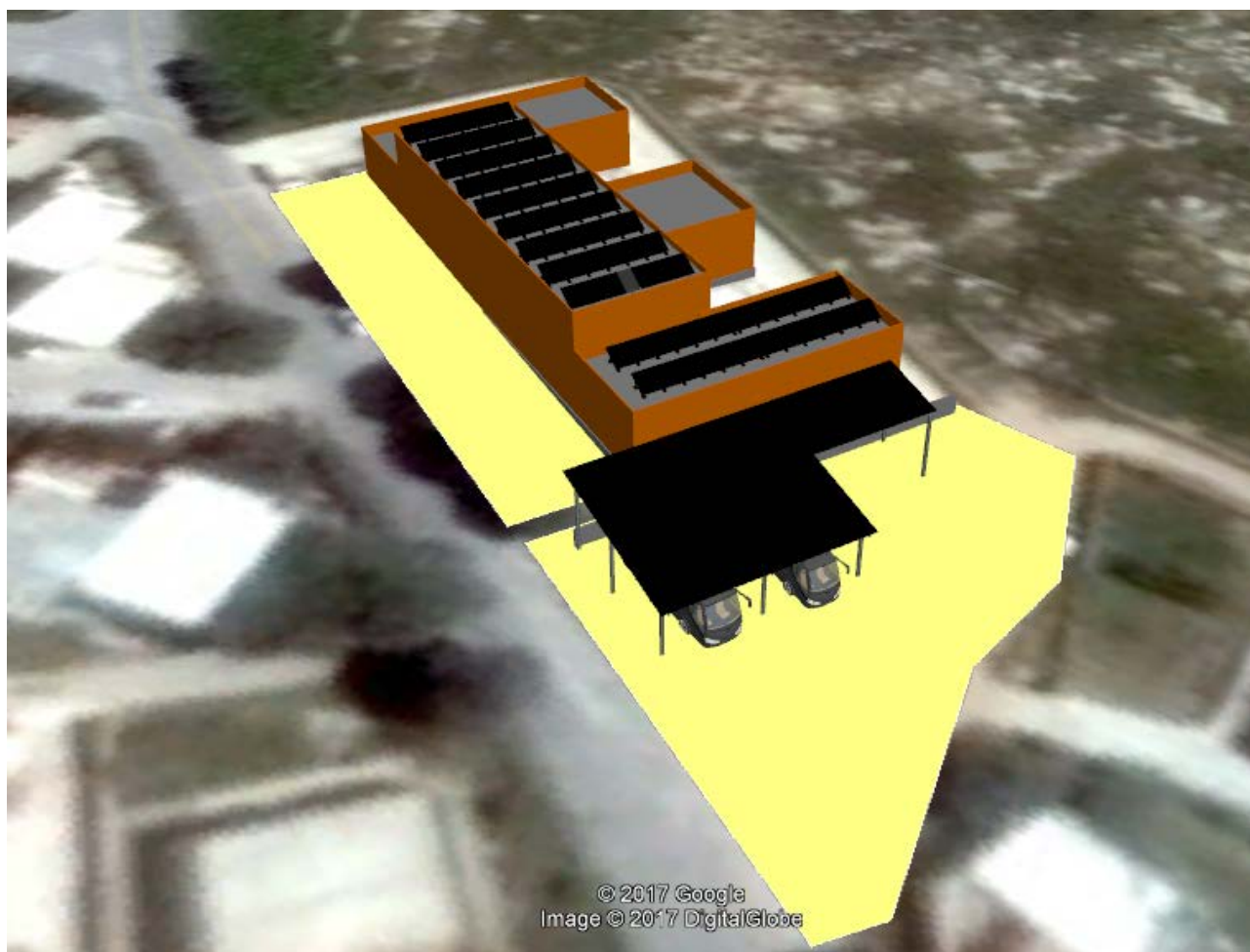


# Relazione Tecnica-illustrativa

---

*Interventi di efficienza energetica, mobilità sostenibile ed adattamento ai cambiamenti climatici nelle isole minori*



## Sommario

---

<b>1. Indice tabelle e figure.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Introduzione .....</b>	<b>4</b>
2.1. Mobilità pubblica .....	4
2.2. Illuminazione a led .....	4
<b>3. Analisi Consumi.....</b>	<b>6</b>
3.1. Mobilità .....	6
3.1.1. Analisi pre-opera .....	6
3.1.2. Nuova dotazione .....	9
3.2. Illuminazione Led .....	11
3.2.1. Riepilogo.....	11
3.2.2. Consumi.....	11
3.3. Ausiliari .....	12
3.4. Totale.....	12
<b>4. Posizione impianti.....</b>	<b>14</b>
4.1. Impianto Fotovoltaico .....	14
4.2. Locale batterie.....	14
4.3. Locale per caricabatterie ed inverter.....	14
4.4. Illuminazione stradale .....	15
<b>5. Dimensionamento e specifiche .....</b>	<b>16</b>
5.1. Impianto fotovoltaico .....	16
5.1.1. Risorsa solare .....	16
5.1.2. Dimensionamento e scelta topologica.....	18
5.2. Batterie .....	19
5.3. Caricabatterie ed Inverter.....	20
5.4. Minibus .....	21
5.5. Illuminazione Led .....	21
<b>6. Sistema di monitoraggio e supervisione .....</b>	<b>22</b>
<b>7. Costi.....</b>	<b>23</b>
<b>8. Allegati .....</b>	<b>25</b>
8.1. Estratto CTR con posizione elementi costituenti la proposta progettuale.....	26
8.2. Disegno preliminare impianto su tetto.....	27
8.3. Disegno preliminare impianto su posteggio .....	28

## 1. Indice tabelle e figure

---

Figura 1 - Percorso Linea ROSSA.....	7
Figura 2 - Percorso Linea BLU .....	7
Figura 3 – Profilo Elevazione Linea ROSSA .....	8
Figura 4 – Profilo Elevazione Linea BLU.....	8
Figura 5 - Ubicazione Sede Ex Municipio con coordinate geografiche.....	14
Figura 6 - Andamento carica delle batterie .....	20
Tabella 1 - Confronto tecnologie illuminazione .....	5
Tabella 2 - Dati TPL pre-opera .....	6
Tabella 3 - Dati Linea .....	6
Tabella 4 - Percorrenza annua .....	8
Tabella 5 - Limiti alle emissioni previsti nella direttiva europea 98/69/CEE .....	9
Tabella 6 - Emissioni Pre-opera .....	9
Tabella 7 - Percorrenza minibus di progetto .....	10
Tabella 8 - Emissioni Evitate .....	11
Tabella 9 Dati calcolo illuminotecnico .....	11
Tabella 10 - Consumi elettrici per illuminazione .....	12
Tabella 11 - Totale Consumi .....	13
Tabella 12 - Dati irraggiamento e produzione unitari sulla porzione di impianto su tetto .....	16
Tabella 13 - Dati irraggiamento e produzione unitari sulla porzione di impianto su parcheggio .....	17
Tabella 14 - Dati irraggiamento e produzione unitari medi calcolati sulla base dei dati PVGIS.....	17
Tabella 15 - Potenza Impianto fotovoltaico .....	18
Tabella 16 - Composizione impianto PV .....	19
Tabella 17 – Configurazione inverter .....	19

## 2. Introduzione

---

Questa relazione descrive il progetto di efficienza energetico e mobilità sostenibile per essere beneficiari del finanziamento di cui al Decreto direttoriale MinAmbiente 14 luglio 2017, n. 340.

In Sintesi il progetto prevede:

- Un impianto fotovoltaico posto in parte sul tetto di un edificio comunale esistente, ed in parte su un posteggio in prossimità dell'edificio, non connesso alla rete ma che nelle ore diurne caricherà delle batterie.
- Due autobus elettrici che potranno percorrere giornalmente circa 250km, che fa una ricarica giornaliera con soli 170kWh di energia elettrica, che non inquina e che non ha nemmeno bisogno del distributore perché si ricarica stando tranquillamente posteggiato nelle ore notturne nel posteggio adibito ed alimentato dalle batterie dell'impianto fotovoltaico e per n.1 ora tra le 13:00 e le 14:00.
- L'illuminazione pubblica con l'utilizzo di LED, alimentati sempre dall'impianto fotovoltaico del parcheggio del centro e nell'area dell'ingresso.
- Un sistema di monitoraggio dell'energia generata ed utilizzata

### 2.1. Mobilità pubblica

Il settore dei trasporti è all'origine di parte dei fenomeni di inquinamento che generano impatti sulla qualità dell'ambiente e sulla qualità di vita della popolazione.

Le isole minori sono particolarmente sensibili e vulnerabili a tale fenomeno perché interessate oltre che dalla mobilità della popolazione residente da una mobilità turistica che genera una domanda aggiuntiva di trasporto concentrata in pochi mesi dell'anno e che quindi determina una grande pressione nell'uso di risorse scarse e sensibili: risorse naturali, paesaggistiche, energetiche, ecc.

Il progetto rappresenta sicuramente un'opportunità per il sempre maggiore orientamento del turismo nazionale ed europeo verso luoghi in grado di coniugare qualità della vita e sostenibilità ambientale.

**Il progetto prevede:**

- la realizzazione di tutte le infrastrutture per la ricarica in contemporanea di n.2 minibus elettrici con un sistema autonomo ed autosufficiente, completamente sconnesso dalla rete elettrica, alimentato da pannelli fotovoltaici
- la dotazione al comune di 2 minibus elettrico.
- Un sistema di video sorveglianza per la protezione dell'investimento
- L'illuminazione del posteggio adiacente l'edificio

### 2.2. Illuminazione a led

Le caratteristiche della tecnologia Led (Light-Emitting Diodes) rispetto a quella tradizionale sono: il risparmio, l'efficienza luminosa, la durata, la sostenibilità, tempi di accensione.

Il risparmio energetico è stimato dal 50% al 70% rispetto ai sistemi tradizionali. Infatti, è possibile sostituire le lampade fluorescenti con quelle a Led che consumano meno watt. Per esempio, una normale lampada a neon consuma 40 W rispetto ai 17 W di un tubo a Led.

Le lampadine a Led hanno un'alta efficienza luminosa fino a 120 lumen/watt (lm/w) rispetto ai 13lm/w delle lampade a incandescenza, ai 16lm/w di quelle alogene e ai 50lm/w delle fluorescenti.

Per quanto riguarda la durata, la perdita della luminosità dei led è stimata dopo 100mila ore di utilizzo con il mantenimento del 70% dell'emissione luminosa anche dopo 50mila ore.

La differenza con le lampadine tradizionali è notevole: la vita media di quella a filamento è di 250 giorni (1000/1500 ore), di una lampada scarica è di 666 giorni (4000 ore), di quella fluorescente è di 1000 giorni (6mila ore) mentre quella a led ha una durata di 8333 giorni (50mila ore).

Le lampade a Led sono sostenibili: non contengono gas nocivi alla salute e sono privi di sostanze tossiche, a differenza di quelle tradizionali, ricche di alogenuri metallici e vapori di sodio.

L'impatto ambientale è favorevole dal momento che non vi è alcuna forma di inquinamento, senza emissioni di raggi ultravioletti e a infrarossi, questi ultimi dannosi per la vista.

Il progetto prevede:

- L'illuminazione a Led del parcheggio/stazione di ricarica degli autobus elettrici
- L'illuminazione a Led di un tratto di strada pubblica antistante il parcheggio della lunghezza di circa 190m.

Nella tabella sottostante un confronto tra le varie tecnologie

Tipo	Potenza [W]	Tensione [V]	Flusso Luminoso [lm]	Durata di Vita [hr]	CRI	Temperatura di colore [K]	Efficienza Luminosa [lm/W]
Incandescenza	40	230	420	1500	100		10
Alogena	28	230	325	2000	100	2800	12
Fluorescente Compatta	10	230	550	15000	85	2500	55
LED	7	12 - 230	400 - 450	100000	75-80	Cold White 6000 Warm White 3000	64

Tutti i dati sono presi dal catalogo Osram.

Bisogna fare delle particolari considerazioni sulle lampade fluorescenti:

- la durata di vita è calcolata fino alla rottura, ma il flusso luminoso si riduce notevolmente con il passare delle ore:
- vita media al 50% del flusso luminoso: 12000 h
- flusso luminoso dopo 2000 h: 85%
- flusso luminoso dopo 5000 h: 80%

Tabella 1 - Confronto tecnologie illuminazione

### 3. Analisi Consumi

#### 3.1. Mobilità

##### 3.1.1. Analisi pre-opera

Il servizio di trasporto pubblico nell'isola ha sicuramente ampi margini di crescita come evidenziato nella tabella sottostante:

Offerta di infrastrutture e servizi di trasporto pubblico Locale (TPL) - Dati 2009		
Rete di esercizio TPL	[km]	20,3
Densità della rete TPL	[km/km <sup>2</sup> ]	1,05
TPL flotta (n. veicoli)		3
Estensione rete stradale extraurbana	[km]	49,9
Densità della rete stradale extraurbana	[km/km <sup>2</sup> ]	1,9
Viaggiatori trasportati annualmente TPL		19170
Quota parte della mobilità privata sul totale		71,8%

Tabella 2 - Dati TPL pre-opera

Nell'isola sono presenti due linee urbane: LINEA ROSSA e LINEA BLU.

Le caratteristiche delle due linee sono riportate in Tabella 3 :

LINEA	Lunghezza [km]	Pendio medio max	Pendio medio min	Pendenza di picco max	Pendenza di picco min
ROSSA	4,66	2,80%	-3,00%	9,80%	-13,10%
BLU (A--->B)	7,81	11,00%	-12,30%	11,00%	-12,30%
BLU (B--->A)	7,81	-12,30%	-11,00%	-12,30%	-11,00%
TOTALE	20,28				

Tabella 3 - Dati Linea

La linea Rossa è circolare, mentre la linea Blu ha due capolinea; la Figura 1e la Figura 2 mostrano il percorso e le principali fermate delle de linee, mentre la Figura 3e la





Figura 1 - Percorso Linea ROSSA

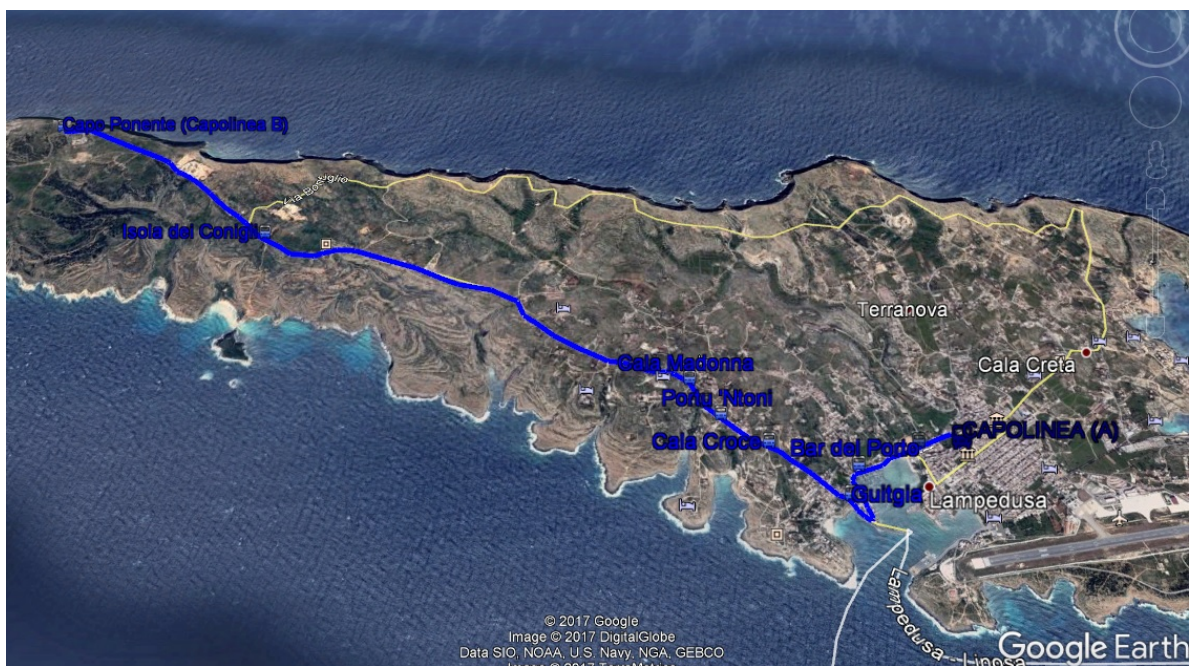


Figura 2 - Percorso Linea BLU



Figura 3 – Profilo Elevazione Linea ROSSA



Figura 4 – Profilo Elevazione Linea BLU

Attualmente è realizzato un passaggio autobus ogni circa 45min nel periodo invernale con l'utilizzo di due mezzi, che diminuisce a circa 30min nel periodo estivo quando viene utilizzato anche il 3° minibus.

Il servizio è attivo dalle 7:00 alle 22:00.

	PERIODO INVERNALE (OTTOBRE-MAGGIO)			PERIODO ESTIVO (GIUGNO-SETTEMBRE)			INTERO ANNO
	Tempo tra due passaggi [min]	Percorrenza giornaliera [km]	Percorrenza totale [km]	Tempo tra due passaggi [min]	Percorrenza giornaliera [km]	Percorrenza totale [km]	Percorrenza [km]
ROSSA	45	68	16631	30	103	12473	29104
BLU (A--->B)	60	86	20905	40	129	15679	36583
BLU (B--->A)	60	86	20905	40	129	15679	36583
<b>TOTALE</b>		<b>240</b>	<b>58441</b>		<b>360</b>	<b>43830</b>	<b>102271</b>

Tabella 4 - Percorrenza annua

I mezzi attualmente in circolazione sono dei Minibus da 12 posti, di non recentissima costruzione (2003 – EURO3). Il consumo medio stimato per questo tipo di veicoli è pari a 10,5l/100km e quindi il consumo annuale di gasolio risulta essere pari a: 10738l.

Secondo la classificazione ONU-ECE la categoria del veicolo è:



**M2:** veicoli destinati al trasporto di persone, aventi più di otto posti a sedere oltre al sedile del conducente e massa massima non superiore a 5 t (minibus);

La Tabella 5 mostra i limiti di emissioni per questa classe di veicoli.

Direttiva 98/69/CEE												
Categoria		Massa di riferimento (RW) [kg]	CO [g/km]		HC [g/km]		NOx [g/km]		HC+NOx [g/km]		PM <sup>(1)</sup> [g/km]	Date di applicazione
A (2000) EURO III	M <sup>(2)</sup>	Classe	Benzina	Diesel	Benzina	Diesel	Benzina	Diesel	Benzina	Diesel	Diesel	
		Tutte	2,3	0,64	0,20	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05	1° gennaio 2000 per i nuovi modelli <sup>(2)</sup>
	I	RW ≤ 1305	2,3	0,64	0,20	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05	1° gennaio 2001 per tutti i modelli <sup>(2)</sup>
	II	1305 < RW ≤ 1760	4,17	0,80	0,25	-	0,18	0,65	-	0,72	0,07	1° gennaio 2001 per i nuovi modelli e per veicoli appartenenti alla categoria M con massa massima superiore a 2.500 kg.
	III	RW > 1760	5,22	0,95	0,29	-	0,21	0,78	-	0,86	0,10	1° gennaio 2002 per tutti i modelli e per veicoli appartenenti alla categoria M con massa massima superiore a 2.500 kg.
B (2005) EURO IV	M <sup>(2)</sup>	Tutte	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025	1° gennaio 2005 per i nuovi modelli <sup>(2)</sup>
	I	RW ≤ 1305	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025	1° gennaio 2006 per tutti i modelli <sup>(2)</sup>
	II	1305 < RW ≤ 1760	1,81	0,63	0,13	-	0,10	0,33	-	0,39	0,04	1° gennaio 2006 per i nuovi modelli e per veicoli appartenenti alla categoria M con massa massima superiore a 2.500 kg.
	III	RW > 1760	2,27	0,74	0,16	-	0,11	0,39	-	0,46	0,06	1° gennaio 2007 per tutti i modelli e per veicoli appartenenti alla categoria M con massa massima superiore a 2.500 kg.

(1) Per i motori ad accensione spontanea  
(2) Eccettuati i veicoli aventi massa massima > 2.500 kg  
(3) Compresi i veicoli di categoria M di cui alla nota (2)

Tabella 5 - Limiti alle emissioni previsti nella direttiva europea 98/69/CEE

Incrociando i dati della Tabella 4 e della Tabella 5, (La CO<sub>2</sub> evitata è ovviamente calcolata utilizzando il consumo evitato di gasolio visto che 1l di gasolio "bruciato" emetterà in atmosfera sempre 2650 g per litro di gasolio consumato (2C<sub>20</sub>H<sub>42</sub> + 61O<sub>2</sub> → 40CO<sub>2</sub> + 42H<sub>2</sub>O: 2 moli di gasolio emettono 40 moli di CO<sub>2</sub>): ) risultano le emissioni riportata in Tabella 6:

Inquinante	Emissione [kg]
CO <sub>2</sub>	28457
CO	97,2
HC	8,2
Nox	79,8
PM	10,2

Tabella 6 - Emissioni Pre-opera

### 3.1.2. Nuova dotazione

Ai fine del presente progetto, si sostituiranno 2 dei 3 minibus attualmente in servizio con due minibus a bassa emissione.

Per la tipologia del servizio e dell'infrastruttura stradale, il mezzo che più si presta a svolgere il servizio è sicuramente un minibus di lunghezza inferiore ad 8m e con almeno 14 posti con alimentazione 100% elettrica.

Sono stati ipotizzati due tipologie di minibus:

- 1) Tipologia ad alta autonomia (autonomia dichiarata ≥160km)
- 2) Tipologia a più bassa autonomia (autonomia dichiarata ≥110km) ma con posto per disabili.

I due autobus circolerebbero alternativamente su linea ROSSA e linea BLU in modo da avere almeno 1 autobus ogni 2 predisposto per la salita di disabili con un'autonomia media dichiarata di 135km e

quindi utile di 120km. Tale autonomia può essere inoltre incrementata di 40km con una ricarica veloce da 1h durante l'intervallo 13:30 – 14:30.

Per massimizzare l'efficienza, il confort ed i consumi inoltre il minibus dovrà essere dotato di almeno le seguenti caratteristiche:

- Frenata rigenerativa
- Aria condizionata vano passeggeri
- Presa di carica veloce (tempo di ricarica normale <8h, tempo di ricarica rapida <2h)
- Consumo dichiarato <450Wh/km
- Ciclo di vita batterie: >1460 (4 anni di ricariche giornaliere)

Considerando la grossa variazione stagionale, legata al turismo, dell'utenza potenziale che per altro ben si coniuga con il profilo di irraggiamento solare che è più che doppio nei mesi estivi, i consumi sono stati stimati per i mezzi in circolazione e le percorrenze chilometriche medie giornaliere evidenziate nella tabella sotto:

Mese	N.mezzi in circolazione	Percorrenza media giornaliera/unitaria [km]	Consumo medio giornaliero [kWh]	Percorrenza mensile [km]
Gen	1	130	70	4030
Feb	1	130	70	3640
Mar	1	150	81	4650
Apr	2	120	130	7200
Mag	2	125	135	7750
Giu	2	140	151	8400
Lug	2	140	151	8680
Ago	2	140	151	8680
Set	2	140	151	8400
Ott	2	125	135	7750
Nov	1	130	70	3900
Dic	1	130	70	4030
<b>Somma</b>			<b>41639</b>	<b>77110</b>

Tabella 7 - Percorrenza minibus di progetto

La percorrenza annua rappresenta circa il 75% della percorrenza totale della servizio TLP.

L' emissioni evitate sarebbero quindi pari a:

	Emissione [kg]		
Inquinante	PRE OPERA	POST OPERA	Evitate
Consumo Gasolio [l]	10738	2642	8096
CO <sub>2</sub>	28457	7001	21456
CO	97,2	24	73
HC	8,2	2	6
Nox	79,8	20	60

PM	10,2	3	8
----	------	---	---

Tabella 8 - Emissioni Evitate

### 3.2. Illuminazione Led

L'illuminazione del parcheggio e della zona di ingresso dell'edificio, sarà realizzata con lampade a LED alimentate sempre dall'impianto fotovoltaico. Per le due aree l'illuminamento minimo dovrà essere pari a 10 lx e per garantirlo in tutti i punti del posteggio si è scelto un illuminamento medio pari a 20 lx.

Le due aree hanno una superficie di 1173m<sup>2</sup> e quindi per garantire l'illuminamento richiesto da normativa, considerando anche la dispersione del flusso luminoso si installeranno lampade per circa 35000 lumen.

Area posteggio	1173	m <sup>2</sup>
Punti illuminanti	20	
Flusso luminoso totale	35200	lumen
Flusso luminoso unitario	1760	lumen
Potenza elettrica	620	W

Tabella 9 Dati calcolo illuminotecnico

#### 3.2.1. Riepilogo

Potenza totale illuminazione	0,62 kW
Perdite di sistema	5%
<b>Potenza installata</b>	<b>0,65 kW</b>

#### 3.2.2. Consumi

In prima approssimazione le ore di accensione vengono stimate pari al tempo tra tramonto ed alba + 1h.

I consumi medi giornalieri per mese risultano pari a:

Mese	Ore giorno	Ore illuminazione	Consumo giornaliero [kWh]	Consumo Mensile [kWh]
Gen	10.05	14:55	9,65	299,0
Feb	10.50	14:10	9,16	256,5
Mar	11.59	13:01	8,42	260,9
Apr	13.06	11:54	7,69	230,8
Mag	14.03	10:57	7,08	219,5
Giu	14.32	10:28	6,77	203,0
Lug	14.19	10:41	6,91	214,1
Ago	13.30	11:30	7,44	230,5
Set	12.26	12:34	8,13	243,8
Ott	11.19	13:41	8,85	274,3
Nov	10.20	14:40	9,48	284,5

Dic	9.50	15:10	9,81	304,0
<b>TOTALE</b>		<b>4672:05</b>		<b>3021,0</b>

Tabella 10 - Consumi elettrici per illuminazione

Il consumo stimato di energia da fonte rinnovabile sarà quindi di **3021,0 kWh da fonte rinnovabile**.

Per raggiungere lo stesso grado di illuminazione con tecnologia convenzionale il consumo annuo sarebbe pari a **3520kWh/anno** di fonte tradizionale. (lampade a fluorescenza)

#### *Emissioni evitate*

Il risparmio energetico da fonte rinnovabile, pari a 3520kWh/anno equivale a 0.7TEP (0,187 TEP per ogni MWh Delibera EEN 3/08)

Le emissioni di CO<sub>2</sub> evitate pari a **1406 kg/anno** (0.4kg di CO<sub>2</sub>fossile/kWh)

### 3.3. Ausiliari

Oltre ai consumi sopra stimati viene considerato un ulteriore consumo pari a 12kWh/giorno per l'alimentazione di ausiliari, quali ventole di raffreddamento, illuminazione locali tecnici, etc. alimentati sempre da fonte rinnovabile.

### 3.4. Totale

La Tabella 11 riporta il consumo giornaliero totale delle apparecchiature facente parte del progetto.

Non viene considerato il consumo dell'impianto TVCC perché per la sua natura è opportuno che sia alimentato da fonte elettrica differente e con backup autonomo.

L'ultima colonna mostra l'energia che deve essere prodotta dal sistema fotovoltaico, assumendo che l'efficienza di carica/scarica delle batterie sia pari a 90%.

Mese	Consumo carica Bus	Consumo illuminazione	Altri consumi	TOTALE [kWh]	Totale con rendimento 90%
Gen	70,20	9,65	12,00	92	102
Feb	70,20	9,16	12,00	91	102
Mar	81,00	8,42	12,00	101	113
Apr	129,60	7,69	12,00	149	166
Mag	135,00	7,08	12,00	154	171
Giu	151,20	6,77	12,00	170	189
Lug	151,20	6,91	12,00	170	189
Ago	151,20	7,44	12,00	171	190
Set	151,20	8,13	12,00	171	190
Ott	135,00	8,85	12,00	156	173
Nov	70,20	9,48	12,00	92	102

Dic	70,20	9,81	12,00	92	102
<b>TOTALE</b>	<b>41639</b>	<b>7151,00</b>		<b>48790</b>	<b>54212</b>

Tabella 11 - Totale Consumi



## 4. Posizione impianti

La Figura 5 mostra la localizzazione dell'opera, sulla casa di riposo per anziani di proprietà del comune in Via Grecale.



Figura 5 - Ubicazione Sede Ex Municipio con coordinate geografiche

L'Allegato 2 è un estratto del CTR 635920: (coordinate edificio 2303936,3932076) con indicato l'ubicazione di ogni elemento costituente la proposta progettuale.

### 4.1. Impianto Fotovoltaico

L'impianto sarà posto sul tetto dell'edificio (30kW) e sul posteggio antistante (30kW).

Entrambi gli impianti sono esposti a SSO con inclinazione di 35° per l'impianto sul tetto e di 10° per l'impianto su posteggio.

### 4.2. Locale batterie

Le batterie saranno installate in box prefabbricato nell'area del posteggio di dimensioni pari a circa 15m<sup>2</sup>

### 4.3. Locale per caricabatterie ed inverter

Caricabatterie ed inverter saranno installati in box prefabbricato nell'area del posteggio di dimensioni pari a circa 8m<sup>2</sup>

#### **4.4. Illuminazione stradale**

Sarà illuminato la zona del posteggio di circa 790m<sup>2</sup> e la zona antistante l'edificio.

## 5. Dimensionamento e specifiche

### 5.1. Impianto fotovoltaico

#### 5.1.1. Risorsa solare

La risorsa solare è stata valutata utilizzando i dati della Istituto Europeo per l'energia ed i trasporti (IET), Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).

L'impianto è stato suddiviso in due sezioni per la diversa inclinazione dei moduli:

Sono stati utilizzati i seguenti dati di input:

- Luogo: 35°30'12" North, 12°36'24" East, Elevation: 22 m a.s.l.,
- Perdite per temperature e basso irraggiamento: 14,7%
- Perdite dovute all'angolo di riflessione: 2,7%
- Altre perdite (cavi, Inverter, etc): 14,0%
- Orientamento moduli: -30° (rispetto a Sud)
- Inclinazione moduli: 35° per l'impianto sul tetto dell'edificio
- Inclinazione moduli: 10° per la parte di impianto sul posteggio

La Tabella 12, Tabella 13 e Tabella 14 mostrano i risultati ottenuti:

Mese	Ed	Em	Hd	Hm
Gen	3,28	102,00	4,20	130,00
Feb	3,77	105,00	4,85	136,00
Mar	4,83	150,00	6,33	196,00
Apr	4,94	148,00	6,51	195,00
Mag	5,15	160,00	6,87	213,00
Giu	5,26	158,00	7,12	214,00
Lug	5,39	167,00	7,37	229,00
Ago	5,20	161,00	7,21	223,00
Set	4,59	138,00	6,30	189,00
Ott	4,07	126,00	5,53	171,00
Nov	3,42	103,00	4,52	136,00
Dic	2,98	92,40	3,87	120,00
Media Annua	<b>4,41</b>	<b>134,20</b>	<b>5,90</b>	<b>179,33</b>
Totale Anno	<b>1610,40</b>		<b>2152,00</b>	

Tabella 12 - Dati irraggiamento e produzione unitari sulla porzione di impianto su tetto

Mese	Ed	Em	Hd	Hm
Gen	2,56	79,30	3,28	102,00
Feb	3,20	89,50	4,09	114,00

<b>Mar</b>	4,47	139,00	5,81	180,00
<b>Apr</b>	4,97	149,00	6,52	195,00
<b>Mag</b>	5,54	172,00	7,37	228,00
<b>Giu</b>	5,87	176,00	7,94	238,00
<b>Lug</b>	5,93	184,00	8,10	251,00
<b>Ago</b>	5,39	167,00	7,44	231,00
<b>Set</b>	4,38	132,00	5,97	179,00
<b>Ott</b>	3,56	111,00	4,80	149,00
<b>Nov</b>	2,73	81,80	3,59	108,00
<b>Dic</b>	2,27	70,20	2,94	91,20
<b>Media Annua</b>	<b>4,25</b>	<b>129,23</b>	<b>5,66</b>	<b>172,18</b>
<b>Totale Anno</b>		<b>1550,80</b>		<b>2066,20</b>

Tabella 13 - Dati irraggiamento e produzione unitari sulla porzione di impianto su parcheggio

<b>Mese</b>	<b>Ed</b>	<b>Em</b>	<b>Hd</b>	<b>Hm</b>
<b>Gen</b>	<b>2,92</b>	<b>90,65</b>	<b>3,74</b>	<b>116,00</b>
<b>Feb</b>	<b>3,49</b>	<b>97,25</b>	<b>4,47</b>	<b>125,00</b>
<b>Mar</b>	<b>4,65</b>	<b>144,50</b>	<b>6,07</b>	<b>188,00</b>
<b>Apr</b>	<b>4,96</b>	<b>148,50</b>	<b>6,52</b>	<b>195,00</b>
<b>Mag</b>	<b>5,35</b>	<b>166,00</b>	<b>7,12</b>	<b>220,50</b>
<b>Giu</b>	<b>5,57</b>	<b>167,00</b>	<b>7,53</b>	<b>226,00</b>
<b>Lug</b>	<b>5,66</b>	<b>175,50</b>	<b>7,74</b>	<b>240,00</b>
<b>Ago</b>	<b>5,30</b>	<b>164,00</b>	<b>7,33</b>	<b>227,00</b>
<b>Set</b>	<b>4,49</b>	<b>135,00</b>	<b>6,14</b>	<b>184,00</b>
<b>Ott</b>	<b>3,82</b>	<b>118,50</b>	<b>5,17</b>	<b>160,00</b>
<b>Nov</b>	<b>3,08</b>	<b>92,40</b>	<b>4,06</b>	<b>122,00</b>
<b>Dic</b>	<b>2,63</b>	<b>81,30</b>	<b>3,41</b>	<b>105,60</b>
<b>Media Annua</b>	<b>4,33</b>	<b>131,72</b>	<b>5,78</b>	<b>175,76</b>
<b>Totale Anno</b>		<b>1580,60</b>		<b>2109,10</b>

Tabella 14 - Dati irraggiamento e produzione unitari medi calcolati sulla base dei dati PVGIS

Dove:

- Ed: Produzione media giornaliera per unità di potenza (kWh/kWp)
- Em: Produzione media mensile per unità di potenza (kWh/kWp)
- Hd: Irraggiamento medio giornaliero per unità di superficie (kWh/m2)
- Hm: Irraggiamento medio mensile per unità di superficie (kWh/m2)

### 5.1.2. Dimensionamento e scelta topologica

Dividendo i dati relativi ai consumi (Tabella 11) con i dati di produzione per unità di potenza (Tabella 14), si ottiene la potenza di picco dell'impianto fotovoltaico sufficiente ad alimentare "mediamente" le utenze.

I dati sono mostrati nella Tabella 15

Mese	Consumi [kWh]	Produzione [kWh/kW]	Potenza impianto PV [kW]
Gen	102,05	2,92	34,95
Feb	101,51	3,49	29,13
Mar	112,69	4,65	24,23
Apr	165,88	4,96	33,48
Mag	171,20	5,35	32,03
Giu	188,85	5,57	33,94
Lug	189,01	5,66	33,39
Ago	189,60	5,30	35,81
Set	190,36	4,49	42,44
Ott	173,16	3,82	45,39
Nov	101,87	3,08	33,13
Dic	102,23	2,63	38,94

Tabella 15 - Potenza Impianto fotovoltaico

Utilizzando il dato massimo si otterrebbe una potenza necessaria di 45kW.

I dati PVGIS sono solo i dati medi giornalieri divisi per mese e non tengono in considerazione le variazioni giornaliere di irraggiamento dovute alla nuvolosità.

Dimensionare l'impianto con i soli dati medi, richiederebbe poi una grandissima capacità delle batterie che dovrebbero continuare a fornire energia anche quando per più giorni consecutivi le condizioni meteo non consentirebbero una ricarica sufficiente delle stesse.

Considerando il rapporto tra costo di impianto fotovoltaico e costo batterie è buona norma sovradimensionare l'impianto fotovoltaico in modo da ridurre la capacità di batterie necessarie.

Di contro un impianto fotovoltaico sovradimensionato richiede anche spazi maggiori per la sua installazione.

Norme di buona progettazione suggeriscono un sovradimensionamento variabile tra il 20% ed il 50% dell'impianto.

Nel caso in questione si è scelto un sovradimensionamento pari al 30%.

La taglia dell'impianto fotovoltaico della proposta progettuale è quindi pari a: **60kW**.

Considerato gli spazi ridotti a disposizione saranno utilizzati pannelli mono o policristallino, di efficienza medio/alta, con un rendimento pari o superiore al 15% e con potenza di picco unitaria pari o superiore a 240Wp.



Risulta quindi:

Sezione	N. Moduli	Anzimuth	Inclinazione	Potenza unitaria modulo [W]	Potenza totale [W]	Superficie pannelli [m <sup>2</sup> ]
Tetto	125	30	35	240	30000	207,5
Posteggio	125	30	10	240	30000	207,5
TOTALE	250				60000	415

Tabella 16 - Composizione impianto PV

Un impianto da 60kW potrebbe funzionare anche con un singolo MPPT ma visto che i moduli delle due sezioni presentano angoli di inclinazione differenti sarà utilizzato un inverter con 2 MPPT.

La Tabella 17 mostra una possibile configurazione di stringhe per ogni MPPT.

	MPPT1	MPPT2
Numero moduli per stringa	25	25
Numero stringhe in parallelo	5	5
Numero moduli totale	125	125
Potenza STC installata MPPT [kW]	30	30

Tabella 17 – Configurazione inverter

Altre configurazioni sul numero di stringhe e pannelli in serie potranno essere proposte purché rispettino i seguenti limiti:

- Punto MPPT non inferiore a 550V.
- Tensione a vuoto  $V_{OC} < 950V$  alla minima temperatura di esercizio del generatore fotovoltaico.
- Potenza nominale impianto  $\geq 60kW$

## 5.2. Batterie

Il sistema di accumulo sarà realizzato utilizzando batterie al PioboGel specificatamente prodotte per accumulo energia.

Ogni batteria dovrà le seguenti caratteristiche

- Tensione Nominale: 2V
- Adatti per uso ad elevate temperature
- Minima emanazione di gas e nessuna manutenzione; nessun rabbocco
- Completamente Riciclabili
- Cicli di scarica profonda(60%) > 1.500 cicli a 20°C
- Cicli di scarica normale (20%) > 5.000 cicli a 20°C

Questo tipo di batterie ha eccellenti prestazioni cicliche specialmente con scariche poco profonde ed ha un ottimo rapporto prezzo/qualità confrontate a batterie al Litio tipo (LiFePo4).

Per garantire un numero di scariche profonde limitato la capacità totale nominale delle batterie dovrà essere pari o superiore a 480kWh (280kAh circa).

Utilizzando per raffronto dati di produzione giornaliere di impianti simili collocati in Sicilia relativi all'anno 2016 (quindi non produzione medie mensili), con questa capacità le cariche delle batterie nei giorni dell'anno avrebbe un andamento come quello rappresentato nella Figura 6

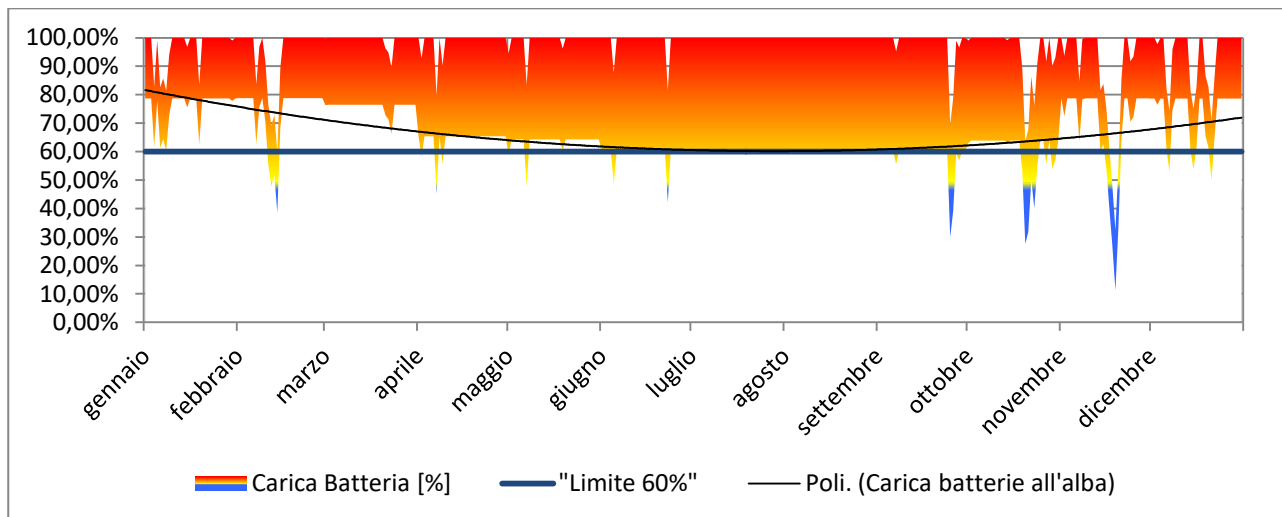


Figura 6 - Andamento carica delle batterie

Si evidenzia come la carica delle batterie è sempre nel range di utilizzo ottimale tra il 60% ed il 100% scendendo sotto solo per poche giorni l'anno.

### 5.3. Caricabatterie ed Inverter

Il caricabatterie e l'inverter potranno essere forniti in un unico armadio o essere separati.

Il caricabatterie dovrà essere dimensionato per l'impianto fotovoltaico di cui al paragrafo 5.1.2 e per il pacco batterie di cui al paragrafo 5.2.

L'inverter dovrà essere dimensionato per alimentare le seguenti utenze:

Utenza	Quantità	Potenza unitaria [kW]	Potenza totale [kW]	tipo
Presa carica minibus	2	25	50	400V 3F
Presa di servizio	1	3,7	3,7	230V
Impianto di illuminazione parcheggio	1	1	1	230V
Servizi ausiliari	1	1	1	230V
<b>TOTALE</b>			<b>58,7</b>	

Ogni utenza dovrà essere dotata di un suo interruttore/sezionatore dedicato che potrà essere inserito sia all'interno dell'inverter che in apposito quadretto.

Il sistema dovrà registrare i dati relativo al suo funzionamento, in particolare:

- Energia prodotta dall'impianto Foto Voltaico
- Lo stato di carica delle batterie
- La potenza totale erogata dall'inverter
- La potenza erogata per le prese minibus
- La potenza erogata per l'impianto di illuminazione
- L'energia Totale Erogata
- L'energia Erogata per la ricarica del minibus
- L'energia Erogata per l'illuminazione pubblica

## **5.4. Minibus**

Per le caratteristiche dell'autobus vedi paragrafo 3.1.2 a pag 9

## **5.5. Illuminazione Led**

il sistema di illuminazione sarà composto da:

N.20 faretti a LED con luce Neutra, di potenza unitaria pari a circa 30-35W.

L'intero impianto sarà alimentato dalle batterie che sono caricate durante il giorno dall'impianto fotovoltaico.

## 6. Sistema di monitoraggio e supervisione

---

Tutti i dati di cui al paragrafo 5.3 a pag. 20 confluiranno in un unico sistema di elaborazione PC.

Il sistema dovrà fornire:

- Dati istantanei.
- Report giornalieri, mensili ed annuali.
- Diagnostica di condizioni anomale dell'impianto o dei sensori.

Mensilmente dovrà essere inoltre realizzata un'indagine statistica sull'utenza dei minibus al fine di ottimizzare il servizio reso.

## 7. Costi

---

Tutti gli altri importi sono stati considerati a corpo o perché non presenti sul prezario o perché il prezzo inserito è molto al di sopra degli attuali prezzo di mercato, trattandosi di opere con contenuto tecnologico elevato e con un rapido abbassamento dei prezzi.

I costi delle opere che coinvolgono entrambi gli interventi sono stati poi divisi in proporzione all'energia consumata.

Tutti i valori sono escluso IVA.

<b>Illuminazione</b>	<b>Costo</b>
Illuminazione	€ 6.000,00
	<b>€ 6.000,00</b>

<b>Impianto Fotovoltaico e parti comuni</b>	
Impianto FV da 60kW	€ 138.000,00
carica Batterie	€ 21.000,00
Inverter	€ 21.000,00
Batterie	€ 153.561,60
Copertura per FV	€ 40.000,00
Sistema di supervisione	€ 2.000,00
Container	€ 9.000,00
Prefabbricato locale batterie	€ 9.000,00
Prefabbricato locale inverter	€ 6.000,00
Sistema trasmissione dati sino alla sede comunale	€ 2.000,00
Condizionatore locale batterie	€ 1.400,00
Progettazione esecutiva	€ 29.700,00
	<b>€ 432.661,60</b>

<b>MiniBus</b>	
N.2 minibus elettrico	€ 397.008,00
Impianto elettrico	€ 10.500,00
Impianto video sorveglianza	€ 16.800,00
	<b>€ 424.308,00</b>

<b>TOTALE</b>	<b>€ 862.969,60</b>
---------------	---------------------

<b>Interventi di efficienza energetica</b>	
Illuminazione	€ 6.000,00
Quota parti comuni	€ 63.413,36
<b>TOTALE:</b>	<b>€ 69.413,36</b>



<b>Interventi per la realizzazione di servizi e infrastrutture di mobilità sostenibile</b>	
Minibus	€ 424.308,00
Quota parti comuni	€ 369.248,24
<b>TOTALE:</b>	<b>€ 793.556,24</b>

Spese monitoraggio	€ 20.000,00
Imprevisti	€ 20.000,00
<b>TOTALE Somme a disposizione</b>	<b>€ 40.000,00</b>

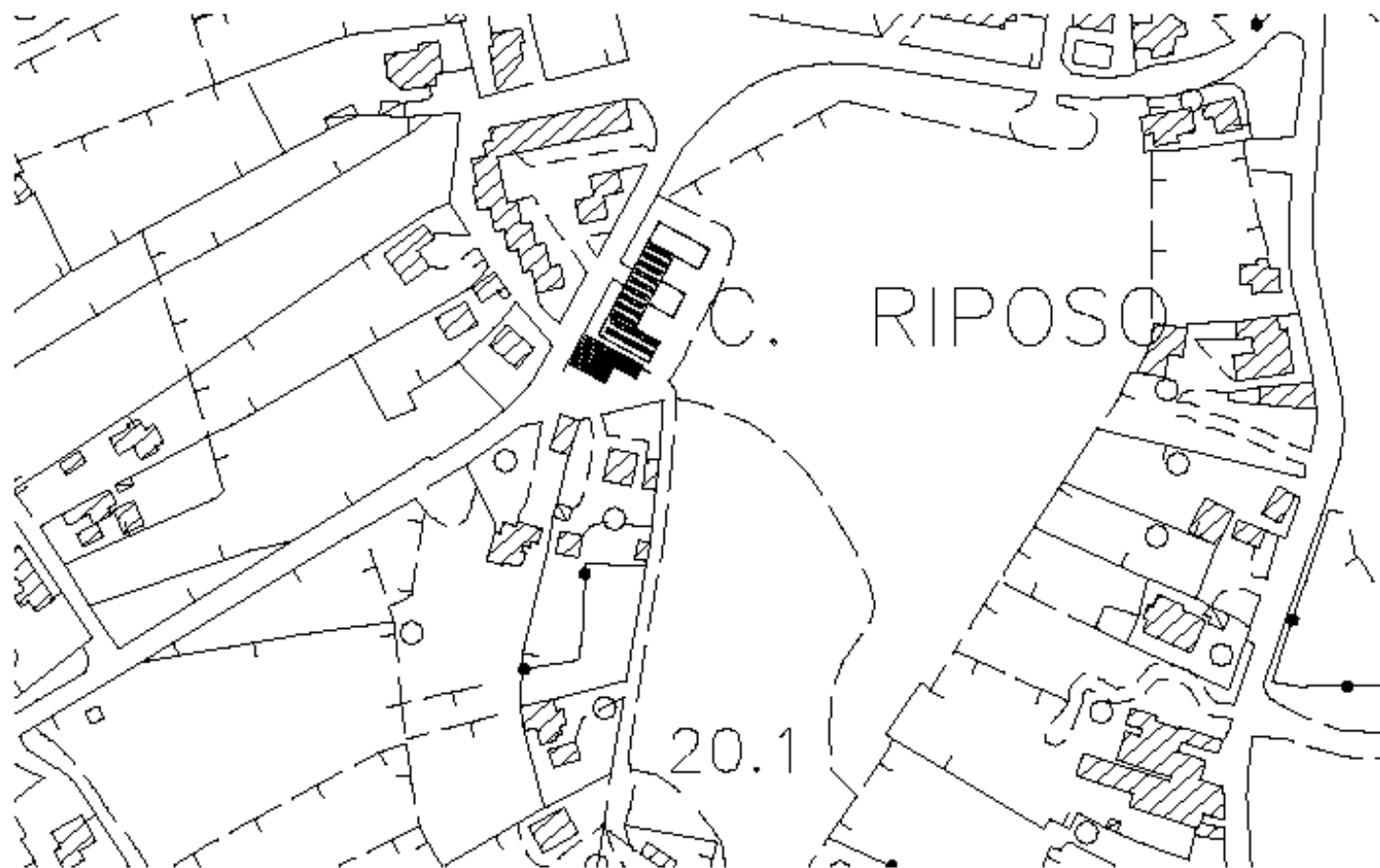
IVA Lavori 10%	€ 86.296,96
Iva somme a disposizione 22%	€ 8.800,00
<b>TOTALE</b>	<b>€ 998.066,56</b>

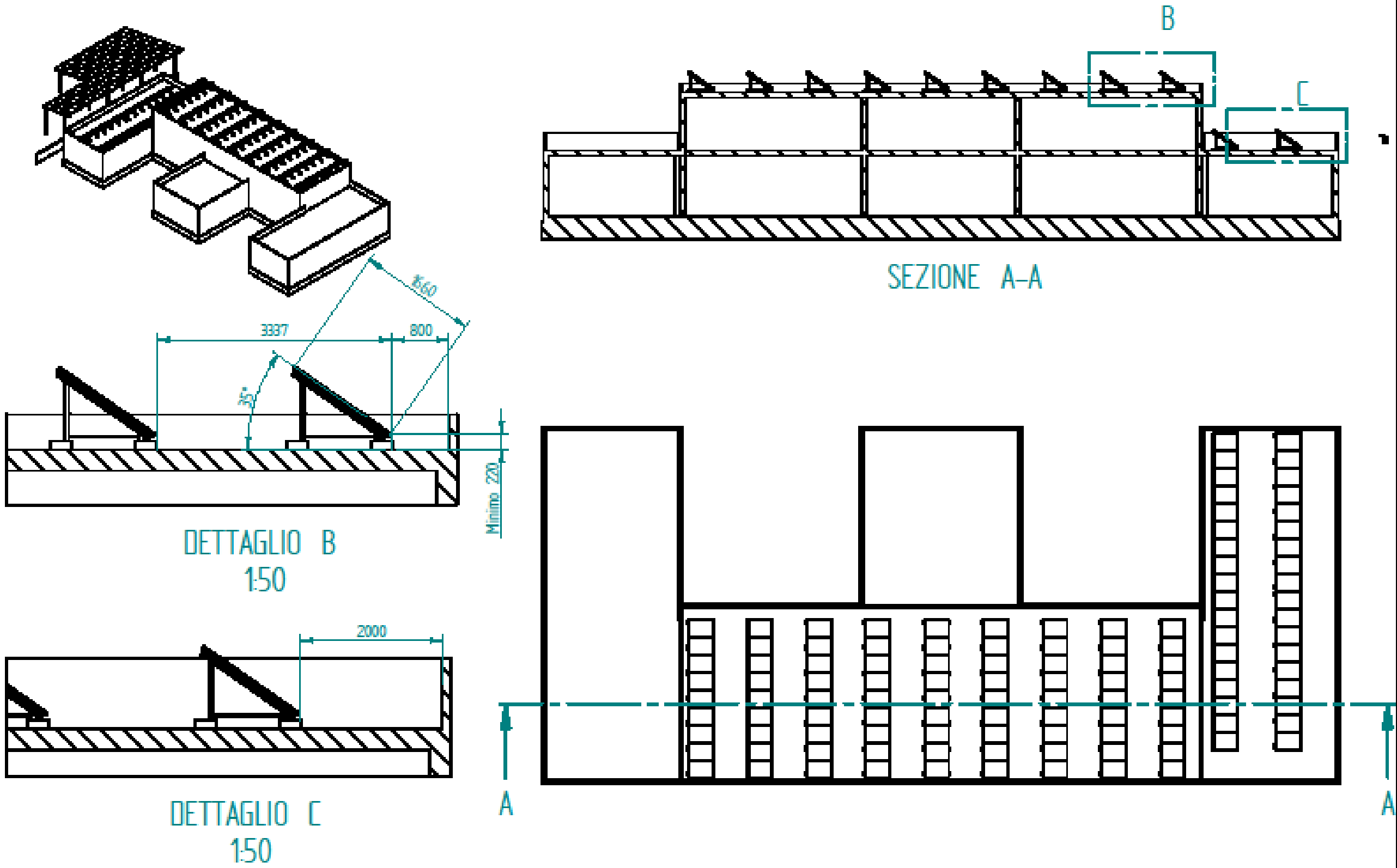
## 8. Allegati

---

- 7.1 Estratto CTR con posizione elementi costituenti la proposta progettuale
- 7.2 Disegno preliminare impianto su tetto
- 7.3 Disegno preliminare impianto su posteggio

### 8.1. Estratto CTR con posizione elementi costituenti la proposta progettuale





8.3. Disegno preliminare impianto su posteggio

