



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

CORSO DI LAUREA IN SISTEMI INDUSTRIALI E DELL'INFORMAZIONE

PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO
FOTOVOLTAICO A TERRA
Tramite PAS

DESIGN OF A GOUND-MOUNTED
PHOTOVOLTAIC PLANT
Via PAS

TIPO TESI: Progettuale

Studente:
LEONARDO TARENZI

Relatore:
PROF. LUCIO CIABATTONI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Un ringraziamento ai miei genitori
che hanno fatto il possibile
affinché arrivassi a questo traguardo.
Grazie ai colleghi di Energie Nuove
che mi hanno insegnato
con dedizione il loro mestiere.
E grazie a tutti gli amici e parenti
che mi hanno supportato fino ad oggi
e mi supporteranno nei giorni a seguire.

SOMMARIO

SOMMARIO	3
ELENCO DELLE FIGURE	5
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	6
INTRODUZIONE.....	7
CAPITOLO 1 IL FOTOVOLTAICO	8
1.1 Tipologie di celle fotovoltaiche.....	8
1.2 Tipologie di pannelli fotovoltaici	9
1.3 Tipologie di impianti fotovoltaici residenziali/industriali.....	9
1.4 Tipologie di parchi fotovoltaici	12
CAPITOLO 2 PROCEDURA DI ACQUISIZIONE DI UN TERRENO.....	13
2.1 Individuazione del sito	13
2.2 Analisi terreno.....	13
2.3 Layout preliminare	14
CAPITOLO 3 RICHIESTA DI CONNESSIONE	17
3.1 Individuazione del distributore.....	17
3.2 Tipologia di connessioni	17
3.3 Calcolo della producibilità	18
3.4 Schema unifilare	18
3.5 Ottenimento del preventivo	20
3.6 Progetto elettrico di connessione.....	20
CAPITOLO 4 AVVIO ITER AUTORIZZATIVO	23
4.1 PAS.....	23
4.2 Tavole e relazioni.....	24
4.3 Tavole inquadramento impianto.....	24
4.4 Tavole realizzazione impianto.....	25

4.5 Tavole dei vincoli.....	26
CAPITOLO 5 REALIZZAZIONE E MANUTENZIONE.....	27
5.1 Realizzazione dell'impianto.....	27
5.2 Monitoraggio.....	28
CONCLUSIONI	31
BIBLIOGRAFIA.....	32

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1-1: Tipologie di celle fotovoltaiche. Da sinistra: monocristallina, policristallina e amorfa	8
Figura 1-2: Tipologie di pannelli fotovoltaici. Da sinistra: monocristallino, policristallino, amorfo	9
Figura 1-3: Schema impianto connesso in rete	10
Figura 1-4: Schema impianto stand-alone	11
Figura 1-5: Schema impianto connesso in rete con accumulo	11
Figura 1-6: Schema impianto "plug and play"	12
Figura 1-7: Parco fotovoltaico	12
Figura 2-1: Stralcio del PRG del Comune di Senigallia	14
Figura 2-2: Layout preliminare impianto Gradara	15
Figura 2-3: Layout preliminare impianto Manciano	16
Figura 3-1: Esempio di configurazione impianto tramite applicativo Huawei	19
Figura 3-2: Esempio di schema unifilare con quattro cabine	19
Figura 3-3: Esempio di cartiglio allegato allo schema unifilare	20
Figura 3-4: Estratto vista catastale progetto elettrico connessione	21
Figura 3-5: Estratto vista planimetrica su ortofoto progetto elettrico connessione	21
Figura 3-6: Dettaglio elettrodotto interrato	22
Figura 3-7: Inquadramento intervento su base carta vincoli	22
Figura 4-1: Impianto agrivoltaico elevato	23
Figura 4-2: Esempio di tavola inquadramento impianto	25
Figura 4-3: Esempio di tavola foto-simulazioni	25
Figura 4-4: Esempio di tavola dei vincoli	26
Figura 5-1: Impianto fotovoltaico a terra	28
Figura 5-2: Datalogger per impianti di piccole/medie dimensioni	29
Figura 5-3: Monitoraggio remoto tramite applicativo web	29

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

PRG	Piano Regolatore Generale
CEI	Comitato Elettrico Italiano
PAS	Procedura Autorizzativa Semplificata
GPS	Global Position System
GSM	Global System for Mobile
SMS	Short Message Service

INTRODUZIONE

A seguito di oltre otto mesi di tirocinio presso l'azienda Energie Nuove srl di Marotta (PU), ho potuto apprendere le fasi e le tecniche di progettazione e realizzazione di svariate tipologie di impianti fotovoltaici, da quelli residenziali a quelli industriali, nonché della vita lavorativa in ufficio tecnico. Ho avuto anche l'opportunità di risolvere alcuni casi di malfunzionamento della parte "smart" degli impianti mettendo in campo le conoscenze informatiche ed elettroniche acquisite durante il mio percorso di studi.

Il titolo che ho scelto per questa tesi è "Progettazione di un impianto fotovoltaico a terra tramite procedura PAS" dal momento che è stato l'aspetto che più ho trattato durante l'esperienza formativa.

Nei capitoli a seguire sono illustrate tutte le procedure necessarie per poter realizzare un impianto fotovoltaico a terra: dall'acquisizione del terreno fino alla realizzazione e messa in funzione dell'impianto, passando per tutte le fasi progettuali e autorizzative.

Capitolo 1

IL FOTOVOLTAICO

1.1 Tipologie di celle fotovoltaiche

Ad oggi nel mondo sono state sviluppate svariate tipologie di pannelli fotovoltaici che sfruttano principalmente tre diverse tipologie di celle fotovoltaiche aventi tutte in comune il principale elemento semiconduttore: il silicio. Si differenziano quindi in base a come quest'ultimo viene utilizzato: monocristallino, policristallino o amorfo.

Nel caso del monocristallino gli atomi di silicio sono orientati nello stesso verso e legati nello stesso modo, risulta il più costoso ma anche quello con il rendimento più alto. Sono i più diffusi.

Nel caso del policristallino invece, gli atomi sono legati in piccoli gruppi monocristallini e sono orientati casualmente, il rendimento risulta essere inferiore rispetto al monocristallino di circa il 5%^[1].

Per ultimo troviamo gli amorfi, meno utilizzati a causa del basso rendimento e della rapida degradazione delle celle, gli atomi di silicio sono disposti casualmente simile ad un liquido.



Figura 1-1: Tipologie di celle fotovoltaiche. Da sinistra: monocristallina, policristallina e amorfa.

1.2 Tipologie di pannelli fotovoltaici

Un pannello fotovoltaico è composto da un insieme di celle fotovoltaiche della stessa tipologia collegate tra loro in serie o in parallelo, queste possono essere, come detto prima, monocristalline, policristalline o amorfe. Le celle vengono posizionate su di una struttura in alluminio che ne garantisce la rigidità necessaria e favorisce la dissipazione del calore, sono infine coperte nella parte frontale da un pannello trasparente, solitamente in policarbonato in modo da proteggerle dagli agenti atmosferici e dagli urti. Nel retro si trova il punto di collegamento elettrico con due fili: il polo positivo e il polo negativo, infatti i pannelli fotovoltaici producono una tensione in corrente continua.

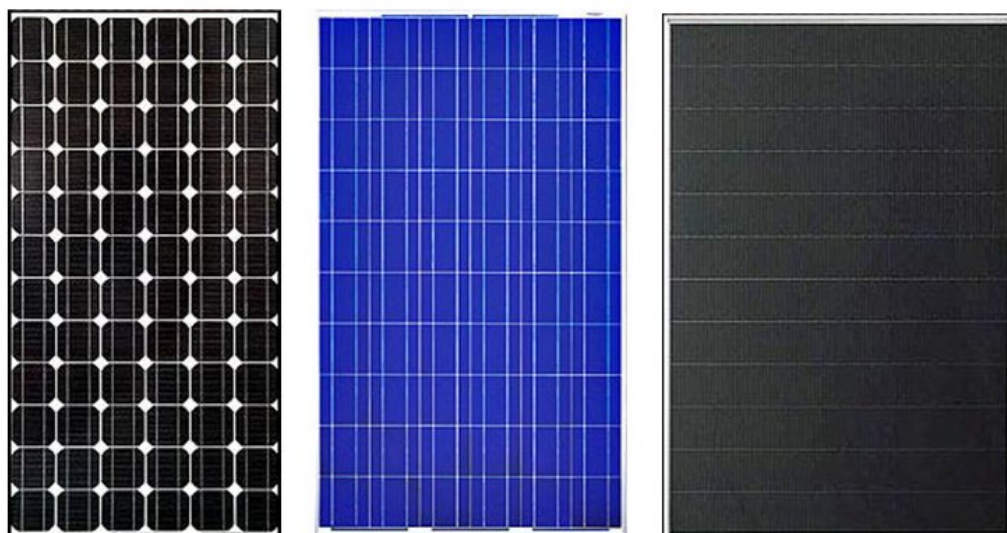


Figura 1-2: Tipologie di pannelli fotovoltaici. Da sinistra: monocristallino, policristallino, amorfo.

1.3 Tipologie di impianti fotovoltaici residenziali/industriali

Sono principalmente quattro le tipologie di impianti fotovoltaici che si possono realizzare: gli impianti connessi in rete (grid-connected), gli impianti ad isola quindi scollegati dal mondo esterno (stand-alone), gli impianti connessi in rete ma dotati di sistema di accumulo (storage) e infine quelli plug and play.

- Gli **impianti connessi in rete** sono quelli più diffusi in quanto l'energia prodotta viene interamente sfruttata senza sprechi. L'impianto è composto solitamente da più pannelli collegati ad uno o più inverter che a loro volta sono collegati alla rete elettrica nazionale tramite un contatore di energia elettrica. L'impianto immette in rete tutta l'energia prodotta che viene calcolata tramite l'apposito contatore, in

questo modo il proprietario dell'impianto riceverà da parte del fornitore di energia elettrica un compenso per l'energia prodotta in base alla tipologia di contratto stipulato. Nel caso in cui in accoppiamento all'impianto ci sia un'utenza che richieda prelievo di energia, come ad esempio un'abitazione o un'industria, allora l'energia prodotta dall'impianto non verrà subito immessa in rete ma verrà utilizzata direttamente dall'utenza quando ne necessita. In questo modo ci sarà un notevole risparmio economico in bolletta. L'impianto connesso in rete può essere installato sul tetto di un edificio, a terra, o su strutture di vario genere come pensiline o simili.

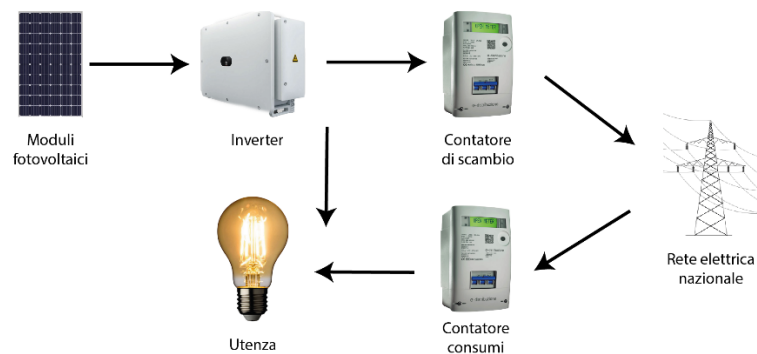


Figura 1-3: Schema impianto connesso in rete

- Gli **impianti stand-alone** invece sono completamente autonomi in quanto dotati di un sistema di accumulo. L'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici viene consumata all'istante, oppure, quella in eccesso, immagazzinata in apposite batterie per essere utilizzata in seguito. Sono sistemi molto comodi nel caso si voglia essere indipendenti nei confronti della rete elettrica nazionale ma di contro hanno che, se l'energia prodotta è troppa, verrà sprecata o se non ce n'è a sufficienza non si ha la possibilità di attingere da altre fonti.

Questa tipologia di sistemi è molto diffusa nelle aree remote non raggiunte dalla rete elettrica nazionale, dove per avere energia elettrica venivano utilizzati generatori a combustibile fossile.

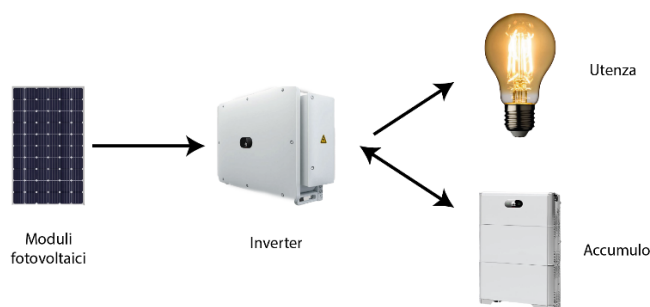


Figura 1-4: Schema impianto stand-alone

- I sistemi connessi in rete con accumulo si stanno diffondendo sempre di più soprattutto in ambito residenziale anche grazie al mercato degli accumulatori sempre più accessibile e agli incentivi statali. Si tratta di impianti identici a quelli connessi in rete con l'aggiunta però di batterie per accumulare l'energia non consumata, prima che venga immessa nella rete nazionale. In questo modo, soprattutto nelle ore notturne, quando l'impianto fotovoltaico non produce, si può attingere energia dagli accumulatori precedentemente caricati senza dover pagare energia prelevata dalla rete elettrica nazionale.

Un'utenza residenziale con un buon impianto, se attenta ai consumi, potrebbe quasi azzerare il prelievo di energia elettrica dalla rete.

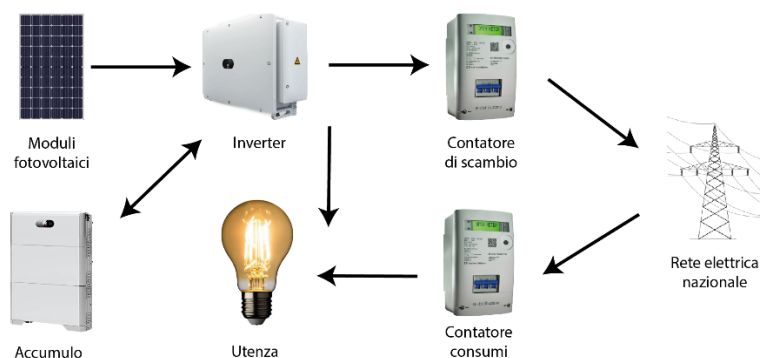


Figura 1-5: Schema impianto connesso in rete con accumulo

- Infine, troviamo i sistemi cosiddetti “**plug and play**” dal quale si può dedurre essere un impianto (più o meno) alla portata di tutti. Si tratta infatti di piccoli impianti composti da un paio di pannelli fotovoltaici e da un micro-inverter. Si installano in ringhiere di balconi o davanzali di finestre e una volta collegati ad una presa elettrica dedicata producono poche centinaia di Watt che vanno a ridurre il

consumo prelevato dalla rete elettrica nazionale con un conseguente risparmio in bolletta. Sono impianti che si possono acquistare facilmente a poche centinaia di euro e se si ha un minimo di esperienza nel settore è possibile installarli in autonomia. Un altro grande vantaggio è che a livello autorizzativo è sufficiente presentare la dichiarazione di installazione al gestore della rete elettrica ed eventualmente all'amministratore di condomino, non sono necessari ulteriori iter burocratici.

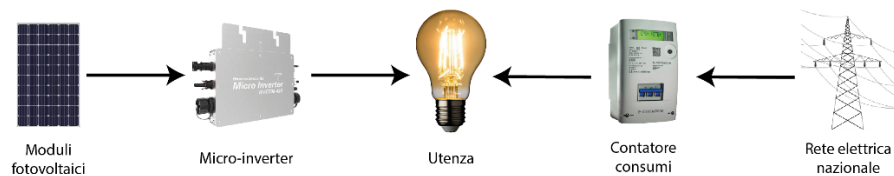


Figura 1-6: Schema impianto "plug and play"

1.4 Tipologie di parchi fotovoltaici

Per quanto riguarda il settore dei parchi fotovoltaici (che verrà approfondito nel resto dell'elaborato) possiamo dire che per la maggior parte sono di tipo connesso in rete, quindi tutta l'energia prodotta viene immessa e venduta al fornitore di energia elettrica. Nelle installazioni più recenti si stanno inserendo anche stazioni di accumulo che immagazzinano l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico e la rilasciano nelle ore di maggiore richiesta o nelle ore di scarsa produzione, così da avere un bilanciamento ottimale della rete elettrica nazionale. Sono delle vere e proprie centrali di produzione di energia elettrica e possono arrivare anche a svariate decina di Mega watt di potenza. A livello progettuale, autorizzativo e di realizzazione richiedono una grande mole di lavoro, nonché molto tempo prima che l'impianto possa essere completato, anche più di un anno.



Figura 1-7: Parco fotovoltaico

Capitolo 2

PROCEDURA DI ACQUISIZIONE DI UN TERRENO

2.1 Individuazione del sito

L'Italia ha una superficie di 302.073 km² suddivisi in montagna (35,2%), collina (41,6%) e pianura (23,2%)^[2]. Escludendo le zone montuose che non si prestano alla realizzazione di grossi impianti fotovoltaici rimane più della metà del territorio teoricamente sfruttabile.

I criteri che si tengono in considerazione per la scelta di un sito ottimale per la realizzazione di un impianto fotovoltaico sono in primis la conformazione geomorfologica: più è pianeggiante meglio è. In caso di pendenze non eccessive si prediligono terreni con esposizione a sud o sud-est dal momento che hanno maggiore rendimento grazie all'esposizione ai raggi solari per più tempo durante la giornata.

Successivamente si verifica la vicinanza del terreno con particolari infrastrutture già esistenti come zone industriali e artigianali, cave dismesse, ferrovie e autostrade che permetterebbero degli snellimenti a livello autorizzativo grazie al decreto relativo alle aree idonee che verrà approfondito in seguito.

2.2 Analisi terreno

Una volta individuato un potenziale terreno che rispecchia i criteri sopra citati va effettuata da un tecnico specializzato un'analisi del terreno. L'analisi consiste nell'individuare tutti quei possibili vincoli alla realizzazione dell'impianto come corsi d'acqua, strade, zone alberate, zone archeologiche, metanodotti, acquedotti, elettrodotti, cimiteri, zone di pregio, ecc. Bisogna infatti tenere conto del fatto che, anche se invisibili all'occhio umano, esistono centinaia di vincoli imposti da leggi, decreti e ordinanze locali. La tecnologia ha semplificato di non poco il lavoro, infatti la maggior parte dei Comuni italiani, Provincie e Regioni hanno messo a disposizione tramite portali online^[3] le cartografie in loro possesso, oltre a svariate tavole dove sono indicati tutti i vincoli sopracitati e i futuri progetti di modifica del territorio, anche questi ultimi da tenere in considerazione in quanto non si può ad esempio costruire un impianto dove in futuro è stata prevista la costruzione di un'infrastruttura.

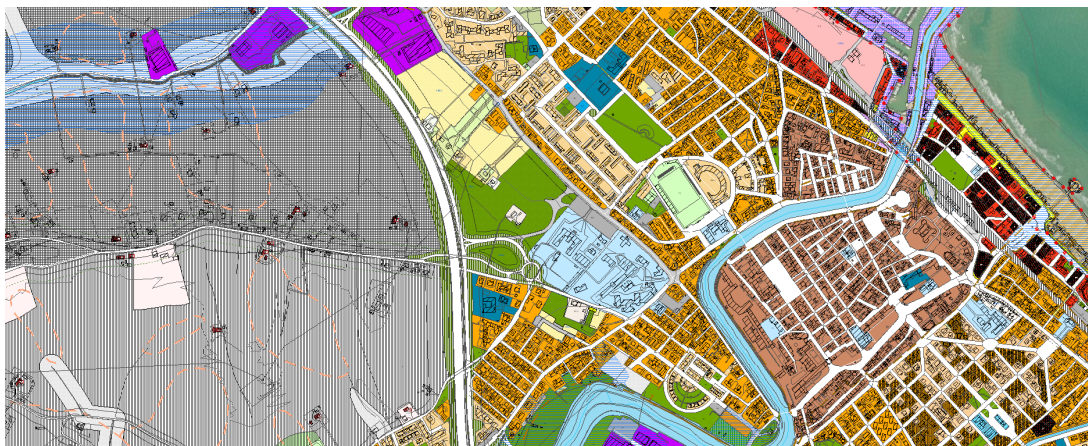


Figura 2-1: Stralcio del PRG del Comune di Senigallia

Nella foto sopra si può notare come il territorio è suddiviso in tante zone su cui ricadono per ognuna regole specifiche. Ad esempio, in alto a sinistra si può individuare un corso d'acqua con la sua fascia di rispetto indicata in azzurro, zona in cui solitamente non è consentita l'installazione di impianti fotovoltaici. Invece, la zona centrale a sinistra indicata con trama di colore grigio scuro è una zona agricola molto appetibile per la realizzazione di un impianto, in quanto la vicinanza con una zona industriale (in fuxia) e l'autostrada (in bianco) permetterebbe l'accesso a delle agevolazioni in fase autorizzativa.

Del terreno vengono poi individuate le particelle catastali che serviranno per richiedere una visura catastale utile per scongiurare problemi a livello di irregolarità al catasto.

2.3 Layout preliminare

Qualora il terreno risultasse idoneo alla realizzazione di un impianto fotovoltaico si può procedere con la progettazione preliminare che consiste nel posizionamento ipotetico delle strutture che compongono l'impianto. La fase di progettazione preliminare è molto importante perché preclude l'avanzamento del progetto. Infatti, è proprio in questa fase che si valuta se "il gioco vale la candela", ovvero se il ritorno economico dell'impianto è tale da giustificare il grosso investimento iniziale. Ad esempio, se il sito preso in considerazione si trova in un'area lontana da infrastrutture e la sua realizzazione comporterebbe la realizzazione di strade, elettrodotti ecc., il costo iniziale dell'impianto sarebbe troppo elevato per essere ammortizzato in tempi utili ad avere un ritorno economico.

Durante la progettazione preliminare si potranno inoltre conoscere a grandi linee i dati principali dell'impianto quali: superficie occupata e occupabile, numero di moduli fotovoltaici

installabili, potenza di picco installabile e conseguente potenza nominale, producibilità annua media.

A questo punto si presenta il progetto all'investitore che deciderà se accettarlo o meno.

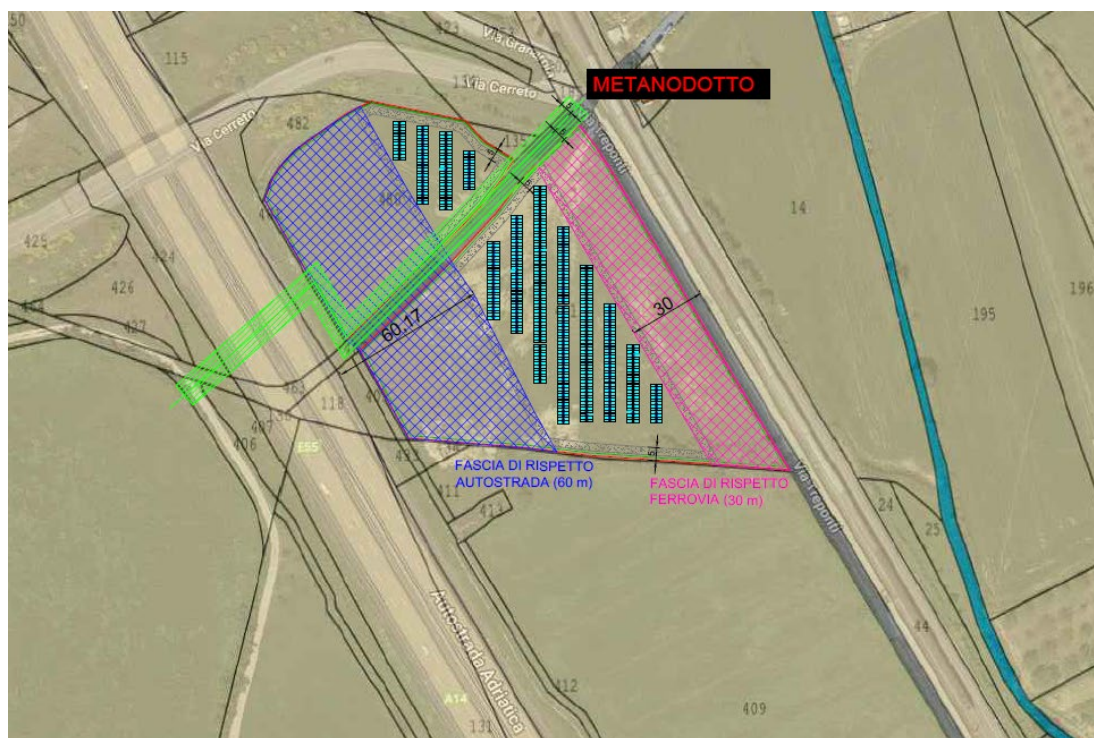


Figura 2-2: Layout preliminare impianto Gradara

Nell'immagine sopra è illustrato il layout preliminare di un possibile impianto di piccole dimensioni nel comune di Gradara. Come si può notare sono stati riportati diversi vincoli: in blu troviamo la fascia di rispetto autostradale che misura 60m, in fuxia la fascia di rispetto ferroviaria di 30m e infine è stato rilevato un metanodotto sotterraneo (indicato in verde) che attraversa il terreno in oggetto, anche in questo caso è prevista una fascia di rispetto di 10 metri per lato. Di norma all'interno delle fasce di rispetto vige il divieto di edificazione, per cui non si possono installare nemmeno strutture fotovoltaiche. Altra particolarità è la presenza di una strada che costeggia il metanodotto e divide in due il terreno, non ci sarebbe nulla di strano se non fosse che la strada nella realtà dei fatti non è più esistente. Infatti, accade spesso che nei documenti catastali risultino ancora infrastrutture non più esistenti che però, finché non viene approvata la loro dismissione dagli enti preposti, non è possibile considerare quel suolo utilizzabile.

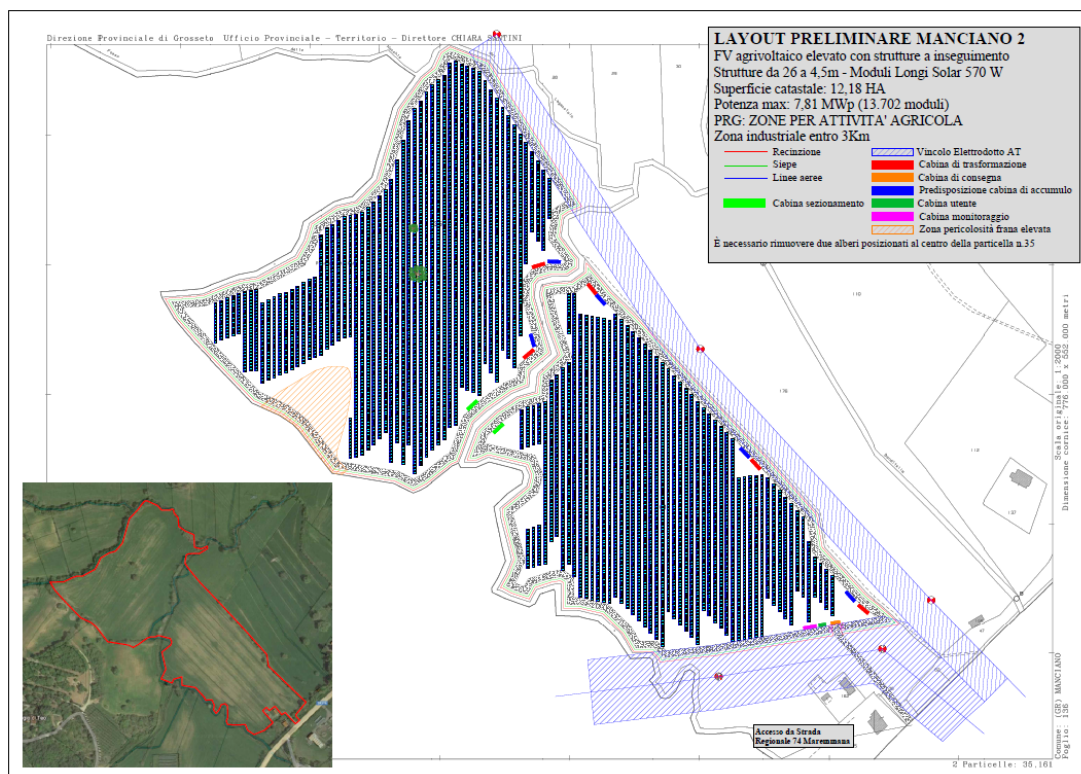


Figura 2-3: Layout preliminare impianto Manciano

In quest'altro layout preliminare di un impianto nel comune di Manciano si possono notare due diverse tipologie di vincoli: in blu quello relativo ad un elettrodotto aereo di alta tensione, in arancione quello relativo al rischio frana elevato. In entrambi i casi non è possibile costruire poiché nei pressi di elettrodotti c'è il rischio dovuto a scariche elettriche, inoltre bisogna prevedere uno spazio libero per una possibile futura espansione dell'elettrodotto, mentre nella zona ad alto rischio frana è facilmente intuibile che non è una buona idea installare nessun tipo di struttura. Inoltre, è presente un probabile canale di scolo che divide in due il terreno in senso trasversale, indispensabile per assicurare un corretto deflusso delle acque meteoriche. Sarebbe stato presente anche il vincolo relativo alla strada provinciale situata nella parte bassa ma siccome l'impianto dista diverse decine di metri non è stato indicato. Al centro della parte alta dell'impianto sono stati indicati tre alberi di notevoli dimensioni che dovranno essere opportunamente valutati per decidere se poterli abbattere oppure spostare, anche in base alle normative vigenti.

Capitolo 3

RICHIESTA DI CONNESSIONE

3.1 Individuazione del distributore

A questo punto, dopo che si è valutata la fattibilità della realizzazione dell'impianto, si procede con la richiesta di connessione al distributore di energia elettrica, che nella maggior parte del territorio italiano è E-Distribuzione (ex Enel). Siccome non in tutta la penisola è presente lo stesso distributore ci si può avvalere del portale dell'ARERA^[4] dove inserendo il Comune di interesse viene indicato il distributore di competenza.

La procedura, che di solito è completamente digitalizzata tramite portale online^[5], consiste nel richiedere il preventivo per un nuovo collegamento alla rete elettrica per poter appunto collegare l'impianto che si sta progettando. Anche questa fase è molto importante per decidere se portare avanti il progetto o meno, infatti un impianto non collegato in rete è completamente inutile, fondamentale è quindi ricevere un preventivo non eccessivamente elevato da parte del distributore.

3.2 Tipologia di connessioni

Le opere che si devono solitamente realizzare per collegare un impianto in rete sono brevi tratti di elettrodotti aerei o interrati e cabina di consegna. Nella peggiore delle ipotesi verrà richiesta la realizzazione di una nuova linea, una nuova cabina secondaria o addirittura l'ampliamento o la realizzazione ex novo di una cabina primaria qualora le infrastrutture esistenti dovessero essere sature. In questi casi non sempre è conveniente procedere alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico per ovvi motivi economici in quanto le spese derivanti dalla realizzazione di nuove infrastrutture sono in gran parte a carico del committente e ammontano a svariate decine di migliaia di euro.

La decisione relativa alla connessione spetta al distributore che gestisce la rete elettrica nazionale nella zona in oggetto. Solitamente impianti fotovoltaici fino a 1MW di potenza possono essere collegati alla linea in media tensione, quindi ad una cabina secondaria. Nel caso in cui l'impianto fosse di potenza superiore dovrà essere collegato alla linea in alta tensione e quindi direttamente ad una cabina primaria. La valutazione verrà fatta in base al

carico che possono supportare le linee al momento della stipula del preventivo che verrà approfondito nei paragrafi successivi. Spesso il distributore coglie l'occasione per ammodernare l'infrastruttura esistente, andando a sostituire o modificare tratti di linee datate.

3.3 Calcolo della producibilità

In questa fase è anche possibile avvalersi di appositi software per il calcolo della producibilità annua dell'impianto così da avere un quadro generale di quanto potrebbe fruttare una volta realizzato. L'applicativo chiede in input tutta una serie di dati a partire dai dati di targa di inverter e moduli fotovoltaici, la posizione geografica, l'orientamento, le modalità di installazione, i dati meteorologici medi della zona e un modello 3D relativo al layout di posizionamento delle strutture. In base ai dati forniti il software restituisce una serie di informazioni utili alla progettazione come ad esempio una previsione degli ombreggiamenti. In seguito alle informazioni acquisite sarà possibile adattare il layout preliminare precedentemente realizzato.

3.4 Schema unifilare

Lo schema unifilare permette di comprendere le specifiche tecnico-elettriche dell'impianto ed è per questo che viene richiesto in fase di domanda di connessione.

Per prima cosa deve essere realizzata la configurazione dell'impianto che consiste nel progettare il collegamento tra i moduli fotovoltaici e gli inverter. Uno o più moduli fotovoltaici collegati insieme formano delle stringhe, ogni inverter ha degli ingressi stringhe limitati ed è per questo che devono essere accuratamente progettati. Essendo un lavoro prettamente logico, ci vengono in aiuto i configuratori^[6] messi a disposizione dalle ditte costruttrici degli inverter. Basterà quindi inserire nell'applicativo i dati relativi all'impianto come tipologia e quantità moduli fotovoltaici e tipologia inverter, oltre a dati secondari come modalità di installazione, tensione di rete, localizzazione geografica impianto. Il software restituirà la configurazione migliore che si può ottenere in base ai dati inseriti. Sulla base della configurazione sarà possibile redigere lo schema unifilare. Quest'ultimo dovrà poi essere firmato da un tecnico abilitato.

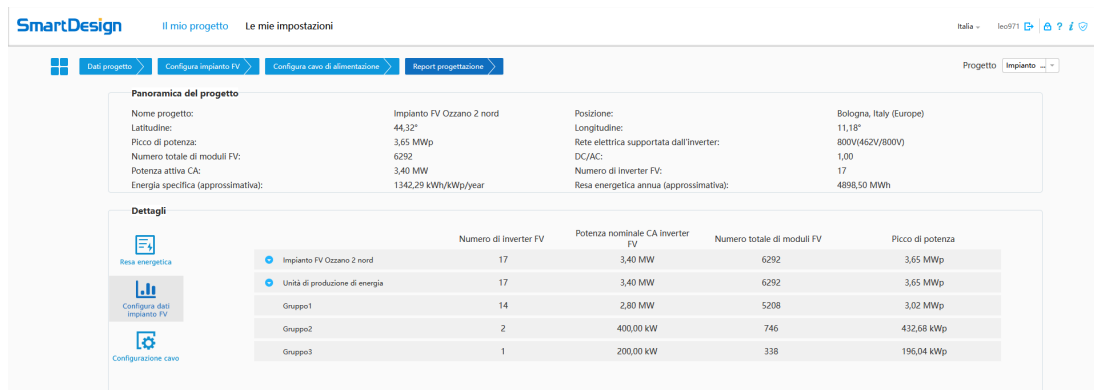


Figura 3-1: Esempio di configurazione impianto tramite applicativo Huawei

Nell'immagine sopra possiamo notare i dati immessi dall'utente nella parte alta, mentre nel riquadro in basso i dati restituiti dal software relativi alla configurazione dell'impianto.

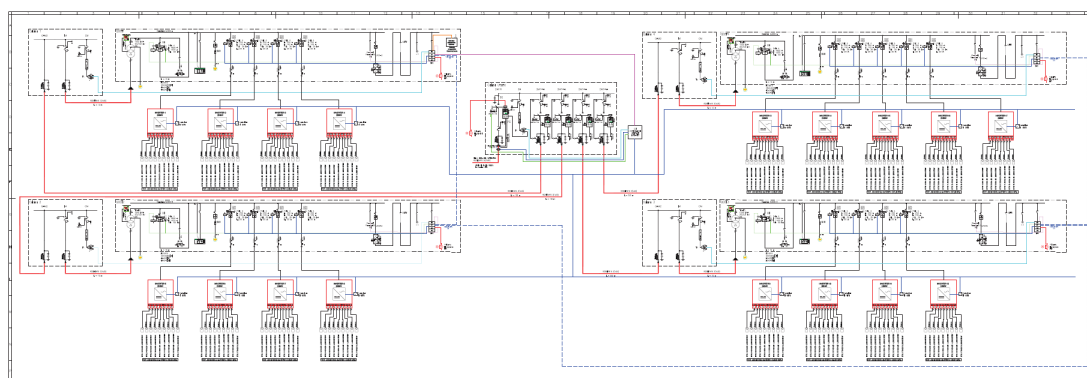


Figura 3-2: Esempio di schema unifilare con quattro cabine

Lo schema unifilare riportato sopra riguarda un impianto composto da quattro cabine di trasformazione e una cabina utente (al centro), ogni cabina di trasformazione contiene quattro o cinque inverter che a loro volta hanno collegate otto o nove coppie di stringhe composte da venti o più pannelli fotovoltaici ciascuna. All'interno delle cabine di trasformazione sono poi presenti i trasformatori che dovranno essere anch'essi accuratamente dimensionati in base alla potenza degli inverter presenti in cabina. Infine, troviamo altri dispositivi secondari come gli impianti di emergenza e quelli di monitoraggio, oltre che interruttori, sezionatori, scaricatori e fusibili necessari per rispettare le norme CEI. Essendo in questo caso un impianto di potenza superiore al MW di potenza, per legge è necessario installare il CCI (Controllore Centrale Impianto). Si tratta di un dispositivo collegato ai componenti principali dell'impianto in grado di tenerli costantemente sotto controllo, e agire in caso di necessità.

3.4	3.5	3.6	3.7
CARATTERISTICHE MODULO FOTOVOLTAICO AL SILICIO MONOCRISTALLINO			
MARCA		LONGI SOLAR	
TIPO		LR5-72HND-545-570M	
POTENZA DI PICCO	Wp	570	
CORRENTE DI CIRCUITO CORTO (Isc)	A	13,81	
TENSIONE A CIRCUITO APERTO (Voc)	V	51,60	
TENSIONE DI MAX POTENZA (Vmp)	V	43,85	
CORRENTE DI MAX POTENZA (Imp)	A	13,00	
SUPERFICIE MODULO		mq	
		2,55	
DIMENSIONI (LxPxH)		mm	
		2.256 X 1.133 X 35	
PESO (KG)		Kg	
		32,3	
EFFICIENZA (%)		%	
		22,3	
CARATTERISTICHE INVERTER			
MARCA		HUAWEI - Smart String Inverter	
TIPO		SUN2000-215KTL-H0	
POTENZA NOMINALE CA	W	200	
POTENZA MAX CA	W	215	
TENSIONE NOMINALE CA	V	800	
FREQUENZA NOMINALE CA	Hz	50 / 60	
CORRENTE MAX USCITA	A	155,2	
TENSIONE MAX CC	V	1.500	
RANGE TENSIONE MMPT	V	500 ~ 1.500	
NUMERO DI INGRESSI	N.	18	
NUMERO DI MPPT	N.	9	
RENDIMENTO MAX (EUROPE)	%	98,80	
RENDIMENTO MAX	%	99,00	
DIMENSIONI (LxPxH)		mm	
		1.035 X 700 X 365	
GRADO DI PROTEZIONE		IP	
		66	
PESO		Kg	
		96	

Figura 3-3: Esempio di cartiglio allegato allo schema unifilare

Allo schema unifilare viene poi allegato un cartiglio riportante tutte le caratteristiche tecniche degli inverter e dei moduli fotovoltaici utilizzati.

3.5 Ottenimento del preventivo

Trascorso un certo periodo dalla data di invio della documentazione relativa alla domanda di connessione, il distributore invierà il preventivo per la connessione dell'impianto. Tale preventivo riporterà più proposte con prezzi diversi in base alle varie possibilità di realizzazione. Si sceglierà quindi la soluzione più conveniente.

Nel caso in cui la proposta del distributore non soddisfi le esigenze, bisognerà decidere se accantonare il progetto o modificarlo così da adattarlo alla proposta ricevuta.

Il preventivo inoltre varia in base a chi realizzerà tali opere e i relativi progetti, infatti se si ha la possibilità di realizzare i lavori in proprio senza affidarli ad aziende esterne, il tutto risulterà più economico.

3.6 Progetto elettrico di connessione

Una volta accettato il preventivo proposto dal distributore sarà necessario redigere un progetto elettrico di connessione relativo alle opere da realizzare per collegare in rete l'impianto. Tale progetto può essere redatto dal distributore oppure o da un'azienda esterna.

Il progetto si compone di diversi documenti tra cui:

- Una vista catastale con illustrato il tracciato dall'elettrodotto ed eventuali altri elettrodotti già presenti, incluse opere aggiuntive come cabine; in allegato anche le visure catastali di tutte le particelle coinvolte dal tracciato

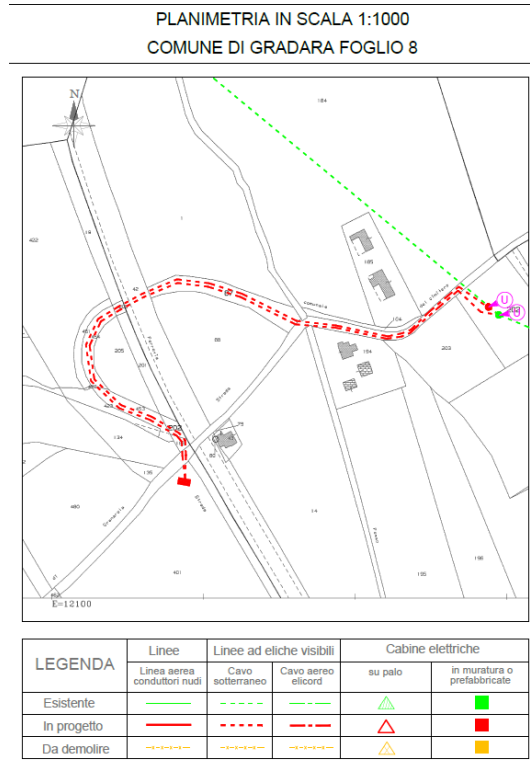


Figura 3-4: Estratto vista catastale progetto elettrico connessione

- Planimetrie dettagliate su base ortofoto con indicato il tracciato dell'elettrodotto e le eventuali cabine.



Figura 3-5: Estratto vista planimetrica su ortofoto progetto elettrico connessione

- Una dettagliata relazione riportante i riferimenti normativi, soluzione tecnica di connessione, inquadramento territoriale, compatibilità ambientale e paesaggistica, interferenze con altre infrastrutture, caratteristiche della linea, delle cabine, e degli elementi che la compongono, valutazione della compatibilità elettromagnetica.

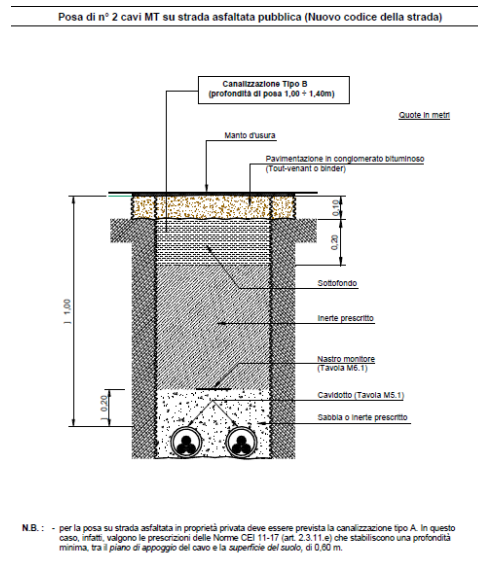


Figura 3-6: Dettaglio elettrodotto interrato

- Studio dei vincoli riportando le varie tavole relative ai vincoli presenti sul territorio che potrebbero influire sulla realizzazione di tali opere con indicata l'ubicazione dell'impianto.

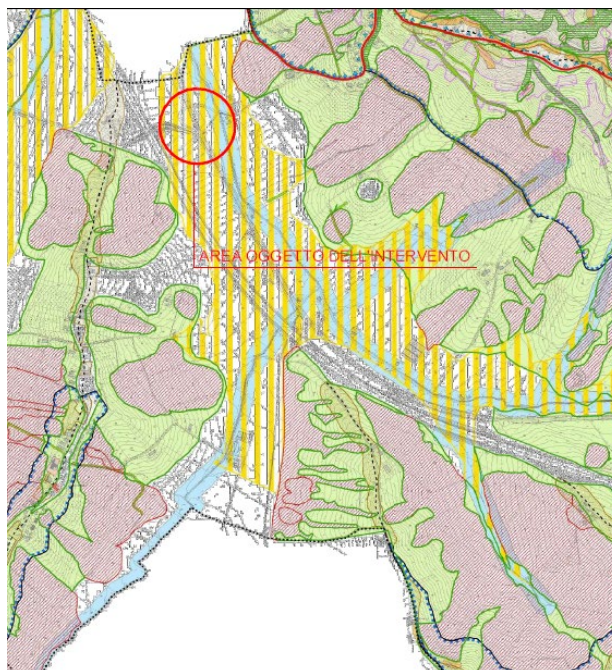


Figura 3-7: Inquadramento intervento su base carta vincoli

Capitolo 4

AVVIO ITER AUTORIZZATIVO

4.1 PAS

Per PAS si intende tutta la procedura autorizzativa che viene richiesta per l'installazione di un impianto fotovoltaico a terra, in formula semplificata. È grazie infatti al decreto aree idonee^[7] dove sono stati individuati dal governo tutti quei siti utili alla realizzazione di tali impianti. Le suddette aree devono ricadere entro 500m da aree industriali e artigianali, ex cave o infrastrutture ferroviarie o autostradali. C'è un'ulteriore possibilità per quei terreni agricoli compresi tra i 500 e i 3000m dalle suddette aree nei quali è possibile installare un impianto fotovoltaico di tipo agrivoltaico, ovvero con strutture elevate da terra di alcuni metri, appositamente progettate per consentire attività agricole come pascolo o coltivazioni.



Figura 4-1: Impianto agrivoltaico elevato

4.2 Tavole e relazioni

Per poter procedere con la realizzazione dell'impianto è prima necessario avere l'autorizzazione da parte degli enti preposti come Comune, Provincia, Regione, Soprintendenza. Bisogna quindi redigere una quantità variabile di tavole e relazioni che possano dimostrare che nell'area interessata dall'intervento non sussiste alcun tipo di vincolo, oppure che non vi siano presenti futuri progetti di ampliamento o realizzazione di infrastrutture, o qualsiasi altra situazione che possa andare in conflitto con il futuro impianto. Verrà poi valutato se la realizzazione dell'impianto comporta l'infrazione di qualunque legge, decreto o regolamento vigente grazie ad una dettagliata relazione da parte di uno studio legale. Particolarmente importante è anche la valutazione di impatto ambientale per scongiurare eventuali danni a discapito dell'ecosistema.

Le relazioni redatte da un tecnico descrivono per filo e per segno tutte le caratteristiche dell'impianto, dalle informazioni elettriche a quelle strutturali, comprese tutte le opere accessorie come cabine, elettrodotti, recinzioni, viabilità, mitigazione perimetrale, ecc. Viene poi descritta la vita dell'impianto compresa la futura dismissione.

Tali documenti devono poi essere firmati da tecnico abilitato ed inviati agli organi competenti, solo successivamente si potrà procedere alla realizzazione dell'impianto se si riceverà parere positivo. Può accadere che in alcuni casi il progetto non venga autorizzato per svariati motivi, per cui sarà necessaria una revisione dei progetti. Nei casi più gravi invece si è costretti ad archiviare il progetto.

4.3 Tavole inquadramento impianto

Queste tavole hanno l'obiettivo di individuare l'impianto tramite vista aerea con vari sfondi come catasto, ortofoto, ecc.; illustrano inoltre la situazione ante e post operam. Sono presenti anche svariati rilievi fotografici effettuati in loco da varie angolature, oltre che viste dettagliate delle strutture fotovoltaiche, dei cancelli e delle recinzioni, delle essenze arboree utilizzate per la mitigazione perimetrale, dei cavidotti interrati.

Prima di poter realizzare questa tavola è necessario che un tecnico specializzato si rechi in loco per effettuare i rilievi topografici necessari grazie a strumentazione laser e GPS. Così facendo si avrà a disposizione un rilievo del sito in formato digitale con una tolleranza di pochi millimetri, utile per le successive fasi progettuali.

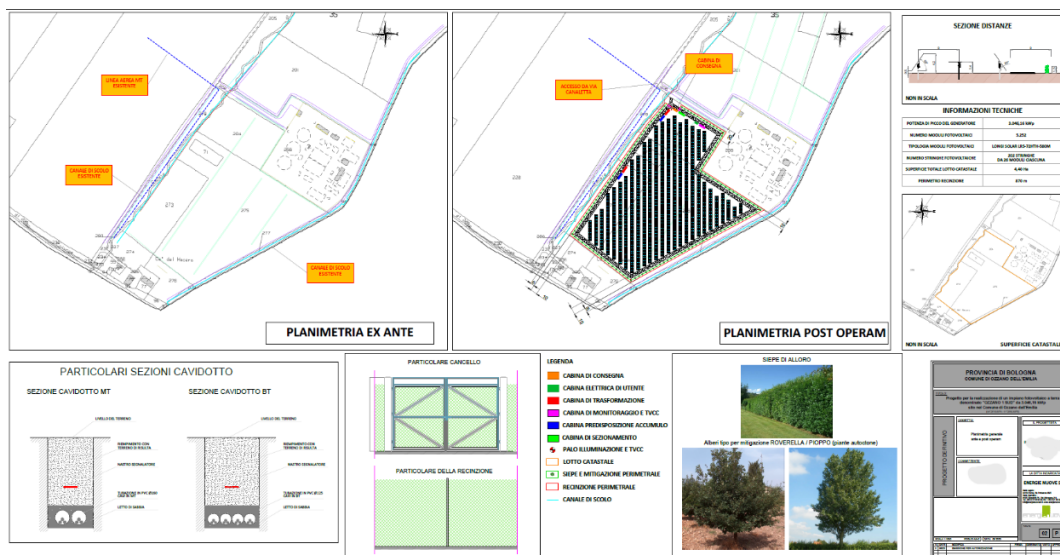


Figura 4-2: Esempio di tavola inquadramento impianto

4.4 Tavole realizzazione impianto

Si tratta di tavole quanto più realistiche possibile che illustrano come sarà di fatto l'impianto, si compongono di tavole dedicate alle strutture dei moduli fotovoltaici e alle varie cabine necessarie per l'installazione degli impianti ausiliari, oltre che alla viabilità interna, alla perimetrazione dell'impianto con relativa mitigazione, agli impianti di illuminazione e videosorveglianza. Inoltre, una tavola è realizzata con le foto-simulazioni dell'impianto in modo da poter prevedere come sarà nella realtà l'impianto anche se le immagini sono frutto di modellazione grafica ad alta fedeltà.

Le suddette tavole sono molto utili per valutare anche l'impatto visivo dell'impianto sul territorio circostante.



Figura 4-3: Esempio di tavola foto-simulazioni

4.5 Tavole dei vincoli

Le tavole dei vincoli sono probabilmente quelle più importanti nella fase autorizzativa. Infatti, sono proprio queste che vengono attentamente valutate in quanto non è possibile, ad eccezione di eventuali deroghe, realizzare un impianto in aree soggette a vincoli. Non a caso sono anche le tavole in maggior numero e sono realizzate sovrapponendo in alcuni casi la vista aerea dell'impianto alle varie tavole vincolistiche, in altri casi invece è sufficiente indicare l'ubicazione dell'impianto nelle suddette tavole.

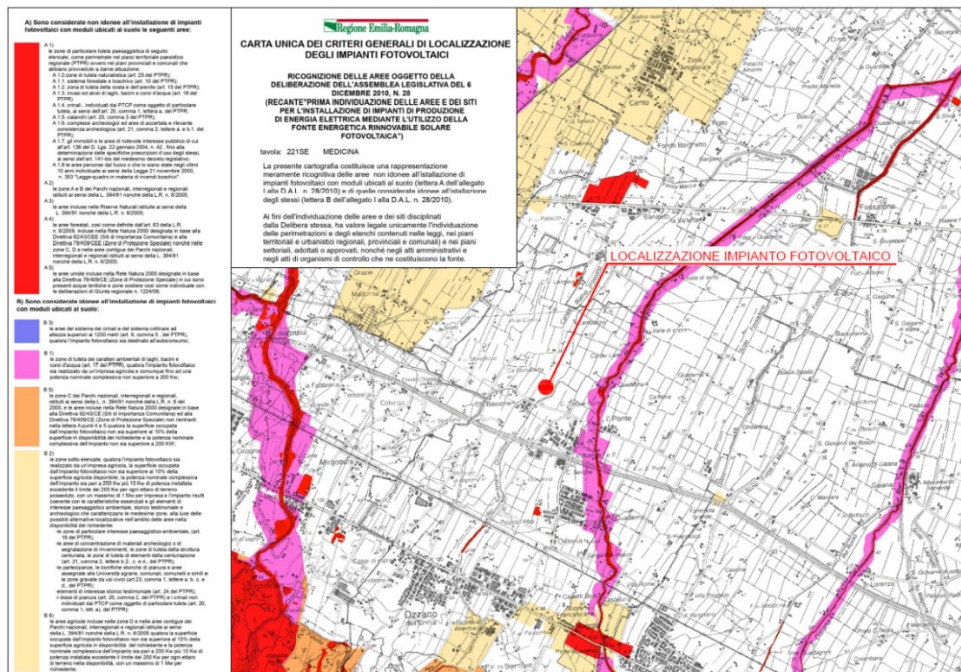


Figura 4-4: Esempio di tavola dei vincoli

Capitolo 5

REALIZZAZIONE E MANUTENZIONE

5.1 Realizzazione dell'impianto

Una volta acquisiti tutti i pareri positivi in merito alle varie autorizzazioni è finalmente arrivato il momento di realizzare l'impianto.

Prima, se necessario, si realizzano ulteriori tavole esecutive che illustrano più precisamente nel concreto come devono essere costruite le varie sezioni dell'impianto come ad esempio schemi elettrici, posizionamento delle strutture e delle cabine, ecc.

Per la realizzazione dell'impianto possono essere necessarie da alcune settimane fino ad alcuni mesi, il periodo varia in base alla dimensione dell'impianto e alla forza lavoro impiegata, anche le condizioni metereologiche influiscono sulla durata dei lavori.

Per prima cosa il terreno va preparato tagliando l'erba, eliminando eventuali piante presenti e livellando il suolo. Si procederà alla demolizione di eventuali strutture presenti e allo spostamento di infrastrutture che possono intralciare l'esecuzione delle opere. Successivamente si procederà al picchettamento dei confini per poi recintare il sito. Fatto ciò si poseranno tutti i cavidotti interrati necessari al collegamento delle componenti dell'impianto e alla realizzazione di un sistema di drenaggio delle acque se necessario. Solo in questo momento sarà possibile iniziare con la posa delle strutture fotovoltaiche e delle cabine, insieme a tutti gli impianti accessori.

Una volta terminate le opere, sarà cura del distributore di zona connettere l'impianto alla rete elettrica nazionale così da poter permettere di scambiare, e quindi vendere, energia elettrica con l'esterno.

Tutte le opere andranno poi collaudate e certificate da tecnico abilitato, e solo successivamente si potrà avviare l'impianto.



Figura 5-1: Impianto fotovoltaico a terra

5.2 Monitoraggio

Nonostante gli impianti vengano realizzati garantendo la minima manutenzione necessaria e la massima continuità di esercizio possibile, può capitare che qualcosa vada storto e l'impianto non funzioni correttamente. Tali malfunzionamenti devono essere prontamente individuati e risolti nel minimo tempo possibile così da perdere la minima quantità di energia.

Tutti gli impianti sono quindi monitorati grazie a sistemi connessi in rete e telecontrollati. Tutte le componenti sensibili dell'impianto sono connesse ad un sistema di monitoraggio centrale attraverso svariati protocolli di comunicazione cablata e/o wireless come RS485, CAN-bus, collegamenti in standard Ethernet, Wifi, LoRaWAN. Tale sistema centralizzato viene anche chiamato "datalogger" in quanto oltre a monitorare, salva nella sua memoria interna tutti i dati in ingresso, in modo da avere uno storico dell'impianto.



Figura 5-2: Datalogger per impianti di piccole/medie dimensioni

Il sistema di monitoraggio è inoltre connesso a Internet tramite rete cablata in fibra ottica o grazie a connessione GSM se si dovesse trovare in zone rurali. Questo permette di controllare costantemente il corretto funzionamento dell'impianto. Per essere avvisati in modo tempestivo di un qualsiasi malfunzionamento è possibile impostare degli allarmi automatici tramite email, SMS e chiamata telefonica, oppure con notifica su applicazione smartphone o web.

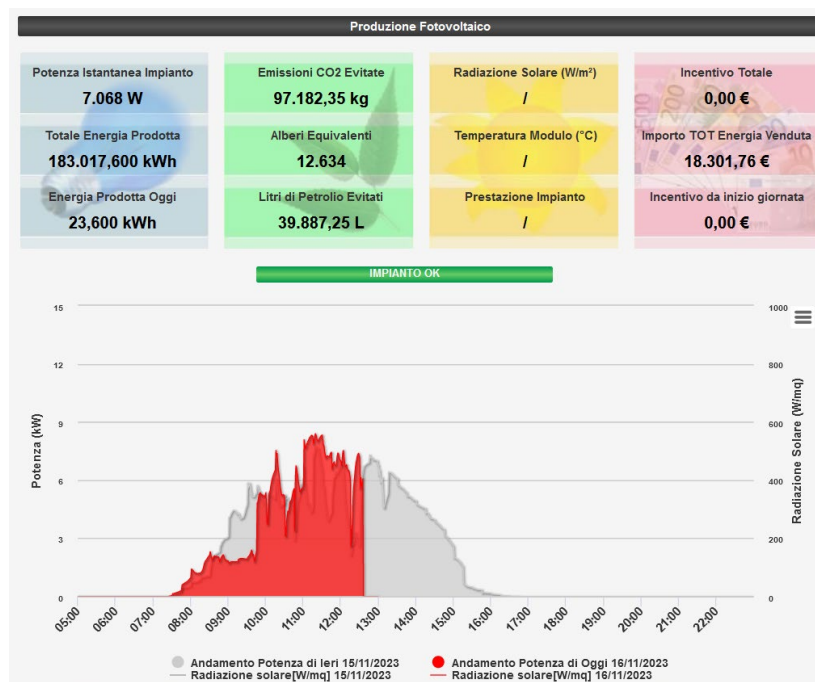


Figura 5-3: Monitoraggio remoto tramite applicativo web

La maggior parte degli impianti è anche protetto da sistema antintrusione e videosorveglianza direttamente connessi a istituti di vigilanza privata per scongiurare furti o manomissioni. Entrare all'interno di un impianto fotovoltaico se non autorizzati è molto pericoloso a causa delle parti elettriche sotto tensione che possono raggiungere anche svariate migliaia di volt.

Il sistema monitora inoltre l'andamento della produzione, in questo modo riesce a pianificare le pulizie dei moduli fotovoltaici qualora polvere e sporcizia ne abbiano compromesso la loro efficienza.

CONCLUSIONI

Come si può evincere dalla lettura di questo elaborato, la creazione di un impianto fotovoltaico non è cosa semplice, soprattutto se si tratta di impianti a terra di grandi dimensioni. Lo scoglio più grande da superare durante il processo di progettazione è sicuramente la fase autorizzativa che nonostante negli anni è stata snellita, rimane comunque molto macchinosa e rischia di far affossare progetti utili alla comunità. Ricordiamoci infatti che gli impianti fotovoltaici producono per decenni energia pulita, evitando di sfruttare le fonti fossili.

Gli impianti a terra di grandi dimensioni sono quelli che producono più energia, ma allo stesso tempo possono essere molto invasivi visivamente, soprattutto in un territorio di grande pregio come quello italiano. Una soluzione sarebbe quella di installare quanti più impianti fotovoltaici possibili sopra le coperture degli edifici, in modo da sfruttare superfici inutilizzate senza deturpare il paesaggio. Purtroppo sono ancora pochissimi i tetti ricoperti da fotovoltaico a causa del costo per molti proibitivo o ancora una volta dalla burocrazia insormontabile. I recenti incentivi messi in campo dal governo hanno aiutato il processo di diversificazione della produzione di energia elettrica dal fossile al rinnovabile grazie soprattutto al fotovoltaico.

Ci si auspica che nei prossimi anni sempre più impianti vengano installati tenendo in considerazione anche il fatto che la tecnologia del fotovoltaico si è notevolmente evoluta portando sul mercato prodotti sempre meno costosi e sempre più redditizi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Fonte dati Wikipedia (*wikipedia.org*).
- [2] Fonte dati sito web ISTAT (*istat.it*).
- [3] Esempio di portale per la cartografia digitale (*sit.comune.senigallia.an.it*).
- [4] Portale ARERA (*arera.it*).
- [5] Portale produttori E-Distribuzione (*e-distribuzione.it*).
- [6] Configuratore Huawei (*eu.smartdesign.huawei.com*).
- [7] Legge 34/2022 e Dlgs 199/2021 (*gazzettaufficiale.it*)