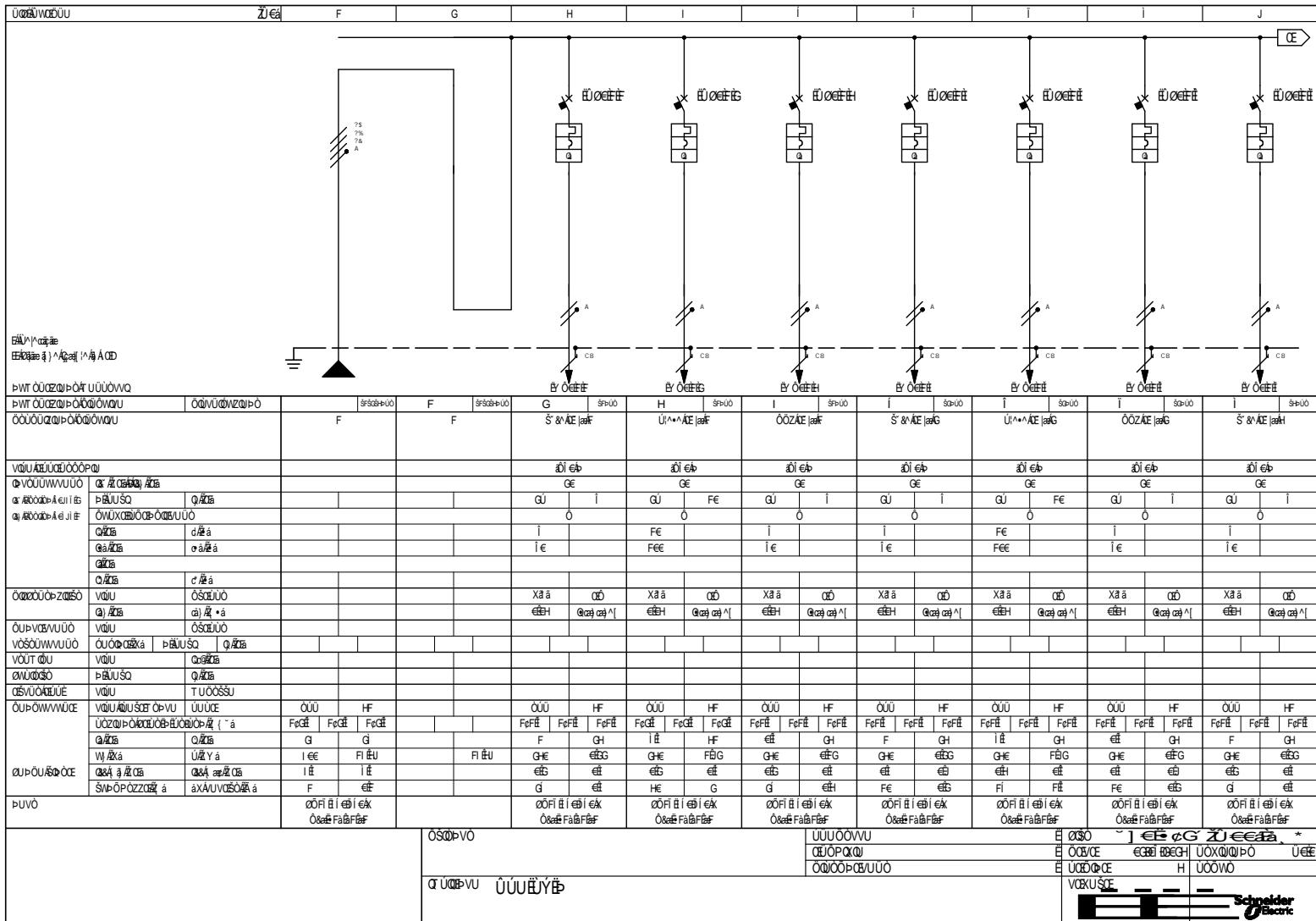
	U _n	I _n	P _n
U _m	490		
I _m	1,00		
U _{min}	0,95		
I _{min}			
U _{max}	231,94		
I _{max}			
U _{minn}	215,39		
I _{minn}	0,95		
U _w	W	1,50	
I _w			

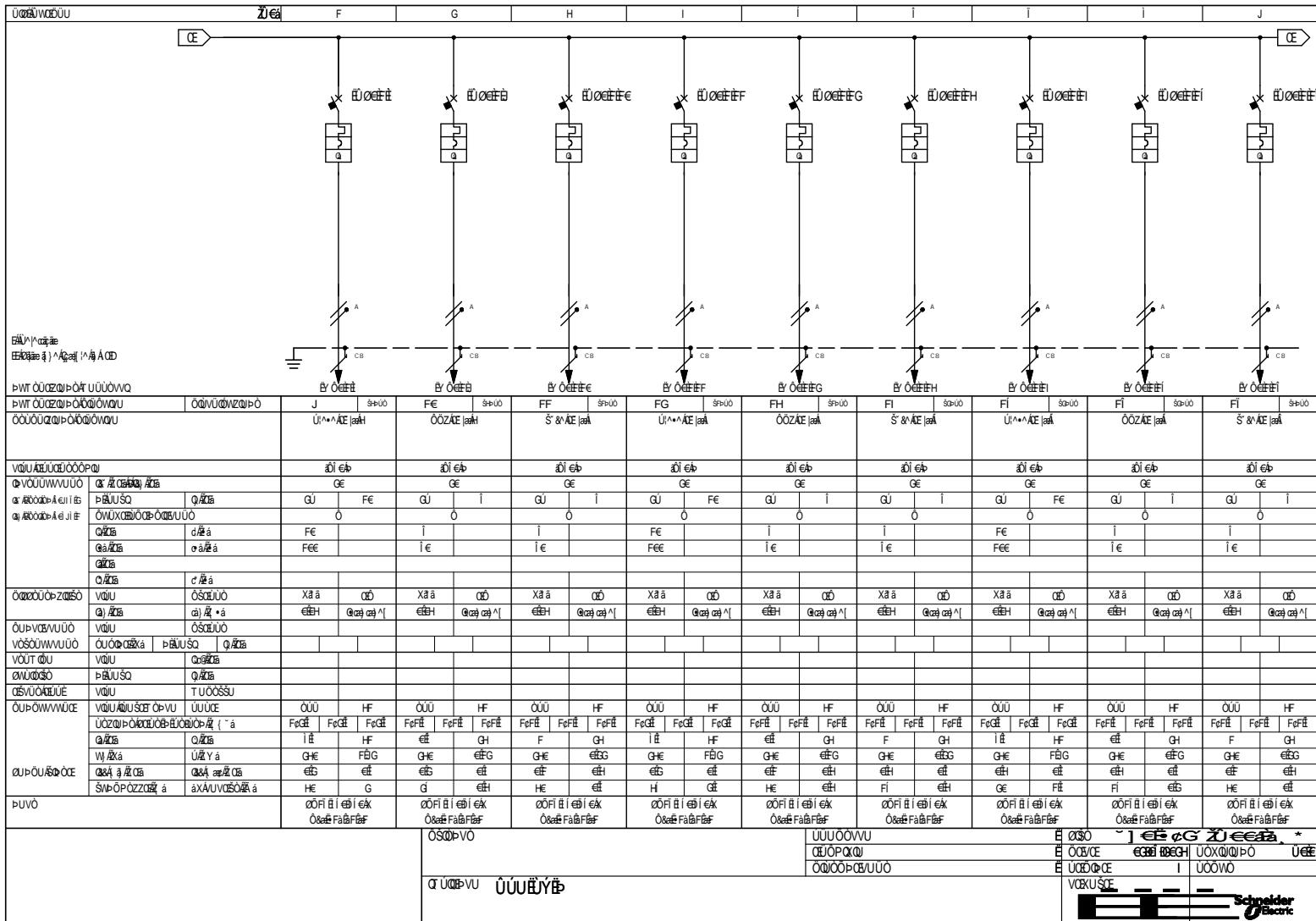
EZZONE NORMALE

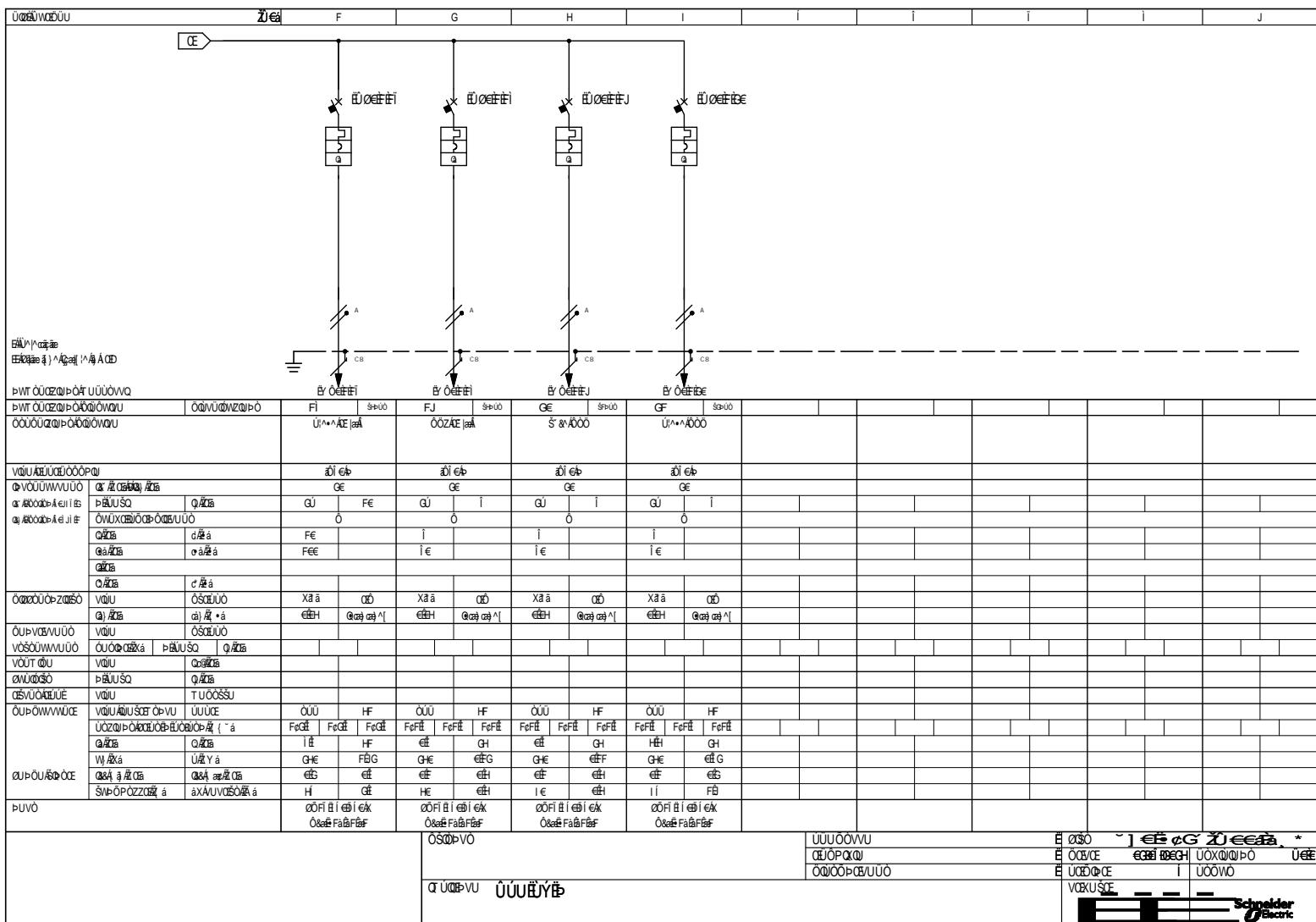
Figure 16: TAB 4 QP0-SX int

Kj	K1M	cos(K1M)	K1m	cos(K1m)
A	A			
204.53	1.00	129.55	1.00	
	179.40	1.00	113.55	1.00
	353.96	1.00	224.05	1.00
	284.71	1.00	180.23	1.00
	204.53	1.00	129.55	1.00
	179.40	1.00	113.55	1.00
	159.50	1.00	101.12	1.00
	284.71	1.00	180.23	1.00
	228.14	1.00	150.75	1.00
	179.40	1.00	113.55	1.00
	159.50	1.00	101.12	1.00
	143.91	1.00	91.12	1.00

KJ	K1M	cos EK1m	EK1m	cos EK1m
	A	A	A	A
	179.40	1.00	153.57	0.38
	244.71	1.00	307.15	0.71
	179.40	1.00	153.57	0.38
	159.70	1.00	131.63	0.31
	238.11	1.00	304.36	0.63
	159.70	1.00	131.63	0.31







9 Dimensionamento impianto di terra

Essendo la cabina MT/BT privata si è scelto un sistema TN-S. L'impianto di terra è formato da una corda di terra che percorre tutto lo scavo della rete MT, in più si sono posizionate delle griglie sotto i 4 locali tecnici e sotto il locale di consegna, al fine di equipotenziare il campo in questi punti critici e soggetti a manutenzione. Di seguito si riportano le caratteristiche dell'impianto di terra:

- Corda di terra: sezione di 50 mm^2 e lunghezza di 260 m
- Griglia locale tecnico: area di $6 \cdot 20 \text{ m}^2$, perimetro di 52 m e lunghezza totale di 90 m
- Griglia locale di consegna: area di $4 \cdot 12 \text{ m}^2$, perimetro di 32 m e lunghezza totale di 56 m

Dalla consegna del DSO conosciamo i seguenti parametri:

- tempo di intervento delle protezioni pari a 0,6 secondi, a cui corrisponde una tensione di contatto limite $U_T(t)$ pari a 125 V;
- corrente convenzionale di guasto a terra I_g pari a 200 A.

Da questi ci siamo ricavati il valore della resistenza di terra massima R_e :

$$R_e = \frac{U_T(t)}{I_g} = 0,625 \Omega$$

Le caratteristiche geometriche dell'impianto di terra descritte sopra sono state scelte in modo tale da avere una resistenza minore, e quindi una tensione di contatto minore di $U_T(t)$. Le resistenze di terra della corda di terra e delle griglie sono:

$$R_c = \frac{2\rho}{L_c} = 0,78 \Omega$$

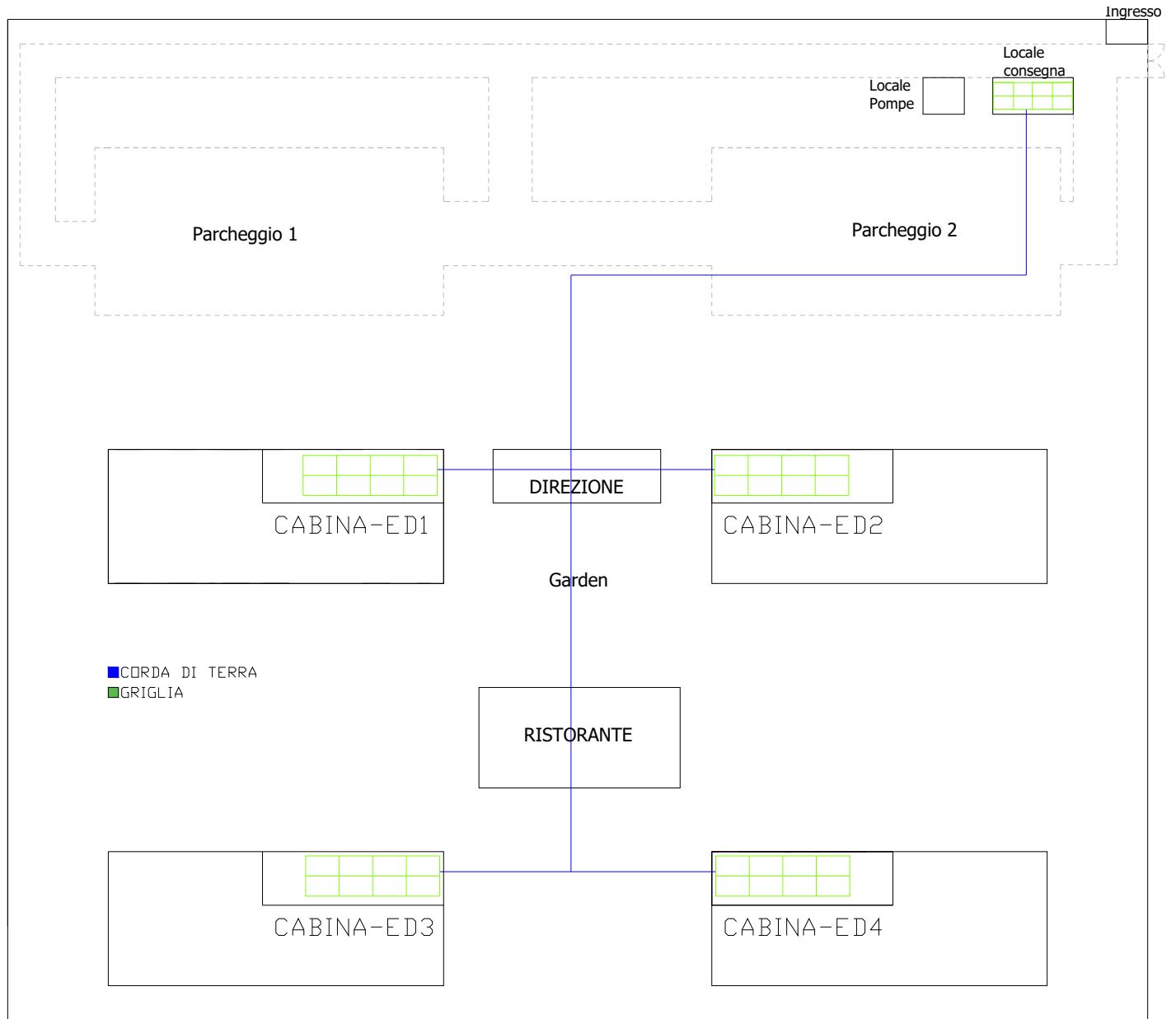
$$R_{G,POC} = \frac{2\rho}{P_{G,POC}} + \frac{\rho}{L_{G,POC}} = 8 \Omega$$

$$R_{G,ED} = \frac{2\rho}{P_{G,ED}} + \frac{\rho}{L_{G,ED}} = 5 \Omega$$

Considerando il parallelo di queste resistenze si trova la resistenza totale offerta dall'impianto di terra:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{E,tot}} &= \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_{G,POC}} + \frac{4}{R_{G,ED}} \\ R_{E,tot} &= 0,45 \Omega < 0,625 \Omega \end{aligned}$$

Di seguito si riporta la tavola 3 dove è rappresentato il circuito di terra.



10 Legenda

n°	sigla	elaborato	Pag
1	TAB 1-1	Analisi dei carichi, concentrati e distribuiti, e la loro ripartizione in servizio preferenziale, continuo e normale	4
2	TAB 1-2	Analisi dei carichi, calcolo delle potenze di piano, edificio, cabine e totale di campus	5
3	TAB 2-1	Scelta apparecchi di illuminazione	6
4	TAB 2-2	Risultati modello del flusso totale	7
5	TAB 3-1	Analisi della potenza convenzionale assorbita per ogni ambiente	18
6	TAB 3-2	Analisi dei carichi presenti sul semipiano sinistro del piano terra	19
7	TAB 3-3	Analisi dei carichi presenti sul semipiano destro del piano terra	20
8	TAB 4 TR-GE-UPS	Scelta taglie trasofrmatori, gruppi elettrogeni e UPS. Calcolo del contributo al corto circuito di trasformatori e gruppi elettrogeni	24
9	TAB 4 POC cavi	Dimensionamento sezione cavi dell'anello MT	25
10	TAB 4 QED cavi	Dimensionamento sezione cavi della rete di distribuzione principale BT	28
11	TAB 4 QED int	Calcolo delle correnti di corto circuito e dimensionamento interruttori nel quadro generale di edificio	33
12	TAB 4 QP0-SX cavi	Dimensionamento sezione cavi dei circuiti terminali sotto il quadro di sempiano sinistro del piano terra	35
13	TAB 4 QP0-SX int	Calcolo delle correnti di corto circuito e dimensionamento interruttori nel quadro generale di sempiano sinistro del piano terra	37
14	SCH 1	Schema a blocchi dell'architettura di rete	16
15	SCH 2	Schema unifilare del quadro di consegna	26
16	SCH 3	Schema unifilare del quadro generale di edificio dell'edificio 1	30-32
17	SCH 4	Schema unifilare del quadro di semipiano sinistro del piano terra	38-40
18	TAV 1	Planimetria del campus con rete in MT	17
19	TAV 2-SX	Planimetria del piano terra con quadro di semipiano sinistro	21
20	TAV 2-DX	Planimetria del piano terra con quadro di semipiano destro	22
21	TAV 3	Planimetria del campus con rete di terra	42
22	RP1	Risultati della simulazione su DIALux dell'ambiente aula	8-14