

Politecnico di Torino

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA GESTIONALE E DELLA PRODUZIONE
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

TESI DI LAUREA MAGISTRALE



**ANALISI DEL MERCATO DEL FOTOVOLTAICO NEL CONTESTO
NORMATIVO ITALIANO E SVILUPPO SOSTENIBILE DELLA
TECNOLOGIA: ESERCIZIO E MONITORAGGIO DI UN IMPIANTO
DOMESTICO APPLICATO AD UN CASO REALE**

Relatore:
Ch.mo Prof. Federico Piglione

Candidato:
Benedetto Bellini
Matricola 231242

Anno Accademico 2018-2019

A mia zia Sara

Abstract

Con i sempre più distruttivi effetti del cambiamento climatico, i record negativi sull'ambiente hanno portato tutte le Nazioni ad una presa di coscienza collettiva e ad un piano di azione comune destinato al contrasto delle cause che scatenano i mutamenti del clima della Terra. Tra le diverse strategie adottate, una su tutte sembra essere destinata a divenire la punta di diamante in questa corsa contro il tempo: promuovere l'utilizzo delle energie rinnovabili.

Sostenere lo sviluppo di tecnologie innovative non solo favorisce il progresso, ma permette anche di correggere gli errori del passato. Per questo motivo risulta estremamente importante convogliare lo sforzo collettivo verso un risultato di comune beneficio.

Dalle analisi di mercato, nel settore delle rinnovabili risulta preponderante la tecnologia fotovoltaica, la quale negli anni ha raggiunto brillanti risultati a livello produttivo che ne hanno favorito la diffusione, divenendo così per gli utilizzatori l'alternativa più familiare alle fonti fossili. Gran parte del merito è riconosciuto alle politiche incentivanti dei governi che negli anni hanno permesso l'acquisizione di tali innovazioni. Difatti, seppure una determinata idea risulti indiscutibilmente utile la sua diffusione avviene se il ritorno economico derivante risulta concreto. In Italia il fotovoltaico è stato supportato dagli incentivi del Conto Energia fino al 2013, anno in cui si è raggiunta la saturazione degli investimenti. Ad affiancare la tecnologia sono rimasti gli incentivi "indiretti" dello Scambio sul Posto e la detrazione fiscale per gli interventi di ristrutturazione energetica in Legge di Bilancio.

Proprio per tale motivo, lo scopo del presente elaborato è quello di portare a conoscenza del lettore degli effettivi benefici generati dall'investimento in esame. A tal proposito, attraverso l'applicazione del modello del punto di pareggio ad un caso reale di una famiglia tipo, si vuole illustrare nel dettaglio come l'energia fotovoltaica viene remunerata e valutare il relativo periodo di rientro in base ad una gestione oculata dell'impianto fotovoltaico, dimostrandone così la convenienza sia economica che ambientale.

In ultima analisi, verrà dato spazio all'ottimizzazione della gestione dell'energia prodotta grazie alle numerose soluzioni che stanno accompagnando tale tecnologia verso un modello di vita intelligente e sostenibile.

Indice

Introduzione	10
Contesto e obiettivo della tesi	10
Struttura	11
1 La tecnologia fotovoltaica: storia, struttura e confronto tra le tipologie di impianto	13
1.1 L'effetto fotovoltaico	13
1.2 La struttura dell'impianto fotovoltaico	17
1.2.1 Il modulo fotovoltaico	17
1.2.2 La struttura del pannello fotovoltaico classico	22
1.2.3 L'inverter	23
1.3 Le tipologie di impianto fotovoltaico	27
1.3.1 Il sistema di accumulo dell'energia	28
1.4 Curve tecnologiche ed efficienze a confronto	32
2 Il contesto politico globale: il ruolo dei Governi e focus sul mercato italiano	35
2.1 Il ruolo della politica e gli accordi internazionali	35
2.1.1 Le fonti rinnovabili nel contesto normativo	37
2.1.2 Il fotovoltaico nel dibattito internazionale	41
2.2 Il fotovoltaico in Italia e le azioni intraprese	47
2.2.1 La Direttiva 2012/19/UE e il sistema dei RAEE in Italia	50
2.2.2 La storia degli incentivi: il Conto Energia	55
3 Esercizio e monitoraggio di un impianto domestico applicato ad un caso reale	59

3.1	Lo Scambio sul Posto e l'evoluzione normativa	60
3.1.1	Lo Scambio sul Posto per le utenze domestiche di bassa tensione	61
3.2	Esercizio e monitoraggio di un impianto domestico in bassa tensione	67
3.2.1	Analisi e confronto dei dati di fabbisogno energetico familiare	69
3.2.2	L'introduzione dell'impianto fotovoltaico e l'impatto sui consumi: analisi del risparmio in bolletta attraverso l'autoconsumo	78
3.2.3	Calcolo del contributo in conto scambio per l'anno 2018	83
3.2.4	Analisi della produttività: monitoraggio della produzione e dei guasti	88
3.2.5	Calcolo del tempo di recupero con il metodo del punto di pareggio	89
4	Lo sviluppo sostenibile del fotovoltaico: ottimizzazione della tecnologia	96
4.1	Il concetto di grid parity	97
4.1.1	Il costo livellato dell'energia: l'indicatore di confronto economico tra fonti energetiche	101
4.2	La nuova frontiera dell'accumulo: il cloud storage	103
4.3	Il revamping per rivitalizzare il "vecchio" fotovoltaico	107
4.4	L'ottimizzazione del consumo energetico grazie alla casa del futuro	109
	Conclusioni	112
	ALLEGATO A	114
	ALLEGATO B	116
	ALLEGATO C	123
	Bibliografia	125

Elenco delle figure

1.1	L'effetto fotoelettrico: elettroni che liberano le lacune	14
1.2	L'effetto fotovoltaico nella cella monocristallina	15
1.3	Prima generazione di pannelli: silicio policristallino e monocristallino	18
1.4	Rotolo di celle a film sottile	20
1.5	Fotovoltaico organico: cella realizzata in nanocellulosa	21
1.6	Celle in stagno e perovskite	22
1.7	Struttura del pannello fotovoltaico classico	23
1.8	Inverter monofase a due ingressi per impianti domestici, completo di scheda di rete per monitoraggio a distanza	25
1.9	Microinverter	26
1.10	Tabella esplicativa di vantaggi e svantaggi per accumulatori al piombo [13] .	29
1.11	Costo di produzione passato e atteso delle batterie agli ioni di litio [14]	30
1.12	Tabella esplicativa di vantaggi e svantaggi per accumulatori a ioni di litio [13]	31
1.13	Produzione di celle silicee nel 2017: monocristallino, policristallino e film sottile	32
1.14	Produzione fotovoltaica globale divisa per regioni	33
1.15	Efficienze delle diverse generazioni di moduli a confronto	34
2.1	La posizione del Presidente americano D. J. Trump sui cambiamenti climatici, in un tweet del 2012	40
2.2	Immagini riassuntive del Rapporto Speciale dell'IPCC, Fonte: <i>meteoweb.eu</i> .	46
2.3	Tassi di Ritorno RAEE rilevati negli anni, a confronto con i target EU. Fonte: <i>CdC RAEE</i>	53
3.1	Energia cumulata annuale registrata nel 2018, Fonte: <i>http://sunrise. rse-web.it/</i>	67

3.2	Energia cumulata annuale registrata nel 2018 in Sicilia, Fonte: <i>http://sunrise.rse-web.it/</i>	68
3.3	Il portale di ABB Aurora Vision e i dati di produzione e offset registrati . . .	69
3.4	Tariffe energia elettrica D2 primo trimestre 2016	73
3.5	Tariffe energia elettrica D2 secondo trimestre 2016	73
3.6	Tariffe energia elettrica D2 terzo trimestre 2016	73
3.7	Tariffe energia elettrica D2 quarto trimestre 2016	74
3.8	Dettaglio di costo per l'energia elettrica prelevata nell'anno 2016	76
3.9	Dettaglio di costo per l'energia elettrica prelevata nell'anno 2017	77
3.10	Dettaglio di costo per l'energia elettrica prelevata nell'anno 2018	81
3.11	Dettaglio di costo per l'energia elettrica prelevata nell'anno 2018, sotto l'ipotesi di assenza di impianto	82
3.12	Valorizzazione dell'energia prelevata nel 2018 secondo le Regole Tecniche del GSE	84
3.13	Valorizzazione dell'energia immessa nel 2018 secondo le Regole Tecniche del GSE	85
3.14	Valori mensili del corrispettivo unitario di scambio forfettario relativi all'anno 2018	86
3.15	Stima della produzione mensile per l'anno 2018 dell'impianto fotovoltaico secondo i dati PVGIS dell'Allegato C	88
3.16	Analisi del punto di pareggio su costi e ricavi dell'impianto fotovoltaico . . .	92
3.17	Simulazione del punto di pareggio con una quota di autoconsumo del 30% . .	95
4.1	L'impianto fotovoltaico di Montalto di Castro nel Lazio, tra i più grandi d'Europa, con una potenza nominale pari a 85 MWp	98
4.2	Confronto periodale tra i costi livellati dell'energia nel settore dell'energia . .	103
4.3	Curve tecnologiche a confronto, Fonte: <i>NREL</i>	115

Elenco delle tabelle

3.1	Variabili determinate dal GSE per il contributo in conto scambio su base semestrale per l'anno 2018	62
3.2	Dati di produzione e consumo nell'anno solare 2018	70
3.3	Confronto consumi dal 2016 al 2018	71
3.4	Consumi effettuati nel 2016, divisi per fasce orarie	72
3.5	Consumi scaglionati nel 2016 per ciascun mese	75
3.6	Immissioni registrate nell'anno 2018 per ciascuna fascia oraria	79
3.7	Autoconsumo registrato nell'anno 2018 per ciascuna fascia oraria	80

Introduzione

Contesto e obiettivo della tesi

La Ricerca e lo Sviluppo scientifico sono il motore della vita. Da sempre l'uomo con le sue scoperte ha migliorato la propria esistenza attraverso prove ed esperienze che lo hanno portato ad evolversi. Paradossalmente, l'evoluzione adesso è minacciata dagli stessi comportamenti dell'essere umano che non proietta la propria visione nel lungo periodo.

Il cambiamento climatico, l'emergenza rifiuti, l'avanzamento dell'Earth Overshoot Day[1] devono essere un campanello di allarme per intraprendere il cambio di rotta da un'ottica prettamente consumistica ad un comportamento sostenibile sia a livello ambientale che economico.

L'Unione Europea ha mosso in questi anni dei passi considerevoli verso il cambiamento, essendo di fatto trascinatore per gli altri Paesi, ad esempio con il "Pacchetto Clima-Energia (definito anche come strategia 20-20-20)"[2], impegnandosi a raggiungere obiettivi in materia di clima e ambiente entro il 2020. L'Italia ha giocato la sua parte vedendo crescere in maniera esponenziale il mercato del fotovoltaico: la potenza complessiva installata sul territorio registrata a fine anno 2017 è stata di 19,682 GW.

Con il presente elaborato si intende quindi analizzare in un primo momento l'evoluzione del sistema fotovoltaico, a seguito delle normative europee e dei meccanismi incentivanti introdotti nello specifico in Italia per favorirne la diffusione. L'obiettivo finale sarà poi quello di evidenziare come tale fonte di energia rinnovabile potrà guidare l'intero mercato dell'energia verso il superamento delle fonti fossili, grazie soprattutto alle nuove tecnologie emergenti per i pannelli e i sistemi di accumulo, indicandone il carattere vantaggioso per l'utilizzatore e sostenibile per l'ambiente.

Struttura

Il presente elaborato intende perseguire gli obiettivi sopracitati strutturando il lavoro in quattro capitoli.

Nel primo capitolo verrà descritto l'effetto fotovoltaico, le componenti e le tecnologie correnti che compongono i più recenti impianti fotovoltaici. Nello specifico, si distinguerà nella prima parte lo sviluppo della tecnologia più in uso attuale sia in termini di prezzo che di efficienza. Nella seconda parte verrà discussa la principale differenza tra i tipi di impianti attualmente più diffusi, con le opportune considerazioni commerciali.

Nel secondo capitolo si scenderà nel dettaglio del contesto normativo italiano, partendo dapprima da una rappresentazione a livello internazionale delle posizioni dei principali attori in materia di ambiente e della fattibilità d'intesa verso l'obiettivo comune, per poi analizzare in che modo lo Stato ha favorito e continua ad incentivare la diffusione della produzione energetica fotovoltaica. Verrà inoltre discusso il concetto di sostenibilità, che troverà poi approfondimenti nell'ultima parte di questo elaborato, applicato al processo produttivo degli impianti, con conseguente presa di coscienza riguardo al problema dello smaltimento degli stessi a fine vita.

Nel terzo capitolo verrà descritto l'esercizio di un impianto fotovoltaico della potenza di 3.84 kWp connesso a rete, per uso domestico residenziale, con dati raccolti nell'arco di un anno solare relativi al fabbisogno energetico di una famiglia tipo. In particolar modo, verrà posta attenzione alla tecnologia dei pannelli adottata, agli eventuali guasti e tempi di fermo impianto che ne riducono la produzione, al sistema di monitoraggio scelto e all'analisi dei costi (reali ed evitati) derivanti dall'investimento. Maggior attenzione verrà posta sull'autoconsumo, evidenziando come l'energia prodotta e sfruttata internamente sia più redditizia di quella remunerata dallo Scambio sul Posto. Si procederà quindi con un'analisi sul lungo periodo della produttività, dell'efficienza e del recupero dell'investimento con il metodo del punto di pareggio.

Nel quarto capitolo si affronteranno i temi più recenti in ottica di sviluppo sostenibile e ottimizzazione della tecnologia fotovoltaica, soprattutto ragionando sulla componente più redditizia della convenzione di Scambio Sul Posto quale l'autoconsumo, dando spazio quindi alle nuove proposte di massimizzazione della resa dell'impianto: i nuovi sistemi di accumulo

digitale, l'ammodernamento degli impianti datati e le nuove soluzioni di domotica, messe a disposizione dell'utilizzatore per il raggiungimento dell'indipendenza energetica.

Capitolo 1

La tecnologia fotovoltaica: storia, struttura e confronto tra le tipologie di impianto

In questo capitolo verrà data una breve illustrazione dell'effetto fotovoltaico, spiegando ciò che sta alla base del funzionamento di un impianto. Successivamente verrà definita la composizione dei pannelli finora più diffusi, con una distinzione tra le tecnologie di maggiore impiego e un confronto prestazionale relativo alla loro efficienza. Tutto ciò verrà seguito da una descrizione generale delle varie componenti di un impianto fotovoltaico, analizzando sia il caso di impianto connesso alla rete che di tipo stand-alone. Per quest'ultima alternativa, verrà posta un'attenzione particolare alla componente di stoccaggio dell'energia.

1.1 L'effetto fotovoltaico

La prima pietra miliare della tecnologia venne posta da Alexandre-Edmond Becquerel. Il fisico francese fu il primo ad interessarsi allo studio della luce e agli effetti fotochimici e spettroscopici dello spettro solare. Tramite alcuni suoi esperimenti, nel 1839 egli osservò la capacità di trasformare la radiazione elettromagnetica della luce da parte di alcuni materiali che la intercettano in energia. [3]

La creazione della prima cella si deve invece all'esperimento di un inventore americano, Charles Fritt, che solamente una decina di anni dopo riuscì ad ottenere il primo risultato di

conversione della radiazione solare in energia elettrica. [4] Rivestendo con una lamina d'oro e un altro metallo del selenio, materiale semiconduttore, riuscì ad ottenere una cella fotovoltaica con efficienza pari all'1%. Come è facilmente intuibile, la diffusione di tale scoperta fu resa impossibile dal suo elevato costo di realizzazione.

La luce solare è composta da particelle di energia denominate fotoni (quanti di energia). Quando un fotone, che possiede una certa energia, incide come nel nostro caso un materiale semiconduttore è capace di trasferire in base alla sua frequenza l'energia necessaria ad un elettrone per rompere il legame con il suo nucleo e "scappare via", passando dalla banda di valenza (la distanza massima tra elettrone e protone) alla banda di conduzione. L'elettrone che ha acquisito l'energia necessaria per scindere il legame di appartenenza con il suo nucleo libera così una lacuna che, a sua volta, potrà essere colmata da un elettrone vicino in movimento. La corrente elettrica è il risultato del moto degli elettroni nel corpo del materiale inciso dalla radiazione luminosa.

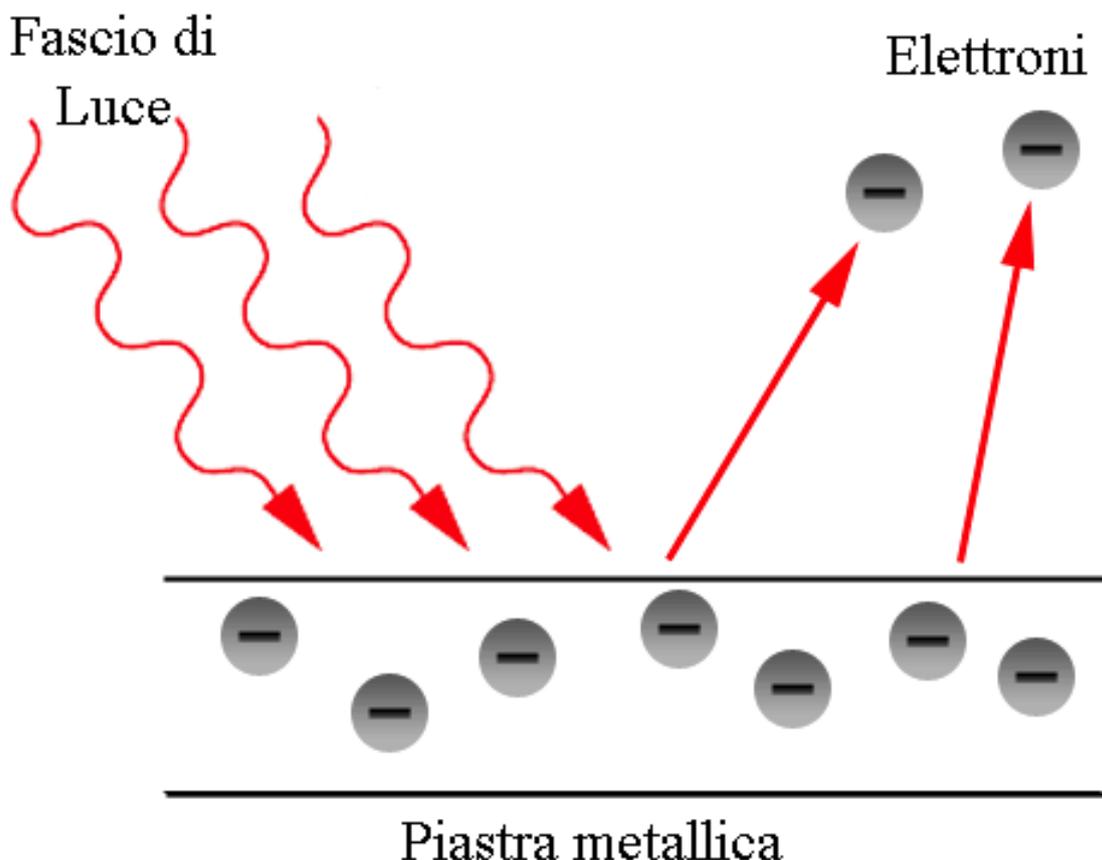


Figura 1.1: L'effetto fotoelettrico: elettroni che liberano le lacune

È questo il principio fisico secondo cui una cella solare produce energia quando viene intercettata dalla luce del sole. Poco più tardi, nel 1905 il Premio Nobel per la fisica Albert Einstein pubblicherà la teoria che spiega l'effetto fotoelettrico, della quale l'effetto fotovoltaico rappresenta una sottocategoria.

Per sfruttare l'energia elettrica generata dagli elettroni in movimento e dalle lacune è necessario che il moto sia coerente. Ciò è possibile realizzando un campo elettrico all'interno della cella, ottenuto attraverso dei trattamenti chimico-fisici: si crea da una parte di un materiale semiconduttore un eccesso di cariche positive e un'eccesso di cariche negative dall'altra. Ecco come l'effetto fotoelettrico viene sfruttato per ottenerne un altro: l'effetto fotovoltaico.

Il campo elettrico viene indotto attraverso il drogaggio del semiconduttore, ovvero interferendo nella composizione chimica del materiale creando uno strato con eccesso di carica positiva e l'altro caricato negativamente. Tipicamente, gli elementi più utilizzati per questo processo sono rispettivamente il boro, positivo elettricamente che contribuisce a creare l'eccesso di lacune, e il fosforo, che a sua volta favorisce l'eccesso di elettroni. La zona di separazione tra gli strati è quindi definita giunzione p-n.

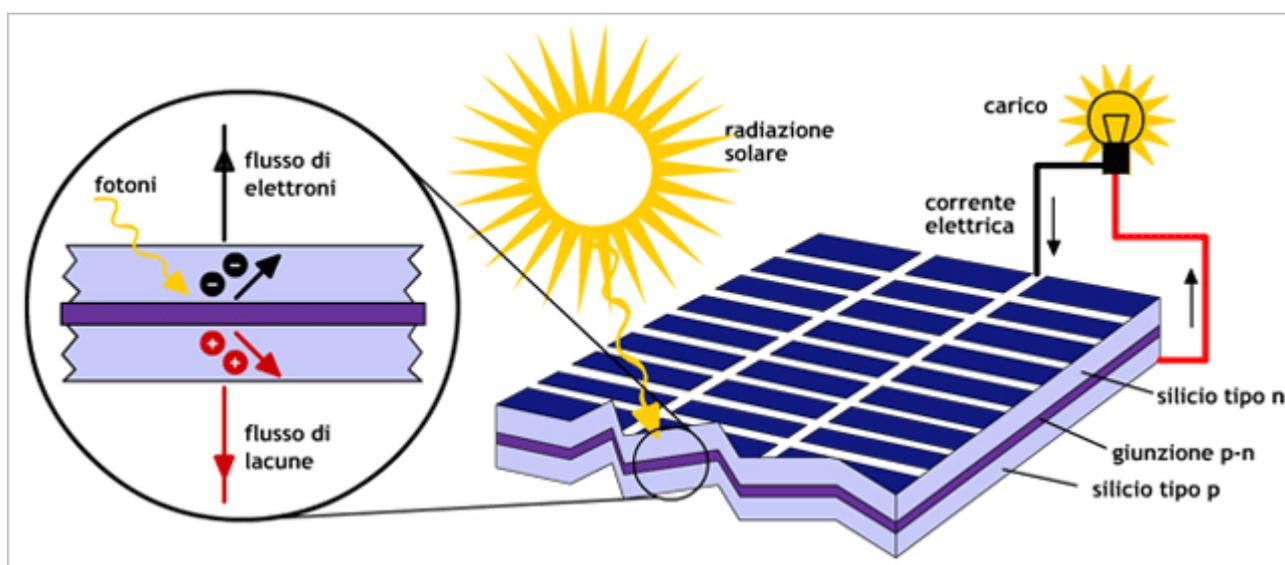


Figura 1.2: L'effetto fotovoltaico nella cella monocristallina

Durante l'esposizione alla luce solare si osserva così una corrente continua che fluisce tra le due facce attraverso dei collegamenti realizzati con un materiale conduttore. Cionono-

stante, la radiazione solare non è trasformata completamente in energia elettrica.

Diverse possono essere le cause:

- la luce non incide sul materiale semiconduttore ma sul conduttore metallico ed è soggetta a rifrazione oppure, in particolare nei moduli con celle monocristalline per loro forma, cade nelle "zone vuote" tra le celle esagonali;
- non tutti i fotoni che intercettano la cella possiedono un'energia sufficiente da eccitare un elettrone e permettergli di scindere il legame con il proprio nucleo;
- per effetto di ricombinazione, elettroni che sono stati liberati possono incontrare delle lacune durante il cammino e ricombinarsi con altri atomi;
- per resistenze cosiddette parassite, incontrate dagli elettroni durante il loro moto sui contatti metallici posti sulla cella;
- in base alla temperatura di esercizio, poiché all'aumentare della stessa diminuisce la tensione a circuito aperto della cella determinando così una minore potenza massima erogabile da parte del pannello (superando i 25°C si genera una perdita di produttività intorno al 5% ogni 10°C);
- esposizione non ottimale del campo fotovoltaico, zone d'ombra o impurità depositate sui moduli.

La percentuale di energia luminosa che intercetta il modulo fotovoltaico convertita in energia elettrica è definita come livello di rendimento o efficienza del modulo stesso.

Questo parametro è uno degli indici di prestazione più importanti per un impianto.

1.2 La struttura dell'impianto fotovoltaico

Procediamo adesso con una descrizione generale dei componenti di un impianto fotovoltaico e come si interfacciano tra di loro. Ad ogni modo, per definire la componentistica è necessario prima effettuare una distinzione generale tra due famiglie principali:

- impianti fotovoltaici grid-connected, connessi quindi alla rete elettrica e comunicanti con essa;
- impianti fotovoltaici off-grid, i cosiddetti stand alone e cioè le isole indipendenti che non comunicano con la rete elettrica e sono indipendenti da essa.

La prima categoria individua quegli impianti che sono sempre connessi con la rete elettrica e che scambiano l'energia con essa in entrambe le direzioni. Se ad esempio la produzione di energia eccede il consumo, l'eccesso verrà immesso in rete. Viceversa, come accade nelle ore notturne, l'energia non fornita dall'impianto sarà prelevata dalla rete. Naturalmente, questi sistemi non prevedono la componente di stoccaggio dell'energia.

Analizzeremo nei paragrafi successivi le varie differenze che caratterizzano le due tipologie di impianti sopracitati, secondo aspetti di diversa natura, proseguendo prima con una descrizione più dettagliata delle parti principali di un impianto.

1.2.1 Il modulo fotovoltaico

L'elemento chiave di un impianto è indubbiamente il modulo fotovoltaico. Andiamo dunque ad analizzare la composizione del pannello partendo dalla distinzione dei materiali e processi utilizzati per la realizzazione.

I pannelli di prima generazione sono quelli più diffusi e si basano sullo schema classico delle celle fotovoltaiche: la luce solare viene convertita in energia elettrica con l'azione di un solo cristallo di semiconduttore con giunzione p-n ove avviene il moto di cariche tra le bande energetiche del materiale. Dato ciò, il cristallo deve essere fabbricato in maniera altamente pura per evitare le perdite di efficienza.

Fanno dunque parte di questa categoria i pannelli a base di silicio monocristallino o

policristallino. La differenza sta sia nel processo di ottenimento della singola cella che nell'efficienza raggiunta dal modulo a valle della produzione.

Il pannello a silicio monocristallino viene ottenuto mediante il processo Czochralski, che prende il nome dal ricercatore polacco che lo sviluppò nel 1916 [5]: brevemente, il processo permette di ottenere dei cilindri di silicio purissimo con conseguenze ottime sul rendimento del pannello monocristallino e sulla sua vita utile. Tuttavia, dal punto di vista economico questo metodo è assai dispendioso sia per costi che per scarti di materiale, a svantaggio dunque dell'utilizzatore finale che dovrà pagare un prezzo più alto rispetto alla tecnologia policristallina.

I moduli policristallini sono invece ottenuti fondendo in blocchi il silicio che viene poi sezionato in dischi. Durante la solidificazione si formano quindi dei cristalli di superficie differente e che presentano delle impurità a discapito dell'efficienza del modulo poiché gli elettroni incontreranno nel loro cammino le resistenze poste tra i grani del semiconduttore impuro. Anche se l'efficienza risulta più bassa rispetto ai pannelli monocristallini, il costo di realizzazione è decisamente più basso grazie anche all'utilizzo degli scarti provenienti dal processo di formazione del silicio puro.

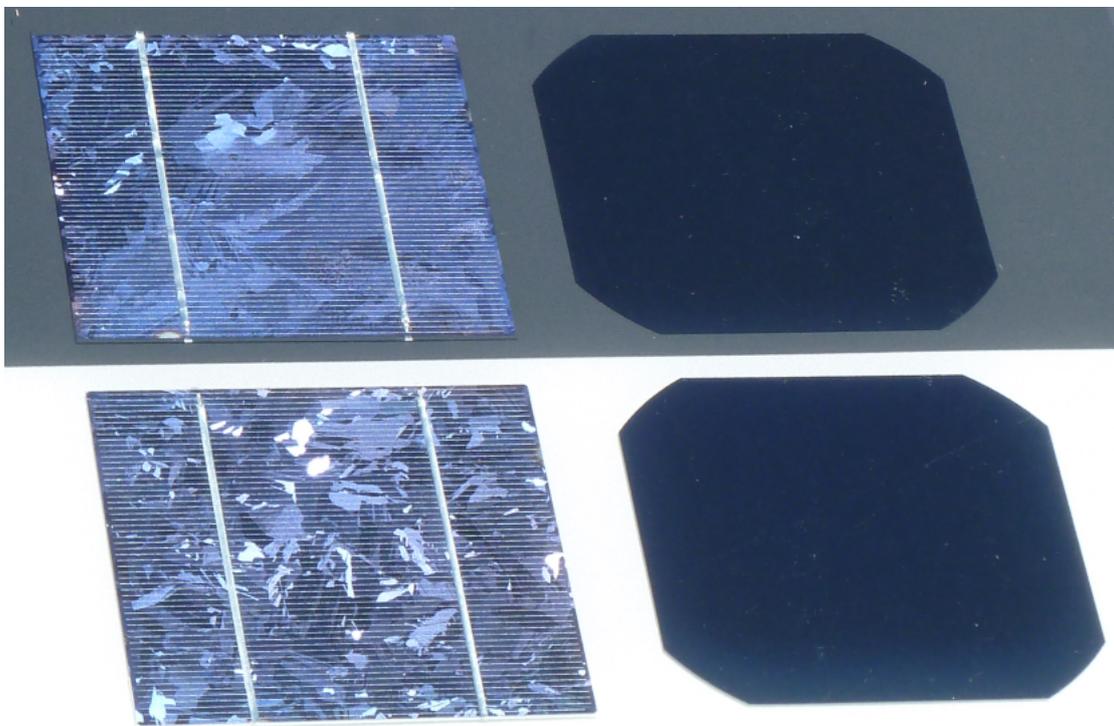


Figura 1.3: Prima generazione di pannelli: silicio policristallino e monocristallino

La seconda generazione rappresenta un'evoluzione della prima, poiché si basa sempre sul cristallo semiconduttore ma il suo impiego avviene in maniera minore. I pannelli sono infatti denominati “a film sottile” e realizzati tramite deposizione del materiale semiconduttore su un supporto:

- di tipo vetroso, per quanto riguarda i pannelli rigidi per impiego in spazi aperti;
- di tipo plastico, per pannelli flessibili con usi meno convenzionali.

In questa categoria troviamo i pannelli a base di silicio amorfo. La loro peculiarità risiede nel fatto che il semiconduttore compone l'intera superficie del suo “recipiente” e non possiede quindi una forma propria come i moduli di prima generazione, poiché appunto il processo di realizzazione è effettuato in blocco: il silicio infatti viene fatto evaporare su supporti rigidi, plastici o polimerici, rendendoli così addirittura flessibili. Difatti, questa tecnologia seppur dapprima ad efficienza limitata ha permesso l'utilizzo del fotovoltaico integrato nelle costruzioni. È facilmente intuibile come un foglio con proprietà fotovoltaiche possa essere integrato ad esempio nelle finestre di un edificio. Negli anni, questa tecnologia ha raggiunto un grado di efficienza pari al 13,6%, diventando così concorrenziale alle altre.

I pannelli a film sottile più economici sono guidati dalla tecnologia a base di Tellururio di Cadmio (CdTe), tecnologia trainante della categoria che è però stata recentemente inserita tra le sostanze altamente tossiche e quindi a rischio per la salute. Per questo motivo l'utilizzo del cadmio nei moduli è stato limitato secondo la direttiva RoHS 2011/65/UE dell'8 giugno 2011[6], onde evitare una possibile dispersione della sostanza tossica in seguito ad eventuali incidenti.

Completano il gruppo i moduli CGIS, acronimo di copper indium gallium (di) selenide, interessanti per la loro elevata capacità di assorbimento della luce solare permettendo così di ottenere dei pannelli estremamente sottili. Sebbene riescano a non soffrire particolarmente dell'ombra, il loro rendimento si attesta comunque al di sotto di quelli a cristallo di silicio con un gap ancora importante.

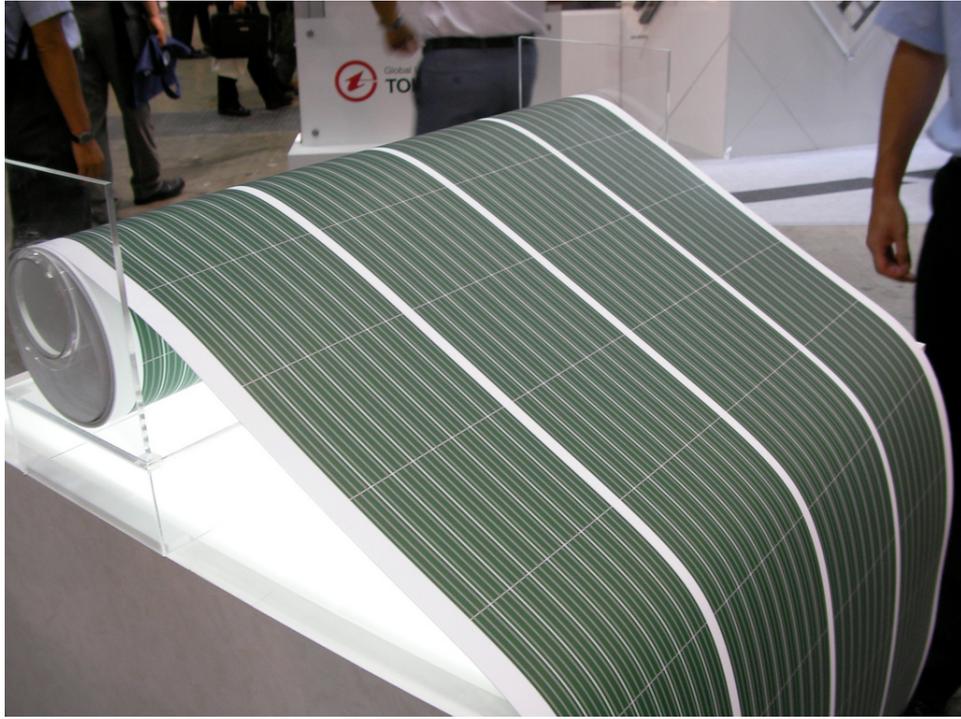


Figura 1.4: Rotolo di celle a film sottile

La terza generazione mira ad uscire fuori dagli schemi convenzionali, non considerando la presenza del silicio nel modulo quale componente principale per i pannelli classici e per alcuni a film sottile. Si parla invece di semiconduttori del III e del V gruppo della tavola periodica degli elementi che vengono dapprima sezionati in wafer e successivamente legati, per questo il processo è denominato wafer bonding. Gli elementi utilizzati sono l'Arseniuro di Gallio (GaAs), il Fosforo di Indio (InP) e l'Antimoniuro di Gallio (GaSb). Gli impianti fotovoltaici che adottano questo tipo di celle sono detti a concentrazione, mentre le celle vengono identificate tramite il loro processo di ottenimento, l'eterogiunzione.

A differenza del silicio, questi materiali offrono una maggiore mobilità degli elettroni e quindi conducibilità elettrica e soffrono in maniera minore il rumore termico. Inoltre, con l'eterogiunzione¹ si possono ottenere sia strati sottili di semiconduttori sovrapposti che efficienze di conversione fino al 50%, oltre all'ottimizzazione dello spazio occupato e tolleranza termica. Purtroppo il problema principale risiede non solo nella complessità dell'ottenimento di questi wafer, ma anche nella rarità dei semiconduttori rispetto infatti al silicio che è

¹Nella fisica dello stato solido, l'**eterogiunzione** consiste nel processo di giunzione tra materiali che presentano un gap energetico. Nel processo di ottenimento dei moduli fotovoltaici ad alto rendimento, questa procedura mira ad ottenere un cristallo composto da semiconduttori di diverso tipo, in modo da sfruttarne le proprietà chimico-fisiche e favorire ancor più l'effetto fotovoltaico[7]

abbondante in natura. È per queste ragioni che il costo di una cella multi-giunzione può arrivare a superare fino a 5 volte quello di una cella classica, rendendo così difficoltosa la diffusione sul mercato.

Oltre alle tre generazioni sopra descritte, altre tecnologie emergono sul mercato spinte dall'obiettivo comune a tutte le risorse rinnovabili e cioè il raggiungimento della competitività con i combustibili fossili. Degno di nota è appunto il fotovoltaico organico, caratterizzato dalla biomimesi²: questa tipologia mira infatti alla riproduzione di alcuni processi naturali, come ad esempio la fotosintesi clorofilliana che converte l'energia solare in biochimica. I risultati sono però ancora molto lontani dal target di efficienza minimo per la commercializzazione.



Figura 1.5: Fotovoltaico organico: cella realizzata in nanocellulosa

Ultimi sviluppi in laboratorio hanno invece visto l'impiego della perovskite come sostituto del silicio, che unita all'utilizzo del grafene sfrutta appunto le ottime proprietà del carbonio per migliorare il materiale all'interno della cella fotovoltaica e il processo di separazione di carica, il tutto a beneficio dell'efficienza. È stato da poco segnato un record storico per questa tecnologia: una spinoff dell'università di Oxford ha raggiunto in laboratorio una capacità di conversione pari al 27,3% con una cella di un centimetro quadrato ottenuta in multigiunzione: sovrapponendo due strati, quello superiore semitrasparente cattura i fotoni ad alta energia mentre la cella inferiore intercetta anche i fotoni a bassa energia, il tutto certificato in maniera indipendente dall'ISE dell'Istituto Fraunhofer. [8]

²Per **biomimesi** si intende quella disciplina che studia i processi biologici e biomeccanici della natura per trarne ispirazione e migliorare attività e tecnologie umane. Per approfondire l'argomento, si rimanda a testi più specifici, tra cui [9]



Figura 1.6: Celle in stagno e perovskite

1.2.2 La struttura del pannello fotovoltaico classico

La struttura classica del modulo fotovoltaico prevede la connessione elettrica in serie delle celle che implementano l'effetto fotovoltaico precedentemente descritto. Questo tipo di connessione genera, a seconda del numero di wafer collegati, la tensione desiderata. Il numero di celle collegate in serie in un pannello viene progettato in modo da ottenere una differenza di potenziale elettrico del modulo pari a 12, 18 o 24 V, così da offrire la possibilità di collegare degli accumulatori di energia all'impianto di pari tensione nominale.

Lo schema di composizione del modulo fotovoltaico in oggetto è formato da:

- uno strato superiore di vetro temprato che ha il compito di assicurare trasmittanza termica, resilienza e resistenza meccanica;
- uno o più strati di EVA (etilene vinil acetato) per garantire l'isolamento;
- celle fotovoltaiche sulle quali viene depositata una griglia di conduzione;
- uno strato inferiore solitamente in materiale plastico come il Tedlar;
- una cornice in alluminio per racchiudere l'insieme.

Le celle sono sigillate in un foglio EVA (acetato viniletilenico) e assemblate fra uno strato superiore di vetro e uno strato inferiore di materiale plastico (ad esempio Tedlar). L'insieme viene spesso racchiuso in una cornice di alluminio.

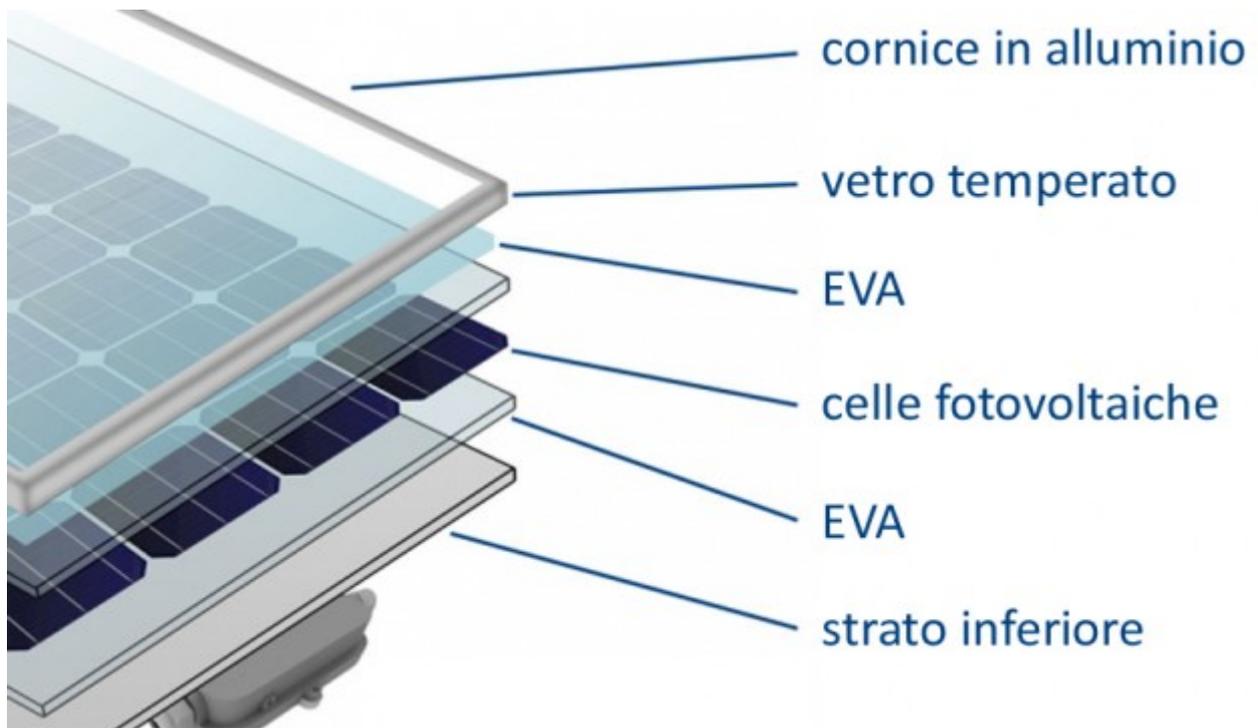


Figura 1.7: Struttura del pannello fotovoltaico classico

Per raggiungere il dimensionamento dell'impianto desiderato, i moduli fotovoltaici possono essere collegati elettricamente in serie (formando una stringa) e in parallelo.

1.2.3 L'inverter

Se il campo fotovoltaico, spesso costituito da più stringhe in parallelo, può essere considerato il cuore dell'impianto, l'inverter funge da "cervello" dello stesso. Questo apparato elettronico ha il compito di convertire la corrente continua generata dai pannelli in alternata per renderla disponibile alle utenze domestiche o per essere immessa in rete. Il suo ruolo è di estrema importanza, in quanto gestisce i valori di tensione e corrente letti istantaneamente nei moduli estraendo così la massima potenza disponibile attraverso sistemi hardware e software. La funzione prende il nome di MPPT (Maximum Power Point Tracker) poiché appunto, dalla curva caratteristica V/I del modulo fotovoltaico, l'inverter ne identifica il punto ottimale (Maximum Power Point).

Il monitoraggio del punto potenza ottimale non è tuttavia banale: essendo la radiazione solare variabile in funzione della latitudine, dell'orientamento del campo solare, della stagione e dell'ora del giorno, l'inverter deve avere la capacità di estrarre ogni volta il punto ottimale

di potenza, permettendo così all'impianto di funzionare alle massime prestazioni. Inoltre, bisogna ricordare che alcuni moduli soffrono particolarmente la temperatura o le zone d'ombra (come ad esempio i pannelli a silicio monocristallino). Questo perché le celle all'interno del modulo sono collegate in serie e condividono quindi la stessa intensità di corrente. Una cella in ombra si troverebbe ad avere una corrente maggiore di quella che potrebbe produrre in maniera indipendente dal sistema, finendo per surriscaldarsi o danneggiarsi. Ecco perché la funzione MPPT è ritenuta necessaria.

Le caratteristiche principali di questo sistema sono la precisione, intesa come tempo di assestamento, e l'accuratezza. Sebbene ogni produttore abbia come target un'accuratezza al 99%, è il tempo di assestamento che fa maggiormente la differenza: difatti, a parità di precisione, in particolari giornate in cui si verificano variabilità repentine (nuvolosità sparse), un inverter che riesce a fornire un tempo di assestamento minore sarà senz'altro più performante.

Abbiamo detto che la funzione primaria dell'inverter è quella di ricevere il flusso di corrente continua dal campo fotovoltaico e di trasformarla in alternata per poter essere utilizzata dalle utenze domestiche o, se in eccedenza, immessa nella rete elettrica qualora vi sia collegamento con essa. A tal proposito, è opportuno osservare che il dispositivo ha necessità di interfacciarsi con la rete e tutto ciò deve avvenire secondo norme prestabilite. In particolare, sul territorio italiano vige attualmente la norma CEI 0-21[10], la quale prevede delle misure di sicurezza per evitare problemi derivanti dall'immissione in rete dell'energia qualora i parametri risultino fuori dai limiti previsti.

In generale, quindi, un inverter svolge una serie di funzioni ben precise:

- regola la frequenza e la tensione della corrente elettrica, convertendo la corrente da continua ad alternata minimizzando le perdite;
- monitora il corretto funzionamento dell'impianto ed estrae dalla curva caratteristica del pannello il punto di massima potenza;
- protegge il sistema da eventuali sbalzi di tensione o cortocircuiti;
- segnala eventuali anomalie nel sistema tramite la propria interfaccia di gestione, permettendo all'utente di ottenere rapidamente le informazioni relative al guasto.



Figura 1.8: Inverter monofase a due ingressi per impianti domestici, completo di scheda di rete per monitoraggio a distanza

Inoltre, come già precedentemente accennato, un fattore influenzante il corretto funzionamento del dispositivo è la temperatura. Per questo motivo, deve essere scelto con la giusta cura il luogo di montaggio dell'inverter, tale da prevenire una riduzione della potenza dello stesso a causa di alte temperature di esercizio. Spesso infatti, al fine di prevenire una limitazione nelle prestazioni, si preferisce installare il dispositivo in ambienti abbastanza ventilati o, qualora necessario, aggiungere un sistema di raffreddamento per lo stesso.

In relazione al dimensionamento dell'impianto, è possibile classificare gli inverter in monofase e trifase. I primi sono sostanzialmente impiegati negli impianti ad uso domestico, dove la potenza generata è relativamente bassa, inferiore ai 10 kW di potenza di picco. Per grandi installazioni, invece, i dispositivi lavorano in trifase e di rado si possono vedere gruppi di inverter monofase.

Infine, occorre tenere presente che ciascun impianto costituisce un pezzo unico, vale a dire che per ogni impianto è necessario individuare il corretto dimensionamento in base a vari

fattori tra cui l'ubicazione. Spesso, accade che in fase di progettazione venga scelto di sottodimensionare l'inverter rispetto alla potenza nominale generabile dal campo fotovoltaico. Ciò è possibile fino a non eccedere del 10% la potenza nominale dell'inverter, laddove l'esposizione e l'orientamento non risultino del tutto ottimali per la produzione per cui non risulta necessario soddisfare i requisiti massimi in base alla posizione dell'impianto, permettendo così all'utilizzatore un risparmio nell'investimento che non inficia sul corretto funzionamento. È però opportuno non eccedere tale soglia e che la tensione massima dal lato CC non superi mai la tensione di ingresso del dispositivo, al fine di scongiurare eventuali danni all'inverter.

I microinverter sono l'ultima frontiera tecnologica della famiglia. Svolgono la stessa funzione dei classici dispositivi ma, anziché lavorare su stringhe, agiscono direttamente sul singolo pannello al quale sono collegati. La loro potenza è infatti dello stesso ordine dei moduli fotovoltaici (200-300kW) e la loro peculiarità è appunto quella di operare su un singolo punto di lavoro, risultando più capaci nell'ottimizzare la produzione di ogni singolo modulo a cui sono associati. Data la loro piccola dimensione anche la dissipazione della potenza è limitata, ma risultano utili laddove l'impianto non sia esteso. L'utilizzo di microinverter in sistemi di grossa taglia è alquanto sconveniente sotto vari punti di vista.

Sono inoltre utili per la maggior facilità di installazione, velocità di risposta a situazioni di variabilità nell'irraggiamento e nel monitoraggio diretto di eventuali danni presenti sul modulo di riferimento, garantendo così un minor tempo di intervento nella riparazione di eventuali guasti ai pannelli.



Figura 1.9: Microinverter

1.3 Le tipologie di impianto fotovoltaico

Abbiamo già definito in precedenza le due tipologie ricorrenti di impianto fotovoltaico: si parla di impianto *grid connected* quando il sistema è connesso alla rete, mentre si individua un impianto *stand alone* quando il sistema è strutturato come un'isola ed è quindi indipendente dalla rete.

Successivamente, abbiamo accennato come per un impianto connesso a rete avvenga lo scambio di energia nelle due direzioni, immissione e prelievo, a seconda del livello di produzione e autoconsumo: nelle ore di luce, se l'autoconsumo non raggiunge il livello di energia prodotta, l'energia in eccesso viene immessa nella rete; nelle ore notturne o quando la produttività non raggiunge l'autoconsumo, l'energia richiesta dall'utente viene prelevata dalla rete. Questi tipi di impianti possono anche essere integrati con accumulatori di energia per incrementare l'autoconsumo, ma il loro utilizzo non è necessario.

In questa sezione, invece, porremo l'attenzione sulla seconda tipologia di impianti, gli *stand alone*, e ci soffermeremo sulla componente che sta ricevendo più attenzione nell'ultimo periodo, il sistema di stoccaggio dell'energia.

L'impianto può prevedere una componente di stoccaggio dell'energia per immagazzinarla quando viene prodotta in eccesso. Il sistema di accumulo deve quindi garantire sia il corretto approvvigionamento dell'energia non autoconsumata che la sua erogazione nei momenti di non produttività (anche eventualmente prolungata). Per questo motivo, l'impianto viene spesso sovradimensionato.

Questa soluzione è spesso utilizzata quando la rete elettrica è difficilmente raggiungibile o addirittura assente: le sue applicazioni vanno dalle più semplici come la segnaletica stradale o l'uso domestico alle più complesse come parchi, impianti o rifugi.

Inoltre, l'impianto off-grid è particolarmente importante dal punto di vista della distribuzione dell'energia, poiché l'energia prodotta in eccesso e immessa in rete può essere utilizzata nelle immediate vicinanze, limitando così gli oneri economici dipendenti dal trasporto e dispacciamento dell'energia e anche le perdite di trasmissione.

1.3.1 Il sistema di accumulo dell'energia

Ultimamente, la componente di stoccaggio dell'energia viene sempre di più messa al centro dell'attenzione quando si parla di un impianto fotovoltaico. Questo particolare trend sta crescendo negli anni grazie al progresso tecnologico nel settore che spinge verso il basso i costi di produzione. Prima su tutti la Tesla Motors, l'azienda statunitense di Elon Musk operante nel settore delle auto elettriche che con il suo ingente investimento nella GigaFactory in Nevada ha avviato la produzione di batterie per soddisfare il proprio fabbisogno e godere in futuro di economie di scala.

Il perno centrale della discussione è proprio il costo di produzione degli accumulatori, che tutt'oggi non riesce ancora a convincere pienamente gli utenti all'acquisto. Proprio Musk ha di recente affermato che "se i prezzi delle materie prime si manterranno stabili, Tesla dovrebbe arrivare a un costo di 100 dollari/kWh per le celle elementari, e arrivare a 100 dollari/kWh per l'intero battery pack (che normalmente ha un costo industriale maggiore del 30% circa rispetto a quello delle celle che lo compongono) entro ulteriori 2 anni"[11]. E proprio secondo uno studio di McKinsey pubblicato nel gennaio 2017 "il livello di costo al quale potrà aversi una vera e propria svolta nella convenienza delle (auto) elettriche si colloca intorno ai 100\$/kWh"[12].

Quando si fa riferimento al sistema di accumulo dell'energia di un impianto fotovoltaico ci si riferisce generalmente alle batterie e quindi ad accumulatori elettrochimici. Questo sistema consente di stoccare l'energia prodotta da un campo fotovoltaico e non consumata durante le ore di luce solare per poi quindi utilizzarla nelle fasi di non produttività. Tutto ciò risulta quindi utile per incrementare l'autoconsumo e alienare la dipendenza dalla rete elettrica.

La caratteristica importante che può influenzare la scelta verso un impianto fotovoltaico stand alone piuttosto che grid connected è proprio la capacità dello stesso di sfruttare maggiormente l'autoconsumo. Secondo il rapporto statistico del 2017 stilato dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE), in Italia la percentuale media di autoconsumo del settore domestico del fotovoltaico si aggira intorno al 30%. Con l'integrazione di un sistema di accumulo è possibile accogliere le richieste di energia nelle fasi di non produttività, aumentando notevolmente il livello di utilizzo della produzione.

Attualmente, vi sono diverse tecnologie sulle quali sono basate i più diffusi accumulatori elettrochimici. Su tutte, certamente diffuse sono le batterie al Piombo-acido e quelle agli ioni di litio. Volendo descrivere in maniera generica la differenza tra le diverse tipologie (per la quale si rimanda ad una più specializzata trattazione) si può affermare che per quanto riguarda le prime sopracitate sono sicuramente più economiche ma la loro gestione è più complessa per via del loro volume occupato e per il fatto che devono necessariamente essere posizionate in locali ventilati poiché producono gas idrogeno.

Le batterie con tecnologia a caldo operano a temperature tra i 250°C e i 320°C, comprendendo le già citate Piombo-acido, e anche le batterie al sale, a sodio cloruro di nichel e al sodio zolfo. A questi modelli si aggiungono le batterie redox-vanadio o a flusso (tipo sistemi con vanadio pentavalente-vanadio trivalente), che rientrano in un range di funzionamento molto vasto.

Ad oggi, ci si chiede se puntare sulla tecnologia a caldo sia ancora una strada conveniente rispetto all'emergente batteria "li-ion based". Prima di effettuare un rapido confronto tra le due, si può certamente dire che il rischio di incorrere in manutenzioni straordinarie dovute all'utilizzo improprio di batterie al piombo è alto (basterebbe una scarica profonda per produrre solfatazione o un surriscaldamento che ne limiterebbe l'efficienza).

Batterie al piombo	Vantaggi	Svantaggi
	<input type="checkbox"/> Buona efficienza energetica, oltre il 70%;	<input type="checkbox"/> Vita utile relativamente breve, se confrontata con le altre soluzioni di accumulo
	<input type="checkbox"/> Buone performance se utilizzate con alti livelli di scarica	<input type="checkbox"/> Peso elevato, proprio per il materiale (piombo) con cui sono fabbricate
	<input type="checkbox"/> Ampia gamma nelle temperature di utilizzo: dai -40°C ai +60°C	<input type="checkbox"/> Bassa densità energetica (30-40 W h/kg)
	<input type="checkbox"/> Tensione di cella singola sufficientemente levata	<input type="checkbox"/> Rischio di danneggiamento irreversibile a causa della solfatazione
	<input type="checkbox"/> Diverse possibilità per l'indicazione dello stato di carica	<input type="checkbox"/> Alto contenuto di piombo, arsenico ed antimonio, molto pericolosi per la salute
	<input type="checkbox"/> Facile produzione in grandi volumi	<input type="checkbox"/> Necessità di trattare i rifiuti in modo adeguato e differenziato
	<input type="checkbox"/> Esistono tipologie con ridotto o assente bisogno di manutenzione	<input type="checkbox"/> Grosse difficoltà nella produzione di batterie di piccola capacità
	<input type="checkbox"/> Basso costo	<input type="checkbox"/> Alte correnti di corto circuito che possono danneggiare irrimediabilmente la batteria

Figura 1.10: Tabella esplicativa di vantaggi e svantaggi per accumulatori al piombo [13]

Le batterie agli ioni di litio sono il vero motore trainante del mercato dello stoccaggio dell'energia che sta attraversando una fase di crescita tendenziale, grazie al fatto che negli anni si è riusciti sempre più a comprimere il loro costo di produzione e ciò sta portando sempre più all'adottare tale tecnologia.

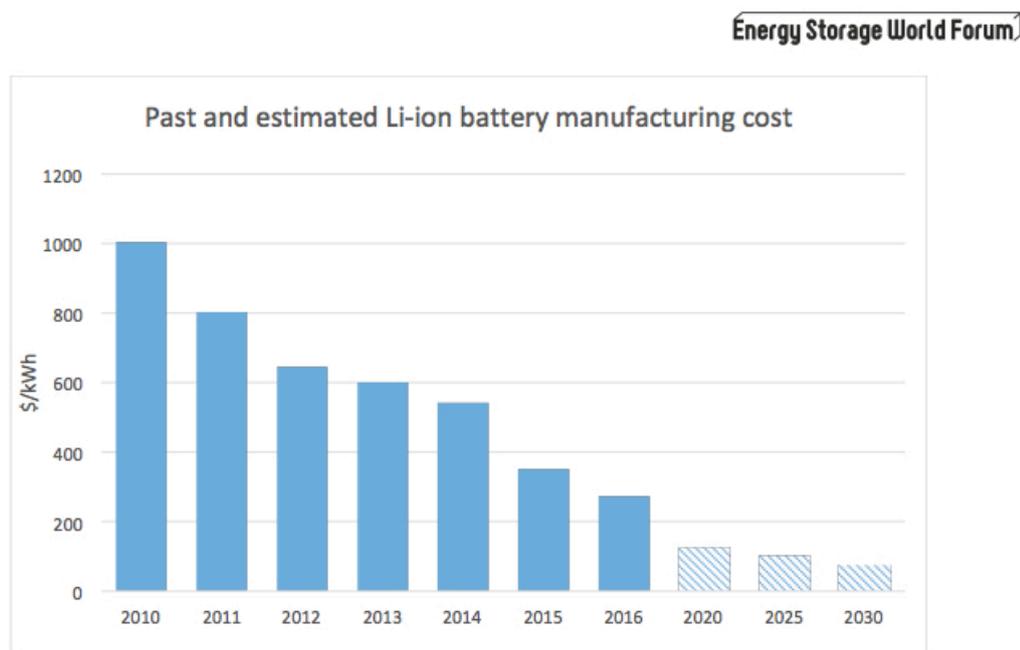


Figura 1.11: Costo di produzione passato e atteso delle batterie agli ioni di litio [14]

Prima di continuare nel confronto, è opportuno effettuare delle definizioni per avere un quadro più chiaro nelle prestazioni delle diverse tecnologie. I parametri da monitorare sono:

- potenza specifica, viene misurata in W/kg e descrive la potenza erogabile dal sistema di accumulo per unità di peso;
- energia specifica, nell'unità di misura del Wh/kg che indica l'energia messa a disposizione dal sistema di accumulo per unità di peso;
- efficienza energetica di carica/scarica, cioè il rapporto tra energia scaricata ed energia spesa per riportare allo stato di carica iniziale il sistema di accumulo;
- durata, inteso come numero di cicli di carica e scarica durante il periodo di vita utile di funzionamento del sistema di accumulo.

Ritornando quindi alla precedente comparazione, per dare un'idea delle prestazioni differenti tra le tecnologie possiamo dire che se per le batterie al piombo si parla di una percentuale di carica/scarica del 50%, quelle al litio arrivano quasi al 100%. In sintesi ciò comporta che se per le prime bisogna non superare il livello di scarica del 50% del totale della capacità della batteria per continuare a poterla utilizzare correttamente, le batterie agli ioni di litio offrono una profondità di scarica quasi completa. In altri termini, ciò significa che una batteria agli ioni di litio con la stessa capacità nominale di una al Piombo-acido può garantire una maggiore durata se utilizzata nel modo corretto.

Anche l'energia specifica è a favore delle batterie agli ioni di litio, che vantano un rapporto che va da 150 a 200 Wh/kg contro le Piombo-acido tipicamente intorno ai 30-40 Wh/kg, così come anche l'autoscarica quasi trascurabile.

Batterie al litio	Vantaggi	Svantaggi
	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Vita utile lunga: > 4000 cicli di carica e scarica <input type="checkbox"/> "Shelf-life" molto lunga: le batterie al litio possono essere stoccate in adeguati magazzini ed essere vendute a distanza di anni <input type="checkbox"/> Buona capacità di mantenere il livello di carica iniziale nel tempo, anche se non utilizzate <input type="checkbox"/> Alto tasso di utilizzo in scarica: la batteria può sopportare scariche a correnti continua di 5C e impulsiva fino a 25C <input type="checkbox"/> Capacità che variano da 100mAh a 200Ah, ciò rende tali batterie utilizzabili in moltissime applicazioni <input type="checkbox"/> Tempi relativamente brevi del ciclo di ricarica 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Si degradano se scaricate al di sotto di una tensione di 2V <input type="checkbox"/> Perdono permanentemente la propria capacità con temperature superiori a 65 °C <input type="checkbox"/> Soffrono gli sbalzi termici, e non lavorano bene a basse temperature. Ciò rende necessaria una adeguata coibentazione termica <input type="checkbox"/> Alto pericolo di sicurezza quando vengono sovraccaricate, o sono sottoposte a temperature troppo elevate, con potenziale rischio di esplosione <input type="checkbox"/> Elevato impatto ambientale rispetto alle altre tecnologie. Nelle batterie agli ioni di litio sono infatti presenti i seguenti componenti: metalli pesanti, sali basati su fluorite ed arsenico, solventi organici, litio e metalli alcalini altamente reattivi

Figura 1.12: Tabella esplicativa di vantaggi e svantaggi per accumulatori a ioni di litio [13]

Effettuato questo primo confronto tra le principali tecnologie di accumulo, rimandiamo la discussione sul tema al capitolo finale dove verrà analizzato e approfondito il carattere sostenibile del sistema di stoccaggio dell'energia e le varie conseguenze che esso può generare sulla tecnologia fotovoltaica stessa.

1.4 Curve tecnologiche ed efficienze a confronto

Abbiamo già posto l'attenzione sul principale indicatore di un impianto fotovoltaico, l'efficienza di conversione. Andiamo adesso ad analizzare la diffusione delle diverse tecnologie sul mercato del fotovoltaico, osservando quali sono stati i risultati ottenuti nel tempo a livello prestazionale.

Annual PV Production by Technology Worldwide (in GWp)

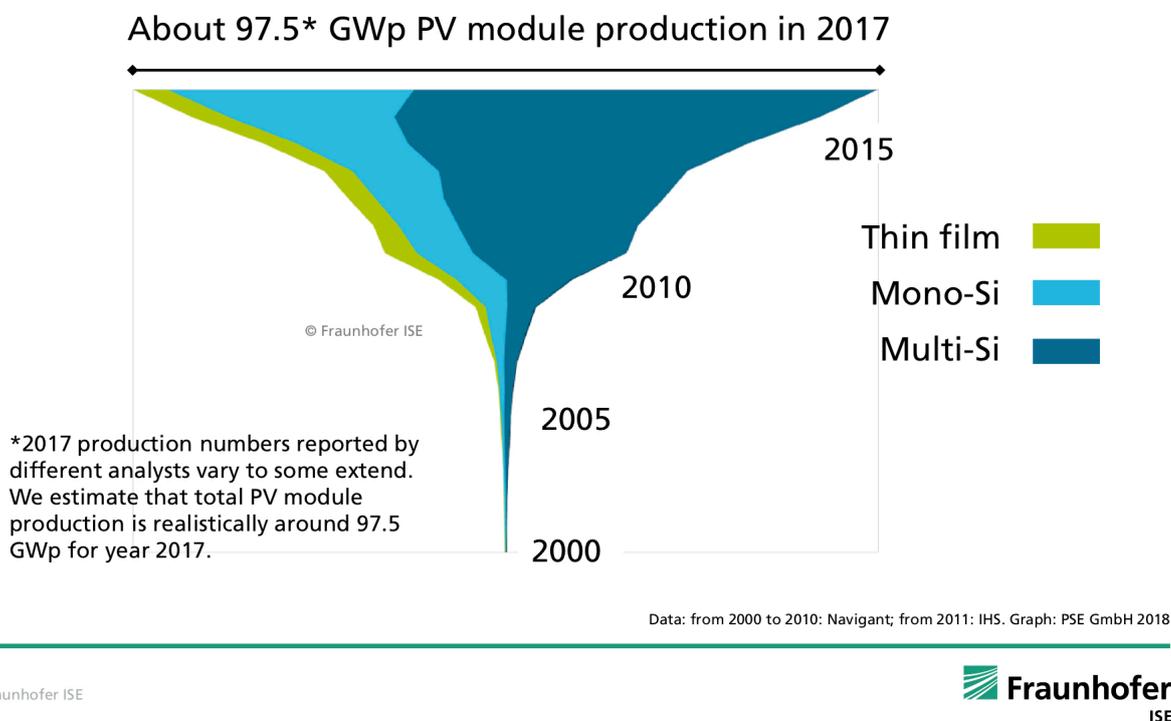
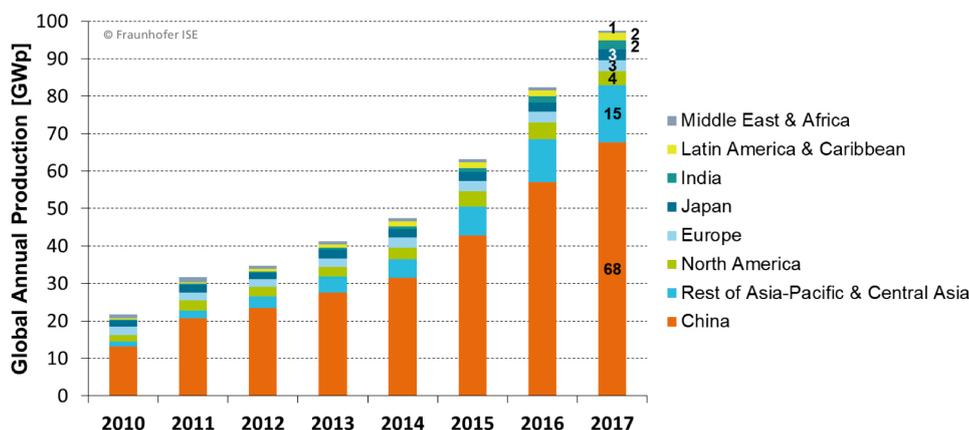


Figura 1.13: Produzione di celle silicee nel 2017: monocristallino, policristallino e film sottile

Secondo il report stilato dal Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE), istituto tedesco che svolge attività di ricerca e sviluppo applicate all'ambito dell'energia solare, la situazione aggiornata all'anno 2017 riguardo alla diffusione delle diverse generazioni di fotovoltaico vede la presenza del silicio cristallino per il 95% della produzione globale, con una quota del 62% circa per il silicio policristallino. La quota di mercato dei pannelli a film sottile contava invece il 5%.

La produzione mondiale dei moduli è guidata dalla Cina, in forte espansione, che sta muovendo passi da gigante verso la fornitura di prodotti di qualità con la sempre più presente sul mercato Trina Solar. L'azienda cinese aveva dichiarato nel dicembre 2015 di aver "raggiunto un'efficienza pari al 22,13% per le celle p-type in silicio monocristallino silicon (c-Si). Grazie a questo risultato il precedente record di efficienza relativo alla cella p-type, ottenuto nel 2014, è stato incrementato dello 0,73%. Il risultato, ottenuto presso il centro di Ricerca e Sviluppo della sede cinese, è stato confermato dal Fraunhofer Institute for solar energy systems ISE"[15].

PV Industry Production by Region Global Annual Production



Data: Up to 2009: Navigant Consulting; since 2010: IHS. Graph: PSE GmbH 2018

13

© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

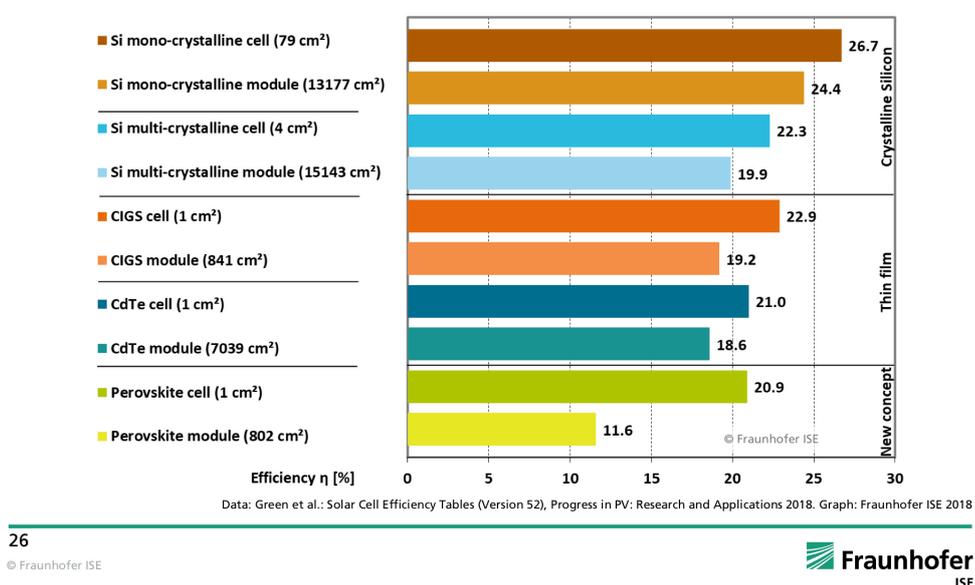
Figura 1.14: Produzione fotovoltaica globale divisa per regioni

Tuttavia, il record di efficienza dei moduli commerciali è detenuto tuttora dall'azienda americana SunPower, che riesce ad offrire un grado di conversione energetica pari al 21% con la serie X di pannelli monocristallini. Spostandoci difatti sul fronte utilizzatori[16], la classifica aggiornata a maggio 2018 per quanto riguarda i pannelli con maggiore efficienza sul mercato vede appunto al primo posto l'azienda americana, seguita da Panasonic-Sanyo ed LG Solar con efficienze rispettivamente del 19,7% e del 19,5%. Sebbene dunque la tecnologia policristallina offra discreti livelli di efficienza a prezzi accessibili, ultimamente le vendite di

moduli a silicio puro stanno crescendo sempre di più, spinte certamente dagli ottimi risultati raggiunti grazie anche alla compressione dei costi per economie produttive.

Mettendo a confronto i risultati ottenuti in laboratorio per le diverse tecnologie disponibili attualmente, si evince che tra le varie generazioni, anche se gli ultimi concept emergenti delle celle in perovskite risultano molto promettenti e le celle a concentrazione sembrano essere destinate a scrivere il futuro del fotovoltaico, rimane per il momento il silicio monocristallino a dettare le regole (vedi *ALLEGATO A*).

Efficiency Comparison of Technologies: Best Lab Cells vs. Best Lab Modules



26

© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Figura 1.15: Efficienze delle diverse generazioni di moduli a confronto

Le potenzialità di queste tecnologie sono innegabili, ma l'azione dei Governi nella sfida ai combustibili fossili lo è ancor di più. Le politiche fiscali promosse e adottate dai vari Paesi nel mondo giocheranno un ruolo decisivo nel raggiungimento degli obiettivi comuni in materia ambientale. Inoltre è possibile considerare che l'eventuale attuazione di tale programmazione normativa comporterà a livello globale un cambiamento significativo per ciò che attiene l'andamento di tale settore di mercato.

A tal proposito, nel capitolo successivo osserviamo il contesto normativo internazionale per analizzare la posizione dei diversi Paesi in merito all'impiego di politiche sostenibili.

Capitolo 2

Il contesto politico globale: il ruolo dei Governi e focus sul mercato italiano

Per elaborare una visione coerente del tema affrontato è necessario interrogare i vari Paesi sulle loro posizioni a riguardo. In questo capitolo andremo ad osservare il contesto normativo e come esso abbia consentito, incentivato e agevolato negli anni l'azione delle parti che adesso operano su questo mercato. Sarà indispensabile inquadrare dapprima l'andamento giuridico nel suo complesso, considerando quanto è stato fatto in ambito europeo e più nello specifico sul territorio italiano per la diffusione della tecnologia e delle diverse tecniche innovative sviluppate, osservando comunque i comportamenti di tutti gli attori a livello mondiale.

Parleremo dunque degli accordi internazionali, dei sistemi incentivanti, di come questi abbiano permesso agli utilizzatori finali di poter adottare il fotovoltaico tramite la compressione dei costi di produzione e di quale possa essere il futuro trend del settore.

2.1 Il ruolo della politica e gli accordi internazionali

Sicuramente il punto di partenza che normativamente ha dato il via ad un cambiamento globale rispetto alla delicata tematica del cambiamento climatico e della necessità di abbandonare lo sfruttamento delle fonti fossili a favore delle fonti rinnovabili è attualmente rappresentato dal cosiddetto "Pacchetto Clima-Energia" o Piano 20-20-20".

Volendo operare un breve excursus si potrebbe anche dire che in ordine temporale il primo contributo normativo che ha posto le basi per un diritto internazionale ambientale sarebbe

successivo alla redazione del rapporto Brundtland, conosciuto anche come *Our Common Future*, ad opera della Commissione Mondiale su Ambiente e Sviluppo (WCED) nel 1987 di cui Gro Harlem Brundtland ne era Presidente. Per la prima volta si definirà il concetto di sostenibilità, sul quale la stessa Presidente dichiarò: «lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri» (WCED,1987). [17]

Ancor prima, nel 1970 viene emanata la prima direttiva idonea a contrastare l'inquinamento atmosferico (all'epoca causato prevalentemente dai veicoli a motore), fino al 1973, anno in cui viene istituito il primo Programma di Azione europeo per l'Ambiente. A partire dagli anni '90 comincia a farsi strada l'impegno governativo per uno sviluppo sostenibile che assume importanza grazie ad una sempre più ampia raccolta di dati ambientali.

A seguito del trattato di Maastricht, più precisamente nel 1993, il ruolo del Parlamento Europeo in merito alle politiche ambientali diventa sempre più pertinente e puntuale tanto che nel successivo 1994 viene istituita a Copenhagen l'AAE (Agenzia Ambientale Europea). Ciò che è emerso da quel momento in poi è stata la necessità di contemperare sviluppo economico e tutela dell'ambiente coinvolgendo nella considerazione del problema e sugli aspetti risolutivi le parti in gioco: dai Governi, alle organizzazioni internazionali ai singoli cittadini.

Nel dato normativo prende pertanto piega un nuovo concetto, ovvero quello dello sviluppo sostenibile che mette in evidenza la necessità di garantire uno sviluppo economico che possa progredire nel rispetto delle generazioni future che abiteranno il pianeta Terra. Per fare ciò sarà indispensabile diffondere un uso sapiente delle fonti a nostra disposizione, prediligendo le fonti rinnovabili a quelle non rinnovabili. Tale processo può essere attuato partendo da una gestione delle relazioni economiche tra gli Stati che faccia della *collaborazione internazionale* il pilastro su cui edificare tale cambiamento. Questa nuova consapevolezza ha naturalmente influenzato la produzione normativa che ha cercato con il passare degli anni di dare compiute risposte alle esigenze via via presentatesi. In parallelo alle innovazioni introdotte per lo sfruttamento delle energie rinnovabili, il tessuto normativo si è a sua volta innovato dando il suo fondamentale contributo.

2.1.1 Le fonti rinnovabili nel contesto normativo

Volendo rappresentare una piccola digressione con riferimento al settore del fotovoltaico, si noterà come uno dei passaggi più importanti del dato normativo sia stata la collocazione dei pannelli solari nell'elenco dei rifiuti RAEE (Rifiuti da apparecchiature Elettriche ed Elettroniche) attraverso la Direttiva 2012/19/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 4 luglio 2012.

La Direttiva in esame prende in considerazione la destinazione del prodotto una volta concluso il suo ciclo di vita e dimostra la volontà di considerare la diffusione di tali impianti nella loro globalità tenendo dunque in conto le problematiche dal punto di vista quantitativo e qualitativo per il successivo smaltimento degli stessi e del materiale in essi contenuto, sollevando una riflessione finalizzata al miglioramento nella produzione di componenti recuperabili rispetto a quelli nocivi.

Per quanto concerne il “Pacchetto Clima-Energia 20 20 20” cui si era precedentemente fatto riferimento si tratta di un insieme di misure poste in atto dall'Unione Europea volte a unificare a livello comunitario le politiche per la lotta al cambiamento climatico e le politiche energetiche. Il “pacchetto” contenuto nella Direttiva 2009/29/CE è entrato in vigore nel giugno 2009 e sarà valido fino al 2020. La programmazione normativa internazionale fa leva su uno dei principi cardini del diritto internazionale ambientale espresso nel noto detto *“Chi inquina, paga”*.

Certamente è un programma ambizioso, ma al tempo stesso necessario per ridurre il problema dell'inquinamento all'origine e prevenire danni futuri. Sommariamente possiamo riassumere tale strategia riportando come principale obiettivo la riduzione delle emissioni di gas serra del 20% , alzare al 20% la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e portare al 20% il risparmio energetico.

Essendo stata formulata nella forma di Direttiva tale strategia vanta la caratteristica di essere giuridicamente vincolante per i singoli Stati Membri, rendendo efficace la mobilitazione a livello comunitario e il contrasto della lotta al cambiamento climatico, promuovendo e integrando come strumento necessario un utilizzo maggiore delle fonti energetiche rinnovabili che porti al superamento definitivo delle fonti fossili.

L'esigenza che sta alla base dell'adozione di tale strategia risiede nel fatto che successi-

vamente al “Protocollo di Kyoto” (trattato internazionale in materia ambientale che pone in evidenza il problema del surriscaldamento globale) non si è raggiunto un accordo internazionale. Di conseguenza, l’Unione Europea ha voluto comunque confermare e al tempo stesso rilanciare il proprio impegno nella lotta al cambiamento climatico (parlando di soglie, le emissioni di gas serra dovranno essere ridotte al 30% entro il 2030 e al 50% entro il 2050, tenuto conto che la baseline è il 1990).

Tale insieme di provvedimenti, pur non essendo accompagnati da un impegno globale, comporta un evidente aumento dell’efficienza energetica fornendo in tal modo una presa di coscienza del problema e una risposta al mondo scientifico che chiede con urgenza tale cambiamento.

Per arrivare alla redazione della Direttiva 2009/29/CE sono stati preliminarmente emanati una serie di atti con obiettivi specifici:

- 2001/77/CE: sviluppo delle fonti rinnovabili elettriche con obiettivi senza sanzione;
- 2004/8/CE: promozione della cogenerazione;
- 2005/32/CE: progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano energia;
- 2006/32/CE: efficienza degli usi finali dell’energia e servizi energetici;
- 2008/98/CE: rifiuti;
- 2009/29/CE (che riprende e modifica la 2003/87/CE): miglioramento ed estensione del sistema comunitario sullo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra.

È possibile visionare l’articolo su <https://www.reteclima.it/piano-20-20-20-il-pacchetto-clima-energia-20-20-20/> per un ulteriore approfondimento.

Ai fini di questa analisi risulta particolarmente importante osservare quanto disposto in merito agli obiettivi ed ai mezzi finalizzati al raggiungimento della quota del 20% di energia prodotta da fonti rinnovabili misurata sui consumi finali.

È opportuno considerare che rispetto alla tematica in esame, nonostante sia oggettivamente tangibile la necessità per gli ordinamenti internazionali di attuare nuove politiche che possano preservare e garantire la sopravvivenza per le generazioni future su questa Terra, in

verità il contesto normativo globale in cui bisogna contestualizzare il problema risulta pieno di evidenti contraddizioni.

La mancanza di un'intesa tra i Paesi riflette la non incisività degli accordi preliminarmente assunti e dimostra che il dato legale non risulta, ad oggi, pienamente efficace per scoraggiare comportamenti lesivi per tutti gli abitanti del pianeta Terra. Il limite maggiore nella costruzione normativa è rappresentato dal fatto che l'assunzione di tali politiche, al di fuori dei confini dell'UE è assolutamente volontaria da parte degli Stati e pertanto si sono creati successivamente al Protocollo di Kyoto diverse tensioni.

Appare ad esempio, inverosimile la posizione assunta da alcuni Paesi, come ad esempio gli Stati Uniti d'America (non aderente al Protocollo di Kyoto) pur essendo responsabile del 36,2% delle emissioni di biossido di carbonio. È chiaro che la ragione di fondo che dà esito a questa "presa di posizione" possa essere ravvisata nella volontà di non arrestare la crescita economica del Paese, anche se si potrebbe ben osservare che come l'Europa, questo Paese rappresenta ad oggi una potenza mondiale e che pertanto sarebbe auspicabile una politica che sostenesse la sinergia internazionale nella lotta al surriscaldamento globale.

Sostanzialmente questo clima di titubanza da parte di diversi Paesi nel prendere parte agli impegni sanciti dall'UE risiederebbe nel fatto che mentre ai Paesi in via di sviluppo (del Terzo Mondo) sono garantite numerose eccezioni ai fini di garantire loro una costante e graduale crescita economica, gli obblighi assunti dai Paesi già economicamente sviluppati e responsabili peraltro di condotte che hanno di fatto portato all'originarsi di tale problematica, sarebbero considerati dai più "impraticabili" in quanto fortemente limitativi per la crescita economica.

Certamente il pensiero espresso nell'ormai lontano 2012 dal Presidente americano Donald Trump ha in qualche modo drammaticamente sintetizzato la linea di pensiero che tale Paese ha voluto esprimere sulla tematica in esame: "Il concetto del riscaldamento globale è stato creato dai e per i cinesi, per rendere non competitiva l'industria americana".

Pertanto non possiamo dirci sorpresi dal fatto che l'America di Trump non ha voluto aderire al più recente accordo di Parigi COP 21 del Dicembre 2015, primo accordo definito storicamente "universale" e giuridicamente vincolante sul riscaldamento globale per i 195 Paesi che lo hanno sottoscritto.



Figura 2.1: La posizione del Presidente americano D. J. Trump sui cambiamenti climatici, in un tweet del 2012

La portata giuridica di tale Trattato è immensa, in quanto per la prima volta a differenza dei precedenti accordi internazionali anche i Paesi emergenti (che normalmente operano un intensivo sfruttamento delle risorse non rinnovabili per accelerare il processo di crescita economica) accettano le limitazioni in esso contenute.

Per esplicitare quanto contenuto all'interno di tale Trattato e per riportare una sommaria ricostruzione delle linee di pensiero espresse a tal proposito da altri attori (ONG, WWF, ActionAd, GreenPeace) che pur partecipano attivamente al dibattito politico e che contribuiscono alla formazione del contesto normativo in cui tale tematica viene inquadrata, si riporterà di seguito quanto espresso in un interessante articolo de "Il Post" che riassume gli obiettivi sanciti all'interno dell'accordo:

- mantenere l'aumento di temperatura inferiore ai 2 gradi, e compiere sforzi per mantenerlo entro 1,5 gradi;
- smettere di incrementare le emissioni di gas serra il prima possibile e raggiungere nella seconda parte del secolo il momento in cui la produzione di nuovi gas serra sarà sufficientemente bassa da essere assorbita naturalmente;

- controllare i progressi compiuti ogni cinque anni, tramite nuove Conferenze;
- versare 100 miliardi di dollari ogni anno ai paesi più poveri per aiutarli a sviluppare fonti di energia meno inquinanti.

"Alcune di queste disposizioni sono legalmente vincolanti, mentre alle altre i vari paesi aderiscono solo in maniera volontaria. Ad esempio, tutti i paesi saranno obbligati dal Trattato a fornire l'obiettivo di riduzione delle emissioni a cui mirano e a partecipare al processo di revisione quinquennale.

La maggiore critica che viene avanzata al documento è però il fatto che non sono previste sanzioni in caso in cui gli obiettivi non vengano raggiunti, e che sostanzialmente diversi paesi avranno margine per ignorare le raccomandazioni contenute nel documento.

La BBC ha raccolto le reazioni di alcune ONG in seguito all'accordo: Greenpeace ha detto che il documento è stato "depotenziato" rispetto alle loro aspettative, ma ha aggiunto che comunque mette le società petrolifere e i produttori di carbone "dal lato sbagliato della storia". Secondo il WWF si tratta di un "forte segnale", mentre, secondo ActionAid il testo non è abbastanza ambizioso. Oxfam sostiene invece che i Paesi ricchi non hanno promesso abbastanza finanziamenti ai Paesi in via di sviluppo per bilanciare le perdite che subiranno per l'utilizzo di macchinari meno inquinanti ma più costosi"[18].

Per una più completa esplicazione del contenuto in esame si rimanda al sito https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_it.

2.1.2 Il fotovoltaico nel dibattito internazionale

Per completare il quadro della posizione intrapresa dagli Stati Uniti d'America proprio in riferimento alla tecnologia del fotovoltaico, il Presidente americano ha deciso d'imporre un dazio del 30% sul l'importazione dei pannelli fotovoltaici provenienti dall'estero allo scopo di agevolare i produttori americani e di ostacolare la produzione estera. L'effetto ottenuto è stata una "rivolta mediatica" posta in atto proprio dalle imprese americane che, proprio grazie all'importazione di componenti a basso costo provenienti dalla Cina, stavano incrementando notevolmente l'installazione d'impianti fotovoltaici sul territorio, creando attraverso questa nuova tecnologia non solo il presupposto per l'attuazione di un piano globale (che pone al centro la difesa dell'ambiente) ma anche un benessere economico generalizzato e diffuso con

conseguente creazione di nuovi posti di lavoro.

La critica mossa al modello normativo promosso da Trump risiede nella convinzione che la linea negazionista avanzata dal Presidente degli Stati Uniti d'America risulti sconveniente non solo per il lungimirante obiettivo di tutelare la Terra, ma anche per la proliferazione di questi nuovi settori industriali, in quanto l'introduzione del dazio potrà certamente favorire in parte i piccoli produttori americani di moduli fotovoltaici, ma operando un'analisi complessiva della normativa in esame appare lampante il verificarsi di un inevitabile aumento dei prezzi che in ultimo comporterà una effettiva diminuzione di richieste d'impianti. La ripercussione ultima si evidenzia pertanto in un danno reale e contingente nei settori che investono attività di manodopera locale quali l'installazione, la manutenzione e la gestione degli impianti.

Il contesto normativo internazionale vede altresì una sostanziale "inversione di rotta" nell'impegno profuso per la lotta al cambiamento climatico da parte di altri Paesi. È importante sottolineare infatti come alcune potenze emergenti, come ad esempio l'India e la Cina, hanno scelto di operare e dare il loro fondamentale contributo. Secondo l'opinione prevalente, la ratifica del Protocollo di Kyoto da parte di questi ultimi Stati è avvenuta (rispettivamente per l'India il 26 Agosto 2002 e per la Cina il 30 Agosto 2002) grazie alla possibilità fornita attraverso il trattato per i Paesi considerati in via di sviluppo di non assoggettarsi alle limitazioni imposte in merito alle emissioni di anidride carbonica, in quanto non considerati responsabili delle emissioni di gas serra prodotte durante il periodo di forte industrializzazione, al quale si imputano le conseguenze riscontrate ad oggi per il problema del riscaldamento globale.

Bisogna certamente considerare che tale programmazione politica presenta evidenti contraddizioni: se è vero che l'esclusione per tali Paesi da obblighi e limitazioni in grado di porre un evidente freno alla crescita economica hanno incoraggiato la partecipazione a livello globale per la creazione di tale accordo è altresì veritiero che senza l'imposizione di tali vincoli per taluni soggetti, l'obiettivo primario (operando una prima analisi) viene centrato a metà, se si pensa ad esempio che entrambi i Paesi presentano un'elevata densità demografica.

Quindi, se da un lato tale programmazione normativa non ha prodotto gli effetti deside-

rati (vedi la non partecipazione all'accordo di Parigi da parte degli Stati Uniti d'America) dall'altro ha fatto sì che altre Nazioni operassero una presa di coscienza efficace al punto da voler affiancare l'UE in questa importante battaglia.

La Cina infatti non solo ha firmato l'Accordo di Parigi sottoponendosi ai vincoli in esso previsti, ma ha anche dimostrato una sorprendente capacità di proporre soluzioni innovative attraverso il perseguimento di politiche governative e nuovi modelli di business che, con capacità di adattamento in risposta all'odierna emergenza climatica, hanno fatto sì che essa possa essere considerata leader indiscussa nel settore energetico ed in particolare nella produzione di moduli fotovoltaici. La scelta operata è quella di investire nelle innovazioni per limitare sensibilmente l'uso dei combustibili fossili.

Si legge infatti in un articolo dell'1 marzo 2018 riportato dal giornale online Rinnovabili.it che *"la Cina controllerà rigorosamente l'espansione del fotovoltaico e incoraggerà una maggiore innovazione su tutta la filiera"*, esprimendo l'opinione del Ministero dell'Industria e dell'Information Technology (MIIT). In particolare, la posizione della Cina viene descritta come produttore fotovoltaico per eccellenza, indiscusso al livello mondiale, data la nuova capacità di cui si è dotata nel solo anno 2017 (52,83 GW). Per questo motivo è considerata irraggiungibile in termini di velocità di crescita.

Tuttavia, si legge anche che *"buona parte delle celle e dei pannelli solari che fabbrica sono destinati ai mercati esteri, dove riescono a vincere la concorrenza grazie a prezzi notevolmente inferiori. Al low cost cinese, molte potenze hanno risposto con una politica commerciale protettiva. Ultimi, in ordini di tempo, gli USA con le nuove tariffe solari applicate a tutto l'import fotovoltaico. Ciò rende ancora più fondamentale per Pechino intervenire nel mercato solare globale, incentivando l'innovazione"*.

Inoltre, con l'intenzione di fare sul serio, il Paese ha stabilito *"Le nuove linee guida stabiliscono la quota di investimento minimo dedicato al settore ricerca e sviluppo per l'industria fv (si parla di circa 1,58 milioni a società, ogni anno) e standard tecnici, come l'efficienza minima delle celle solari. E mentre con una mano Pechino sprona i propri produttori fotovoltaici, con l'altra frena il carbone. [...] il Consiglio di Stato ha eliminato 65 GW di nuova capacità energetica dal carbone perché in eccesso rispetto l'obiettivo nazionale. La stretta sulla fonte numero uno nel Paese arriva dopo i dati sui crescenti consumi del 2017,*

primo significativo rialzo dal 2013, sebbene il combustibile stia perdendo diversi punti nel mix energetico. [...] Il Governo è intenzionato a mantenere la capacità del carbone sotto i 1.100 GW e ha promesso, per ora solo a parole, severi vincoli all'inquinamento delle centrali termoelettriche per i prossimi tre anni[19].

Ed ancora più interessante risulta essere la linea d'intervento adottata dall'India, essa ha contribuito a dare nuova linfa vitale al contesto normativo internazionale dimostrando di volere essere protagonista attiva tra i Paesi in gioco e sostenitrice della promozione al cambiamento indetta dall'UE.

Il Primo Ministro Indiano Narendra Modri ha confermato la partecipazione del proprio Paese all'Accordo di Parigi definendolo come *“un'eredità culturale condivisa del mondo che permetterà alle future generazioni di coglierne i frutti”*. La volontà dell'India di perseguire tali obiettivi viene acclarata dalle politiche d'intervento attuate per la promozione di un uso intelligente e conveniente delle fonti rinnovabili. Il Paese, considerato tuttora in via di sviluppo, ha voluto destinare un massiccio investimento nel settore del fotovoltaico attraverso una lungimirante predisposizione di incentivi governativi volti al sostegno da parte delle istituzioni ai vari stakeholders (specie nel settore privato), i quali hanno permesso a di attuare una vera e propria rivoluzione energetica.

Gli ultimi dati dedicati all'analisi della produzione di energia dimostrano infatti che in India è più conveniente (e dunque costa meno) produrre e vendere energia elettrica derivante dal solare attraverso l'installazione degli impianti fotovoltaici rispetto alla produzione della stessa derivante da una centrale a carbone (secondo gli ultimi dati si parla di una differenza di circa tre centesimi di euro per kWh).

Un altro esempio molto interessante dell'impegno di questo Paese verso un cambiamento radicale sul fronte energetico può essere rappresentato dalla scelta di promuovere il diffondersi di strutture pubbliche come l'aeroporto di Kochi (totalmente rifornito da energia fotovoltaica) o dalla metro di New Delhi, i quali mostrano come si possa operare un cambio di direzione dall'uso delle tradizionali fonti fossili in favore delle fonti rinnovabili.

L'India ha dimostrato quanto la sinergia tra il dato normativo e il settore tecnologico possano divenire fattori determinanti per il raggiungimento di una crescita economica, cul-

turale e sociale che possa al tempo stesso verificarsi nel pieno rispetto dell'ambiente.

Esiste anche un altro importante progetto promosso dall'India che merita certamente una menzione: *"A livello internazionale l'India rimane un punto di riferimento per le innovazioni del fotovoltaico, forte anche dell'implementazione di una piattaforma transazionale varata proprio a margine della conferenza di Parigi. L'International Solar Alliance (Isa), battezzata dal primo ministro indiano Modi e dal presidente Hollande nel 2015, ha già riunito più di 120 paesi intenzionati a sviluppare una rete di energia solare globale sfruttando il potenziale dei paesi posizionati tra i due tropici: un'iniziativa che, fino al 2030, riceverà 1000 miliardi di dollari di incentivi dalla Banca Mondiale e che, secondo l'India, entro la fine dell'anno terrà la prima riunione ufficiale nel quartier generale attualmente in costruzione a Gurgaon, nei pressi della capitale indiana"*[20].

Singolare (e da osservazione speciale in questo caso) è stata invece nel tempo la posizione assunta dall'Arabia Saudita rispetto alla problematica in oggetto e al contesto normativo internazionale sviluppatosi.

Sostanzialmente, questo Paese ha ratificato il Protocollo di Kyoto il 31 Gennaio 2005 e ha partecipato alle trattative dell'Accordo di Parigi creando al contempo numerosi ostacoli per mantenere la propria posizione di principale produttore di energia mondiale. Sulla scia della linea intrapresa dagli Stati Uniti d'America anche l'Arabia Saudita ha operato un discutibile "dietro front" destabilizzando la comunità scientifica, le organizzazioni ambientaliste e i leader politici delle altre Nazioni che avevano sperato di poter intraprendere sinergicamente un cammino di consapevolezza e collaborazione globale per il perseguimento del benessere comune.

Inizialmente infatti la speranza condivisa tra le Nazioni di giungere ad un accordo mondiale si era accesa grazie alla volontà unanime di procedere all'individuazione (ad opera della comunità scientifica) di uno strumento in grado di garantire la fine della cosiddetta "catastrofe climatica".

Il Rapporto Speciale sul riscaldamento globale dell'IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change) ha fissato un importante limite: la temperatura terrestre non può superare 1,5 °C.

Il titolo completo del Rapporto è: “Riscaldamento globale di 1,5°C, un rapporto speciale dell’IPCC sugli impatti del riscaldamento globale di 1,5°C rispetto ai livelli del periodo pre-industriale e i relativi percorsi di emissioni di gas serra, in un contesto mirato a rafforzare la risposta globale alla minaccia dei cambiamenti climatici, allo sviluppo sostenibile, e agli sforzi per sconfiggere la povertà”[21].

Ciò rappresenta una svolta senza precedenti, in quanto mette nelle mani dei decisori politici le informazioni necessarie per stabilire le strategie necessarie a risollevare le sorti del nostro Pianeta. Ancora una volta il contesto normativo internazionale diviene lo strumento atto a predisporre il verificarsi di un cambiamento richiesto a gran voce dalla comunità scientifica. Tuttavia, a proposito di questo importante avvenimento bisogna osservare che talune Nazioni si sono poste in posizione di antitesi rispetto all’andamento generale, innescando un improvviso rallentamento nel processo di potenziamento e diffusione dell’utilizzo di fonti di energie rinnovabili.

Arabia Saudita, Stati Uniti d’America, Russia e Kuwait si sono sostanzialmente opposti all’accordo.

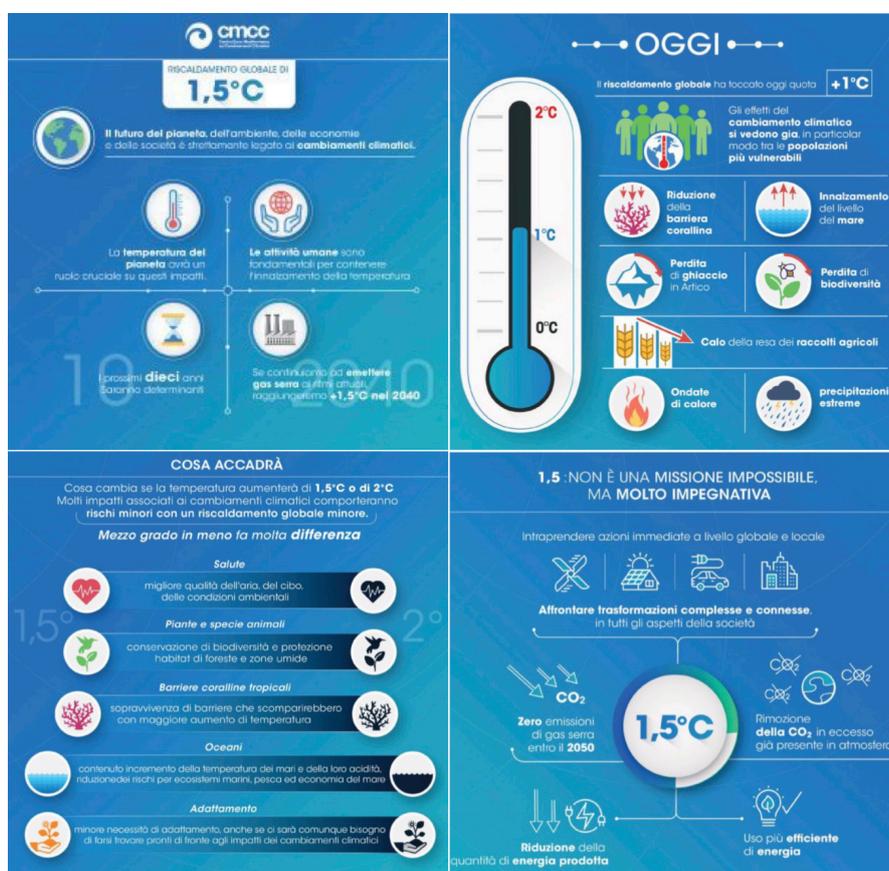


Figura 2.2: Immagini riassuntive del Rapporto Speciale dell’IPCC, Fonte: *meteoweb.eu*

2.2 Il fotovoltaico in Italia e le azioni intraprese

Nel programma europeo, l'intento è quello di sviluppare una società economica a basse emissioni di carbonio per preservare ed incrementare il capitale naturale globale, ottenendo dunque una reale tutela per i cittadini da quelli che potrebbero divenire potenziali rischi ambientali per la salute.

Dall'analisi precedente risulta tuttavia necessario compiere ancora uno sforzo per sfruttare al meglio le normative promosse nell'ambito del diritto internazionale ambientale e per raggiungere una più compiuta attuazione dei principi in essere espressi, garantendo in ultima istanza investimenti a sostegno di queste linee politiche. È sicuramente apprezzabile che ci sia stata la volontà di accrescere le basi cognitive e scientifiche della politica ambientale da parte dei Governi dei vari Paesi, ma bisogna che questo assoggettarsi volontario da parte delle Nazioni esterne all'UE rimanga coerente e non altalenante come purtroppo ad oggi riscontrato.

La strategia energetica e ambientale che l'Unione Europea si è prefissata di perseguire richiede un uso continuativo e coerente degli strumenti di mercato.

Generalmente tali strumenti vengono suddivisi all'interno di macro categorie che possono essere così elencati:

- strumenti di regolazione diretta di tipo normativo;
- strumenti economici (tasse ambientali ed incentivi fiscali);
- strumenti volontari attraverso i quali poter applicare sia regole legislative che strumenti economici.

Naturalmente, accanto a questi canali di attuazione delle politiche ambientali, bisogna tenere conto del fatto che per raggiungere tali obiettivi è necessario ottenere un coinvolgimento attivo di tutti i soggetti che possono entrare in relazione con l'ambiente, specie le imprese il cui contributo risulta fondamentale per la promozione e diffusione di iniziative rivolte alla riduzione dell'impatto ambientale.

In quest'ottica, gli strumenti volontari e gli accordi internazionali potrebbero favorire l'integrazione di strategie per la difesa dell'ambiente da instaurarsi all'interno dei sistemi di gestione delle imprese. Pertanto, assumono valore preminente gli accordi volontari tra

soggetti pubblici e privati.

Si tratta quindi di uno scambio volontario d'impegni: da una parte il soggetto economico (privato) si adopera per realizzare quanto stabilito e dall'altra parte il soggetto pubblico è chiamato a porre in essere le condizioni necessarie per agevolare le azioni dell'impresa in questione. Tali accordi presentano come caratteristica essenziale un'alta flessibilità rispetto alla possibilità di scelta delle eventuali risorse e delle priorità da rispettare.

Per restringere il campo d'azione al contesto italiano, un importante accordo raggiunto nel nostro Paese è stato quello realizzato tra il Comitato IFI (Industrie Fotovoltaiche Italiane) ed il Consorzio Cobat (Consorzio Nazionale Raccolta e Riciclo) nel 2011, in cui è stata prevista la volontà di fondare una filiale italiana per i processi di raccolta, riciclo e smaltimento dei pannelli fotovoltaici. Si è trattato di un impegno non indifferente in quanto il Comitato IFI rappresenta l'80% della capacità produttiva di celle e moduli fotovoltaici all'interno del nostro Paese.

Altro importante passaggio è stato il programma stabilito tra ANCI (Associazione Nazionale Comuni Italiani) ed il Centro di Coordinamento RAEE Rifiuti. Tale programma ha comportato l'introduzione di sistemi di semplificazione per quanto concerne le procedure operative per la ricezione di tali tipologie di rifiuti e di regole che consentono l'accesso a premi di efficienza, corrispettivi in denaro concessi dai Sistemi Collettivi RAEE per appoggiare e promuovere le scelte organizzative adottate da parte dei Centri di Raccolta Comunali.

I Sistemi Collettivi RAEE sono dei consorzi con il preciso compito di gestire trasporto, trattamento ed recupero dei RAEE Domestici, rispettando le disposizioni del Decreto Legislativo 49/14 (Decreto che ha introdotto anche per la gestione dei RAEE il principio di Responsabilità del Produttore) e le regole stabilite dal Centro di Coordinamento RAEE[22].

È stato inoltre disposto da parte dei Sistemi Collettivi un fondo destinato al potenziamento di tali Centri di Raccolta attraverso un contributo di 5€ ogni tonnellata premiata, ciò a testimonianza del fatto che lo strumento dell'accordo volontario può essere considerato un valido mezzo per una collaborazione fattiva e tollerante tra Enti Locali e Sistemi per il raggiungimento di una raccolta efficace ed efficiente[23].

In Italia, una figura centrale per lo sviluppo e la promozione dell'uso delle fonti rinnovabili è la società GSE (Gestore dei Servizi Energetici) posta sotto il controllo del Ministero

dell'Economia e delle Finanze, il suo compito è quello di diffondere, informare ed incentivare un uso di energia compatibile alle esigenze ambientali. Lo scopo è quello di gestire gli incentivi economici destinati al fotovoltaico (introdotti con il Programma "Conto Energia", che affronteremo in seguito).

Inoltre, il GSE assolve pertanto l'importante compito di verifica e controllo degli obblighi imposti ai produttori e agli imprenditori, qualifica gli impianti, si occupa del delicato processo di ritiro e collocazione sul mercato dell'energia prodotta attraverso l'uso di fonti rinnovabili. A tale società va riconosciuto il merito di aver contribuito, sul territorio italiano, immediatamente a rafforzare le politiche ambientali espresse in ambito internazionale, influenzando positivamente le politiche energetiche intraprese e poi sostenute a livello comunitario.

All'interno del sistema italiano vi sono poi alcuni consorzi che hanno dato luce ad una vera e propria filiera integrata per la raccolta ed il recupero dei pannelli solari. Con il recepimento del IV Conto Energia era stato stabilito che per i nuovi impianti installati venisse dimostrato al GSE, da parte del soggetto responsabile, la certificazione rilasciata dal produttore che attesta l'adesione dello stesso ad un sistema di consorzio europeo, il quale assicuri un corretto smaltimento una volta cessato il ciclo di vita dei pannelli fotovoltaici.

Qui sotto l'elenco dei consorzi autorizzati allo smaltimento dei moduli fotovoltaici a fine vita, aggiornato al 20 giugno 2013[24]:

1. COBAT – Consorzio Nazionale Raccolta e Riciclo (Roma);
2. Consorzio ECOEM (Milano);
3. Consorzio Ecolight (Milano);
4. Consorzio Ecoped (Milano);
5. Consorzio Eco-PV (Milano);
6. Consorzio Re.Media (Milano);
7. E-Cycle scarl (Napoli);
8. ERP Italia (Cernusco sul Naviglio - MI);

9. La mia Energia soc. cons. a.r.l. (Venafro - IS);
10. PV Cycle Italia S.r.l. (Roma);
11. RAECycle S.c.p.A (Brescia).

Procederemo adesso concentrandoci sull'evoluzione del sistema di gestione dei RAEE in Italia.

2.2.1 La Direttiva 2012/19/UE e il sistema dei RAEE in Italia

Come già sottolineato precedentemente, un altro importante provvedimento legislativo in tema di fotovoltaico è stato introdotto con la Direttiva 2012/19/UE, recepita poi nell'impianto normativo nazionale con il D.Lgs. del 14 marzo 2014 n. 49, grazie alla quale i pannelli fotovoltaici sono rientrati per la prima volta nell'elenco dei rifiuti RAEE che prevede 5 raggruppamenti di rifiuti (definiti in precedenza mediante il D.M. 185 del 25 settembre 2007):

- R1 – Apparecchiature refrigeranti;
- R2 – Grandi bianchi non legati al freddo, quali lavatrici e lavastoviglie;
- R3 – Monitor e TV a tubo catodico;
- R4 – Piccoli elettrodomestici, apparecchi di illuminazione, dispositivi medici;
- R5 – Sorgenti luminose.

In particolare i pannelli fotovoltaici rientrano nel raggruppamento 4.

Tale direttiva pone come obiettivo di raccolta a cui devono tendere i Paesi europei il 65% del peso medio delle AEE immesse sul mercato nei tre anni precedenti[25].

In Italia, secondo un rapporto presentato nel 2016 da IRENA (International Renewable Energy Agency), dove sono attivi appositi consorzi per il trattamento dei rifiuti elettronici ed elettrici, la quantità di pannelli avviati al riciclo nel periodo incluso tra il 2010 e il 2015 raggiunge circa le 2000 tonnellate[26].

Ritornando alla Direttiva, il punto saliente riguarda proprio il trattamento dei pannelli fotovoltaici, in quanto in conformità alla normativa vigente i produttori devono realizzare i

sistemi di trattamento RAEE facendo ricorso alle migliori tecniche messe a disposizione e il processo deve comprendere la rimozione di tutti i fluidi e un trattamento selettivo a norma.

Come già precedentemente detto, a fine ciclo di vita, i pannelli dovranno essere smaltiti sottostando agli obblighi previsti per i rifiuti elettrici ed elettronici, compresa la REP (Responsabilità Estesa al Produttore). I finanziamenti delle operazioni legati alla gestione dei rifiuti sono a carico delle stesse industrie.

Sono considerati “produttori” tutte la società o le persone fisiche che fabbricano e/o vendono pannelli utilizzando un proprio marchio, oppure che li importano dall'estero per poi immetterli nel mercato. Pertanto i soggetti considerati nella qualità di produttori vengono ritenuti responsabili del trasporto e dello smaltimento dei moduli in tutti gli Stati in cui operano.

Quando viene installato un impianto fotovoltaico, non è il compratore a doversi preoccupare delle spese relative allo smaltimento dei pannelli, perché in verità questo costo è considerato compreso nel prezzo di fornitura e di conseguenza pagato all'atto di acquisto dei moduli fotovoltaici.

Tra le responsabilità disposte per i produttori e i distributori troviamo inoltre l'obbligo di comunicare ai registri RAEE i moduli venduti, oltre che come già detto di finanziare e organizzare lo smaltimento di tali rifiuti e d'informare i clienti sulle modalità di trattamento delle componenti presenti nei loro prodotti. Al fine d'informare i consumatori della necessità di trattare i moduli separatamente da altri rifiuti il produttore ha infine l'obbligo di apporre sui pannelli fotovoltaici un simbolo che è quello del bidone dei rifiuti barrato.

Mediante l'acquisto dei componenti fotovoltaici viene pagata l'adesione del produttore ad uno dei Consorzi autorizzati al loro successivo smaltimento, infatti l'obbligo di adesione ad un Sistema o Consorzio per il recupero dei moduli comporta un'interazione diretta tra il processo di produzione e quello di smaltimento che responsabilizza sia i produttori che gli importatori. Per gli impianti fotovoltaici entrati in esercizio successivamente al 30 Giugno 2012 il produttore è obbligato a fornire al GSE un'ulteriore documentazione che prevede:

- certificato rilasciato dal produttore, attestante l'adesione dello stesso a un sistema o consorzio europeo;
- certificato che attesti il possesso da parte dell'azienda delle certificazioni inerenti il

Sistema di gestione della qualità, della sicurezza sul lavoro e di gestione ambientale;

- certificato di ispezione della fabbrica, a verifica della qualità del processo produttivo e dei materiali impiegati.

Il GSE ha rilasciato un apposito Disciplinare Tecnico per la definizione e la verifica dei requisiti tecnici che qualificano i Sistemi collettivi. Tra le altre novità del decreto emerge anche l'obbligo in capo a chi vende prodotti tecnologici on-line di garantire il ritiro dei RAEE ai propri clienti che acquistano un nuovo prodotto, offrendo loro la possibilità di consegnare l'apparecchiatura a fine vita in punti di raccolta messi a disposizione gratuitamente.

Inoltre, si segnala un'importante svolta per il consumatore grazie all'introduzione dell'1 contro 0, il quale consente di consegnare gratuitamente i RAEE di piccole dimensioni (inferiori a 25 cm) presso i punti vendita senza alcun obbligo di acquisto.

In conclusione la direttiva sottolinea nuovamente la necessità che la progettazione del prodotto sia orientata al suo fine vita, in modo da massimizzarne il valore.

Le finalità salienti del nuovo decreto appaiono quindi molteplici:

- prevenire la produzione di apparecchiature elettriche ed elettroniche;
- ridurre il volume dei rifiuti da smaltire, promuovendo il riciclaggio e il riutilizzo;
- assicurare che la gestione dei rifiuti avvenga in modo ecologicamente corretto e sensibilizzare al riguardo i soggetti coinvolti;
- incoraggiare lo sviluppo di apparecchiature che facilitino la dismissione e il recupero dei RAEE.

Tuttavia, c'è un altro aspetto da dover considerare sulla gestione dei RAEE. Il sistema italiano, secondo quanto emerso dai dati elaborati da ECODOM (Consorzio di gestione dei rifiuti elettronici operante in Italia), con una media di circa 5 kg di rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche per abitante si classifica tra le ultime posizioni registrate nel contesto europeo, dove a fare da capofila nella raccolta di tali rifiuti troviamo invece Svizzera, Norvegia, Francia, Regno Unito, Irlanda, Austria e Belgio. Citando un articolo dell'Ansa: *“In dieci anni Ecodom ha gestito 765 mila tonnellate di elettrodomestici dismessi, riciclando 668 mila tonnellate di materie prime seconde, da cui sono state ricavate 460 mila tonnellate*

di ferro (pari a oltre mille treni Frecciarossa), 82 mila tonnellate di plastica (pari a 33 milioni di sedie da giardino), 16 mila tonnellate di alluminio (pari a un miliardo di lattine), 15 mila tonnellate di rame (come il rivestimento di 170 statue della libertà). Il corretto trattamento di questa tipologia di rifiuti ha permesso di risparmiare 880 milioni di kWh di energia elettrica (pari ai consumi elettrici domestici di un anno dell'intera città di Torino) e di evitare l'emissione in atmosfera di 7 milioni di tonnellate di anidride carbonica (come la quantità di CO₂ che verrebbe assorbita in un anno da un bosco esteso quanto la Liguria)"[27].

Secondo Maurizio Bernardi, Presidente di ECODOM, il raggiungimento della posizione di prestigio raggiunta da questo Consorzio che assicura alle industrie italiane l'ottenimento di materie prime ricavate in modo sostenibile si deve alla sinergia e collaborazione crescente di tutte le parti chiamate in gioco. Dalle Istituzioni, alle imprese, i consumatori, la filiera italiana e le associazioni a sostegno della tutela dell'ambiente che hanno saputo tessere relazioni costruttive in un'ottica di miglioramento costante e proficuo.

Tuttavia, c'è ancora molto da fare per migliorare ad esempio il "tasso di ritorno RAEE" ovvero il rapporto tra la quantità di rifiuti raccolti e la quantità di apparecchiature vendute che in Italia si è aggirato ad appena il 40,89% nel 2017[28] che rispetto alla media avuta in Europa del 65% risulta essere secondo gli esperti del settore ancora troppo distante.

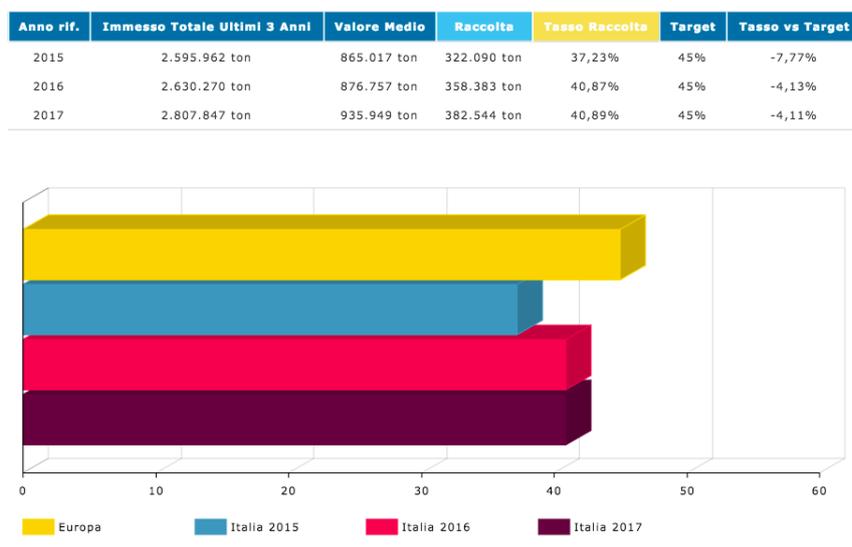


Figura 2.3: Tassi di Ritorno RAEE rilevati negli anni, a confronto con i target EU. Fonte: CdC RAEE

Il direttore generale di ECODOM Giorgio Arienti ha dichiarato a tal proposito: "importante che lo Stato italiano inizi a cercare attivamente i flussi di Raae nascosti, gestiti al di

fuori del controllo dei Sistemi Collettivi. Sono necessarie attività investigative sui flussi illegali di Raee, cui faccia seguito l'applicazione di sanzioni amministrative e penali commisurate all'entità sia dei profitti illeciti sia dei danni ambientali e sociali provocati"[29].

Dalle indagini emerse risulta che all'interno dei confini dell'UE vengano prodotte complessivamente 8,7 milioni di tonnellate di rifiuti RAEE, di questi solo un quarto del totale vengono smaltiti correttamente, mentre del restante 75% se ne perdono le tracce.

Vecchie ispezioni condotte in 18 porti europei nel lontano 2005 hanno addirittura dimostrato che un allarmante 47% dei rifiuti veniva trasportato illegalmente verso India, Cina o Africa[30]. Un traffico ingente se relazionato al fatto che nel 2006 in media ogni cittadino europeo ha prodotto tra i 17 e i 20 kg di scorie tecnologiche.

Nel frattempo, l'ambito normativo è in costante mutamento e perfezionamento per migliorare le modalità di trattamento dei rifiuti RAEE: con il Decreto 10 Giugno 2016 n. 140 vi è stata in Italia la chiara volontà di favorire la progettazione di apparecchiature elettriche ed elettroniche eco-compatibili per migliorare le modalità di trattamento e recupero a fine ciclo vitale delle stesse.

Il regolamento affida ai produttori di AEE (Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche) il compito accrescere le strategie di produzione attraverso l'uso di materiali riciclabili e biodegradabili non solo del prodotto in sé, ma specie delle sue componenti al fine di escludere l'uso di sostanze nocive e pericolose di garantire un più facile processo di disassemblaggio dei prodotti. Si prevede la possibilità di ottenere una diminuzione dell'eco-contributo per i produttori in grado di dimostrare una riduzione del costo di fine vita degli apparecchi. La percentuale della riduzione del contributo viene valutata dal Comitato di vigilanza e controllo sulla gestione dei RAEE in collaborazione con l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) attraverso un'analisi del ciclo di vita, del fine vita, della riciclabilità, del disassemblaggio, delle certificazioni ISO (International Organization for Standardization) del prodotto.

Il dispositivo prevede inoltre una serie di norme volte ad agevolare la collaborazione tra i produttori e gli operatori attraverso la creazione di una banca dati aggiornata e messa a disposizione del Centro di Coordinamento RAEE e l'opportunità di stabilire tra le parti "accordi di programma".

Viene affrontato il tema della prevenzione, facendo dunque richiamo al più generale principio del diritto ambientale internazionale di precauzione e prevenzione, attraverso la richiesta rivolta ai produttori AEE di aumentare l'affidabilità del prodotto, rendendo più semplice i processi di manutenzione e di riparazione dello stesso e d'introdurre un'efficace linea di promozione di campagne informative e di corsi di formazione.

Infine, viene prevista l'apposizione dell'etichetta di "prodotto ricondizionato" che presenti una garanzia minima di 12 mesi per i prodotti che sono stati immessi nei successivi 90 giorni all'entrata in vigore di tale regolamento. "La grande diffusione delle apparecchiature elettriche ed elettroniche nella nostra società – ha spiegato il ministro Galletti – rende necessario investire sulla loro qualità ecologica, determinando quindi a monte le condizioni per il riutilizzo e il recupero in forme sempre nuove. Dopo il decreto sull'Uno contro Zero questo è un altro passo concreto sul fronte dei RAEE, che sono un terreno decisivo su cui si gioca la partita dell'economia circolare"[31].

2.2.2 La storia degli incentivi: il Conto Energia

Se la presa di coscienza rispetto alla responsabilità che abbiamo verso l'ambiente ha dato l'incipit iniziale per l'elaborazione di una strutturazione normativa che si faccia carico di tale problematica suggerendo e promuovendo l'introduzione di soluzioni favorevoli per l'ambiente, quella degli incentivi e dei finanziamenti ha permesso all'Europa e in particolare all'Italia di sfruttare la possibilità di produrre "energia pulita" attraverso l'ormai rinomato settore del fotovoltaico.

L'installazione di un impianto fotovoltaico richiede un investimento monetario iniziale abbastanza elevato e a causa di questa ragione è altamente improbabile che un soggetto privato o più in generale un'azienda riescano a sostenere l'intera spesa necessaria alla totale realizzazione dello stesso. Bisogna considerare che il costo iniziale affrontato verrà considerato "ammortizzato" con il decorso del tempo, non soltanto in termini economici per il soggetto che produce da sé energia, ma naturalmente considerando un utilizzo dell'impianto nel lungo periodo si ottiene un risparmio energetico ed ambientale che ripaga il costo inizialmente affrontato.

I prestiti ed i finanziamenti pubblici giocano un ruolo decisivo per l'attuarsi della program-

mazione normativa, perché di fatto consentono ai soggetti di accedere a somme monetarie propriamente destinate a tale settore. Questi comprendono offerte e agevolazioni per coloro i quali acquistano ed installano impianti fotovoltaici allo scopo di produrre energia elettrica.

Con il termine **Conto Energia** si fa riferimento ad una serie di Programmi incentivanti introdotti dall'Unione Europea a favore della produzione di elettricità da fonte solare mediante appunto sistemi fotovoltaici connessi alla rete (grid connected). Prima però di discutere dei programmi che si sono susseguiti nel tempo, analizziamo come si è evoluta la storia degli incentivi in Italia dall'inizio.

Il primo intervento a valle del Protocollo di Kyoto si individua nel Decreto di liberalizzazione del mercato elettrico italiano risalente al 1999. Veniva introdotto l'obbligo per i produttori e gli importatori di energia elettrica da fonti non rinnovabili di immettere in rete una percentuale pari al 2% all'anno di energia da fonti rinnovabili, al fine di rispettare gli accordi del Protocollo. Quest'obbligo poteva essere adempiuto con l'acquisto dei cosiddetti Certificati Verdi, cioè l'acquisizione da parte di terzi della quota suddetta, originandone così un mercato.

In pratica, se un impianto alimentato da fonti rinnovabili riesce ad immettere meno CO₂ di quanto avrebbe fatto con fonti fossili si può richiedere un certificato verde al GSE. Una volta ottenuto, il produttore può rivenderlo al prezzo di mercato alle imprese che non sono in grado di produrre il 2% obbligatorio da rinnovabili. Inoltre, questa quota viene incrementata dello 0,35% ogni anno dal 2004.

Appare evidente come il risultato di ciò sia la creazione di un mercato dove è possibile per alcuni vendere l'energia con maggiori margini rispetto ad altri, incentivando in teoria la produttività dell'energia pulita e la riduzione dei gas-serra, sfruttando appunto il libero mercato.

Purtroppo, il risultato di questa politica è stato di fatto reso vano poiché la normativa concedeva tali sussidi anche alle cosiddette fonti "assimilate alle rinnovabili" per le quali parte dei fondi sono stati destinati addirittura ad attività totalmente antitetiche alle rinnovabili, come combustione di scorie di raffineria o incenerimento dei rifiuti. Un successivo decreto (Bersani bis) ha poi corretto l'errore eliminando il concetto di "assimilate" e mantenendo invece quello di rinnovabili.

Data l'evidenza dell'incapacità dei certificati verdi nel promuovere il fotovoltaico, in Italia si dovette aspettare il 2005 per il Primo Conto Energia: questo programma, denominato nel lessico internazionale "feed-in premium", riconosceva una tariffa, variabile a seconda della dimensione e posizione dell'impianto, per ogni kWh prodotto che si sommava poi al prezzo ottenuto dall'energia elettrica prodotta.

Anche qui però, norme contenute all'interno del piano originarono manovre speculative, ritardando così la realizzazione degli impianti. Il superamento si ha con l'istituzione del Secondo Conto Energia nel 2007, contenente delle clausole aggiuntive con lo scopo di razionalizzare il percorso di crescita della tecnologia fotovoltaica.

Il superamento di quest'ultimo programma venne previsto per la fine del 2010, ma non senza un ultimo peggioramento della situazione: con il decreto "salva Alcoa"[32] si prorogò il termine ultimo di accesso alle tariffe incentivanti del Secondo Conto Energia, che si sarebbero appunto concluse il 31 dicembre 2010, per tutti quegli impianti la cui costruzione fosse stata conclusa entro il 2010 ed entrati in esercizio entro il primo semestre del 2011.

La conseguenza fu un incremento notevole del monte incentivi a causa del boom di realizzazioni, creando un'ingiusta disparità nei confronti degli impianti terminati nell'anno 2011 soggetti al Terzo Conto Energia ovviamente più svantaggioso.

Quest'ultimo Programma dovette affrontare l'abbassamento dei costi di realizzazione dei nuovi impianti che stavano scendendo più rapidamente di quanto previsto nel fissarne le tariffe. Ecco perché ebbe vita brevissima e venne difatti sostituito dal 1° giugno 2011 dal Quarto Conto Energia, superato poi a sua volta un anno dopo (nel luglio 2012) dal Quinto e ultimo Conto Energia.

Gli incentivi del Programma Conto Energia cessarono il 30° giorno solare successivo al 6 giugno 2013, con il raggiungimento del tetto massimo imposto a 6,7 miliardi di euro cumulati nell'ultimo anno solare.

Con la fine degli incentivi per l'installazione di impianti rappresentati dai diversi programmi del Conto Energia, rimangono adesso attivi gli incentivi per la vendita dell'energia prodotta:

- la cessione in rete (detta anche ritiro dedicato), che permette di vendere l'energia prodotta in eccesso e non autoconsumata senza però richiedere fornitura alla rete;

- lo Scambio sul Posto, meccanismo di valorizzazione dell'energia prodotta in eccesso all'autoconsumo e richiesta dall'impianto nelle ore di non produttività.

Proprio quest'ultima forma di incentivazione indiretta sta gradualmente promuovendo e incoraggiando i privati all'acquisto e all'installazione degli impianti fotovoltaici.

Tale incentivo viene concesso dal 1° gennaio 2009 ai soggetti richiedenti che abbiano la disponibilità o la titolarità di impianti:

- alimentati da fonti rinnovabili di potenza fino a 20 kW;
- alimentati da fonti rinnovabili di potenza fino a 200 kW (se entrati in esercizio dopo il 31 dicembre 2007);
- di cogenerazione ad alto rendimento di potenza fino a 200 kW.

Per questo elaborato, ci soffermeremo sulla trattazione del caso di potenza inferiore a 20 kW di picco vedendo più da vicino come avviene il processo di valorizzazione nello scambio dell'energia per un impianto domestico.

Inoltre, abbinando la detrazione fiscale sull'IRPEF ancora in vigore (nell'ultima Legge di Bilancio 2019) per le installazioni di nuovi impianti fotovoltaici, osserveremo come la combinazione di questi meccanismi influisca sul tempo di recupero dell'investimento effettuato dal potenziale acquirente, affrontando l'argomento nel capitolo successivo.

Capitolo 3

Esercizio e monitoraggio di un impianto domestico applicato ad un caso reale

Con l'introduzione ai diversi sistemi incentivanti del capitolo scorso abbiamo visto il susseguirsi dell'intervento dello Stato nella diffusione della tecnologia fotovoltaica.

Come da prassi, gli aiuti economici si sono ridotti nel tempo fino ad esaurirsi del tutto come il Programma Conto Energia. Tuttavia, abbiamo accennato ad altri due sistemi ancora in vigore:

- la cessione in rete, conosciuta anche come Ritiro Dedicato;
- lo Scambio sul Posto.

Nella parte corrente dell'elaborato entreremo nel merito dello Scambio sul Posto applicato agli impianti domestici di bassa tensione. In particolare, andremo ad osservare come tale sistema di valorizzazione dell'energia prodotta da fonti energetiche rinnovabili (FER) possa ancora oggi incoraggiare l'utilizzatore finale all'adozione della tecnologia fotovoltaica.

Grazie ai dati raccolti dall'esercizio di un impianto domestico, potremo verificare in che modo la combinazione della remunerazione in conto scambio e della detrazione fiscale per il miglioramento energetico degli edifici (ancora in vigore con la Legge di Bilancio 2019, nella misura del 50% delle spese sostenute) permetta di rientrare dall'investimento iniziale.

Applicheremo quindi ad un caso reale tutte le logiche economiche alla base della valorizzazione dell'energia scambiata allo scopo di verificarne la redditività, costruendo un modello per la valutazione del tempo di recupero.

3.1 Lo Scambio sul Posto e l'evoluzione normativa

Lo Scambio sul Posto (abbreviato SSP) è un sistema di incentivazione indiretta dell'energia elettrica prodotta da FER. Questa particolare forma di valorizzazione dell'energia elettrica viene introdotta con la legge 133/1999 ma subisce negli anni una serie di sostanziali revisioni normative.

Inizialmente prevedeva l'incentivazione della sola parte di autoconsumo e vietava la vendita dell'energia, motivo per cui eventuali eccedenze venivano stornate in un conto e rese disponibili fino a 3 anni successivi. Inoltre, era accessibile soltanto alle persone giuridiche e per gli impianti con potenza dapprima entro i 20kWp, estesa poi con le varie modifiche normative fino a 200kWp.

Dal 1° gennaio 2009, con le modifiche dell'ARG/elt 74/2008, Allegato A – "*Testo integrato dello scambio sul posto (TISP)*", lo SSP comprende anche i nuovi impianti di cogenerazione ad alto rendimento. Tuttavia, la tappa più importante è segnata dal recepimento del D. lgs. 20/2007 dove viene stabilita la gestione a livello nazionale dello Scambio sul Posto da parte del Gestore dei Servizi Energetici (GSE) e non più dai diversi distributori.

Inoltre, viene altresì deciso il superamento del vecchio sistema di compensazione del credito di energia entro i tre anni (conosciuto anche come *net metering*) con l'adozione del nuovo sistema di valorizzazione dell'energia prelevata e immessa in rete, il cosiddetto **contributo in Conto Scambio**.

A partire dal 2013 sono state introdotte altre importanti novità:

- la delibera 570/2012/R/efr, che sostituisce la precedente ARG/elt 74/2008, diventa il nuovo TISP;
- viene standardizzato il **corrispettivo unitario di scambio forfettario** CU_{sf} , espresso in c€/kWh e comprendente le componenti tariffarie variabili rimborsabili;
- viene esteso lo SSP agli impianti alimentati da fonti rinnovabili con potenza fino a 500 kWp, entrati in esercizio dal 1° gennaio 2015;
- vengono inclusi nella disciplina anche gli Altri Sistemi Semplici di Produzione e Consumo (ASSPC).

3.1.1 Lo Scambio sul Posto per le utenze domestiche di bassa tensione

Il principio di base di questo sistema indiretto di incentivo è incentrato sulla compensazione tra energia immessa in rete, quindi non immediatamente autoconsumata, e quella prelevata dalla stessa quando l'impianto non è in produzione. All'utente vengono sostanzialmente riconosciuti due tipi di contributo:

- il contributo in conto scambio in acconto, su base semestrale;
- il contributo in conto scambio a conguaglio, su base annuale.

Analizziamo dettagliatamente per ciascun tipo di contributo le formule utilizzate dal GSE per il calcolo dei corrispettivi in conto scambio.

Il contributo in conto scambio in acconto è stanziato dal GSE due volte all'anno, a marzo per il primo semestre e a settembre per il secondo. Da quanto si legge dalle Regole Tecniche[33] attualmente in vigore per lo SSP, *"la quantificazione dei singoli acconti viene determinata in rapporto a:*

- *numero di giorni di validità della convenzione all'interno dei singoli semestri [...] calcolato dalla data di decorrenza della convenzione alla data di termine del semestre di riferimento [...];*
- *numero di giorni dei semestri (primo semestre: dal 1° gennaio al 30 giugno; secondo semestre: dal 1° luglio al 31 dicembre)".*

La formula utilizzata dal GSE per il calcolo del contributo relativo al primo semestre, ovvero per gli impianti che risultino operativi entro il 31 marzo dell'anno "a" di competenza, in seguito all'attivazione della convenzione è la seguente:

$$C_{SI_sem} = \frac{(P_{impianto} \times h \times \alpha \times \overline{C_{Smedio}})}{2} \times \frac{N_{gattivi,I_sem}}{N_{gI_sem}} \quad (3.1)$$

dove:

- $P_{impianto}$ = potenza attiva nominale dell'impianto;

- h = ore di funzionamento dell'impianto stimate in base alla zona (secondo il nostro impianto di riferimento, considereremo $h = 1300$ ore data la localizzazione geografica a Sud d'Italia);
- $\alpha = \beta \times \gamma$, dove β è un coefficiente di contemporaneità tra produzione annua stimata degli impianti e l'energia immessa in rete, determinato sulla base dei dati storici disponibili, e γ è la probabilità di coincidenza tra l'energia elettrica immessa in rete con l'energia elettrica scambiata su base annua determinata sulla base dei dati storici disponibili (attualmente, tali variabili sono definite dal GSE secondo la tabella sottostante e possono essere riviste annualmente);
- $N_{\text{gattivi,I_sem}}$ = numero di giorni nel corso del primo semestre dell'anno "a" in cui la convenzione risulta essere attiva;
- $N_{\text{gI_sem}}$ = numero di giorni del primo semestre dell'anno "a";
- $\overline{C_{S\text{medio}}}$ = C_S medio unitario, espresso in c€/kWh, determinato sulla base dei C_S erogati dal GSE nell'anno "a-2" rispetto all'anno di riferimento "a" rapportati all'energia elettrica mediamente scambiata con la rete (vedi tabella seguente).

Variabile	Valore
β	0,40
γ	0,35
$\overline{C_{S\text{medio}}}$	0,16 kWh

Tabella 3.1: Variabili determinate dal GSE per il contributo in conto scambio su base semestrale per l'anno 2018

Per quanto riguarda invece le convenzioni che risultano attive alla data del 30 settembre dell'anno "a" di competenza, vi sono due casi differenti a seconda presenza o meno di un contributo in conto scambio a conguaglio già pubblicato per l'anno di competenza "a-1":

- se è già stato pubblicato un conguaglio C_S , l'acconto del secondo semestre tiene conto dei dati storici più recenti dell'energia scambiata tra l'impianto e la rete elettrica, con la seguente formula

$$C_{SI_sem} = \min \left[\max \left(0; E_{S,storica} \times \overline{C_{S\text{medio}}} - C_{SI_sem} \right); C_{SI_sem} \right] \quad (3.2)$$

dove l'energia scambiata secondo storico è determinata con la formula

$$E_{S,storico} = E_{S,a-i} \times \frac{365}{N_{gattivi,a-i}} \quad (3.3)$$

con

- $E_{S,a-i}$ = energia scambiata riferita all'anno più recente rispetto all'anno "a" per il quale è stato pubblicato un conguaglio;
 - $N_{gattivi,a-i}$ = numero di giorni nel corso dell'anno "a-i" in cui la convenzione risulta essere attiva.
- nel caso di non pubblicazione di alcun conguaglio C_S per anni precedenti all'anno "a", benché la convenzione sia stata attivata in un anno precedente ad "a", ovvero nei casi in cui non sia stato pubblicato il primo acconto relativo all'anno "a", l'acconto del secondo semestre viene calcolato utilizzando il medesimo algoritmo relativo al primo semestre

$$C_{SII_sem} = \frac{(P_{impianto} \times h \times \alpha \times \overline{C_{Smedio}})}{2} \times \frac{N_{gattivi,II_sem}}{N_{gII_sem}} \quad (3.4)$$

con

- $N_{gattivi,II_sem}$ = numero di giorni nel corso del secondo semestre per cui la convenzione risulta essere attiva;
- N_{gII_sem} = numero di giorni nel secondo semestre.

Il contributo in conto scambio a conguaglio è espresso dalla seguente formula:

$$C_S = \min [O_E; C_{EI}] + CU_{sf} \times E_S \quad (3.5)$$

dove per il primo addendo si intende il valore minimo tra la quota di energia prelevata valorizzata (onere energia O_e) e il controvalore dell'energia immessa (C_{EI}), per il secondo addendo si identifica il prodotto tra il corrispettivo unitario di scambio forfettario (CU_{sf}) e l'energia scambiata (E_S).

Il contributo in conto scambio non viene calcolato in maniera univoca per tutti gli utenti convenzionati allo SSP, tuttavia ci occuperemo del calcolo riferito alle utenze domestiche

collegate in bassa tensione come da caso studio.

Vediamo dunque come viene calcolato ogni componente della precedente formula.

L'Onere Energia O_E è quella parte di energia che viene richiesta e quindi prelevata dalla rete nelle ore di non produttività dell'impianto, valorizzata secondo il criterio del Prezzo Unico Nazionale.

Più precisamente, l'energia prelevata dalla rete viene valorizzata seguendo la formula:

$$O_E = \sum_{m=1}^{12} \sum_{fi=1}^3 [E_{Pr,m}(fi) \times PUN_{m,(fi)}] \quad (3.6)$$

dove:

- $E_{Pr,m}(fi)$ = energia elettrica mensilmente prelevata per ciascuna fascia oraria;
- $PUN_{m,(fi)}$ = Prezzo Unico Nazionale dell'energia nel mese m riferito alla fascia fi .

L' O_E è quindi pari alla sommatoria determinata per fasce dell'energia elettrica mensilmente prelevata dalla rete, moltiplicata per la media aritmetica mensile per fascia oraria del Prezzo Unico Nazionale.

Il Prezzo Unico Nazionale (PUN) non è altro che il prezzo dell'energia elettrica sul territorio nazionale individuato dalla Borsa Elettrica. Esso corrisponde alla media aritmetica dei prezzi divisi per zona (i cosiddetti *prezzi zonali*) geografica determinati dal Mercato del Giorno Prima (MGP), ponderata con gli acquisti totali dell'energia.

A sua volta, il Mercato del Giorno Prima identifica la sede dove hanno luogo le negoziazioni di acquisto e vendita dell'energia elettrica nel mercato libero italiano. Viene definito "del giorno prima" poiché tutte le contrattazioni devono avvenire il giorno precedente a quello della produzione fisica di tutte le partite di energia che sono state esito di negoziazione, per ciascuna ora del giorno.

La compravendita dell'energia, quindi, avviene solamente ad equilibrio raggiunto tra domanda e offerta.

Il Controvalore dell'Energia Immessa viene invece calcolato con i prezzi zonali. La ragione sta infatti sulla geolocalizzazione dell'energia prodotta, poiché appunto le diverse regioni d'Italia non registrano la stessa irradianza e ciò comporta questo dislivello dei prezzi

per ciascuna zona contraddistinta. Le zone di mercato sono state geograficamente definite dalla Società Terna S.p.A. nel proprio documento "*Individuazione zone della rete rilevante*" [34] in relazione ai vincoli fisici di connessione presenti sulla rete, nel seguente modo:

- Nord, comprendente Valle D'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Trentino, Veneto, Friuli Venezia Giulia ed Emilia Romagna;
- Centro Nord, comprendente Toscana, Umbra e Marche;
- Centro Sud, comprendente Lazio, Abruzzo e Campania, ad esclusione della stazione di Gissi;
- Sud, comprendente Molise, Puglia, Basilicata e Calabria, inclusa la stazione di Gissi;
- Sicilia;
- Sardegna.

La formula alla quale faremo riferimento per il calcolo nel nostro caso specifico è

$$C_{EI} = \sum_{m=1}^{12} \sum_{fi=1}^3 [E_{I,m}(fi) \times P_{Z_MGP;m,(fi)}] \quad (3.7)$$

poiché l'utenza in questione registra i propri dati di immissione e prelievo per fasce orarie su ciascun mese.

Il corrispettivo unitario di scambio forfettario è probabilmente il parametro che risulta più difficile da stimare, poiché le voci di calcolo che lo compongono subiscono frequenti aggiornamenti. Il Decreto Ministeriale del 6 luglio 2012 (art.23, comma 3) ha stabilito dei corrispettivi medi forfettari per gli oneri immediatamente sostenuti per l'utilizzo della rete, annualmente definiti e pubblicati dall'Autorità, dato l'aggiornamento del meccanismo dello SSP.

Il CU_{sf} viene quindi pubblicato entro il 31 marzo di ogni anno dal Direttore della Direzione Mercati sia su base mensile che annuale, riferiti all'anno precedente.

Nel dettaglio, il CU_{sf} su base annuale è composto da due termini come si può vedere nella formula seguente:

$$CU_{sf} = CU_{sf}^{reti} + CU_{sf}^{ogs} \quad (3.8)$$

Prestando attenzione ai due addendi, il primo rappresenta il corrispettivo unitario di scambio forfettario relativo alle reti, pari quindi alla somma algebrica delle componenti unitarie variabili (esprese in c€/kWh) delle tariffe di trasmissione, distribuzione, dispacciamento nonché delle componenti UC3 e UC6.

Il secondo addendo è relativo invece agli oneri generali di sistema, nonché parti unitarie variabili (esprese in c€/kWh) delle componenti tariffarie A e UC, ad eccezione delle suddette UC3 e UC6 (successivamente, nel calcolo della stima del CU_{sf} relativo al nostro caso studio identificheremo le voci appena descritte nel dettaglio della bolletta elettrica e delle tariffe trimestrali disposte dall’Autorità di riferimento).

In ultima analisi, è bene condurre un’osservazione sulla quantità di energia scambiata con la rete: essendo il CU_{sf} la componente che individua il rimborso della quota parte di energia scambiata riferita agli oneri generali di sistema e alla quota servizi, per la parte di energia scambiata il GSE riconosce al produttore il merito di fornire energia alla rete (energia immessa e non immediatamente autoconsumata) che viene così utilizzata nelle immediate vicinanze, non comportando perdite dovute al trasporto della stessa.

Nel calcolo del CU_{sf} su base mensile, la formula differisce dalla precedente soltanto nella base temporale del calcolo:

$$CU_{m,sf} = CU_{m,sf}^{reti} + CU_{m,sf}^{ogs} \quad (3.9)$$

L’Energia elettrica Scambiata con la rete, infine, è il valore minimo tra quella immessa e quella prelevata:

$$E_S = \min[E_I; E_{PR}] \quad (3.10)$$

Dopo aver visto le voci di interesse per il calcolo del C_S , nel paragrafo seguente ci soffermeremo al caso di utenza domestica in bassa tensione, vedendo nel dettaglio come viene regolato il contributo suddetto effettuandone una stima con i dati storici pubblicati dall’Autorità. Inoltre, calcoleremo i flussi monetari relativi alla convenzione di SSP, utilizzando una serie di dati raccolti dall’esercizio di un impianto domestico su un anno solare. In questo modo, potremo confrontare i ritorni economici dell’investimento, così da poterne stimare il

tempo recupero e la redditività dell'impianto proiettata nel lungo periodo.

3.2 Esercizio e monitoraggio di un impianto domestico in bassa tensione

Come precedentemente osservato, la localizzazione geografica di un impianto influisce sulla produttività dello stesso. Questo perché la radiazione solare, ovvero l'energia radiata dal sole, non è costante in ogni punto del globo.

In riferimento al suolo italiano, si possono individuare delle zone ad irradianza differente dalla seguente figura:

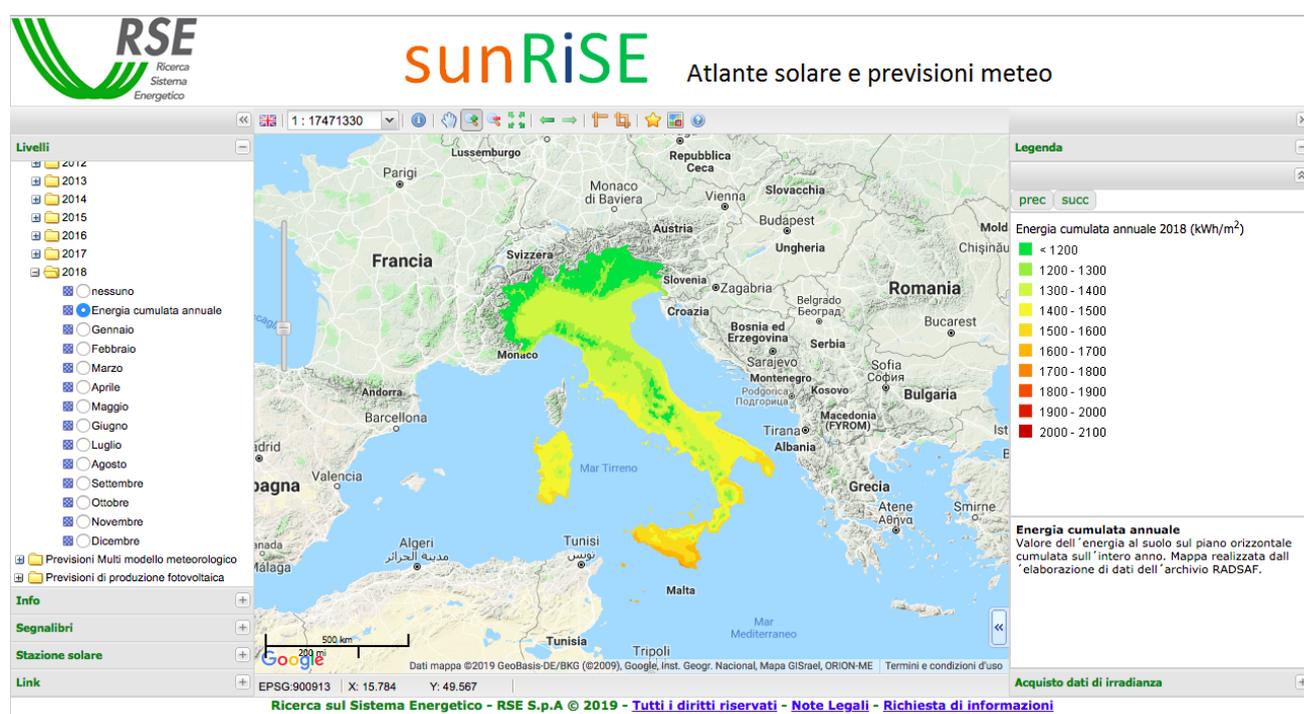


Figura 3.1: Energia cumulata annuale registrata nel 2018, Fonte: <http://sunrise.rse-web.it/>

Restringiamo dunque il nostro campo di interesse alla zona del Sud d'Italia, in particolare alla Sicilia. Essa risulta essere la zona più favorevole per lo sfruttamento dell'energia solare attraverso la tecnologia fotovoltaica, in quanto i valori di radiazione solare sono più alti rispetto a tutte le altre regioni.

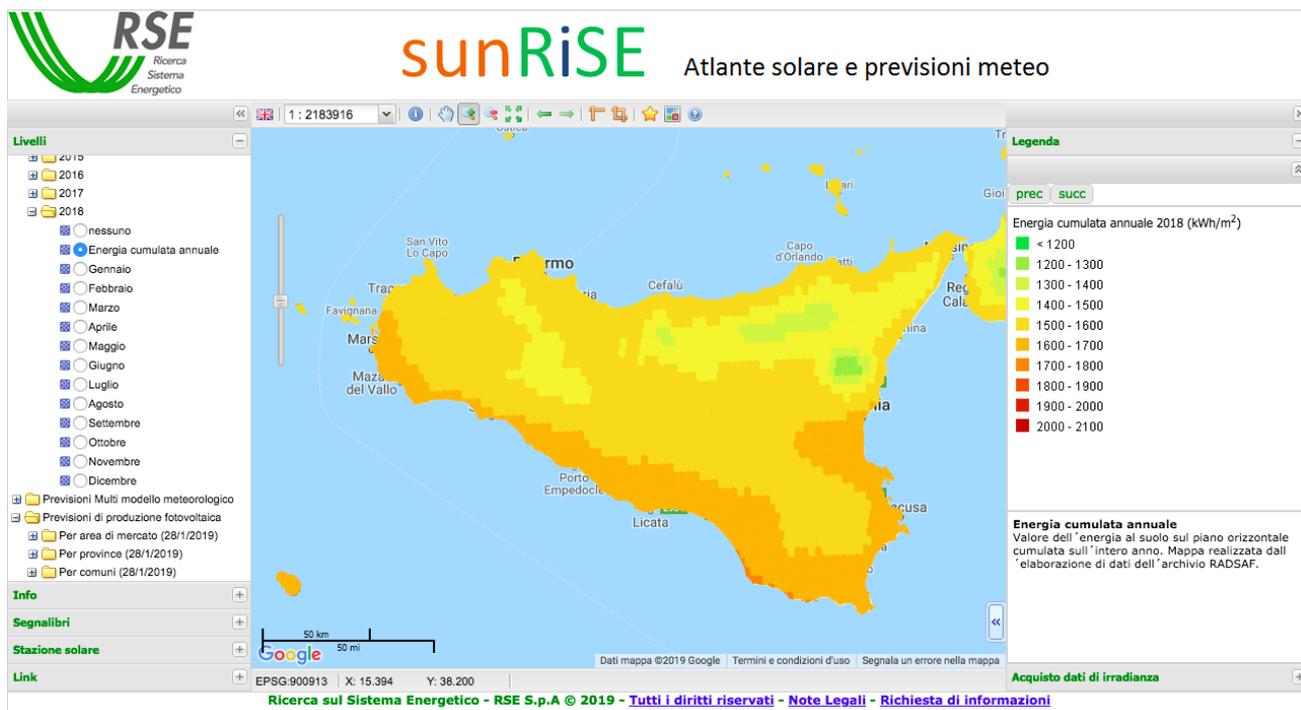


Figura 3.2: Energia cumulata annuale registrata nel 2018 in Sicilia, Fonte: <http://sunrise.rse-web.it/>

L'impianto oggetto di studio è stato installato nel comune di Calatafimi Segesta, in provincia di Trapani. La sua composizione prevede:

- 12 moduli in silicio monocristallino, modello LG NeON 2 Black, con potenza nominale di 320Wp ciascuno;
- inverter monofase ABB Uno PVI-3.6-TL-OUTD, con scheda di rete assemblata per la raccolta e il monitoraggio dei dati di produzione su cloud system;
- struttura portante fissata a tetto e cavi di connessione.

Per il momento, l'impianto non è stato equipaggiato di alcun sistema di accumulo.

Il campo fotovoltaico è quindi capace di generare una potenza nominale pari a 3,84 kWp. Essendo collegato alla rete elettrica nazionale, quando è in funzione l'impianto comunica con essa attraverso il contatore di scambio, che registra i dati di immissione e prelievo di energia scambiata. Un altro contatore, di produzione, collegato all'inverter registra i dati relativi alla produzione di energia e conteggia la quantità di autoconsumo.

Come già accennato, l'inverter è stato dotato di una scheda di rete che è in grado di

registrare i dati della produzione e di immagazzinarli in uno spazio virtuale, offerto dal produttore del dispositivo. Ciò permette all'utente di monitorare il proprio impianto anche non essendo fisicamente vicino ad esso, garantendo anche un'azione rapida per le situazioni di guasto.

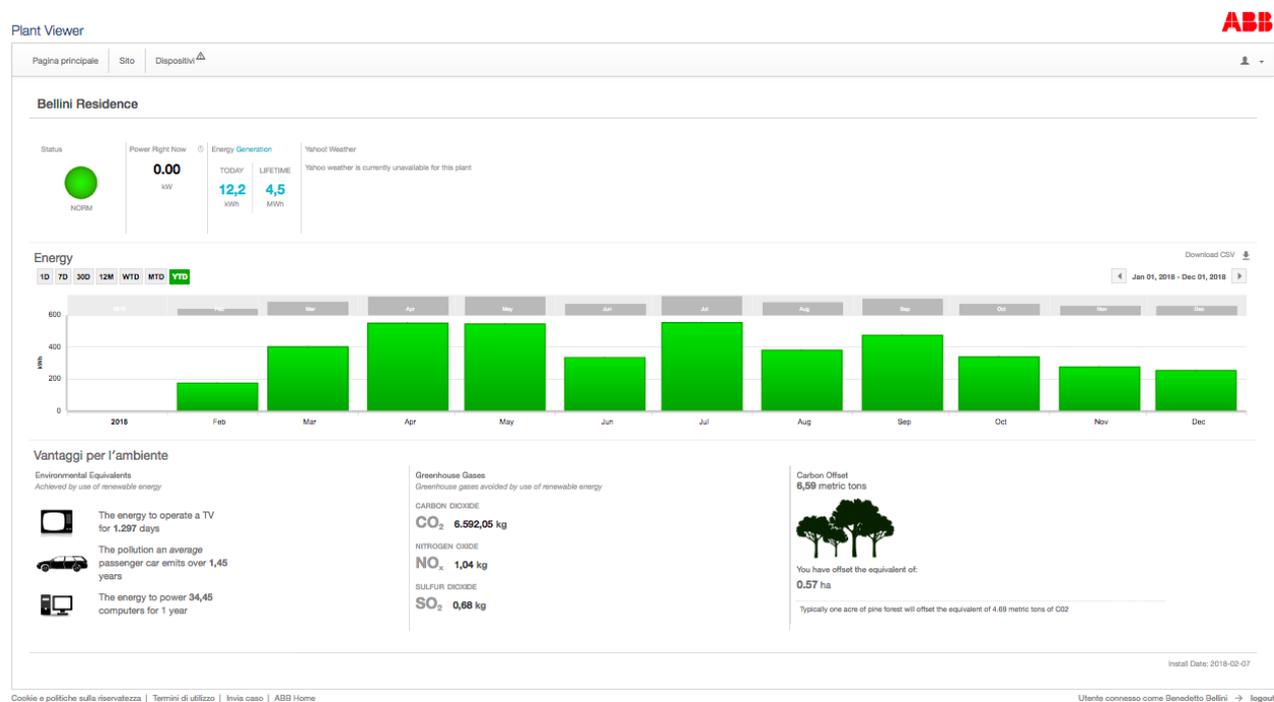


Figura 3.3: Il portale di ABB Aurora Vision e i dati di produzione e offset registrati

Osserviamo infatti come la piattaforma di ABB Aurora Vision permetta di avere un'immediata visione dell'attività dell'impianto, su un orizzonte temporale scelto.

Ciò che immediatamente risalta è l'andamento della produzione registrata nel tempo. Notiamo infatti che l'approssimazione continua dei dati discreti non conduce ad una normale (come facilmente intuibile dato che il periodo di massima produttività risulti essere in estate), ma porta più ad un andamento bimodale. Per l'appunto, forniremo nei paragrafi a seguire l'esempio pratico del caso in merito.

3.2.1 Analisi e confronto dei dati di fabbisogno energetico familiare

L'impianto entra in funzione l'8 febbraio 2018. Da questo momento, risulta attiva la convenzione di SSP e l'utente diventa a tutti gli effetti produttore di energia: cercherà quindi di massimizzare l'autoconsumo spostando ove possibile le richieste di potenza nei momenti di

luce, ma continuerà a sostenere i costi della bolletta elettrica per tutti quei consumi effettuati nelle fasi di inattività dell'impianto.

D'altro canto, riceverà con cadenza annuale i pagamenti dal GSE in conto scambio, due per l'acconto (poiché semestrali) e uno per il conguaglio. Inoltre, se l'energia immessa supererà quella prelevata, l'utilizzatore potrà richiedere di conservare il valore ottenuto dall'eccedenza come credito per eventuali pagamenti dovuti al GSE oppure di riceverlo in liquidazione, trattandosi così di altro reddito percepito e quindi soggetto ad imposta.

Nel nostro caso, si è optato per la liquidazione delle eccedenze, in quanto si prevede (in base al fabbisogno energetico familiare) che l'energia consumata verrà compensata in toto dalle immissioni in rete.

Nell'arco del primo anno solare di attività, la produzione registrata ha segnato 4269,68 kWh, mentre sono stati prelevati dalla rete 1920 kWh durante lo stesso periodo di osservazione. A tal proposito, è opportuno precisare che al fine di confrontare i dati su un intero anno, dato l'inizio di attività dell'impianto nel mese di febbraio, verrà considerato anche il consumo familiare effettuato nel mese di gennaio senza convenzione di SSP.

Di seguito si riportano i dati di produzione riferiti alla figura 3.3 e consumo derivanti dalle bollette del gestore del servizio di distribuzione:

Mese	kWh Prodotti in SSP	Consumi	kWh Prelevati in SSP
Gennaio	0	360	0
Febbraio	173,18	266	173
Marzo	402,25	224	224
Aprile	548,92	173	173
Maggio	543,05	149	149
Giugno	332,54	150	150
Luglio	554,97	68	68
Agosto	379,51	68	68
Settembre	472,33	149	149
Ottobre	337,87	250	250
Novembre	272,59	236	236
Dicembre	252,47	280	280
Totale	4269,68	2373	1920

Tabella 3.2: Dati di produzione e consumo nell'anno solare 2018

Sono stati inoltre raccolti i dati relativi al fabbisogno energetico familiare nei due anni precedenti all'installazione dell'impianto, in modo tale da avere un campione di dati consistente sul quale effettuare il confronto dei dati, per il successivo calcolo del risparmio generato dall'autoconsumo.

Osservando infatti i dati nella tabella successiva si nota con evidenza come il consumo di energia si sia ridotto dopo l'attivazione della convenzione di SSP.

Mese	Consumi 2016	Consumi 2017	Consumi 2018
Gennaio	371	359	360
Febbraio	355	318	266
Marzo	354	309	224
Aprile	314	297	173
Maggio	314	289	149
Giugno	303	277	150
Luglio	124	134	68
Agosto	153	155	68
Settembre	257	219	149
Ottobre	314	285	250
Novembre	299	315	236
Dicembre	330	373	280
Totale	3488 kWh	3330 kWh	2373 kWh

Tabella 3.3: Confronto consumi dal 2016 al 2018

Una notevole differenza, sull'ordine del megawattora di energia non consumata dalla rete, che l'introduzione dell'impianto ha fatto registrare a favore del risparmio in bolletta.

Procediamo quindi, con i dati appena mostrati, a stimare il risparmio ottenuto nella minor richiesta di prelievo di energia dalla rete. Terremo perciò in considerazione le tariffe vigenti di tali periodi, con il mercato dell'elettricità in regime di maggior tutela, consultando quindi le relative tariffe trimestrali sul sito dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente (ARERA).

Nell'anno 2016 i consumi rilevati dalle bollette del gestore del servizio di distribuzione elettrico sono stati:

Mese	F1	F2	F3	Tot
Gennaio	107	141	123	371
Febbraio	127	133	95	355
Marzo	125	129	100	354
Aprile	94	124	96	314
Maggio	102	112	100	314
Giugno	103	94	106	303
Luglio	36	32	96	124
Agosto	46	36	71	153
Settembre	81	92	84	257
Ottobre	104	112	98	314
Novembre	92	112	95	299
Dicembre	102	119	109	330
Totale	1119 kWh	1236 kWh	1139 kWh	3488 kWh

Tabella 3.4: Consumi effettuati nel 2016, divisi per fasce orarie

Calcoliamo adesso il costo dell'energia consumata comprensivo delle voci di materia energia, trasporto e gestione del contatore e oneri di sistema, escludendo eventuali bonus elettrici o sconti in bolletta (nonché il costo derivante dal canone RAI) per effettuare così dei confronti annuali strettamente inerenti alla materia energia.

In seguito alla riforma delle tariffe di rete in vigore dal 1° gennaio 2016 [35] che ha ridotto gli scaglioni di consumo da tre a due per la tipologia di utente D2 (domestico residenziale), le voci tariffarie che interessano le residenze anagrafiche fino a 3 kW di potenza per i trimestri del 2016[36] sono state:

1 gennaio - 31 marzo 2016	Materia energia			Trasporto e gestione del contatore	Oneri di sistema
	Monorario	Biorario			
Quota energia (euro/kWh) kWh/anno: da 0 a 1800 oltre 1800	<i>fascia unica</i>	<i>fascia F1</i>	<i>fascia F23</i>	0,00716	0,039332
	0,06906	0,07450	0,06637	0,03266	0,057932
Quota fissa (euro/anno)	28,2236			14,4012	-
Quota potenza (euro/kW/anno)	-			10,0565	-
Sconto bolletta elettronica	<i>Ai clienti che ricevono la bolletta in formato elettronico e la pagano con addebito automatico è applicato uno sconto di 6 euro/anno.</i>				

Figura 3.4: Tariffe energia elettrica D2 primo trimestre 2016

1 aprile - 30 giugno 2016	Materia energia			Trasporto e gestione del contatore	Oneri di sistema
	Monorario	Biorario			
Quota energia (euro/kWh) kWh/anno: da 0 a 1800 oltre 1800	<i>fascia unica</i>	<i>fascia F1</i>	<i>fascia F23</i>	0,00716	0,039402
	0,06052	0,06501	0,05829	0,03266	0,057802
Quota fissa (euro/anno)	28,3842			14,4012	-
Quota potenza (euro/kW/anno)	-			10,0565	-
Sconto bolletta elettronica	<i>Ai clienti che ricevono la bolletta in formato elettronico e la pagano con addebito automatico è applicato uno sconto di 6 euro/anno.</i>				

Figura 3.5: Tariffe energia elettrica D2 secondo trimestre 2016

1 luglio - 30 settembre 2016	Materia energia			Trasporto e gestione del contatore	Oneri di sistema
	Monorario	Biorario			
Quota energia (euro/kWh) kWh/anno: da 0 a 1800 oltre 1800	<i>fascia unica</i>	<i>fascia F1</i>	<i>fascia F23</i>	0,00716	0,039272
	0,06764	0,07149	0,06573	0,03266	0,057612
Quota fissa (euro/anno)	28,3842			14,4012	-
Quota potenza (euro/kW/anno)	-			10,0565	-
Sconto bolletta elettronica	<i>Ai clienti che ricevono la bolletta in formato elettronico e la pagano con addebito automatico è applicato uno sconto di 6 euro/anno.</i>				

Figura 3.6: Tariffe energia elettrica D2 terzo trimestre 2016

1 ottobre - 31 dicembre 2016	Materia energia			Trasporto e gestione del contatore	Oneri di sistema
	Monorario	Biorario			
Quota energia (euro/kWh) kWh/anno: da 0 a 1800 oltre 1800	<i>fascia unica</i> 0,06490	<i>fascia F1</i> 0,06808	<i>fascia F23</i> 0,06333	0,00761 0,03311	0,039652 0,058042
Quota fissa (euro/anno)	28,3842			14,4012	-
Quota potenza (euro/kW/anno)	-			10,0565	-
Sconto bolletta elettronica	<i>Ai clienti che ricevono la bolletta in formato elettronico e la pagano con addebito automatico è applicato uno sconto di 6 euro/anno.</i>				

Figura 3.7: Tariffe energia elettrica D2 quarto trimestre 2016

Per il calcolo delle voci relative al dispacciamento e oneri di sistema, da ogni prelievo registrato mensile si calcola il consumo per scaglioni di energia. Questo calcolo viene effettuato stimando dai kWh mensili prelevati dalla rete elettrica il consumo medio giornaliero e proiettandolo poi su tutto l'anno. Si ottiene dunque un valore di consumo medio annuale in base al dato registrato nel mese. Per chiarire il concetto, verrà fornito al lettore un esempio pratico sul consumo registrato nel mese di gennaio 2016:

- il consumo nel mese di gennaio 2016 è stato di 371 kWh;
- la media giornaliera è quindi stata di $\frac{371}{31}$ kWh = 11,9677 kWh (N.B. il denominatore cambia con gli effettivi giorni di ciascun mese);
- secondo la media giornaliera appena calcolata, proiettata su un anno la media annuale sarebbe di $11,9677 \text{ kWh} \times 365 = 4368,23 \text{ kWh}$;
- per differenza, si ottengono i consumi annuali stimati nei tre scaglioni pari rispettivamente a 1800, 840 e 1728,226 kWh;
- calcolandone le quote sulla media giornaliera, moltiplicandole per il consumo effettivo registrato si possono poi ricavare gli scaglioni mensili;
- si ottengono così circa 153 kWh nel primo, 71 kWh nel secondo e 147 kWh nel terzo scaglione (con le rispettive quote di 41%, 19% e 40% circa).

Seguendo i precedenti passaggi, si ottengono i dati relativi ai consumi scaglionati (approssimati alla parte intera più vicina):

Mese	1° scaglione	2° scaglione	3° scaglione	Tot
Gennaio	153	71	147	371
Febbraio	138	64	153	355
Marzo	153	71	130	354
Aprile	148	69	97	314
Maggio	153	71	90	314
Giugno	148	69	86	303
Luglio	124	0	0	124
Agosto	153	0	0	153
Settembre	148	69	40	257
Ottobre	153	71	90	314
Novembre	148	69	82	299
Dicembre	153	71	106	330
Totale	1772 kWh	695 kWh	1021 kWh	3488 kWh

Tabella 3.5: Consumi scaglionati nel 2016 per ciascun mese

A questo punto, possiamo calcolare tutte le voci della bolletta per ottenere il costo annuo del fabbisogno energetico relativo ai consumi effettuati:

- per la voce energia, le spese variabili sono state di 228,05€ mentre quelle fisse sono pari a 28,32€;
- per la gestione del contatore e spese di trasporto, l'importo è di 164,45€;
- le accise sull'energia sono pari a 38,91€;
- la componente di dispacciamento, calcolata su scaglioni, risulta essere di 19,65€;
- le spese per oneri di sistema arrivano a 169,22€;
- le tasse, calcolate al 10% su un imponibile di 609,70€ che esclude le accise, sono pari a 60,97€;
- per l'anno 2016, la famiglia ha speso 709,58€ di energia elettrica.

Per una visione completa delle voci di dettaglio, fare riferimento alla seguente figura riassuntiva:

CONSUMI	F1	F2	F3	TOT MESE
GEN	107	141	123	371
FEB	127	133	95	355
MAR	125	129	100	354
APR	94	124	96	314
MAG	102	112	100	314
GIU	103	94	106	303
LUG	36	32	56	124
AGO	46	36	71	153
SET	81	92	84	257
OTT	104	112	98	314
NOV	92	112	95	299
DIC	102	119	109	330
TOT FASCE	1119	1236	1133	3488

Costo dell'energia				
MESI/FASCE	F1	F2	F3	TOT MESE
GEN	7,97 €	9,36 €	8,16 €	25,49 €
FEB	9,46 €	8,83 €	6,31 €	24,59 €
MAR	9,31 €	8,56 €	6,64 €	24,51 €
APR	6,11 €	7,23 €	5,60 €	18,93 €
MAG	6,63 €	6,53 €	5,83 €	18,99 €
GIU	6,70 €	5,48 €	6,18 €	18,35 €
LUG	2,57 €	2,10 €	3,68 €	8,36 €
AGO	3,29 €	2,37 €	4,67 €	10,32 €
SET	5,79 €	6,05 €	5,52 €	17,36 €
OTT	7,08 €	7,09 €	6,21 €	20,38 €
NOV	6,26 €	7,09 €	6,02 €	19,37 €
DIC	6,94 €	7,54 €	6,90 €	21,38 €
TOT FASCE	78,12 €	78,22 €	71,70 €	
228,050 €				

Spese per la gestione contatore e trasporto				
FISSE	1° e 2° scag. Energia		FISSA	POTENZA
GEN	0,007160 €	0,032660 €	1,200100 €	2,514126 €
FEB	0,007160 €	0,032660 €	1,200100 €	2,514126 €
MAR	0,007160 €	0,032660 €	1,200100 €	2,514126 €
APR	0,007160 €	0,032660 €	1,200100 €	2,514126 €
MAG	0,007160 €	0,032660 €	1,200100 €	2,514126 €
GIU	0,007160 €	0,032660 €	1,200100 €	2,514126 €
LUG	0,007160 €	0,032660 €	1,200100 €	2,514126 €
AGO	0,007160 €	0,032660 €	1,200100 €	2,514126 €
SET	0,007160 €	0,032660 €	1,200100 €	2,514126 €
OTT	0,007610 €	0,033110 €	1,200100 €	2,514126 €
NOV	0,007610 €	0,033110 €	1,200100 €	2,514126 €
DIC	0,007610 €	0,033110 €	1,200100 €	2,514126 €
	12,891820 €	56,264610 €	14,401200 €	30,169512 €
113,727 €				

Accisa sull'energia elettrica	
0,022700 €	Oltre 150 kWh
GEN	5,016700 €
FEB	4,653500 €
MAR	4,630800 €
APR	3,722800 €
MAG	3,722800 €
GIU	3,473100 €
LUG	- €
AGO	0,068100 €
SET	2,428900 €
OTT	3,722800 €
NOV	3,382300 €
DIC	4,086000 €
TOT	38,907800 €
38,908 €	

COSTO ONERI DI SISTEMA			
1° trimestre			
1° scaglione		2° scaglione	
0,039332 €		0,057932 €	
2° trimestre			
1° scaglione		2° scaglione	
0,039402 €		0,057802 €	
3° trimestre			
1° scaglione		2° scaglione	
0,039272 €		0,057612 €	
4° trimestre			
1° scaglione		2° scaglione	
0,039652 €		0,058042 €	

IMPONIBILE	558,974 €
IMPOSTE	55,90 €

Totale spese per l'energia elettrica nell'anno 2016	653,78 €
---	----------

Costo unitario per la materia energia			
Trimestri	F1	F2	F3
GEN	0,074500 €	0,066370 €	0,066370 €
FEB	0,074500 €	0,066370 €	0,066370 €
MAR	0,074500 €	0,066370 €	0,066370 €
APR	0,065010 €	0,058290 €	0,058290 €
MAG	0,065010 €	0,058290 €	0,058290 €
GIU	0,065010 €	0,058290 €	0,058290 €
LUG	0,071490 €	0,065730 €	0,065730 €
AGO	0,071490 €	0,065730 €	0,065730 €
SET	0,071490 €	0,065730 €	0,065730 €
OTT	0,068080 €	0,063330 €	0,063330 €
NOV	0,068080 €	0,063330 €	0,063330 €
DIC	0,068080 €	0,063330 €	0,063330 €

Spese fisse per la materia energia			
GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC
7,055901	7,090605 €	7,090605 €	7,090605 €
28,328 €			

SCAGLIONI	I	II	TOT MESE
GEN	153	218	371
FEB	138	217	355
MAR	153	201	354
APR	148	166	314
MAG	153	161	314
GIU	148	155	303
LUG	124	0	124
AGO	153	0	153
SET	148	109	257
OTT	153	161	314
NOV	148	151	299
DIC	153	177	330
TOT FASCE	1772	1716	3488

Dispacciamento	1° scaglione	2° scaglione	TOT MESE
FISSE	0,001640 €	0,009760 €	
GEN	153	218	371
FEB	138	217	355
MAR	153	201	354
APR	148	166	314
MAG	153	161	314
GIU	148	155	303
LUG	124	0	124
AGO	153	0	153
SET	148	109	257
OTT	153	161	314
NOV	148	151	299
DIC	153	177	330
SUBTOT SCAGL	2,906080 €	16,748160 €	
19,654 €			

Spese per oneri di sistema			
ENERGIA	1° scaglione	2° scaglione	TOT
GEN	153	218	371
FEB	138	217	355
MAR	153	201	354
APR	148	166	314
MAG	153	161	314
GIU	148	155	303
LUG	124	0	124
AGO	153	0	153
SET	148	109	257
OTT	153	161	314
NOV	148	151	299
DIC	153	177	330
SUBTOT SCAGL	69,847514 €	99,367562 €	
169,215 €			

Figura 3.8: Dettaglio di costo per l'energia elettrica prelevata nell'anno 2016

Analogamente, per il 2017 si sono rilevati i seguenti costi:

2017																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CONSUMI</th> <th>F1</th> <th>F2</th> <th>F3</th> <th>TOT MESE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>116</td><td>124</td><td>119</td><td>359</td></tr> <tr><td>FEB</td><td>105</td><td>123</td><td>90</td><td>318</td></tr> <tr><td>MAR</td><td>97</td><td>128</td><td>84</td><td>309</td></tr> <tr><td>APR</td><td>95</td><td>113</td><td>89</td><td>297</td></tr> <tr><td>MAG</td><td>98</td><td>100</td><td>91</td><td>289</td></tr> <tr><td>GIU</td><td>101</td><td>84</td><td>92</td><td>277</td></tr> <tr><td>LUG</td><td>34</td><td>33</td><td>67</td><td>134</td></tr> <tr><td>AGO</td><td>43</td><td>34</td><td>78</td><td>155</td></tr> <tr><td>SET</td><td>68</td><td>85</td><td>66</td><td>219</td></tr> <tr><td>OTT</td><td>85</td><td>117</td><td>83</td><td>285</td></tr> <tr><td>NOV</td><td>105</td><td>104</td><td>106</td><td>315</td></tr> <tr><td>DIC</td><td>92</td><td>144</td><td>137</td><td>373</td></tr> <tr><td>TOT FASCE</td><td>1039</td><td>1189</td><td>1102</td><td>3330</td></tr> </tbody> </table>					CONSUMI	F1	F2	F3	TOT MESE	GEN	116	124	119	359	FEB	105	123	90	318	MAR	97	128	84	309	APR	95	113	89	297	MAG	98	100	91	289	GIU	101	84	92	277	LUG	34	33	67	134	AGO	43	34	78	155	SET	68	85	66	219	OTT	85	117	83	285	NOV	105	104	106	315	DIC	92	144	137	373	TOT FASCE	1039	1189	1102	3330										
CONSUMI	F1	F2	F3	TOT MESE																																																																																
GEN	116	124	119	359																																																																																
FEB	105	123	90	318																																																																																
MAR	97	128	84	309																																																																																
APR	95	113	89	297																																																																																
MAG	98	100	91	289																																																																																
GIU	101	84	92	277																																																																																
LUG	34	33	67	134																																																																																
AGO	43	34	78	155																																																																																
SET	68	85	66	219																																																																																
OTT	85	117	83	285																																																																																
NOV	105	104	106	315																																																																																
DIC	92	144	137	373																																																																																
TOT FASCE	1039	1189	1102	3330																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Costo dell'energia</th> </tr> <tr> <th>MESI/FASCE</th> <th>F1</th> <th>F2</th> <th>F3</th> <th>TOT MESE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>8,44 €</td><td>8,02 €</td><td>7,69 €</td><td>24,16 €</td></tr> <tr><td>FEB</td><td>7,64 €</td><td>7,95 €</td><td>5,82 €</td><td>21,42 €</td></tr> <tr><td>MAR</td><td>7,06 €</td><td>8,28 €</td><td>5,43 €</td><td>20,77 €</td></tr> <tr><td>APR</td><td>7,22 €</td><td>8,25 €</td><td>6,50 €</td><td>21,97 €</td></tr> <tr><td>MAG</td><td>7,45 €</td><td>7,30 €</td><td>6,64 €</td><td>21,40 €</td></tr> <tr><td>GIU</td><td>7,68 €</td><td>6,13 €</td><td>6,72 €</td><td>20,53 €</td></tr> <tr><td>LUG</td><td>2,87 €</td><td>2,51 €</td><td>5,10 €</td><td>10,48 €</td></tr> <tr><td>AGO</td><td>3,63 €</td><td>2,59 €</td><td>5,93 €</td><td>12,15 €</td></tr> <tr><td>SET</td><td>5,74 €</td><td>6,47 €</td><td>5,02 €</td><td>17,23 €</td></tr> <tr><td>OTT</td><td>7,16 €</td><td>8,57 €</td><td>6,08 €</td><td>21,80 €</td></tr> <tr><td>NOV</td><td>8,85 €</td><td>7,61 €</td><td>7,76 €</td><td>24,22 €</td></tr> <tr><td>DIC</td><td>7,75 €</td><td>10,54 €</td><td>10,03 €</td><td>28,32 €</td></tr> <tr><td>TOT FASCE</td><td>81,50 €</td><td>84,22 €</td><td>78,72 €</td><td></td></tr> <tr><td colspan="5" style="text-align: center;">244,441 €</td></tr> </tbody> </table>					Costo dell'energia					MESI/FASCE	F1	F2	F3	TOT MESE	GEN	8,44 €	8,02 €	7,69 €	24,16 €	FEB	7,64 €	7,95 €	5,82 €	21,42 €	MAR	7,06 €	8,28 €	5,43 €	20,77 €	APR	7,22 €	8,25 €	6,50 €	21,97 €	MAG	7,45 €	7,30 €	6,64 €	21,40 €	GIU	7,68 €	6,13 €	6,72 €	20,53 €	LUG	2,87 €	2,51 €	5,10 €	10,48 €	AGO	3,63 €	2,59 €	5,93 €	12,15 €	SET	5,74 €	6,47 €	5,02 €	17,23 €	OTT	7,16 €	8,57 €	6,08 €	21,80 €	NOV	8,85 €	7,61 €	7,76 €	24,22 €	DIC	7,75 €	10,54 €	10,03 €	28,32 €	TOT FASCE	81,50 €	84,22 €	78,72 €		244,441 €				
Costo dell'energia																																																																																				
MESI/FASCE	F1	F2	F3	TOT MESE																																																																																
GEN	8,44 €	8,02 €	7,69 €	24,16 €																																																																																
FEB	7,64 €	7,95 €	5,82 €	21,42 €																																																																																
MAR	7,06 €	8,28 €	5,43 €	20,77 €																																																																																
APR	7,22 €	8,25 €	6,50 €	21,97 €																																																																																
MAG	7,45 €	7,30 €	6,64 €	21,40 €																																																																																
GIU	7,68 €	6,13 €	6,72 €	20,53 €																																																																																
LUG	2,87 €	2,51 €	5,10 €	10,48 €																																																																																
AGO	3,63 €	2,59 €	5,93 €	12,15 €																																																																																
SET	5,74 €	6,47 €	5,02 €	17,23 €																																																																																
OTT	7,16 €	8,57 €	6,08 €	21,80 €																																																																																
NOV	8,85 €	7,61 €	7,76 €	24,22 €																																																																																
DIC	7,75 €	10,54 €	10,03 €	28,32 €																																																																																
TOT FASCE	81,50 €	84,22 €	78,72 €																																																																																	
244,441 €																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Spese per la gestione contatore e trasporto</th> </tr> <tr> <th>FISSE</th> <th>ENERGIA</th> <th>FISSA</th> <th>POTENZA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>FEB</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>MAR</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>APR</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>MAG</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>GIU</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>LUG</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>AGO</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>SET</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>OTT</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>NOV</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td>DIC</td><td>0,008420 €</td><td>1,580000 €</td><td>5,421825 €</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>28,038600 €</td><td>18,960000 €</td><td>65,061900 €</td><td></td></tr> <tr><td colspan="5" style="text-align: center;">112,061 €</td></tr> </tbody> </table>					Spese per la gestione contatore e trasporto					FISSE	ENERGIA	FISSA	POTENZA		GEN	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		FEB	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		MAR	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		APR	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		MAG	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		GIU	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		LUG	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		AGO	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		SET	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		OTT	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		NOV	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €		DIC	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €			28,038600 €	18,960000 €	65,061900 €		112,061 €				
Spese per la gestione contatore e trasporto																																																																																				
FISSE	ENERGIA	FISSA	POTENZA																																																																																	
GEN	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
FEB	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
MAR	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
APR	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
MAG	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
GIU	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
LUG	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
AGO	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
SET	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
OTT	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
NOV	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
DIC	0,008420 €	1,580000 €	5,421825 €																																																																																	
	28,038600 €	18,960000 €	65,061900 €																																																																																	
112,061 €																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Costo unitario per la materia energia</th> </tr> <tr> <th>Trimestri</th> <th>F1</th> <th>F2</th> <th>F3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>0,072800 €</td><td>0,064660 €</td><td>0,064660 €</td><td></td></tr> <tr><td>FEB</td><td>0,072800 €</td><td>0,064660 €</td><td>0,064660 €</td><td></td></tr> <tr><td>MAR</td><td>0,072800 €</td><td>0,064660 €</td><td>0,064660 €</td><td></td></tr> <tr><td>APR</td><td>0,076030 €</td><td>0,073010 €</td><td>0,073010 €</td><td></td></tr> <tr><td>MAG</td><td>0,076030 €</td><td>0,073010 €</td><td>0,073010 €</td><td></td></tr> <tr><td>GIU</td><td>0,076030 €</td><td>0,073010 €</td><td>0,073010 €</td><td></td></tr> <tr><td>LUG</td><td>0,084410 €</td><td>0,076070 €</td><td>0,076070 €</td><td></td></tr> <tr><td>AGO</td><td>0,084410 €</td><td>0,076070 €</td><td>0,076070 €</td><td></td></tr> <tr><td>SET</td><td>0,084410 €</td><td>0,076070 €</td><td>0,076070 €</td><td></td></tr> <tr><td>OTT</td><td>0,084260 €</td><td>0,073210 €</td><td>0,073210 €</td><td></td></tr> <tr><td>NOV</td><td>0,084260 €</td><td>0,073210 €</td><td>0,073210 €</td><td></td></tr> <tr><td>DIC</td><td>0,084260 €</td><td>0,073210 €</td><td>0,073210 €</td><td></td></tr> </tbody> </table>					Costo unitario per la materia energia					Trimestri	F1	F2	F3		GEN	0,072800 €	0,064660 €	0,064660 €		FEB	0,072800 €	0,064660 €	0,064660 €		MAR	0,072800 €	0,064660 €	0,064660 €		APR	0,076030 €	0,073010 €	0,073010 €		MAG	0,076030 €	0,073010 €	0,073010 €		GIU	0,076030 €	0,073010 €	0,073010 €		LUG	0,084410 €	0,076070 €	0,076070 €		AGO	0,084410 €	0,076070 €	0,076070 €		SET	0,084410 €	0,076070 €	0,076070 €		OTT	0,084260 €	0,073210 €	0,073210 €		NOV	0,084260 €	0,073210 €	0,073210 €		DIC	0,084260 €	0,073210 €	0,073210 €											
Costo unitario per la materia energia																																																																																				
Trimestri	F1	F2	F3																																																																																	
GEN	0,072800 €	0,064660 €	0,064660 €																																																																																	
FEB	0,072800 €	0,064660 €	0,064660 €																																																																																	
MAR	0,072800 €	0,064660 €	0,064660 €																																																																																	
APR	0,076030 €	0,073010 €	0,073010 €																																																																																	
MAG	0,076030 €	0,073010 €	0,073010 €																																																																																	
GIU	0,076030 €	0,073010 €	0,073010 €																																																																																	
LUG	0,084410 €	0,076070 €	0,076070 €																																																																																	
AGO	0,084410 €	0,076070 €	0,076070 €																																																																																	
SET	0,084410 €	0,076070 €	0,076070 €																																																																																	
OTT	0,084260 €	0,073210 €	0,073210 €																																																																																	
NOV	0,084260 €	0,073210 €	0,073210 €																																																																																	
DIC	0,084260 €	0,073210 €	0,073210 €																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Spese fisse per la materia energia</th> </tr> <tr> <th>GEN-MAR</th> <th>APR-GIU</th> <th>LUG-SET</th> <th>OTT-DIC</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8,510625 €</td><td>8,660850 €</td><td>8,660850 €</td><td>8,660850 €</td><td></td></tr> <tr><td colspan="5" style="text-align: center;">34,493 €</td></tr> </tbody> </table>					Spese fisse per la materia energia					GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC		8,510625 €	8,660850 €	8,660850 €	8,660850 €		34,493 €																																																																
Spese fisse per la materia energia																																																																																				
GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC																																																																																	
8,510625 €	8,660850 €	8,660850 €	8,660850 €																																																																																	
34,493 €																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">SCAGLIONI</th> </tr> <tr> <th></th> <th>I</th> <th>II</th> <th>TOT MESE</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>153</td><td>206</td><td>359</td><td></td></tr> <tr><td>FEB</td><td>138</td><td>180</td><td>318</td><td></td></tr> <tr><td>MAR</td><td>153</td><td>156</td><td>309</td><td></td></tr> <tr><td>APR</td><td>148</td><td>149</td><td>297</td><td></td></tr> <tr><td>MAG</td><td>153</td><td>136</td><td>289</td><td></td></tr> <tr><td>GIU</td><td>148</td><td>129</td><td>277</td><td></td></tr> <tr><td>LUG</td><td>134</td><td>0</td><td>134</td><td></td></tr> <tr><td>AGO</td><td>153</td><td>2</td><td>155</td><td></td></tr> <tr><td>SET</td><td>148</td><td>71</td><td>219</td><td></td></tr> <tr><td>OTT</td><td>153</td><td>132</td><td>285</td><td></td></tr> <tr><td>NOV</td><td>148</td><td>167</td><td>315</td><td></td></tr> <tr><td>DIC</td><td>153</td><td>220</td><td>373</td><td></td></tr> <tr><td>TOT FASCE</td><td>1782</td><td>1548</td><td>3330</td><td></td></tr> </tbody> </table>					SCAGLIONI						I	II	TOT MESE		GEN	153	206	359		FEB	138	180	318		MAR	153	156	309		APR	148	149	297		MAG	153	136	289		GIU	148	129	277		LUG	134	0	134		AGO	153	2	155		SET	148	71	219		OTT	153	132	285		NOV	148	167	315		DIC	153	220	373		TOT FASCE	1782	1548	3330						
SCAGLIONI																																																																																				
	I	II	TOT MESE																																																																																	
GEN	153	206	359																																																																																	
FEB	138	180	318																																																																																	
MAR	153	156	309																																																																																	
APR	148	149	297																																																																																	
MAG	153	136	289																																																																																	
GIU	148	129	277																																																																																	
LUG	134	0	134																																																																																	
AGO	153	2	155																																																																																	
SET	148	71	219																																																																																	
OTT	153	132	285																																																																																	
NOV	148	167	315																																																																																	
DIC	153	220	373																																																																																	
TOT FASCE	1782	1548	3330																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Dispacciamento</th> </tr> <tr> <th>FISSE</th> <th>1° scaglione</th> <th>2° scaglione</th> <th>TOT MESE</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>0,002720 €</td><td>0,005830 €</td><td>359</td><td></td></tr> <tr><td>FEB</td><td>153</td><td>206</td><td>318</td><td></td></tr> <tr><td>MAR</td><td>153</td><td>156</td><td>309</td><td></td></tr> <tr><td>APR</td><td>148</td><td>149</td><td>297</td><td></td></tr> <tr><td>MAG</td><td>153</td><td>136</td><td>289</td><td></td></tr> <tr><td>GIU</td><td>148</td><td>129</td><td>277</td><td></td></tr> <tr><td>LUG</td><td>134</td><td>0</td><td>134</td><td></td></tr> <tr><td>AGO</td><td>153</td><td>2</td><td>155</td><td></td></tr> <tr><td>SET</td><td>148</td><td>71</td><td>219</td><td></td></tr> <tr><td>OTT</td><td>153</td><td>132</td><td>285</td><td></td></tr> <tr><td>NOV</td><td>148</td><td>167</td><td>315</td><td></td></tr> <tr><td>DIC</td><td>153</td><td>220</td><td>373</td><td></td></tr> <tr><td>SUBTOT SCAGL</td><td>4,847040 €</td><td>9,024840 €</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="5" style="text-align: center;">13,872 €</td></tr> </tbody> </table>					Dispacciamento					FISSE	1° scaglione	2° scaglione	TOT MESE		GEN	0,002720 €	0,005830 €	359		FEB	153	206	318		MAR	153	156	309		APR	148	149	297		MAG	153	136	289		GIU	148	129	277		LUG	134	0	134		AGO	153	2	155		SET	148	71	219		OTT	153	132	285		NOV	148	167	315		DIC	153	220	373		SUBTOT SCAGL	4,847040 €	9,024840 €			13,872 €				
Dispacciamento																																																																																				
FISSE	1° scaglione	2° scaglione	TOT MESE																																																																																	
GEN	0,002720 €	0,005830 €	359																																																																																	
FEB	153	206	318																																																																																	
MAR	153	156	309																																																																																	
APR	148	149	297																																																																																	
MAG	153	136	289																																																																																	
GIU	148	129	277																																																																																	
LUG	134	0	134																																																																																	
AGO	153	2	155																																																																																	
SET	148	71	219																																																																																	
OTT	153	132	285																																																																																	
NOV	148	167	315																																																																																	
DIC	153	220	373																																																																																	
SUBTOT SCAGL	4,847040 €	9,024840 €																																																																																		
13,872 €																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Spese per oneri di sistema</th> </tr> <tr> <th>ENERGIA</th> <th>1° scaglione</th> <th>2° scaglione</th> <th>TOT</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>153</td><td>206</td><td>359</td><td></td></tr> <tr><td>FEB</td><td>138</td><td>180</td><td>318</td><td></td></tr> <tr><td>MAR</td><td>153</td><td>156</td><td>309</td><td></td></tr> <tr><td>APR</td><td>148</td><td>149</td><td>297</td><td></td></tr> <tr><td>MAG</td><td>153</td><td>136</td><td>289</td><td></td></tr> <tr><td>GIU</td><td>148</td><td>129</td><td>277</td><td></td></tr> <tr><td>LUG</td><td>134</td><td>0</td><td>134</td><td></td></tr> <tr><td>AGO</td><td>153</td><td>2</td><td>155</td><td></td></tr> <tr><td>SET</td><td>148</td><td>71</td><td>219</td><td></td></tr> <tr><td>OTT</td><td>153</td><td>132</td><td>285</td><td></td></tr> <tr><td>NOV</td><td>148</td><td>167</td><td>315</td><td></td></tr> <tr><td>DIC</td><td>153</td><td>220</td><td>373</td><td></td></tr> <tr><td>SUBTOT SCAGL</td><td>46,987284 €</td><td>90,197436 €</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="5" style="text-align: center;">137,185 €</td></tr> </tbody> </table>					Spese per oneri di sistema					ENERGIA	1° scaglione	2° scaglione	TOT		GEN	153	206	359		FEB	138	180	318		MAR	153	156	309		APR	148	149	297		MAG	153	136	289		GIU	148	129	277		LUG	134	0	134		AGO	153	2	155		SET	148	71	219		OTT	153	132	285		NOV	148	167	315		DIC	153	220	373		SUBTOT SCAGL	46,987284 €	90,197436 €			137,185 €				
Spese per oneri di sistema																																																																																				
ENERGIA	1° scaglione	2° scaglione	TOT																																																																																	
GEN	153	206	359																																																																																	
FEB	138	180	318																																																																																	
MAR	153	156	309																																																																																	
APR	148	149	297																																																																																	
MAG	153	136	289																																																																																	
GIU	148	129	277																																																																																	
LUG	134	0	134																																																																																	
AGO	153	2	155																																																																																	
SET	148	71	219																																																																																	
OTT	153	132	285																																																																																	
NOV	148	167	315																																																																																	
DIC	153	220	373																																																																																	
SUBTOT SCAGL	46,987284 €	90,197436 €																																																																																		
137,185 €																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Accisa sull'energia elettrica</th> <th colspan="2">COSTO ONERI DI SISTEMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,022700 €</td> <td>Oltre 150 kWh</td> <td colspan="2">1° trimestre</td> </tr> <tr> <td>GEN</td> <td>4,744300 €</td> <td>1° scaglione</td> <td>2° scaglione</td> </tr> <tr> <td>FEB</td> <td>3,813600 €</td> <td>0,027092 €</td> <td>0,059642 €</td> </tr> <tr> <td>MAR</td> <td>3,609300 €</td> <td colspan="2">2° trimestre</td> </tr> <tr> <td>APR</td> <td>3,336900 €</td> <td>1° scaglione</td> <td>2° scaglione</td> </tr> <tr> <td>MAG</td> <td>3,155300 €</td> <td>0,025822 €</td> <td>0,057062 €</td> </tr> <tr> <td>GIU</td> <td>2,882900 €</td> <td colspan="2">3° trimestre</td> </tr> <tr> <td>LUG</td> <td>- €</td> <td>1° scaglione</td> <td>2° scaglione</td> </tr> <tr> <td>AGO</td> <td>0,113500 €</td> <td>0,025822 €</td> <td>0,057062 €</td> </tr> <tr> <td>SET</td> <td>1,566300 €</td> <td colspan="2">4° trimestre</td> </tr> <tr> <td>OTT</td> <td>3,064500 €</td> <td>1° scaglione</td> <td>2° scaglione</td> </tr> <tr> <td>NOV</td> <td>3,745500 €</td> <td>0,026722 €</td> <td>0,057962 €</td> </tr> <tr> <td>DIC</td> <td>5,062100 €</td> <td colspan="2">IMPONIBILE</td> </tr> <tr> <td>TOT</td> <td>35,094200 €</td> <td colspan="2">542,051 €</td> </tr> <tr> <td colspan="2">35,094 €</td> <td colspan="2">IMPOSTE</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">54,21 €</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Totale spese per l'energia elettrica nell'anno 2017</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">631,35 €</td> </tr> </tbody> </table>					Accisa sull'energia elettrica		COSTO ONERI DI SISTEMA		0,022700 €	Oltre 150 kWh	1° trimestre		GEN	4,744300 €	1° scaglione	2° scaglione	FEB	3,813600 €	0,027092 €	0,059642 €	MAR	3,609300 €	2° trimestre		APR	3,336900 €	1° scaglione	2° scaglione	MAG	3,155300 €	0,025822 €	0,057062 €	GIU	2,882900 €	3° trimestre		LUG	- €	1° scaglione	2° scaglione	AGO	0,113500 €	0,025822 €	0,057062 €	SET	1,566300 €	4° trimestre		OTT	3,064500 €	1° scaglione	2° scaglione	NOV	3,745500 €	0,026722 €	0,057962 €	DIC	5,062100 €	IMPONIBILE		TOT	35,094200 €	542,051 €		35,094 €		IMPOSTE				54,21 €		Totale spese per l'energia elettrica nell'anno 2017				631,35 €							
Accisa sull'energia elettrica		COSTO ONERI DI SISTEMA																																																																																		
0,022700 €	Oltre 150 kWh	1° trimestre																																																																																		
GEN	4,744300 €	1° scaglione	2° scaglione																																																																																	
FEB	3,813600 €	0,027092 €	0,059642 €																																																																																	
MAR	3,609300 €	2° trimestre																																																																																		
APR	3,336900 €	1° scaglione	2° scaglione																																																																																	
MAG	3,155300 €	0,025822 €	0,057062 €																																																																																	
GIU	2,882900 €	3° trimestre																																																																																		
LUG	- €	1° scaglione	2° scaglione																																																																																	
AGO	0,113500 €	0,025822 €	0,057062 €																																																																																	
SET	1,566300 €	4° trimestre																																																																																		
OTT	3,064500 €	1° scaglione	2° scaglione																																																																																	
NOV	3,745500 €	0,026722 €	0,057962 €																																																																																	
DIC	5,062100 €	IMPONIBILE																																																																																		
TOT	35,094200 €	542,051 €																																																																																		
35,094 €		IMPOSTE																																																																																		
		54,21 €																																																																																		
Totale spese per l'energia elettrica nell'anno 2017																																																																																				
631,35 €																																																																																				

Figura 3.9: Dettaglio di costo per l'energia elettrica prelevata nell'anno 2017

3.2.2 L'introduzione dell'impianto fotovoltaico e l'impatto sui consumi: analisi del risparmio in bolletta attraverso l'autoconsumo

Nel 2018 viene attivata la convenzione di SSP per l'unità produttiva installata. Per tutto l'anno solare (ad eccezione del mese di gennaio e della prima settimana di febbraio quando l'impianto non era ancora stato attivato) l'utente scambierà energia elettrica prodotta dal proprio impianto con la rete alla quale rimane connesso. Ad ogni modo continuerà a pagare, per i consumi effettuati nelle ore di assenza di luce, il proprio gestore del servizio di distribuzione di energia elettrica.

Proprio per questo motivo, ciascun "utente-produttore" sarà incentivato a sfruttare l'energia prodotta dall'impianto, in parte o in toto, per ridurre l'importo dovuto per il prelievo dalla rete. È qui che entra in gioco il concetto di **autoconsumo**: si riesce ad incrementare il risparmio in bolletta tanto più quanto si utilizza la propria energia generata dal campo fotovoltaico.

L'autoconsumo è una delle forme di valutazione della redditività di un impianto fotovoltaico ed è anche un indice di utilizzo dello stesso. Utilizzare la propria energia prodotta conviene di più che immetterla in rete, anche a seguito di remunerazione. Ricordando che il regime di SSP funziona "a compensazione", seguirà un esempio pratico con i dati ricavati dalla produzione nell'anno solare 2018 che ne illustrerà meglio il concetto.

Al 31 dicembre 2018 l'impianto fotovoltaico ha prodotto 4269,68 kWh. L'energia non autoconsumata e immessa in rete è stata di 3182 kWh, quindi i consumi dall'inizio attività sono stati pari 1920 kWh. Da una banale operazione di differenza, potremmo dedurre che la parte di energia immessa abbia prodotto un discreto surplus e quindi un cospicuo ricavo dalla vendita di energia al GSE. Per quanto possa sembrare verosimile, questa ipotesi non è del tutto corretta.

Sebbene, come abbiamo precedentemente visto, il contributo in conto scambio tiene conto della valorizzazione dell'energia immessa in rete, lo SSP funziona appunto a compensazione poiché della quota di energia immessa il GSE rimborserà (fino a coprire i prelievi effettuati sullo stesso arco temporale) solamente i costi dovuti a oneri di gestione e trasporto dell'energia, servizi di dispacciamento. Qualora le immissioni superino i prelievi a fine anno, il

GSE allora valorizzerà questa differenza con un prezzo zonale ricavato dalla borsa elettrica per ogni zona di interesse.

Dai calcoli effettuati per i consumi avuti nel 2018, risulta che il totale esborso per il prelievo di energia è stato di 503,80€. Si potrebbe quindi pensare che il risparmio "medio" sia stato di circa 140€, azzardando una media tra le differenze nei consumi dei tre anni di osservazione. Questo calcolo è concettualmente sbagliato, poiché i consumi non sono assoluti nel tempo ma variano sia con le tariffe imposte trimestralmente dall'autorità (in regime di maggior tutela) che con le abitudini familiari.

Andiamo quindi a "valorizzare" il risparmio effettuando una stima di quelli che sarebbero stati i costi in bolletta, considerando cioè la quota di autoconsumo come energia prelevata dalla rete qualora l'impianto non fosse stato realizzato. Dai dati raccolti, le immissioni registrate dal gestore del servizio di distribuzione elettrica sono state:

Mese	F1	F2	F3	Totali
Gennaio	0	0	0	0
Febbraio	80,999	16	13,999	110,998
Marzo	200,999	39,999	32,999	273,997
Aprile	267,999	37	96	400,999
Maggio	279	55,999	70,999	405,998
Giugno	143	36,999	35	214,999
Luglio	324,999	74	80,999	479,998
Agosto	231,999	53	60	344,999
Settembre	242,999	73	57	372,999
Ottobre	170,28	27,431	25,987	223,698
Novembre	152,464	10,392	29,315	192,171
Dicembre	114,262	8,18	38,702	161,144
Totale	2209 kWh	432 kWh	541 kWh	3182 kWh

Tabella 3.6: Immissioni registrate nell'anno 2018 per ciascuna fascia oraria

Per differenza tra la produzione e le immissioni ricaviamo i valori di autoconsumo registrati nelle diverse fasce orarie:

Mese	F1	F2	F3	Totali
Gennaio	0	0	0	0
Febbraio	22,4546	20,555	19,173	62,182
Marzo	39,0545	53,519	35,679	128,253
Aprile	29,7163	73,961	44,244	147,921
Maggio	14,2597	68,13	54,662	137,052
Giugno	18,1439	56,009	43,388	117,541
Luglio	13,495	27,99	33,487	74,972
Agosto	1,01503	8,6277	24,868	34,511
Settembre	24,8328	26,294	48,205	99,331
Ottobre	14,5588	45,975	53,638	114,172
Novembre	17,3705	37,636	25,412	80,419
Dicembre	19,7357	41,406	30,184	91,326
Totale	214,637 kWh	460,1 kWh	412,94 kWh	1087,68 kWh

Tabella 3.7: Autoconsumo registrato nell'anno 2018 per ciascuna fascia oraria

A questo punto, non ci resta che sommare l'autoconsumo ai prelievi registrati per ottenere il consumo di energia totale. Fatto ciò, possiamo calcolare la stima dei costi previsti per il fabbisogno totale (autoconsumi e prelievi) con il modello utilizzato per i calcoli dei costi in bolletta dei precedenti anni, variando correttamente le tariffe imposte dall'Autorità nei relativi periodi. Così facendo otteniamo l'ammontare della spesa di energia elettrica se l'impianto fotovoltaico non fosse stato realizzato³.

Nelle due figure seguenti sono riassunti i dettagli di costo in bolletta nei due casi, in presenza e in ipotesi di assenza di impianto fotovoltaico.

³Possiamo ipotizzare che la stima del costo in bolletta per il 2018 sia verosimile poiché per tutto l'anno solare non sono stati sostituiti i dispositivi alimentati a gas con quelli di alimentazione elettrica (come ad esempio piastre ad induzione o boiler elettrico per l'acqua calda), perciò gli elettrodomestici sono rimasti gli stessi dal 2017.

CONSUMI	F1	F2	F3	TOT MESE
GEN	130	119	111	360
FEB	81	111	74	266
MAR	45	112	67	224
APR	18	86	69	173
MAG	23	71	55	149
GIU	27	56	67	150
LUG	2	17	49	68
AGO	17	18	33	68
SET	19	60	70	149
OTT	54	117	79	250
NOV	51	107	78	236
DIC	56	108	116	280
TOT FASCE	523	982	868	2373

Costo unitario per la materia energia			
Trimestri	F1	F2	F3
GEN	0,091210 €	0,079380 €	0,079380 €
FEB	0,091210 €	0,079380 €	0,079380 €
MAR	0,091210 €	0,079380 €	0,079380 €
APR	0,070320 €	0,064650 €	0,064650 €
MAG	0,070320 €	0,064650 €	0,064650 €
GIU	0,070320 €	0,064650 €	0,064650 €
LUG	0,096980 €	0,083630 €	0,083630 €
AGO	0,096980 €	0,083630 €	0,083630 €
SET	0,096980 €	0,083630 €	0,083630 €
OTT	0,106350 €	0,099900 €	0,099900 €
NOV	0,106350 €	0,099900 €	0,099900 €
DIC	0,106350 €	0,099900 €	0,099900 €

Costo dell'energia				
MESI/FASCE	F1	F2	F3	TOT MESE
GEN	11,86 €	9,45 €	8,81 €	30,11 €
FEB	7,39 €	8,81 €	5,87 €	22,07 €
MAR	4,10 €	8,89 €	5,32 €	18,31 €
APR	1,27 €	5,56 €	4,46 €	11,29 €
MAG	1,62 €	4,59 €	3,56 €	9,76 €
GIU	1,90 €	3,62 €	4,33 €	9,85 €
LUG	0,19 €	1,42 €	4,10 €	5,71 €
AGO	1,65 €	1,51 €	2,76 €	5,91 €
SET	1,84 €	5,02 €	5,85 €	12,71 €
OTT	5,74 €	11,69 €	7,89 €	25,32 €
NOV	5,42 €	10,69 €	7,79 €	23,91 €
DIC	5,96 €	10,79 €	11,59 €	28,33 €
TOT FASCE	48,94 €	82,03 €	72,34 €	
	203,306 €			

Spese fisse per la materia energia			
GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC
8,699950 €	8,699950 €	8,699950 €	8,699950 €
34,7998 €			

SCAGLIONI	I	II	TOT MESE
GEN	153	207	360
FEB	139	127	266
MAR	153	71	224
APR	144	29	173
MAG	149	0	149
GIU	147	3	150
LUG	68	0	68
AGO	68	0	68
SET	148	1	149
OTT	153	97	250
NOV	148	88	236
DIC	132	148	280
TOT FASCE	1602	771	2373

Spese per la gestione contatore e trasporto			
FISSE	ENERGIA	FISSA	POTENZA
GEN	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
FEB	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
MAR	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
APR	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
MAG	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
GIU	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
LUG	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
AGO	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
SET	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
OTT	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
NOV	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
DIC	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €
	18,651780 €	19,320000 €	63,882000 €
	101,854 €		

Dispacciamento	1° scaglione	2° scaglione	TOT MESE
FISSE	0,002690 €	0,006190 €	
GEN	153	207	360
FEB	139	127	266
MAR	153	71	224
APR	144	29	173
MAG	149	0	149
GIU	147	3	150
LUG	68	0	68
AGO	68	0	68
SET	148	1	149
OTT	153	97	250
NOV	148	88	236
DIC	132	148	280
SUBTOT SCAGL	4,309380 €	4,772490 €	
	9,082 €		

Accisa sull'energia elettrica	
0,022700 €	Oltre 150 kWh
GEN	4,767000 €
FEB	2,633200 €
MAR	1,679800 €
APR	0,522100 €
MAG	- €
GIU	- €
LUG	- €
AGO	- €
SET	- €
OTT	2,270000 €
NOV	1,952200 €
DIC	2,951000 €
TOT	16,775300 €
	16,775 €

COSTO ONERI DI SISTEMA	
1° trimestre	
1° scaglione	2° scaglione
0,028250 €	0,065092 €
2° trimestre	
1° scaglione	2° scaglione
0,028904 €	0,069972 €
3° trimestre	
1° scaglione	2° scaglione
0,020626 €	0,055465 €
4° trimestre	
1° scaglione	2° scaglione
0,028250 €	0,065092 €

IMPONIBILE	442,752 €
IMPOSTE	44,28 €

Totale spese per l'energia elettrica nell'anno 2018	503,80 €
---	----------

Spese per oneri di sistema			
ENERGIA	1° scaglione	2° scaglione	TOT
GEN	153	207	360
FEB	139	127	266
MAR	153	71	224
APR	144	29	173
MAG	149	0	149
GIU	147	3	150
LUG	68	0	68
AGO	68	0	68
SET	148	1	149
OTT	153	97	250
NOV	148	88	236
DIC	132	148	280
SUBTOT SCAGL	43,379044 €	50,332465 €	
	93,712 €		

Figura 3.10: Dettaglio di costo per l'energia elettrica prelevata nell'anno 2018

2018 senza impianto																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CONSUMI</th> <th>F1</th> <th>F2</th> <th>F3</th> <th>TOT MESE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>130</td><td>119</td><td>111</td><td>360</td></tr> <tr><td>FEB</td><td>103,4546111</td><td>131,5546056</td><td>93,17278333</td><td>328,182</td></tr> <tr><td>MAR</td><td>84,05448496</td><td>165,519109</td><td>102,679406</td><td>352,253</td></tr> <tr><td>APR</td><td>47,71627232</td><td>159,9605</td><td>113,2442277</td><td>320,921</td></tr> <tr><td>MAG</td><td>37,25974566</td><td>139,129896</td><td>109,6623584</td><td>286,052</td></tr> <tr><td>GIU</td><td>45,14391275</td><td>112,0094698</td><td>110,3876174</td><td>267,541</td></tr> <tr><td>LUG</td><td>15,49496</td><td>44,98954667</td><td>82,48749333</td><td>142,972</td></tr> <tr><td>AGO</td><td>18,01502941</td><td>26,62775</td><td>57,86822059</td><td>102,511</td></tr> <tr><td>SET</td><td>43,83275</td><td>86,2935</td><td>118,20475</td><td>248,331</td></tr> <tr><td>OTT</td><td>68,55884564</td><td>162,975302</td><td>132,6378523</td><td>364,172</td></tr> <tr><td>NOV</td><td>68,370504</td><td>144,636092</td><td>103,412404</td><td>316,419</td></tr> <tr><td>DIC</td><td>75,73570339</td><td>149,4062797</td><td>146,1840169</td><td>371,326</td></tr> <tr><td>TOT FASCE</td><td>737,6368193</td><td>1442,102051</td><td>1280,94113</td><td>3460,68</td></tr> </tbody> </table>					CONSUMI	F1	F2	F3	TOT MESE	GEN	130	119	111	360	FEB	103,4546111	131,5546056	93,17278333	328,182	MAR	84,05448496	165,519109	102,679406	352,253	APR	47,71627232	159,9605	113,2442277	320,921	MAG	37,25974566	139,129896	109,6623584	286,052	GIU	45,14391275	112,0094698	110,3876174	267,541	LUG	15,49496	44,98954667	82,48749333	142,972	AGO	18,01502941	26,62775	57,86822059	102,511	SET	43,83275	86,2935	118,20475	248,331	OTT	68,55884564	162,975302	132,6378523	364,172	NOV	68,370504	144,636092	103,412404	316,419	DIC	75,73570339	149,4062797	146,1840169	371,326	TOT FASCE	737,6368193	1442,102051	1280,94113	3460,68										
CONSUMI	F1	F2	F3	TOT MESE																																																																																
GEN	130	119	111	360																																																																																
FEB	103,4546111	131,5546056	93,17278333	328,182																																																																																
MAR	84,05448496	165,519109	102,679406	352,253																																																																																
APR	47,71627232	159,9605	113,2442277	320,921																																																																																
MAG	37,25974566	139,129896	109,6623584	286,052																																																																																
GIU	45,14391275	112,0094698	110,3876174	267,541																																																																																
LUG	15,49496	44,98954667	82,48749333	142,972																																																																																
AGO	18,01502941	26,62775	57,86822059	102,511																																																																																
SET	43,83275	86,2935	118,20475	248,331																																																																																
OTT	68,55884564	162,975302	132,6378523	364,172																																																																																
NOV	68,370504	144,636092	103,412404	316,419																																																																																
DIC	75,73570339	149,4062797	146,1840169	371,326																																																																																
TOT FASCE	737,6368193	1442,102051	1280,94113	3460,68																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Costo dell'energia</th> </tr> <tr> <th>MESI/FASCE</th> <th>F1</th> <th>F2</th> <th>F3</th> <th>TOT MESE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>11,86 €</td><td>9,45 €</td><td>8,81 €</td><td>30,11 €</td></tr> <tr><td>FEB</td><td>9,44 €</td><td>10,44 €</td><td>7,40 €</td><td>27,27 €</td></tr> <tr><td>MAR</td><td>7,67 €</td><td>13,14 €</td><td>8,15 €</td><td>28,96 €</td></tr> <tr><td>APR</td><td>3,36 €</td><td>10,34 €</td><td>7,32 €</td><td>21,02 €</td></tr> <tr><td>MAG</td><td>2,62 €</td><td>8,99 €</td><td>7,09 €</td><td>18,70 €</td></tr> <tr><td>GIU</td><td>3,17 €</td><td>7,24 €</td><td>7,14 €</td><td>17,55 €</td></tr> <tr><td>LUG</td><td>1,50 €</td><td>3,76 €</td><td>6,90 €</td><td>12,16 €</td></tr> <tr><td>AGO</td><td>1,75 €</td><td>2,23 €</td><td>4,84 €</td><td>8,81 €</td></tr> <tr><td>SET</td><td>4,25 €</td><td>7,22 €</td><td>9,89 €</td><td>21,35 €</td></tr> <tr><td>OTT</td><td>7,29 €</td><td>16,28 €</td><td>13,25 €</td><td>36,82 €</td></tr> <tr><td>NOV</td><td>7,27 €</td><td>14,45 €</td><td>10,33 €</td><td>32,05 €</td></tr> <tr><td>DIC</td><td>8,05 €</td><td>14,93 €</td><td>14,60 €</td><td>37,58 €</td></tr> <tr><td>TOT FASCE</td><td>68,23 €</td><td>118,47 €</td><td>105,71 €</td><td>292,409 €</td></tr> </tbody> </table>					Costo dell'energia					MESI/FASCE	F1	F2	F3	TOT MESE	GEN	11,86 €	9,45 €	8,81 €	30,11 €	FEB	9,44 €	10,44 €	7,40 €	27,27 €	MAR	7,67 €	13,14 €	8,15 €	28,96 €	APR	3,36 €	10,34 €	7,32 €	21,02 €	MAG	2,62 €	8,99 €	7,09 €	18,70 €	GIU	3,17 €	7,24 €	7,14 €	17,55 €	LUG	1,50 €	3,76 €	6,90 €	12,16 €	AGO	1,75 €	2,23 €	4,84 €	8,81 €	SET	4,25 €	7,22 €	9,89 €	21,35 €	OTT	7,29 €	16,28 €	13,25 €	36,82 €	NOV	7,27 €	14,45 €	10,33 €	32,05 €	DIC	8,05 €	14,93 €	14,60 €	37,58 €	TOT FASCE	68,23 €	118,47 €	105,71 €	292,409 €					
Costo dell'energia																																																																																				
MESI/FASCE	F1	F2	F3	TOT MESE																																																																																
GEN	11,86 €	9,45 €	8,81 €	30,11 €																																																																																
FEB	9,44 €	10,44 €	7,40 €	27,27 €																																																																																
MAR	7,67 €	13,14 €	8,15 €	28,96 €																																																																																
APR	3,36 €	10,34 €	7,32 €	21,02 €																																																																																
MAG	2,62 €	8,99 €	7,09 €	18,70 €																																																																																
GIU	3,17 €	7,24 €	7,14 €	17,55 €																																																																																
LUG	1,50 €	3,76 €	6,90 €	12,16 €																																																																																
AGO	1,75 €	2,23 €	4,84 €	8,81 €																																																																																
SET	4,25 €	7,22 €	9,89 €	21,35 €																																																																																
OTT	7,29 €	16,28 €	13,25 €	36,82 €																																																																																
NOV	7,27 €	14,45 €	10,33 €	32,05 €																																																																																
DIC	8,05 €	14,93 €	14,60 €	37,58 €																																																																																
TOT FASCE	68,23 €	118,47 €	105,71 €	292,409 €																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Spese per la gestione contatore e trasporto</th> </tr> <tr> <th>FISSE</th> <th>ENERGIA</th> <th>FISSA</th> <th>POTENZA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>FEB</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>MAR</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>APR</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>MAG</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>GIU</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>LUG</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>AGO</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>SET</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>OTT</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>NOV</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>DIC</td><td>0,007860 €</td><td>1,610000 €</td><td>5,323500 €</td><td></td></tr> <tr><td>TOT FASCE</td><td>27,200945 €</td><td>19,320000 €</td><td>63,882000 €</td><td></td></tr> <tr><td>TOT FASCE</td><td colspan="3">110,403 €</td><td></td></tr> </tbody> </table>					Spese per la gestione contatore e trasporto					FISSE	ENERGIA	FISSA	POTENZA		GEN	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		FEB	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		MAR	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		APR	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		MAG	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		GIU	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		LUG	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		AGO	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		SET	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		OTT	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		NOV	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		DIC	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €		TOT FASCE	27,200945 €	19,320000 €	63,882000 €		TOT FASCE	110,403 €			
Spese per la gestione contatore e trasporto																																																																																				
FISSE	ENERGIA	FISSA	POTENZA																																																																																	
GEN	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
FEB	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
MAR	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
APR	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
MAG	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
GIU	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
LUG	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
AGO	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
SET	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
OTT	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
NOV	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
DIC	0,007860 €	1,610000 €	5,323500 €																																																																																	
TOT FASCE	27,200945 €	19,320000 €	63,882000 €																																																																																	
TOT FASCE	110,403 €																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Costo unitario per la materia energia</th> </tr> <tr> <th>Trimestri</th> <th>F1</th> <th>F2</th> <th>F3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>0,091210 €</td><td>0,079380 €</td><td>0,079380 €</td><td></td></tr> <tr><td>FEB</td><td>0,091210 €</td><td>0,079380 €</td><td>0,079380 €</td><td></td></tr> <tr><td>MAR</td><td>0,091210 €</td><td>0,079380 €</td><td>0,079380 €</td><td></td></tr> <tr><td>APR</td><td>0,070320 €</td><td>0,064650 €</td><td>0,064650 €</td><td></td></tr> <tr><td>MAG</td><td>0,070320 €</td><td>0,064650 €</td><td>0,064650 €</td><td></td></tr> <tr><td>GIU</td><td>0,070320 €</td><td>0,064650 €</td><td>0,064650 €</td><td></td></tr> <tr><td>LUG</td><td>0,096980 €</td><td>0,083630 €</td><td>0,083630 €</td><td></td></tr> <tr><td>AGO</td><td>0,096980 €</td><td>0,083630 €</td><td>0,083630 €</td><td></td></tr> <tr><td>SET</td><td>0,096980 €</td><td>0,083630 €</td><td>0,083630 €</td><td></td></tr> <tr><td>OTT</td><td>0,106350 €</td><td>0,099900 €</td><td>0,099900 €</td><td></td></tr> <tr><td>NOV</td><td>0,106350 €</td><td>0,099900 €</td><td>0,099900 €</td><td></td></tr> <tr><td>DIC</td><td>0,106350 €</td><td>0,099900 €</td><td>0,099900 €</td><td></td></tr> </tbody> </table>					Costo unitario per la materia energia					Trimestri	F1	F2	F3		GEN	0,091210 €	0,079380 €	0,079380 €		FEB	0,091210 €	0,079380 €	0,079380 €		MAR	0,091210 €	0,079380 €	0,079380 €		APR	0,070320 €	0,064650 €	0,064650 €		MAG	0,070320 €	0,064650 €	0,064650 €		GIU	0,070320 €	0,064650 €	0,064650 €		LUG	0,096980 €	0,083630 €	0,083630 €		AGO	0,096980 €	0,083630 €	0,083630 €		SET	0,096980 €	0,083630 €	0,083630 €		OTT	0,106350 €	0,099900 €	0,099900 €		NOV	0,106350 €	0,099900 €	0,099900 €		DIC	0,106350 €	0,099900 €	0,099900 €											
Costo unitario per la materia energia																																																																																				
Trimestri	F1	F2	F3																																																																																	
GEN	0,091210 €	0,079380 €	0,079380 €																																																																																	
FEB	0,091210 €	0,079380 €	0,079380 €																																																																																	
MAR	0,091210 €	0,079380 €	0,079380 €																																																																																	
APR	0,070320 €	0,064650 €	0,064650 €																																																																																	
MAG	0,070320 €	0,064650 €	0,064650 €																																																																																	
GIU	0,070320 €	0,064650 €	0,064650 €																																																																																	
LUG	0,096980 €	0,083630 €	0,083630 €																																																																																	
AGO	0,096980 €	0,083630 €	0,083630 €																																																																																	
SET	0,096980 €	0,083630 €	0,083630 €																																																																																	
OTT	0,106350 €	0,099900 €	0,099900 €																																																																																	
NOV	0,106350 €	0,099900 €	0,099900 €																																																																																	
DIC	0,106350 €	0,099900 €	0,099900 €																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Spese fisse per la materia energia</th> </tr> <tr> <th>GEN-MAR</th> <th>APR-GIU</th> <th>LUG-SET</th> <th>OTT-DIC</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8,699950 €</td><td>8,699950 €</td><td>8,699950 €</td><td>8,699950 €</td><td></td></tr> <tr><td colspan="4">34,7998 €</td><td></td></tr> </tbody> </table>					Spese fisse per la materia energia					GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC		8,699950 €	8,699950 €	8,699950 €	8,699950 €		34,7998 €																																																																
Spese fisse per la materia energia																																																																																				
GEN-MAR	APR-GIU	LUG-SET	OTT-DIC																																																																																	
8,699950 €	8,699950 €	8,699950 €	8,699950 €																																																																																	
34,7998 €																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>SCAGLIONI</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>TOT MESE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>153</td><td>207</td><td>360</td></tr> <tr><td>FEB</td><td>138</td><td>190</td><td>328,182</td></tr> <tr><td>MAR</td><td>153</td><td>199</td><td>352,253</td></tr> <tr><td>APR</td><td>148</td><td>173</td><td>320,921</td></tr> <tr><td>MAG</td><td>153</td><td>133</td><td>286,052</td></tr> <tr><td>GIU</td><td>148</td><td>120</td><td>267,541</td></tr> <tr><td>LUG</td><td>143</td><td>0</td><td>142,972</td></tr> <tr><td>AGO</td><td>103</td><td>0</td><td>102,511</td></tr> <tr><td>SET</td><td>148</td><td>100</td><td>248,331</td></tr> <tr><td>OTT</td><td>153</td><td>211</td><td>364,172</td></tr> <tr><td>NOV</td><td>148</td><td>168</td><td>316,419</td></tr> <tr><td>DIC</td><td>153</td><td>218</td><td>371,326</td></tr> <tr><td>TOT FASCE</td><td>1739,729575</td><td>1720,950425</td><td>3460,68</td></tr> </tbody> </table>					SCAGLIONI	I	II	TOT MESE	GEN	153	207	360	FEB	138	190	328,182	MAR	153	199	352,253	APR	148	173	320,921	MAG	153	133	286,052	GIU	148	120	267,541	LUG	143	0	142,972	AGO	103	0	102,511	SET	148	100	248,331	OTT	153	211	364,172	NOV	148	168	316,419	DIC	153	218	371,326	TOT FASCE	1739,729575	1720,950425	3460,68																								
SCAGLIONI	I	II	TOT MESE																																																																																	
GEN	153	207	360																																																																																	
FEB	138	190	328,182																																																																																	
MAR	153	199	352,253																																																																																	
APR	148	173	320,921																																																																																	
MAG	153	133	286,052																																																																																	
GIU	148	120	267,541																																																																																	
LUG	143	0	142,972																																																																																	
AGO	103	0	102,511																																																																																	
SET	148	100	248,331																																																																																	
OTT	153	211	364,172																																																																																	
NOV	148	168	316,419																																																																																	
DIC	153	218	371,326																																																																																	
TOT FASCE	1739,729575	1720,950425	3460,68																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Spese per oneri di sistema</th> </tr> <tr> <th>ENERGIA</th> <th>1° scaglione</th> <th>2° scaglione</th> <th>TOT</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>153</td><td>207</td><td>360</td><td></td></tr> <tr><td>FEB</td><td>138</td><td>190</td><td>328,182</td><td></td></tr> <tr><td>MAR</td><td>153</td><td>199</td><td>352,253</td><td></td></tr> <tr><td>APR</td><td>148</td><td>173</td><td>320,921</td><td></td></tr> <tr><td>MAG</td><td>153</td><td>133</td><td>286,052</td><td></td></tr> <tr><td>GIU</td><td>148</td><td>120</td><td>267,541</td><td></td></tr> <tr><td>LUG</td><td>143</td><td>0</td><td>142,972</td><td></td></tr> <tr><td>AGO</td><td>103</td><td>0</td><td>102,511</td><td></td></tr> <tr><td>SET</td><td>148</td><td>100</td><td>248,331</td><td></td></tr> <tr><td>OTT</td><td>153</td><td>211</td><td>364,172</td><td></td></tr> <tr><td>NOV</td><td>148</td><td>168</td><td>316,419</td><td></td></tr> <tr><td>DIC</td><td>153</td><td>218</td><td>371,326</td><td></td></tr> <tr><td>SUBTOT SCAGL</td><td>46,441358 €</td><td>113,1313 €</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="4">159,573 €</td><td></td></tr> </tbody> </table>					Spese per oneri di sistema					ENERGIA	1° scaglione	2° scaglione	TOT		GEN	153	207	360		FEB	138	190	328,182		MAR	153	199	352,253		APR	148	173	320,921		MAG	153	133	286,052		GIU	148	120	267,541		LUG	143	0	142,972		AGO	103	0	102,511		SET	148	100	248,331		OTT	153	211	364,172		NOV	148	168	316,419		DIC	153	218	371,326		SUBTOT SCAGL	46,441358 €	113,1313 €			159,573 €				
Spese per oneri di sistema																																																																																				
ENERGIA	1° scaglione	2° scaglione	TOT																																																																																	
GEN	153	207	360																																																																																	
FEB	138	190	328,182																																																																																	
MAR	153	199	352,253																																																																																	
APR	148	173	320,921																																																																																	
MAG	153	133	286,052																																																																																	
GIU	148	120	267,541																																																																																	
LUG	143	0	142,972																																																																																	
AGO	103	0	102,511																																																																																	
SET	148	100	248,331																																																																																	
OTT	153	211	364,172																																																																																	
NOV	148	168	316,419																																																																																	
DIC	153	218	371,326																																																																																	
SUBTOT SCAGL	46,441358 €	113,1313 €																																																																																		
159,573 €																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Accisa sull'energia elettrica</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Oltre 150 kWh</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GEN</td><td>4,767000 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>FEB</td><td>4,044731 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MAR</td><td>4,591143 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>APR</td><td>3,879907 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MAG</td><td>3,088380 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>GIU</td><td>2,668181 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>LUG</td><td>- €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>AGO</td><td>- €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>SET</td><td>2,232114 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>OTT</td><td>4,861704 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>NOV</td><td>3,777711 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DIC</td><td>5,024100 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>TOT</td><td>38,934972 €</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="4">38,935 €</td><td></td></tr> </tbody> </table>					Accisa sull'energia elettrica						Oltre 150 kWh				GEN	4,767000 €				FEB	4,044731 €				MAR	4,591143 €				APR	3,879907 €				MAG	3,088380 €				GIU	2,668181 €				LUG	- €				AGO	- €				SET	2,232114 €				OTT	4,861704 €				NOV	3,777711 €				DIC	5,024100 €				TOT	38,934972 €				38,935 €				
Accisa sull'energia elettrica																																																																																				
	Oltre 150 kWh																																																																																			
GEN	4,767000 €																																																																																			
FEB	4,044731 €																																																																																			
MAR	4,591143 €																																																																																			
APR	3,879907 €																																																																																			
MAG	3,088380 €																																																																																			
GIU	2,668181 €																																																																																			
LUG	- €																																																																																			
AGO	- €																																																																																			
SET	2,232114 €																																																																																			
OTT	4,861704 €																																																																																			
NOV	3,777711 €																																																																																			
DIC	5,024100 €																																																																																			
TOT	38,934972 €																																																																																			
38,935 €																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">COSTO ONERI DI SISTEMA</th> </tr> <tr> <th colspan="5">1° trimestre</th> </tr> <tr> <th>1° scaglione</th> <th>2° scaglione</th> <th colspan="3"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,028250 €</td><td>0,065092 €</td><td colspan="3"></td></tr> <tr> <th colspan="5">2° trimestre</th> </tr> <tr><td>1° scaglione</td><td>2° scaglione</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>0,028904 €</td><td>0,069972 €</td><td colspan="3"></td></tr> <tr> <th colspan="5">3° trimestre</th> </tr> <tr><td>1° scaglione</td><td>2° scaglione</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>0,020626 €</td><td>0,055465 €</td><td colspan="3"></td></tr> <tr> <th colspan="5">4° trimestre</th> </tr> <tr><td>1° scaglione</td><td>2° scaglione</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>0,028250 €</td><td>0,065092 €</td><td colspan="3"></td></tr> <tr> <th>IMPONIBILE</th> <td>612,517 €</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <th>IMPOSTE</th> <td>61,25 €</td> <td colspan="3"></td> </tr> </tbody> </table>					COSTO ONERI DI SISTEMA					1° trimestre					1° scaglione	2° scaglione				0,028250 €	0,065092 €				2° trimestre					1° scaglione	2° scaglione				0,028904 €	0,069972 €				3° trimestre					1° scaglione	2° scaglione				0,020626 €	0,055465 €				4° trimestre					1° scaglione	2° scaglione				0,028250 €	0,065092 €				IMPONIBILE	612,517 €				IMPOSTE	61,25 €								
COSTO ONERI DI SISTEMA																																																																																				
1° trimestre																																																																																				
1° scaglione	2° scaglione																																																																																			
0,028250 €	0,065092 €																																																																																			
2° trimestre																																																																																				
1° scaglione	2° scaglione																																																																																			
0,028904 €	0,069972 €																																																																																			
3° trimestre																																																																																				
1° scaglione	2° scaglione																																																																																			
0,020626 €	0,055465 €																																																																																			
4° trimestre																																																																																				
1° scaglione	2° scaglione																																																																																			
0,028250 €	0,065092 €																																																																																			
IMPONIBILE	612,517 €																																																																																			
IMPOSTE	61,25 €																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Totale spese per l'energia elettrica nell'anno 2018</th> <th>712,70 €</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Totale spese per l'energia elettrica nell'anno 2018		712,70 €																																																																													
Totale spese per l'energia elettrica nell'anno 2018		712,70 €																																																																																		

Figura 3.11: Dettaglio di costo per l'energia elettrica prelevata nell'anno 2018, sotto l'ipotesi di assenza di impianto

Possiamo dunque concludere dicendo che l'installazione di un impianto fotovoltaico ha generato un risparmio in bolletta pari a 208,90€ in base ai prelievi e autoconsumi registrati durante il periodo di osservazione.

Come appena analizzato, l'autoconsumo risulta essere una forma di risparmio notevole anche se tuttavia il livello medio in Italia registrato nel 2017 si attesta solamente al 35%[37]. Difatti, con il solo impianto fotovoltaico non è possibile azzerare i costi in bolletta e raggiungere alti valori di autoconsumo, in quanto in giornate di assenza di luce ci si trova costretti a richiedere energia dalla rete, mentre in altre giornate di massima produttività non si riesce ad impiegare tutta l'energia prodotta. All'aumentare della percentuale di autoconsumo, cresceranno i benefici dovuti al risparmio della bolletta elettrica, perciò è opportuno sfruttare tutte le strategie possibili per l'ottimizzazione dei carichi richiesti dalle utenze domestiche. A tal proposito, vedremo nel capitolo successivo due soluzioni già presenti sul mercato che mirano ad accrescere il livello di utilizzo dell'energia prodotta dall'impianto.

Ci occuperemo adesso delle altre due forme di risparmio in materia di fotovoltaico: il contributo in conto scambio e la detrazione fiscale del 50% sugli interventi di efficientamento energetico.

3.2.3 Calcolo del contributo in conto scambio per l'anno 2018

Abbiamo già detto che la convenzione di SSP prevede due corrispettivi in conto scambio: in acconto e in conguaglio. Come si evince dalle formule per il calcolo, i due contributi mirano a valorizzare sia la capacità produttiva dell'impianto (in base quindi alla sua potenza nominale, alla zona geografica di produzione e ad altri valori inerenti la probabilità di utilizzo dell'energia elettrica nelle immediate vicinanze) e l'energia prodotta e immessa in rete dagli impianti alimentati da fonti rinnovabili.

Il primo contributo, in acconto, viene erogato due volte all'anno (per ciascun semestre) e nel nostro esempio pratico è stato valorizzato come segue:

- nel primo semestre, richiamando la formula 3.1, il GSE ha erogato 44,172305€;
- nel secondo semestre, con la formula 3.4, il GSE ha erogato 55,9104€.

Il totale del contributo in conto scambio in acconto ammonta a 100,08€.

Il contributo in conto scambio a conguaglio viene erogato nell'anno successivo a quello

di riferimento, nel nostro caso sarà a fine giugno 2019, perciò dovremo stimarlo attenendoci alle formule fornite dalle Regole Tecniche del GSE. Richiamando la formula 3.5, dobbiamo dunque stimare i quattro parametri principali.

L'onere energia O_E valorizza l'energia prelevata, dalla rete moltiplicandola per il Prezzo Unico Nazionale dell'energia elettrica sulle diverse fasce orarie. Richiamando la formula 3.6 possiamo calcolare l'onere energia sui i dati raccolti.

Facendo riferimento alla tabella del PUN del 2018, applichiamo la formula moltiplicando i valori con i consumi registrati dal contatore di scambio, ottenendo ciò che segue:

PUN	F1	F2	F3	Peak	Off Peak	PUN Balanced
gen-18	0,05596	0,05398	0,04181	0,05605	0,04484	0,049
feb-18	0,0656	0,06148	0,04788	0,06638	0,05179	0,057
mar-18	0,06368	0,06309	0,04788	0,06538	0,05224	0,05691
apr-18	0,05388	0,05615	0,04367	0,05334	0,04726	0,04939
mag-18	0,05909	0,0605	0,04561	0,05884	0,05031	0,05348
giu-18	0,0624	0,06	0,05209	0,0628	0,05426	0,05725
lug-18	0,06665	0,0665	0,05775	0,06717	0,06023	0,06269
ago-18	0,06993	0,07157	0,06403	0,07024	0,066223	0,06771
set-18	0,08282	0,07989	0,06984	0,08429	0,07233	0,07632
ott-18	0,08072	0,07902	0,06554	0,08207	0,06929	0,07393
nov-18	0,07652	0,06972	0,05775	0,07623	0,06099	0,06658
dic-18	0,07465	0,06964	0,05798	0,07338	0,06094	0,06515

Energia Prelevata	F1	F2	F3	Onere Energia	
GEN	0	0	0	GEN	0
FEB	47,52	74,784	49,248	FEB	10,07302656
MAR	44,528	111,72	65,932	MAR	13,040782
APR	17,556	85,86	68,992	APR	8,77983692
MAG	22,264	70,992	53,792	MAG	8,06404888
GIU	26,796	55,432	66,56	GIU	8,4651008
LUG	1,936	16,704	48,544	LUG	4,0432664
AGO	16,456	17,4	32,8	AGO	4,49627008
SET	18,48	59,76	69,12	SET	11,1320808
OTT	54,648	116,708	78,625	OTT	18,78653522
NOV	50,82	107,484	78,08	NOV	15,89165088
DIC	58,996	110,156	121,307	DIC	19,1086951
				TOT Oe	121,8812936

Figura 3.12: Valorizzazione dell'energia prelevata nel 2018 secondo le Regole Tecniche del GSE

L'onere energia, pari a 121,881€, verrà confrontato con il controvalore dell'energia immessa.

Il controvalore dell'energia immessa C_{EI} viene invece calcolato non più sul prezzo unico nazionale, ma sul prezzo zonale determinato sul Mercato del Giorno Prima. Ciò avviene poiché l'energia è effettivamente prodotta in una determinata zona geografica e abbiamo visto nei precedenti paragrafi come le zone siano differenziate in base alla radiazione solare.

Per determinare i valori dei prezzi di equilibrio nel mercato del giorno prima è stato necessario scaricare dal sito del GME il database dei prezzi del MGP riferiti al 2018. Sono dunque stati calcolati tutti i prezzi mensili di interesse della zona Sicilia come media aritmetica dei prezzi orari e successivamente giornalieri, suddivisi poi nelle rispettive fasce orarie e tabellati come segue:

Pz,MGP_m,f	F1	F2	F3
GEN	0,047526	0,068007	0,043464
FEB	0,046900364	0,068943785	0,046787362
MAR	0,036554521	0,062027635	0,044758242
APR	0,035028729	0,054044603	0,04833889
MAG	0,047564632	0,062033591	0,059094386
GIU	0,0432133	0,065402816	0,057789182
LUG	0,052594788	0,083113143	0,072585446
AGO	0,05970311	0,098529092	0,082028347
SET	0,050391323	0,081475762	0,073183286
OTT	0,054091217	0,072575655	0,063668646
NOV	0,050602978	0,069390711	0,056290214
DIC	0,053511426	0,07737252	0,059027259

Energia Immessa	F1	F2	F3
GEN			
FEB	80,999	16	13,999
MAR	200,999	39,999	32,999
APR	267,999	37	96
MAG	279	55,999	70,999
GIU	143	36,999	35
LUG	324,999	74	80,999
AGO	231,999	53	60
SET	242,999	73	57
OTT	170,28	27,431	25,987
NOV	152,464	10,392	29,315
DIC	114,262	8,18	38,702

Controval. En. Imm.	
GEN	0
FEB	5,556959462
MAR	11,30544276
APR	16,02784809
MAG	20,93999368
GIU	10,62196206
LUG	29,1229745
AGO	23,99480459
SET	22,36421902
OTT	12,8560324
NOV	10,08638841
DIC	9,031702813
TOT CeI	171,9083278

Figura 3.13: Valorizzazione dell'energia immessa nel 2018 secondo le Regole Tecniche del GSE

Applicando dunque la formula 3.7 si ottiene che l'energia immessa nell'anno 2018 è stata valorizzata pari a 171,908€.

Il contributo unitario di scambio forfettario riguarda invece le componenti della bolletta che vanno a remunerare quella parte di energia che viene immessa in rete non essendo

utilizzata dal produttore stesso. Infatti, la convenzione di SSP prevede che vengano ristornati i costi sostenuti dall'utente in merito alla gestione e trasporto dell'energia, nonché della componente di dispacciamento (quota reti) e degli oneri generali di sistema (quota ogs).

Gli oneri generali di sistema hanno subito delle modifiche con le delibere 481/2017/R/EEL e 922/2017/R/EEL, in seguito alle quali dal 2018 non vengono più identificate nel vecchio modo ma sono state raggruppate nelle voci A_{SOS} e A_{RIM} , indicando rispettivamente gli oneri relativi al sostegno delle energie rinnovabili e alla cogenerazione e i rimanenti oneri generali. Ai fini del calcolo del CU_{sf} , che ricordando appunto la formula 3.8, tiene conto *"delle componenti unitarie variabili (esprese in c€/kWh) delle tariffe di trasmissione, distribuzione, dispacciamento nonché delle componenti UC3 e UC6"* per la quota reti e degli *"oneri generali di sistema, nonché parti unitarie variabili (esprese in c€/kWh) delle componenti tariffarie A e UC, ad eccezione delle suddette UC3 e UC6"*, siamo interessati a conoscere la componente relativa alle misure di compensazione territoriale (MCT) che va decurtata. La voce è espressamente dichiarata non più dal dettaglio delle tabelle tariffarie che abbiamo visto in precedenza come per la figura 3.4, ma dalle apposite delibere dell'ARERA, consultabili sul sito dell'Autorità[38]. I valori del CU_{sf} mensile e la sua media annuale per l'anno 2018 sono i seguenti:

Cusf 2018	RETI		OGS		TOT Mensile		TOT	
	1° scaglione	2° scaglione						
GEN	0,01929	0,01929	0,028066	0,064908	0,047356	0,084198	0,0433625	0,0802595
FEB	0,01929	0,01929	0,028066	0,064908	0,047356	0,084198		
MAR	0,01929	0,01929	0,028066	0,064908	0,047356	0,084198		
APR	0,01941	0,01941	0,02872	0,069788	0,04813	0,089198		
MAG	0,01941	0,01941	0,02872	0,069788	0,04813	0,089198		
GIU	0,01941	0,01941	0,02872	0,069788	0,04813	0,089198		
LUG	0,01826	0,01826	0,020442	0,055281	0,038702	0,073541		
AGO	0,01826	0,01826	0,020442	0,055281	0,038702	0,073541		
SET	0,01826	0,01826	0,020442	0,055281	0,038702	0,073541		
OTT	0,01882	0,01882	0,020442	0,055281	0,039262	0,074101		
NOV	0,01882	0,01882	0,020442	0,055281	0,039262	0,074101		
DIC	0,01882	0,01882	0,020442	0,055281	0,039262	0,074101		

Figura 3.14: Valori mensili del corrispettivo unitario di scambio forfettario relativi all'anno 2018

Non ci resta che calcolare il valore del CU_{sf} di riferimento alla tipologia di utenza D2 seguendo la formula relativa dalle Regole Tecniche del GSE:

$$CU_{sf}(D) = \frac{\sum_{j=1}^{n.scaglioni} [CU_{sf,scaglione(j)} \times E_{S,scaglione(j)}]}{E_S} \quad (3.11)$$

L'energia scambiata E_S è il minimo tra quella immessa e prelevata. Nel nostro caso, essendo $E_I = 3182$ kWh e $E_{PR} = 1920$ kWh, considerando dalla figura 3.10 che il totale per l'anno 2018 del primo scaglione di consumo è stato di 1408 kWh, mentre per il secondo è stato di 512 kWh. Perciò, il CU_{sf} relativo ai dati dell'impianto risulta essere pari a 0,07042 €/kWh.

Avendo già determinato il minimo tra l'energia prelevata e immessa in rete non ci resta che calcolare il contributo in conto scambio a conguaglio per l'anno 2018, che sarà pari a:

$$C_S = \min[121, 881; 171, 908] + 0,07042 \times 1920 = 257,0874\text{€}$$

Inoltre, ricordando che l'utente ha scelto di farsi liquidare le eccedenze ottenute, si aggiungerà al risparmio e ai contributi calcolati anche la differenza tra il C_{EI} e l' O_E pari a 50,03€.

In questo modo, per l'anno 2018, l'introduzione dell'impianto fotovoltaico ha generato:

- un risparmio in bolletta di 208,90€;
- un contributo in conto scambio in acconto per la produttività dell'impianto pari a 100,08€;
- un contributo in conto scambio a conguaglio, da corrispondere a giugno 2019 da parte del GSE pari a 130,46€;
- eccedenze da liquidare pari a 50,03€ lordi, soggette ad imposta (pari al 27% per il caso in esame, nell'anno 2019).

Possiamo dunque concludere dicendo che il risparmio dei costi di energia dovuto all'installazione dell'impianto, considerando tutte le precedenti voci, nell'anno 2018 è stato pari a 475,96€.

3.2.4 Analisi della produttività: monitoraggio della produzione e dei guasti

Al fine di valutare la produttività dell'impianto nel suo primo anno di attività, analizziamo i dati registrati dall'inverter e memorizzati nel cloud server fornito dal produttore per effettuare un primo confronto con le stime di produttività territoriale.

All'inizio del presente capitolo, con la figura 3.2 abbiamo osservato come la curva di produzione presentasse un andamento bimodale. Ciò desta sospetti sull'attività registrata, poiché essendo la radiazione solare maggiore nei mesi estivi si sarebbe dovuto osservare un andamento normale della curva di produzione.

Dai dati registrati individuiamo in effetti che per i mesi di giugno e agosto la produzione energetica risulta essere notevolmente sottostimata. Per verificare l'anomalia ci serviamo del database di dati raccolti dal Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), un tool interattivo dedicato al calcolo del rendimento dei sistemi fotovoltaici in rete e altre funzioni messo a disposizione dalla commissione europea[39].

Inserendo i dati di localizzazione geografica, potenza di picco, tecnologia dei pannelli e posizioni di montaggio, il tool genera una stima della produzione mensile che l'impianto dovrebbe fornire. L'errore del database è stimato inferiore al 5%.

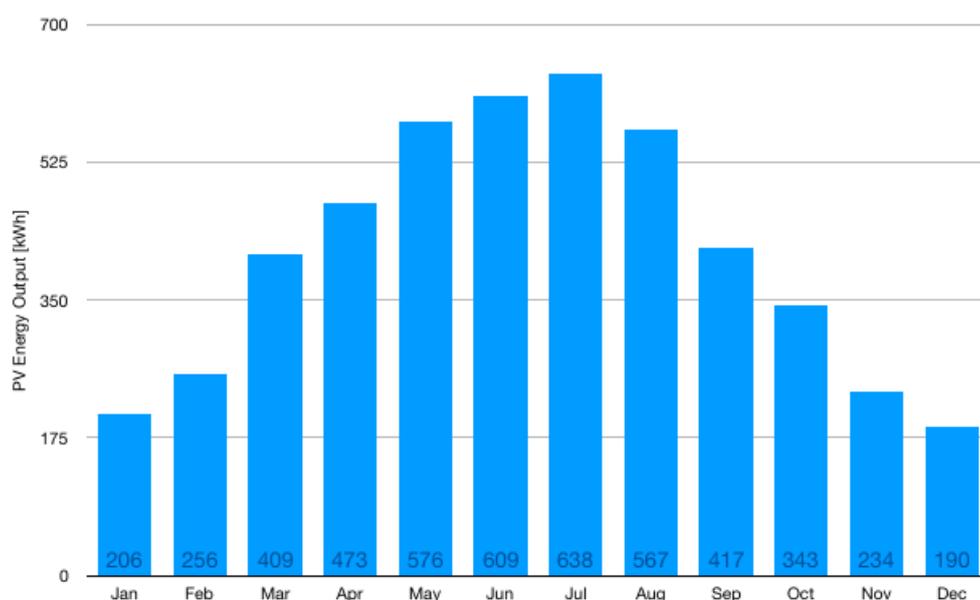


Figura 3.15: Stima della produzione mensile per l'anno 2018 dell'impianto fotovoltaico secondo i dati PVGIS dell'Allegato C

A questo punto, è chiaro che nei mesi di giugno e agosto l'impianto ha subito delle anomalie che ne hanno diminuito la produzione. Difatti, si sono registrati i seguenti eventi:

- interruzione della connessione internet che non ha più permesso il monitoraggio a distanza;
- impossibilità di controllo diretto dell'inverter per due settimane;
- interruzione dell'attività dell'impianto in seguito ad un forte temporale che ha aperto il circuito della corrente alternata all'inverter, con conseguente impossibilità di avvio dello stesso per assenza di collegamento con la rete;
- rottura di un fusibile che ha dimezzato la produttività per l'inattività di una stringa.

Sostanzialmente, il danno economico è stato creato dall'impossibilità del monitoraggio all'impianto, che in seguito ad eventi inaspettati ha visto diminuire la produzione e interrompersi. Questo testimonia l'elevata importanza di un sistema di monitoraggio attivo da affiancare ad un investimento di questo tipo, poiché la mancata produzione si trasforma rapidamente in mancato risparmio da autoconsumo e guadagno dalla vendita.

3.2.5 Calcolo del tempo di recupero con il metodo del punto di pareggio

Grazie all'analisi dei dati raccolti nel primo anno di attività siamo riusciti ad ottenere il valore dei ricavi dalla vendita di energia immessa in rete e dei risparmi calcolati sulla bolletta.

Siamo adesso interessati a determinare il periodo di recupero dell'investimento. Per far ciò, adottiamo il metodo del punto di pareggio, altrimenti conosciuto come Break Even Point (BEP).

Questa analisi risulta di semplice applicazione, ma porta in sé dei limiti:

- è una analisi statica, in quanto ipotizza costi variabili unitari e prezzi costanti;
- non considera le rimanenze dovute dalla mancata vendita (nel nostro esempio questo ostacolo è neutralizzato in quanto tutta l'energia prodotta e non consumata viene immessa in rete, quindi completamente venduta);

- le relazioni tra le diverse variabili economiche sono di tipo lineare e ciò non è sempre verificato nella realtà.

Inoltre, a seconda di ciò che si vuole evidenziare dal risultato, le soluzioni del modello possono essere di diverso carattere. Difatti, il significato del punto di break even può essere:

- di tipo contabile (escludendo i costi figurativi), dove il punto di pareggio corrisponde a un punto di reddito nullo;
- di tipo economico (comprendendo i costi figurativi), dove il punto di pareggio corrisponde al reddito che ricompensa i fattori produttivi non onerosi;
- di tipo finanziario (escludendo quei costi di natura non monetaria come gli ammortamenti), dove il punto di pareggio indica il reddito dato dalle quantità di vendita necessarie ad assicurare la reintegrazione finanziaria o monetaria dei costi di breve periodo.

Nella nostra applicazione, siamo interessati ad una soluzione economica che evidenzi il pareggio tra i ricavi derivanti dalla vendita diretta di energia al GSE e dal risparmio dei costi in bolletta.

Prima di procedere con l'applicazione, definiamo le condizioni a contorno seguendo le assunzioni del modello.

Costi fissi Per l'attivazione della convenzione di SSP, se la potenza nominale dell'impianto supera i 3 kW ma rimane inferiore a 20 kW, l'utente corrisponde annualmente una quota al GSE pari a 36,60€ comprensivi di IVA.

Nel modello vengono inoltre considerati come costi fissi anche gli interventi di manutenzione ordinaria, posti pari a 40€ all'anno.

Costi variabili Con costi variabili intendiamo la quantità di energia acquistata dalla rete per il suo prezzo. Data la staticità del modello, il prezzo d'acquisto dell'energia è inteso costante ed è stato quindi stimato su un'elaborazione di dati Eurostat[elaborazione Eurostat] sui prezzi registrati in Italia dal 2008 al 2017. Il prezzo medio di vendita (comprendente

anche le tasse) è stimato pari a 0,23 €/kWh.

Sono variabili anche i costi dovuti al prelievo dell'energia dalla rete, che verranno valorizzati secondo una stima del PUN[elaborazione PUN], sui prezzi registrati dal GME nello stesso periodo di osservazione del prezzo medio dell'energia. Il PUN medio viene quindi fissato pari a 0,0627 €/kWh.

Il fabbisogno energetico medio, secondo le precedenti stime e altri dati storici elaborati da consumi di energia elettrica di anni passati, è fissato pari a 3510 kWh/anno.

Ricavi I ricavi che remunerano l'investimento sono individuati nel risparmio in bolletta (mancato esborso grazie all'autoconsumo), dal contributo in conto scambio (sia esso in acconto o conguaglio), dalle eccedenze liquidate e dalla quota di detrazione fiscale pari al 50% dell'importo investito, suddiviso in dieci quote annuali. A tal proposito, poniamo quanto segue:

- il contributo in conto scambio in acconto dal secondo anno diventa una quota costante poiché (ipotizzando che i coefficienti α , β e $\overline{C}_{S\text{medio}}$ non varino nel tempo) la potenza nominale dell'impianto non varia;
- per il contributo in conto scambio in acconto del secondo semestre di ciascun anno successivo al primo si applica la formula 3.2. Prevedendo un livello di immissioni di energia sempre superiori al prelievo, l'energia scambiata sarà pari a quest'ultimo e il relativo importo calcolato con la 3.2 sarà sempre pari al risultato della formula 3.4;
- il contributo in conto scambio a conguaglio è crescente perché valorizzato dall'onere energia che cresce con i consumi e dato che i consumi di energia sono sempre inferiori alle immissioni la formula si semplifica, dipendendo linearmente dal corrispettivo unitario di scambio forfettario, stimato sui valori registrati dal GSE nei precedenti anni a 0,0761 €/kWh;
- la capacità produttiva dell'impianto all'anno zero viene stimata a 4920 kWh, calcolata utilizzando il modello PVGIS (consultabile nell'Allegato C), basata sulle caratteristiche tecniche e sul posizionamento dell'impianto;

- i moduli fotovoltaici sono soggetti al degrado che, come dichiarato dal produttore (scheda tecnica del prodotto, Allegato B), diminuirà dello 0,5% dal secondo anno, a fronte di un massimo degrado del 2% per il primo anno. Ciò inciderà sulla capacità produttiva dell'impianto che immetterà sempre meno energia in rete e di conseguenza le eccedenze liquidate diminuiranno negli anni; la quota media di autoconsumo è intesa pari al 35%, in linea con il valor medio nazionale[37]; il prezzo medio zonale, da elaborazioni effettuate su dati storici del GME, è posto pari a 0,0597 €/kWh, mentre l'aliquota IRPEF per le eccedenze viene posta pari al 27%.

Il modello BEP Applichiamo l'analisi del punto di pareggio con le condizioni a contorno appena descritte⁴.

ANNO	COSTI FISSI*	COSTI EVITATI	RICAVI DA SSP	DETRAZIONE	FLUSSO	CUMULATO
0	7.400,00 €	0	0		- 7.400,00 €	- 7.400,00 €
1	€ 76,60	€ 208,90	€ 393,69	370,00 €	895,99 €	- 6.504,01 €
2	€ 76,60	€ 384,48	€ 418,18	370,00 €	1.096,06 €	- 5.407,95 €
3	€ 76,60	€ 382,51	€ 418,29	370,00 €	1.094,20 €	- 4.313,75 €
4	€ 76,60	€ 380,54	€ 418,39	370,00 €	1.092,33 €	- 3.221,43 €
5	€ 76,60	€ 378,56	€ 418,50	370,00 €	1.090,46 €	- 2.130,97 €
6	€ 76,60	€ 376,59	€ 418,60	370,00 €	1.088,59 €	- 1.042,37 €
7	€ 76,60	€ 374,62	€ 418,70	370,00 €	1.086,72 €	44,35 €
8	€ 76,60	€ 372,65	€ 418,81	370,00 €	1.084,86 €	1.129,21 €
9	€ 76,60	€ 370,68	€ 418,91	370,00 €	1.082,99 €	2.212,20 €
10	€ 76,60	€ 368,71	€ 419,02	370,00 €	1.081,12 €	3.293,32 €
11	€ 76,60	€ 366,73	€ 419,12	- €	709,25 €	4.002,57 €
12	€ 76,60	€ 364,76	€ 419,22	- €	707,39 €	4.709,96 €
13	€ 76,60	€ 362,79	€ 419,33	- €	705,52 €	5.415,48 €
14	€ 76,60	€ 360,82	€ 419,43	- €	703,65 €	6.119,13 €
15	€ 76,60	€ 358,85	€ 419,54	- €	701,78 €	6.820,92 €
16	€ 76,60	€ 356,88	€ 419,64	- €	699,92 €	7.520,83 €
17	€ 76,60	€ 354,90	€ 419,74	- €	698,05 €	8.218,88 €
18	€ 76,60	€ 352,93	€ 419,85	- €	696,18 €	8.915,06 €
19	€ 76,60	€ 350,96	€ 419,95	- €	694,31 €	9.609,38 €
20	€ 76,60	€ 348,99	€ 420,06	- €	692,45 €	10.301,82 €
21	€ 76,60	€ 347,02	€ 420,16	- €	690,58 €	10.992,40 €
22	€ 76,60	€ 345,05	€ 420,27	- €	688,71 €	11.681,11 €
23	€ 76,60	€ 343,07	€ 420,37	- €	686,84 €	12.367,96 €
24	€ 76,60	€ 341,10	€ 420,47	- €	684,98 €	13.052,93 €
25	€ 76,60	€ 339,13	€ 420,58	- €	683,11 €	13.736,04 €

Figura 3.16: Analisi del punto di pareggio su costi e ricavi dell'impianto fotovoltaico

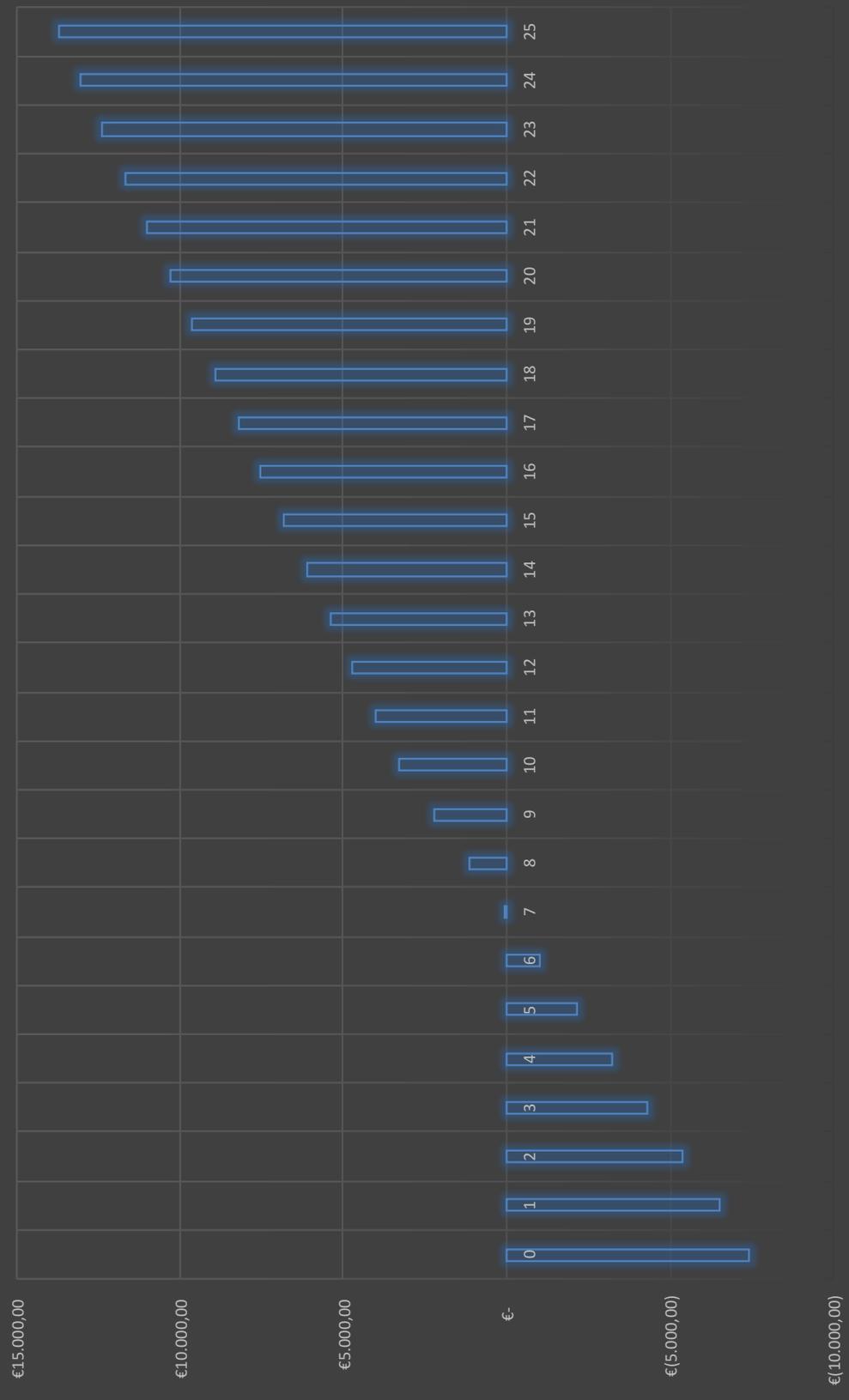
I dati nella tabella soprastante e il grafico nella pagina successiva ci mostrano appunto che l'investimento viene recuperato in 6 anni dall'inizio della produzione. In questo modello, è

⁴Tra i costi fissi viene inserito anche il costo dell'impianto "chiavi in mano" per semplicità grafica.

importante sottolineare il contributo derivante dalla quota di autoconsumo: variando infatti del 5% in negativo il valore i flussi diminuiscono e l'investimento "impiega" un altro anno per rientrare.

È chiaro che è questa la componente più importante quando si parla di fotovoltaico, poiché riesce a remunerare molto di più dei ricavi derivanti dalla vendita diretta, in quanto questi ultimi non generano profitti ma vanno solamente a reintegrare la quota di costi di gestione, trasporto e oneri di sistema versati al gestore per il prelievo dell'energia nelle ore di non produttività.

ANALISI DEL PUNTO DI PAREGGIO



Dopo aver analizzato con un esempio pratico la redditività derivante dalla gestione di un impianto fotovoltaico e aver evidenziato diversi aspetti che ne caratterizzano l'andamento, abbiamo sicuramente potuto constatare come una gestione mirata alla massimizzazione dello sfruttamento del proprio impianto possa garantire ottimi tempi di recupero. Ciò però non è sempre di facile realizzazione.

La quota di autoconsumo nazionale è ferma al 35% e raramente si registrano valori superiori ma che non arrivano ad infrangere la soglia del 50%. Ciò accade poiché non sempre si riesce a sfruttare la produzione. Ad esempio, in giornate estive con picchi di produzione, trovandosi in spiaggia non si riesce ad utilizzare l'energia prodotta, o ancora in giornate di forte radiazione potrebbe non essere possibile coprire interamente l'energia generata semplicemente perché non risulta necessaria in quel preciso momento.

ANNO	COSTI FISSI*	COSTI EVITATI	RICAVI DA SSP	DETRAZIONE	FLUSSO	CUMULATO
0	7.400,00 €	0	0		- 7.400,00 €	- 7.400,00 €
1	€ 76,60	€ 208,90	€ 393,69	370,00 €	895,99 €	- 6.504,01 €
2	€ 76,60	€ 329,55	€ 450,96	370,00 €	1.073,92 €	- 5.430,09 €
3	€ 76,60	€ 327,86	€ 450,90	370,00 €	1.072,16 €	- 4.357,93 €
4	€ 76,60	€ 326,17	€ 450,84	370,00 €	1.070,41 €	- 3.287,52 €
5	€ 76,60	€ 324,48	€ 450,77	370,00 €	1.068,66 €	- 2.218,87 €
6	€ 76,60	€ 322,79	€ 450,71	370,00 €	1.066,90 €	- 1.151,97 €
7	€ 76,60	€ 321,10	€ 450,64	370,00 €	1.065,15 €	- 86,82 €
8	€ 76,60	€ 319,41	€ 450,58	370,00 €	1.063,39 €	976,57 €
9	€ 76,60	€ 317,72	€ 450,52	370,00 €	1.061,64 €	2.038,21 €
10	€ 76,60	€ 316,03	€ 450,45	370,00 €	1.059,88 €	3.098,10 €
11	€ 76,60	€ 314,34	€ 450,39	- €	688,13 €	3.786,23 €
12	€ 76,60	€ 312,65	€ 450,32	- €	686,38 €	4.472,60 €
13	€ 76,60	€ 310,96	€ 450,26	- €	684,62 €	5.157,23 €
14	€ 76,60	€ 309,27	€ 450,20	- €	682,87 €	5.840,10 €
15	€ 76,60	€ 307,58	€ 450,13	- €	681,11 €	6.521,21 €
16	€ 76,60	€ 305,89	€ 450,07	- €	679,36 €	7.200,57 €
17	€ 76,60	€ 304,20	€ 450,00	- €	677,61 €	7.878,18 €
18	€ 76,60	€ 302,51	€ 449,94	- €	675,85 €	8.554,03 €
19	€ 76,60	€ 300,82	€ 449,88	- €	674,10 €	9.228,13 €
20	€ 76,60	€ 299,13	€ 449,81	- €	672,34 €	9.900,48 €
21	€ 76,60	€ 297,44	€ 449,75	- €	670,59 €	10.571,07 €
22	€ 76,60	€ 295,75	€ 449,68	- €	668,84 €	11.239,90 €
23	€ 76,60	€ 294,06	€ 449,62	- €	667,08 €	11.906,99 €
24	€ 76,60	€ 292,37	€ 449,56	- €	665,33 €	12.572,31 €
25	€ 76,60	€ 290,68	€ 449,49	- €	663,57 €	13.235,89 €

Figura 3.17: Simulazione del punto di pareggio con una quota di autoconsumo del 30%

Andiamo quindi ad affrontare nel prossimo capitolo quelle soluzioni che sono nate nel tempo per ottimizzare il fotovoltaico. Parleremo infatti non solo degli accumulatori, ma di tutte quelle alternative che mirano ad un sistema di utilizzo intelligente dell'energia generata dall'impianto.

Capitolo 4

Lo sviluppo sostenibile del fotovoltaico: ottimizzazione della tecnologia

Il connubio tra innovazione e sostenibilità tecnologica ha certamente comportato un cambio di rotta importante nella considerazione non solo del problema in sé legato al rispetto e alla salvaguardia del Pianeta Terra, ma anche in virtù di quegli aspetti (marginali e non) che possono comportare un significativo miglioramento della qualità di vita intesa per il singolo nella sua individualità e nel contesto sociale.

Pertanto, l'evoluzione naturale di tali settori e la diffusione delle relative tecnologie non potevano essere che incentrate sulla riscoperta e sull'innovazione di quello spazio vitale in cui ciascun individuo realizza appieno la propria persona e coltiva i propri interessi: la casa.

Il settore dell'edilizia, pur avendo di base degli obiettivi comuni, opera poi attraverso diverse declinazioni. Ciò risulta particolarmente evidente se teniamo conto dei diversi concept ultimamente lanciati e promossi sul mercato. Primo tra tutti, emerge il carattere della modularità, ovvero la possibilità di sviluppare il progetto in base alle diverse esigenze, attraverso l'impiego di una progettazione digitale che presenta il vantaggio di ridurre al minimo il margine di errore e che punta all'individuazione di soluzioni in grado di ridurre sensibilmente i costi e i tempi di produzione dell'immobile.

Nell'ultimo periodo poi ha preso largo il concetto di Green Tech, ovvero la necessità emersa negli ultimi anni, di far "incontrare" la tecnologia con l'ambiente, perché se è vero che la salvezza del Pianeta dipende dalla strategia adottata in sua difesa bisogna che lo sviluppo tecnologico ed economico mirino e si incanalino nell'univoca direzione della sostenibilità.

Nasce dunque una nuova tecnologia sostenibile che si impone l'obiettivo di garantire la riduzione delle emissioni, la produzione di energia pulita, uno sfruttamento sostenibile delle fonti rinnovabili per ottenere in ultimo una produzione efficiente. La Green Tech si è posta come “chiave di un progresso sostenibile” che attiene a materiali, tecniche e soluzioni per uno sviluppo a impatto minimo.

4.1 Il concetto di grid parity

A seguito dello sviluppo del fotovoltaico, in Italia, con l'espressione *grid parity* si è soliti riferirsi alla situazione di parità tra il costo di produzione dell'energia elettrica ricavata dall'impiego di un impianto fotovoltaico ed il costo di acquisto dell'energia dalla rete elettrica di derivazione fossile.

Nel nostro Paese, secondo uno studio condotto dal dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Padova, la grid parity è stata raggiunta nel 2013: il prezzo del kWh prodotto attraverso l'uso di pannelli fotovoltaici per autoconsumo diviene uguale al prezzo dell'energia acquistabile dalla rete elettrica. Tale evoluzione del settore del fotovoltaico ha certamente incoraggiato gli utenti verso l'uso di fonti rinnovabili in quanto si evidenzia il lato sostenibile apportato da questa tecnologia: oltre il vantaggio per la salvaguardia ambientale, l'utente può in tal modo risparmiare e guadagnare al tempo stesso, in quanto il costo dell'installazione dell'impianto così come quello relativo alla sua gestione e manutenzione risulta essere simile e dunque competitivo rispetto al mercato dell'energia elettrica derivante da fonti non rinnovabili.

In ambito comunitario si è compreso fin dal principio l'importanza di implementare il meccanismo di grid parity, tanto che, il portavoce della Commissione UE per Clima ed Energia Kaisa Itkonen parla di un consolidamento delle grid parity da raggiungere attraverso il pacchetto “Energia pulita per tutti” affermando che *“Abbiamo visto segni molto incoraggianti per quel che riguarda i prezzi d'asta per eolico e solare in giro per il mondo. Le aste riflettono una caduta dei costi tecnologici più rapida rispetto ad altri strumenti di sostegno e possono essere implementate in ogni mercato, dai monopoli verticalmente integrati ai mercati completamente liberalizzati. Ma soprattutto mostrano una fiducia da parte degli investitori inizialmente sottovalutata. Ad esempio i 22 progetti piazzati con basi d'asta a zero euro*

dimostrano che tali investitori si aspettano prezzi dell'elettricità all'ingrosso forti e sufficientemente stabili nel futuro da poter recuperare i costi dei loro investimenti"[40].

Un esempio molto interessante presente in Italia è offerto dagli impianti realizzati nella località di Montalto di Castro. Esso ad oggi rappresenta il più grande impianto fotovoltaico in grid parity presente in Italia ed uno tra i più grande in Europa.



Figura 4.1: L'impianto fotovoltaico di Montalto di Castro nel Lazio, tra i più grandi d'Europa, con una potenza nominale pari a 85 MWp

Ma l'impianto di Montalto di Castro è andato ben oltre la grid parity: a maggio 2017 è diventato *"il primo grande parco fotovoltaico a terra in grado di essere competitivo vendendo l'energia all'ingrosso senza incentivi"*[41]. Il concetto di market parity differisce dal primo poiché la parità viene raggiunta senza l'utilizzo di incentivi, quindi considerando anche la componente di oneri di sistema (di cui la grid parity è esente).

Costituito dall'insieme di 5 impianti fotovoltaici, è stato realizzato grazie al fondamentale contributo di due espertissimi partner tecnici: Sunpower e la divisione Ingegneria di SMA Italia. Il parco fotovoltaico è infatti equipaggiato dei più efficienti moduli fotovoltaici a silicio

monocristallino, affiancati da ben 124 inverter SMA Sunny Central CP-XT, grazie ai quali è stato possibile ottimizzare lo spazio e i tempi necessari per l'installazione.

Oltreoceano, un modello vincente di grid parity si trova in Messico, dove tale obiettivo è stato pienamente raggiunto nel segmento del fotovoltaico residenziale. Ciò è emerso a chiare lettere a seguito dello studio condotto dal centro di ricerca CREARA in collaborazione con Copper Alliance[42]. Nel caso di specie, la ricerca ha analizzato la competitività del fotovoltaico nel segmento residenziale, commerciale ed utility scale: *“Nel settore residenziale, i costi altamente competitivi del fotovoltaico e le norme a sostegno dell'autoconsumo hanno creato eccellenti opportunità per lo sviluppo del solare, soprattutto tra i consumatori con tariffa domestica ad alto consumo. Per quanto riguarda il segmento commerciale, la parità di rete è stata raggiunta dagli utenti con tariffa 3 (potenza superiore ai 25 kW) nel primo trimestre del 2014. Non si può dire lo stesso per quanto riguarda gli impianti utility scale, dove la convenienza del costo del fotovoltaico ha subito un calo significativo tra il 2012 e il 2014”*[43].

Poco più giù, in Cile, sempre nello stesso anno il settore del fotovoltaico ha battuto, senza il bisogno di attuare politiche d'incentivi, le tradizionali centrali. Probabilmente, la combinazione delle diverse componenti economiche che caratterizzano questo Paese hanno in qualche modo favorito il verificarsi di questa condizione.

Infine, nel contesto mondiale un esempio all'avanguardia è offerto dalla Cina, la quale dopo essersi aggiudicata il primato nella classifica mondiale in tema di energia pulita, tenuto conto in special modo della velocità raggiunta nella crescita e diffusione dell'utilizzo di fonti rinnovabili in relazione alla capacità annua degli impianti fotovoltaici installati, il gigante asiatico cerca di accelerare gli sforzi necessari per dirigere il settore eolico e solare verso una compiuta forma di grid parity.

Il primo passo per muoversi in questa direzione è invertire la linea di tendenza politica che negli ultimi anni aveva elargito generosi sussidi statali divenuti poi di fatto un gravoso onere per la Nazione. Solo nel corso dei primi sei mesi del 2018, infatti, il governato ha dovuto sostenere una spesa di 120 miliardi di Yuan (circa 17,46 miliardi di dollari) per gli impianti fotovoltaici. Il piano dunque prevede una “mobilitazione” da parte delle regioni per accrescere notevolmente il proprio supporto tecnologico alle rinnovabili in modo tale che esse

possano diffondersi senza il bisogno d'incentivi e dunque si realizzati in concreto una parità di prezzo con le altre fonti.

Secondo quanto riportato dal NEA (Amministrazione Nazionale dell'Energia) alcune zone del Paese hanno già raggiunto la grid parity, diventando dei vincenti esempi da emulare, per quanto attiene il settore del fotovoltaico. I costi della generazione solare, dal 2007 al 2017, sono diminuiti del 90% e secondo quanto riportato da GCL New Energy Holdings, uno dei più prestigiosi ed importanti produttori di energia pulita in Cina il fotovoltaico potrebbe raggiungere la completa parità di prezzi entro il prossimo anno. Questa relazione ha di fatto suscitato l'interesse e la voglia da parte delle aziende locali che si occupano di trasmissione energetica di fornire un maggiore sostegno nell'ambito dei progetti d'installazione senza sussidio. Tale documento è ancora in forma di bozza, ma certamente indica un importante, significativo e nuovo indirizzo per il settore del fotovoltaico[44].

Si potrebbe in effetti dire che a livello mondiale la grid parity è un traguardo, un obiettivo che i diversi operatori del settore delle energie rinnovabili si pongono di raggiungere per ottenere un mercato pienamente concorrenziale con le grandi centrali termoelettriche. La maggiore difficoltà nel raggiungimento di tale presupposto, come dimostrano le considerazioni avvenute in ambito politico nella Repubblica Cinese, risiede nell'elevato costo della tecnologia del fotovoltaico.

Per questo motivo l'indirizzo generale fin dai primi anni durante l'avvento di questo settore le principali economie mondiali hanno introdotto diverse forme d'incentivazione per agevolarne la diffusione, allo scopo ultimo di ridurre come ben noto le emissioni di CO₂. Grazie all'introduzione di tali politiche e ai considerevoli progressi tecnologici, il fotovoltaico ha vissuto negli ultimi anni un "crollo dei prezzi" arrivando così ad essere considerato una "commodity"⁵.

Il pacchetto 20-20-20 voluto dall'UE rappresenta una spinta per operare una transizione alla grid parity, e a tale direttiva si ricollega la recente bozza del Decreto FER voluto dal Governo, che per il triennio 2018-2020 presume l'introduzione di ulteriori agevolazioni per una più compiuta diffusione delle energie rinnovabili.

⁵**commodity**: prodotto di fondamentale importanza, tale da costituire un oggetto di scambio internazionale, come ad esempio il petrolio, il carbone, ecc...

4.1.1 Il costo livellato dell'energia: l'indicatore di confronto economico tra fonti energetiche

Tutti i discorsi precedenti in merito alla grid parity (o market parity) sono fatti a valle di confronti economici che sono basati su un indicatore fondamentale per il concetto di parità di costo: il costo livellato dell'energia (LCOE - *Levelized Cost Of Energy*).

L'LCOE è una misura dei costi del ciclo di vita rapportati all'energia prodotta. Non è altro che una valutazione economica del valore attualizzato del costo unitario dell'energia elettrica, misurata quindi nella valuta di riferimento per ogni kWh o MWh prodotto. L'importanza di questo indicatore risiede nel fatto che con esso è possibile confrontare il costo di produzione del kWh per ciascuna tecnologia, poiché rapportato su una base coerente. Questo termine comune, utilizzato per l'intero settore nel confronto delle prestazioni, è la grid parity.

La grid parity è il punto di pareggio in cui l'LCOE dell'energia prodotta da fonte rinnovabile è inferiore o al più uguale al prezzo di acquisto dell'energia elettrica dalla rete.

L'errore comune è quello di fare riferimento, quando si parla di costo dell'energia, al costo del capitale utilizzato per finanziare l'investimento, generando così una visione finanziaria distorta. Nella formula dell'LCOE si vanno invece a considerare tutti i costi inerenti ad un determinato progetto:

$$LCOE = \frac{\text{Costo del ciclo di vita dell'intero progetto } [\$]}{\text{Costo totale dell'energia prodotta } [kWh]} \quad (4.1)$$

I parametri chiave di questo indice sono:

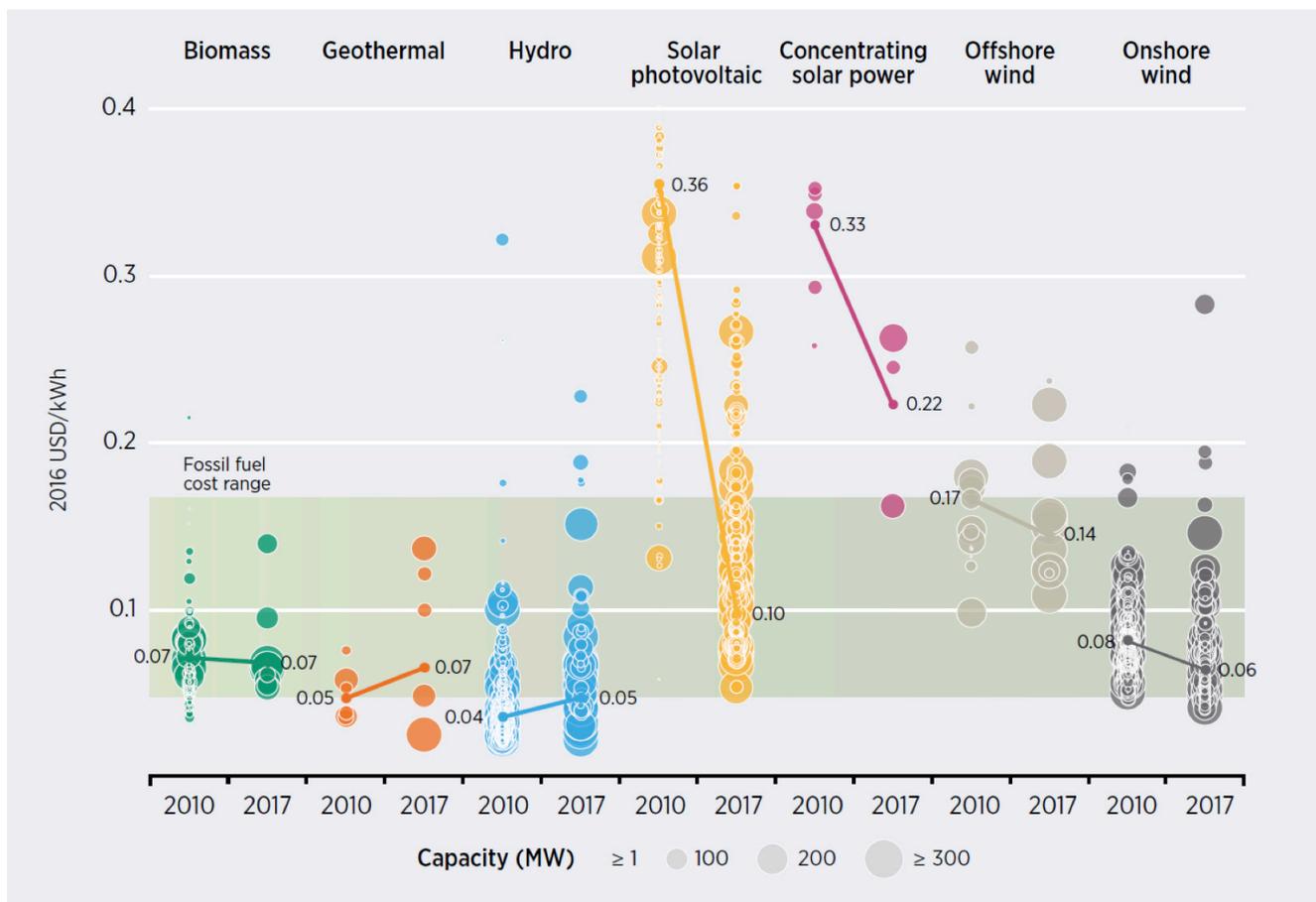
- costo totale dell'investimento o della capacità del sistema (\$ o talvolta \$/W);
- finanziamenti o incentivi, basati sia su capacità fissa che sulla produzione;
- tasso di rendimento, che attualizza i flussi di cassa;
- costi fissi e variabili per attività o manutenzione, inclusi tutti i costi di manutenzione secondaria (\$/kWh);
- fattore di capacità, percentuale di utilizzo del sistema;

- tasso di generazione del calore, efficienza di una centrale elettrica nel convertire il carburante in elettricità;
- costo del carburante, per cui la maggior parte dei progetti ad energia rinnovabile raggiunge lo zero (\$/litro o \$/tonnellata di biomassa);
- tasso di usura del sistema;
- produttività annua di energia elettrica (kWh/anno).

Sulla sensitività di questo indicatore sono stati condotti degli studi che, per alcuni parametri qui sopra descritti, sono state evidenziate delle relazioni con l'indice[45]:

- ad un alto tasso di sconto si associa quasi sempre un alto valore di LCOE, ciò significa che bisogna valutare ragionevolmente il tasso di rendimento di un progetto;
- i parametri di performance del sistema, come l'usura o l'efficienza di conversione, sono significativi;
- la radiazione solare sembra avere una correlazione relativamente minore con l'indicatore, a confronto con il tasso di sconto e le caratteristiche di performance.

Nella figura successiva, tratta dal report di IRENA (International Renewable Energy Agency) sullo studio dei trend delle varie tecnologie[46], osserviamo come proprio la tecnologia fotovoltaica sia riuscita a conseguire negli anni una notevole riduzione del costo livellato, passando dai 26 ai 10 c\$/kWh, dimostrandosi ancora una volta elemento di punta nella lotta al carbone e alle fonti fossili.



Source: IRENA Renewable Cost Database.

Figura 4.2: Confronto periodale tra i costi livellati dell'energia nel settore dell'energia

4.2 La nuova frontiera dell'accumulo: il cloud storage

Se da un lato gli incentivi cercano di incoraggiare la diffusione di tutti i sistemi fotovoltaici, lasciando poi scegliere all'utente la dotazione del proprio impianto, in paesi come il Brasile e il Messico viene premiato l'autoconsumo da un meccanismo normativo efficace "che permette ai prosumer (produttori consumatori) di immettere la loro produzione energetica in eccesso nella rete per consumarla più tardi"[47], spiega David Pérez, partner di Eclareon e responsabile dello studio condotto nel documento d'analisi annuale Photovoltaic Grid Parity Monitor (GPM).

Questo particolare sistema è conosciuto come accumulo fotovoltaico virtuale e rappresenta un'evoluzione globale delle offerte sui servizi digitali. Tale metodologia è stata di recente promossa da un'azienda tedesca (E. On SolarCloud) che ha portato in Italia la possibilità

per i propri clienti di custodire l'energia solare prodotta dal proprio impianto fotovoltaico anche senza la presenza di una batteria installata all'interno della propria abitazione.

Questo meccanismo di accumulo consente infatti di immagazzinare una quantità illimitata di elettricità su un conto energetico virtuale dal quale il proprietario ha la possibilità di scegliere quando ed in che misura attingervi. La gestione di tale conto è di facile utilizzo e controllo, in quanto per il cliente è possibile scaricare un'applicazione sul proprio smartphone o tablet per monitorare e visualizzare in qualunque momento lo stato del proprio conto in tempo reale, stabilendo perfino il proprio fabbisogno energetico.

Per fornire un esempio pratico al lettore, questo sistema funziona grazie alla possibilità di attingere da una "riserva energetica" tenuta in vita da una rete capillare di grandi produttori di energia che con i loro impianti di grossa taglia riescono a garantire una quantità di energia tale da poter soddisfare i fabbisogni degli utilizzatori di questo servizio.

Si può immaginare come nelle giornate estive, in cui la produttività è notevolmente elevata, l'impianto sia in grado di produrre una quantità di energia elettrica superiore a quella che può essere consumata o immagazzinata nei sistemi di accumulo fisici, perciò l'eccesso viene immesso in rete e "gestito" dal provider del servizio attraverso un account virtuale. Quando in inverno si verifica l'esatto opposto, cioè giornate di scarsa produttività in mancanza di sole, il fabbisogno energetico che supera l'energia disponibile dell'impianto e del proprio accumulatore fisico eventualmente disponibile viene coperto dall'accumulatore virtuale. Il tutto avviene continuando a sfruttare i vantaggi dello scambio sul posto, che vedono quindi remunerare l'energia prodotta in eccesso e immessa in rete, permettendo così di massimizzare la propria indipendenza sfruttando tutta l'energia prodotta dal proprio impianto e sostenendo quindi soltanto l'onere dovuto al servizio digitale. Con il sistema di accumulo virtuale il cliente potrà sfruttare al massimo l'impianto, dimezzando così il tempo di rientro dell'investimento per l'installazione dello stesso.

I possibili campi di applicazione di questa innovazione tecnologica sono rivolti ad allargare le operazioni di accesso e utilizzo dell'energia elettrica prodotta, ad esempio attraverso la possibilità di cedere, condividere o vendere l'esubero energetico ad una seconda casa di proprietà o meno del titolare dell'impianto, oppure ancora di rendere possibile la ricarica di veicoli elettrici fuori casa utilizzando l'elettricità prodotta in proprio.

Su questa nuova tecnologia si esprime in tal senso Karsten Wildberger, board member del Gruppo E.ON: *“Stiamo abbattendo quelle che un tempo erano barriere nel sistema elettrico, per consentire ai nostri clienti di programmare una fornitura di energia autonoma, personalizzata ed efficiente. I nuovi prodotti rafforzano la nostra leadership in un mercato particolarmente dinamico come quello dell’energia. La soluzione che stiamo per lanciare rappresenta un nuovo passo nella transizione che E.ON ha intrapreso da fornitore di energia tradizionale ad operatore innovativo, centrato sul cliente e pienamente impegnata nella costruzione di un sistema energetico sostenibile, decentralizzato e digitalizzato”*[48].

Lo scopo ultimo di questo nuovo modo di gestire l’energia prodotta da un impianto fotovoltaico è quello di estendere il mercato del fotovoltaico anche al cliente che non dispone degli spazi necessari per l’installazione di moduli e d’impianti poiché vive ad esempio in appartamento.

L’azienda offre infatti la possibilità per i clienti che appartengono a questa “fetta di mercato” di partecipare ad un impianto fotovoltaico installato sul tetto di un’azienda che viene rifornita di energia elettrica dell’azienda Solar Cloud, tramite un impianto catalogato dal GSE (Gestore Servizio Elettrico) come S.E.U. (Sistema Efficiente di Utenza). Tale meccanismo prevede in sostanza la possibilità per il cliente che vive in un appartamento di acquistare i moduli fotovoltaici di cui ha bisogno, lasciarli in comodato d’uso a Solar Cloud che utilizza l’impianto installato sul tetto di un’azienda cliente alla quale rifornisce l’energia elettrica. In questo modo chi acquista l’impianto in comodato d’uso riceve l’80% dei ricavi prodotti dall’impianto mentre la ditta detiene il 20%[49].

Da giugno 2018 in Italia è disponibile la soluzione SENECloud che permette ai proprietari d’impianti fotovoltaici cui è abbinato un sistema di accumulo SENE di accumulare in Cloud l’energia autoprodotta e che non può essere utilizzata o accumulata in quel momento. In questo modo l’utente potrà prelevarla quando gli sarà più opportuno senza doversi rivolgere ai tradizionali produttori di energia e continuando a percepire il contributo in conto scambio.

Questi innovativi sistemi consentono di rispondere alla problematica più evidente del fotovoltaico, ovvero la coincidenza tra domanda e offerta di energia. L’accumulo virtuale consente infatti di stoccare l’energia elettrica a seconda di quando sia necessaria utilizzarla.

Ciò permette addirittura di raggiungere un'elevata percentuale di indipendenza energetica, risolvendo problemi di spazio e anche economici.

Ecco perché negli anni sono nate le centrali virtuali: l'esempio più vicino a noi è offerto dalle Centrali Next della tedesca Next-Kraftwerke. L'azienda ha creato una rete capillare di generatori e accumulatori di energia e sfrutta la possibilità di immagazzinamento di elettricità derivante dagli impianti che producono più dei loro fabbisogni istantanei, per poi riversarla nella rete virtuale a tutti gli utenti che fanno parte del network quando ne hanno bisogno. Ciò avvantaggia anche la rete nazionale che, grazie a questa ottimizzazione delle produzioni e delle richieste di energia, riesce a ridurre le perdite di trasporto e dispacciamento migliorando l'efficienza della rete stessa.

Si tratta quindi di un'importantissima evoluzione del mercato elettrico: in Australia ad esempio si cercherà di realizzare un esperimento che vede come oggetto d'indagine un interscambio energetico tra migliaia di abitazioni con tetti solari e Storage utilizzando la piattaforma Distributed Energy Exchange. Si tratta dunque di un mercato digitale dove vendere e comprare energia elettrica (derivata da impianto fotovoltaico) in tempo reale grazie al coinvolgimento degli utenti che autoproducono energia e che stoccano il surplus di energia nelle batterie.

A lanciare questa novità è un consorzio guidato dalla start up GreenSync e finanziato dall'agenzia governativa delle fonti rinnovabili ARENA (Australian Renewable Energy Agency). Per realizzare un mercato aperto e flessibile dell'energia elettrica è però necessario creare un efficace sistema di comunicazione digitale che consenta lo scambio dati tra qualunque punto della rete ed il suo centro di smistamento rappresentato dalla Borsa elettrica. La piattaforma si comporta in sostanza come un tipo particolare di "semaforo" in grado di gestire il flusso di traffico energetico attraverso la definizione di una serie di parametri come il carico complessivo della rete, la domanda elettrica da parte delle singole utenze, la regolazione di frequenza, la capacità effettiva di storage delle batterie disponibili e la produzione istantanea dei pannelli fotovoltaici.

L'impianto fotovoltaico assume quindi le caratteristiche di una centrale elettrica virtuale, in cui grazie all'accumulo digitale è possibile operare un gestione efficiente e sostenibile di più utenti, gli ambiti di applicazione diventano molteplici e si passa dalla possibilità di

ricaricare il conto energetico fino al massimo livello possibile oppure di distribuire energia alle utenze che hanno bisogno di un maggiore approvvigionamento energetico. Attraverso questo sistema le installazioni domestiche considerate nella loro totalità possono raggiungere una potenza energetica paragonabile alla produzione che si otterrebbe dall'uso di un parco fotovoltaico.

L'Australia rappresenta in tal senso un Paese all'avanguardia grazie alla diffusione del fotovoltaico contando oltre un milione e mezzo d'impianti installati per uso domestico in grado di regolare, attraverso questo nuovo meccanismo, l'equilibrio tra la domanda e l'offerta e al tempo stesso consentire a tutti gli utenti di poter monetizzare i servizi prestati alla rete dalle singole installazioni solari[50].

4.3 Il revamping per rivitalizzare il "vecchio" fotovoltaico

La diffusione della tecnologia degli impianti fotovoltaici è avvenuta per certi versi a rilento soprattutto se si tiene conto del fatto che la sostenibilità di tale tecnologia avrebbe dovuto comportare una immediata rivoluzione nel ramo delle energie rinnovabili. Uno dei motivi che per il settore del fotovoltaico ha inizialmente decretato una lenta diffusione sul mercato è stato sicuramente il rischio di una rapida obsolescenza, ciò a causa del fatto che il costante rinnovo tecnologico potrebbe dare come esito negativo il superamento della tecnologia utilizzata "oggi" rispetto a quella del "domani".

A questa prima problematica si aggiunge poi il fatto che le celle fotovoltaiche con il passare del tempo presentano il problema di perdere di efficienza. Ciò non significa che per chi installato un impianto fotovoltaico nel primo periodo di sviluppo di tale tecnologia abbia fatto un investimento sbagliato, perché l'innovazione tecnologica ha cercato di rispondere a questa problematica. Ad esempio, attraverso il revamping si è giunti ad un significativo miglioramento delle prestazioni del proprio impianto fotovoltaico. Il revamping è infatti una tecnica di rigenerazione che opera su impianti già installati e funzionanti, che però non possono più essere considerati performanti, attraverso un processo di revisione e condizionamento dello stesso.

Uno dei modi più efficaci per ottenere tale risultato è la sostituzione dell'inverter proprio perché grazie ad esso l'energia prodotta dell'impianto viene immessa in rete, oltre che assolvere l'importante compito di monitoraggio e controllo dell'impianto, assicurando la sicurezza dello stesso ed il funzionamento dei pannelli.

Il revamping non si limita ad intervenire sull'inverter, ma può interessare tanto le singole componenti dell'impianto quanto i componenti del sistema di sicurezza e di supervisione. Viene quindi inquadrato come una "soluzione su misura", infatti a seguito di un'analisi delle caratteristiche dell'impianto, della performance e dello stato di conservazione di ogni componente dell'impianto può essere stabilita la tipologia d'intervento più adeguata al caso concreto. Generalmente, il processo di revamping, risulta essere pienamente efficace quando l'impianto in oggetto non riesce più a funzionare al massimo della sua efficienza (ad esempio in ipotesi d'impianti datati o che presentano frequentemente dei guasti), oppure ancora nei casi d'impianti non più conformi alle norme vigenti.

Nel 2017, il GSE ha emanato una guida per normare le modifiche, sia per manutenzione che per l'ammodernamento tecnologico, degli impianti fotovoltaici incentivati, ai sensi del D.M. 23 giugno 2016. Alcuni impianti da rimodernare possono ancora avere attive le convenzioni dei vecchi Conto Energia, perciò il principio generale di queste regole è il mantenimento dei requisiti validi per ciascun incentivo ancora pendente.

In sostanza, gli interventi attuativi si suddividono in base alla potenza dell'impianto. Vediamo i punti significativi del regolamento grazie ad una selezione fatta da VPsolar[51]:

- nel caso di interventi significativi operati in impianti di potenza maggiore di 3 kW il Soggetto Responsabile è tenuto ad inviare un'apposita comunicazione al GSE entro 60 giorni dal completamento dell'intervento;
- per gli impianti di potenza minore o uguale di 3 kW si devono invece comunicare solamente la sostituzione dei moduli fotovoltaici, l'eventuale installazione di sistemi di accumulo o il potenziamento dell'impianto;
- qualora si rendesse necessaria la sostituzione di moduli fotovoltaici di un impianto incentivato, i moduli in sostituzione dovranno rispettare le caratteristiche richieste per il Quinto Conto Energia;

- gli inverter in sostituzione, invece, dovranno rispettare le norme di settore, in particolare le norme CEI;
- per l'installazione di altri componenti, come ottimizzatori, dovrà essere presentata opportuna documentazione al GSE;
- per quanto riguarda l'installazione di sistemi di accumulo in impianti incentivati, questa è possibile sempre ad eccezione di quelli che beneficiano del Primo Conto Energia.

Inoltre, per facilitarne la riconfigurazione, sono altresì permessi interventi di modifica della potenza per incrementi pari al 5%, se la potenza iniziale non supera i 20kWp, e pari all'1% se l'impianto iniziale supera i 20kWp.

4.4 L'ottimizzazione del consumo energetico grazie alla casa del futuro

In ultima analisi vogliamo adesso discutere su quanto accennato in chiusura del capitolo precedente in merito all'utilizzo della potenza generata dal campo fotovoltaico.

Avevamo appunto calcolato il rientro dall'investimento effettuato considerando una percentuale piuttosto bassa dell'autoconsumo e non per cautela ma perché, come appunto reso noto dal Rapporto Statistico 2017 del GSE, la percentuale di autoconsumo media si arresta proprio intorno al 30-35%. Dopo le varie considerazioni in merito alle componenti remunerative dello Scambio Sul Posto, avevamo affermato che la più significativa è la quota di energia prodotta e consumata dall'abitazione, dato che tale valore risultava maggiore delle altre varie componenti e persino del ricavo dalla "vendita" di energia prodotta in surplus al GSE.

Per incrementare l'autoconsumo sono nate le batterie di accumulo che, seppur portando evidenti vantaggi dal punto di vista della resa dell'impianto, sono comunque un ulteriore investimento che pesa sulle tasche degli acquirenti e per il momento il loro costo (considerando le più efficienti sul mercato) compete addirittura con quello di un intero impianto in configurazione grid connected alle quali andrebbero abbinare.

Si sono quindi sviluppate le soluzioni digitali, come le reti virtuali di produttori-consumatori

di energia fotovoltaica che mettono a disposizione con i propri impianti energia a sufficienza per chi non ha gli accumulatori o neppure lo spazio per installare un impianto.

Esiste però un'altra soluzione che permette in maniera del tutto indipendente di raggiungere da soli alte percentuali di autoconsumo: stiamo parlando della domotica. La casa del futuro è integrata di sensori che riescono a svolgere attività che pensate fino a qualche decennio fa risultavano surreali: accendere le luci di una stanza, chiedere ad un elettrodomestico di attivarsi, sollevare gli avvolgibili quando sorge il sole, sono tutte attività che possono essere comandate dal palmo della mano attraverso semplici app per smartphone o tablet.

È il risultato dell'internet delle cose, più conosciuto con l'acronimo di IoT, che renderà indiscutibilmente più semplice e comoda la vita di tutti i giorni. Con la domotica, grazie all'utilizzo di appositi sensori posizionati strategicamente nella propria abitazione, abbinata al proprio impianto fotovoltaico si potrà monitorare il livello della produzione energetica in tempo reale e comandare alla lavatrice di fare il bucato o alla lavastoviglie di fare il proprio dovere. Così facendo, pur non trovandosi fisicamente nella propria dimora, si riuscirà a sfruttare l'energia necessaria per tutte le faccende domestiche che vengono inevitabilmente rimandate anche ad orari di inattività per l'impossibilità nell'avviarle. In questo modo la soluzione integrata del fotovoltaico intelligente permetterà all'utente di aumentare la resa del proprio impianto e di abbattere notevolmente i tempi di rientro dall'investimento.

Un esempio di successo di tale binomio è portato dalla 4-Noks: l'azienda mette a disposizione un sistema di "mini domotica", di concezione modulare, che permette grazie all'integrazione di dispositivi wi-fi comunicanti con l'impianto elettrico di casa la possibilità di incrementare l'autoconsumo. Difatti, grazie all'utilizzo di prese intelligenti si riesce a programmare l'accensione e lo spegnimento degli elettrodomestici desiderati. Il loro Power Reducer, un parzializzatore di potenza, dà anche la possibilità di produrre acqua calda (con la presenza di un boiler elettrico) sfruttando al massimo l'energia in eccesso prodotta dall'impianto fotovoltaico, senza mai prelevare dalla rete[52].

La soluzione 4-Noks si rivela semplice e universale, poiché i sistemi 4-Noks sono compatibili con tutti i tipi di inverter e di impianto fotovoltaico (fino a 6 KW), ed è inoltre scalabile, scegliendo tra solo accumulo, solo consumo di energia tramite programmazione smart o entrambi.

Le soluzioni che esistono sul mercato sono altamente flessibili e si adattano agli impianti elettrici già esistenti, senza così dover stravolgere e quindi ristrutturare l'appartamento, riducendo o annullando di fatto l'incremento di resa dall'integrazione del sistema di domotica. Ciò dimostra la possibilità di raggiungimento dell'indipendenza energetica, sia a fronte degli incentivi concessi negli anni e che grazie alle numerose alternative nate successivamente con il progresso tecnologico.

Risulta quindi innegabile che il fotovoltaico potrà in futuro dominare il mercato dell'energia, concedendo così un sostanziale aiuto al nostro Pianeta, nell'invertire la rotta dei cambiamenti climatici quali minaccia concreta per il nostro futuro.

Conclusioni

L'obiettivo prefissato da questa analisi è stato quello di rendere chiaro come tale sistema sia di indiscutibile utilità, sia per l'uomo che per l'ambiente. L'energia elettrica, dagli anni della sua scoperta, è diventata fondamentale per la vita di tutti i giorni e innegabilmente ha migliorato qualsiasi altra scoperta avvenuta prima.

Abbiamo visto come grazie all'intervento comune di tutti i Paesi vi sia stata la presa di coscienza del problema reale che minaccia oggi la nostra esistenza. Il cambiamento climatico può essere neutralizzato soltanto da azioni congiunte e concrete come le varie strategie per il clima citate finora nei vari accordi europei e mondiali.

Ciascuno, nel proprio piccolo, può essere fautore di questo cambiamento. È pur vero però che, seppur di indiscutibile validità, la propagazione di una determinata azione avviene se il suo ritorno economico è reale. Per questo motivo, in questo elaborato è stato fornito un chiaro esempio di come un investimento a carattere familiare possa rivelarsi utile economicamente e avere allo stesso tempo un'eco importante nella diffusione della tecnologia fotovoltaica.

Lo scopo del caso studio è infatti portare a conoscenza di quelli che sono i benefici complessivi di questo sistema, in modo tale che alla successiva presa di coscienza segua una altrettanto tangibile scelta consapevole di miglioramento della propria vita, prescindendo poi dal mero discorso economico.

Le soluzioni che si sono evolute nel tempo assieme al paradigma fotovoltaico sono molteplici e si adattano all'esigenza di ognuno. In Italia, la persistenza degli incentivi seppur indiretti dello Scambio sul Posto e della detrazione fiscale sull'efficientamento energetico dell'abitazione permettono ancora periodi di rientro dall'investimento piuttosto brevi (6-7 anni), se riferiti ad esempio con i periodi di recupero del passato decennio che impiegavano il doppio per una potenza dimezzata.

Anche per i vecchi impianti è stato previsto l'ammodernamento senza la perdita dei requisiti per l'ottenimento dei benefici di ciascun Conto Energia, che ancora oggi su alcuni impianti risulta attivo per altri 10 anni o più.

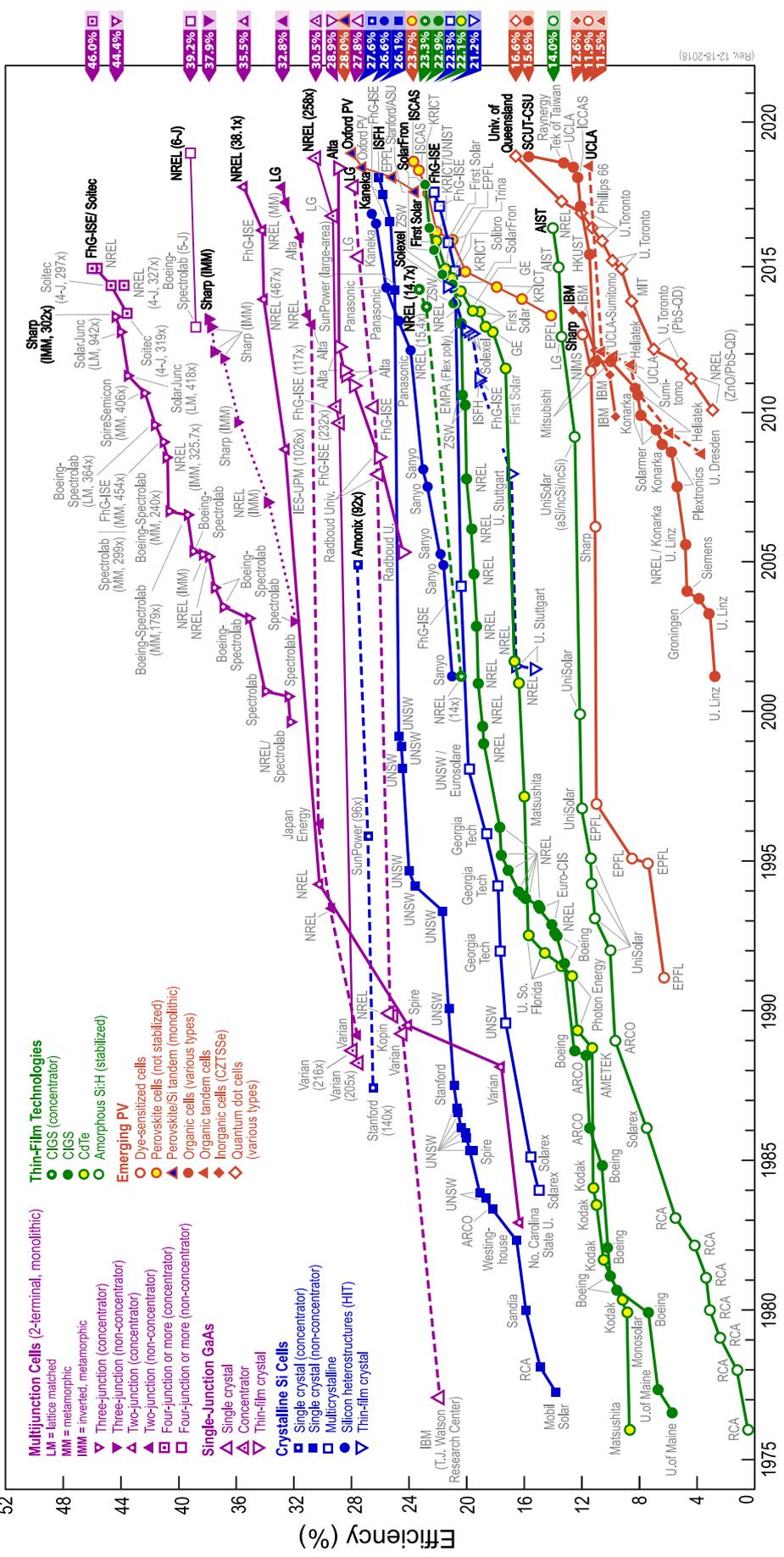
L'ultima frontiera è segnata dalla combinazione vincente tra fotovoltaico e domotica, che mira a sfruttare la componente più redditizia dell'impianto di oggi e cioè l'autoconsumo.

Grazie al fotovoltaico, quindi, ciascun individuo potrà puntare all'indipendenza energetica, tutelandosi così dai cambiamenti sia diretti che indiretti del prezzo di vendita dell'energia, attingendo semplicemente dall'inesauribilità del sole.

ALLEGATO A

Confronto tra curve tecnologiche per i moduli fotovoltaici

Best Research-Cell Efficiencies



(Rev. 12-19-2019)

Figura 4.3: Curve tecnologiche a confronto, Fonte: NREL

ALLEGATO B

Schede Tecniche per moduli e inverter dell'impianto fotovoltaico oggetto del caso studio

LG NeON[®] 2 Black

LG NeON[®] 2 BLACK – ELEGANZA ED ECOLOGIA.

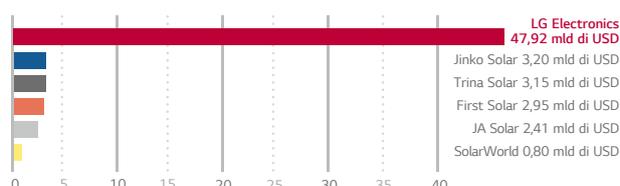
Come suggerisce il nome, il modulo fotovoltaico monocristallino LG NeON[®] 2 Black è completamente nero. Il suo design discreto gli permette di integrarsi con qualsiasi abitazione. Grazie alla nuova tecnologia CELLO eroga una potenza di 325 Wp.

GARANTE LOCALE, ASSICURAZIONE GLOBALE

LG Solar è un marchio di LG Electronics – facendo così parte di una società finanziariamente forte, globale, con oltre 50 anni di tradizione ed esperienza.

È bene sapere che: LG Electronics è il garante dei vostri moduli solari.

Ricavi in vendite del garante nel 2016 in miliardi di USD.

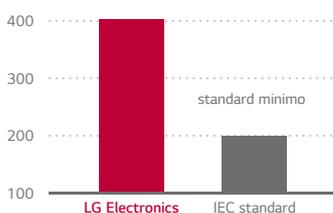


QUALITÀ ECCELLENTE VERIFICATA CON TEST INDIPENDENTI

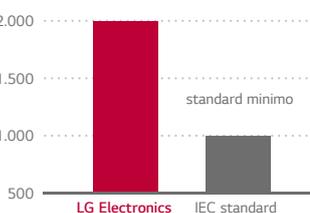
Di LG ci si può fidare. Testiamo i nostri prodotti con il doppio dell'intensità e delle specifiche dello standard IEC. Questa qualità è apprezzata dagli installatori in tutta Europa, e per questo hanno premiato i moduli solari LG con il marchio "TOP BRAND PV" attestando l'elevata propensione a consigliare il prodotto per la quarta volta di fila.



cicli Test di temperatura

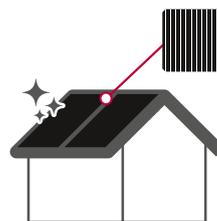


ore Test di umidità

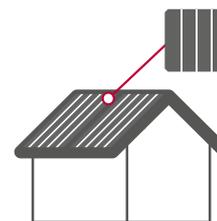


SOBRIO ED ELEGANTE

Il modulo LG NeON[®] 2 Black con telaio nero anodizzato e backsheet posteriore nero è stato progettato per offrire una estetica accattivante. Grazie all'utilizzo di fili sottili, ora sembra totalmente nero anche a distanza. Il suo design elegante è perfetto per ogni casa e ne aumenta il valore.



LG NeON[®] 2 Black



Conventional

PROGETTAZIONE PERFETTA, GARANTITA NEL TEMPO

Grazie al suo telaio rinforzato, LG NeON[®] 2 Black può sopportare un carico anteriore fino a 6.000Pa e un carico posteriore fino a 5.400Pa. Sulla base di una migliore robustezza, LG ha esteso la garanzia del prodotto per ulteriori 2 anni.



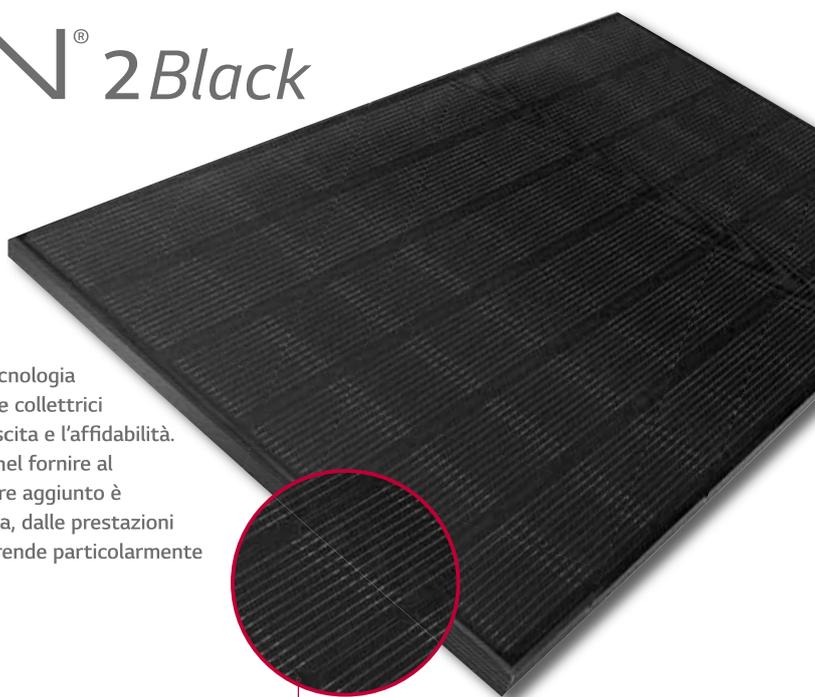
*1) Primo anno 98%. 2) Dopo il secondo anno 0,5% annuo di degradazione. 3) 86% al 25o anno.

LG NeON[®] 2 Black

LG325N1K-A5
 LG320N1K-A5
 LG315N1K-A5

60 celle

Il nuovo modulo LG NeON[®] 2 Black sfrutta la tecnologia CELLO. La tecnologia CELLO sostituisce 3 barre collettrici con 12 fili sottili per migliorare la potenza di uscita e l'affidabilità. NeON[®] 2 Black è il risultato dell'impegno di LG nel fornire al cliente molto di più della sola efficienza. Il valore aggiunto è costituito dalla garanzia Migliorata, dalla durata, dalle prestazioni in condizioni reali e dal design estetico, che lo rende particolarmente adatto all'installazione sui tetti.



Tecnologia CELLO



CARATTERISTICHE PRINCIPALI



Garanzia potenziata sulle prestazioni

LG NeON[®] 2 Black è distribuito con una garanzia potenziata sulle prestazioni. La degradazione annuale è diminuita da -0,55%/anno a -0,5%/anno.



Elevata potenza di uscita

Rispetto ai modelli precedenti, LG NeON[®] 2 Black è stato concepito al fine di potenziare in modo significativo l'efficienza in termini di resa e per esprimere tutto il suo potenziale anche in spazi ristretti.



Estetica del tetto

LG NeON[®] 2 Black è stato progettato tenendo in considerazione canoni estetici; per questo presenta fili più sottili che generano un effetto di nero uniforme a una certa distanza. Grazie al suo design moderno, il prodotto arricchisce gli edifici su cui è installato.



Durata eccezionale

Grazie alla nuova concezione rinforzata del telaio, LG ha aumentato la garanzia di NeON[®] 2 Black di ulteriori 3 anni. Inoltre, LG NeON[®] 2 Black è in grado di sopportare un carico frontale di 6.000Pa e un carico posteriore di 5.400Pa.



Migliori prestazioni nelle giornate di sole

Oggi LG NeON[®] 2 Black assicura un rendimento migliore al sole grazie all'ottimizzazione dei coefficienti di temperatura.



Costruzione a doppia superficie della cella

Il lato posteriore della cella implementata in LG NeON[®] 2 Black genera energia proprio come il lato anteriore; il raggio luminoso riflesso dal lato posteriore del modulo viene quindi riassorbito, generando un'elevata quantità aggiuntiva di energia.

Informazioni su LG Electronics

LG è un gruppo operante a livello globale, impegnato in misura crescente nel settore fotovoltaico. Nel 1985 LG ha avviato il primo programma di ricerca dedicato all'energia solare, avvalendosi dell'esperienza accumulata nei settori semiconduttori, LCD, chimica e realizzazione di materiali. Nel 2010 LG Solar ha lanciato sul mercato la prima serie MonoX[®], che ha riscosso enorme successo ed è oggi disponibile in 32 paesi. I moduli LG NeON[®] (già commercializzati come MonoX[®] NeON), NeON[®]2 e NeON[®]2 BiFacial sono stati insigniti negli anni 2013, 2015 e 2016 del riconoscimento "Intersolar AWARD", che attesta la leadership, la capacità d'innovazione e l'impegno di LG Solar nel settore.

Inverter solari

Inverter di stringa ABB PVI-3.0/3.6/4.2-TL-OUTD da 3 a 4.2 kW



La famiglia di inverter monofase UNO di ABB è la miglior soluzione per la maggior parte delle installazioni su tetto, consentendo ai proprietari di ottenere la migliore raccolta di energia in base alla grandezza dell'abitazione.

La doppia sezione d'ingresso può processare due differenti stringhe con algoritmi MPPT indipendenti, utile in particolare per installazioni su tetti che richiedono due orientamenti diversi (est e ovest). L'algoritmo MPPT ad alta velocità consente un inseguimento della potenza in tempo reale ed una migliore raccolta di energia.

Efficienza fino al 96,8%

La topologia senza trasformatore consente un'elevata efficienza, fino al 96.8%. L'ampio intervallo di tensione in ingresso rende l'inverter adatto agli impianti a bassa potenza con stringhe di dimensioni ridotte.

Questo inverter da esterno è composto da un'unità completamente sigillata per resistere alle condizioni ambientali più estreme e costituisce la soluzione ideale per impianti di piccole dimensioni.

Caratteristiche principali

- Uscita monofase
- Topologia senza trasformatore
- Ciascun inverter è programmato con specifici standard di rete che possono essere installati direttamente sul campo
- Ampio intervallo di tensione in ingresso
- Algoritmo di MPPT veloce e preciso per l'inseguimento della potenza in tempo reale e per una migliore raccolta di energia
- Doppia sezione di ingresso con MPPT indipendente, consente una ottimale raccolta di energia anche nel caso di stringhe orientate in direzioni diverse

Power and productivity
for a better world™



Ulteriori caratteristiche

- Curve di efficienza piatte garantiscono un elevato rendimento a tutti i livelli di erogazione assicurando una prestazione costante e stabile nell'intero intervallo di tensione in ingresso e di potenza in uscita
- Sezionatore DC integrato in conformità agli standard internazionali (versione -S)
- Raffreddamento a convezione naturale per garantire la massima affidabilità
- Costruzione da esterno per uso in qualsiasi condizione ambientale
- Interfaccia di comunicazione RS-485 (per connessione con computer portatili o datalogger)

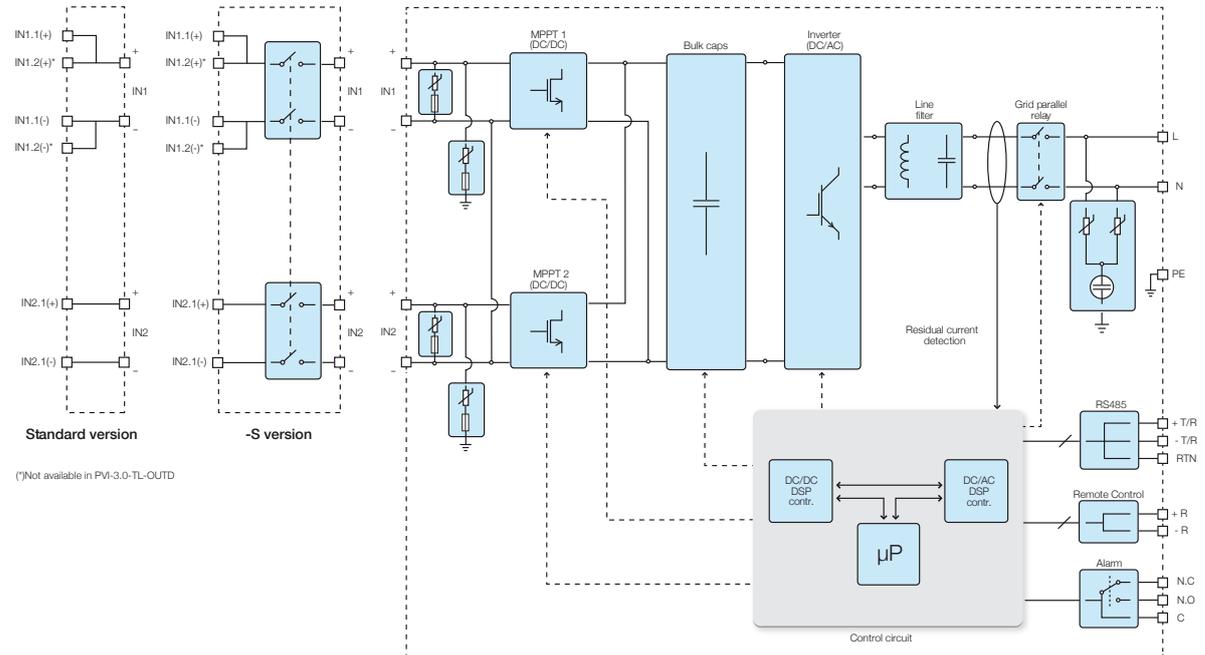


Dati tecnici e modelli

Modello	PVI-3.0-TL-OUTD	PVI-3.6-TL-OUTD	PVI-4.2-TL-OUTD
Ingresso			
Massima tensione assoluta DC in ingresso ($V_{max,abs}$)	600 V		
Tensione di attivazione DC di ingresso (V_{start})	200 V (adj. 120...350 V)		
Intervallo operativo di tensione DC in ingresso ($V_{d,min}...V_{d,max}$)	0.7 x $V_{start}...580$ V		
Tensione nominale DC in ingresso (V_{dcr})	360 V		
Potenza nominale DC di ingresso (P_{dcr})	3120 W	3750 W	4375 W
Numero di MPPT indipendenti	2		
Potenza massima DC di ingresso per ogni MPPT ($P_{MPPT,max}$)	2000 W	3000 W	
Intervallo di tensione DC con configurazione di MPPT in parallelo a P_{acr}	160...530 V	120...530 V	140...530 V
Limitazione di potenza DC con configurazione di MPPT in parallelo	Derating da max a zero [$530V \leq V_{MPPT} \leq 580V$]		
Limitazione di potenza DC per ogni MPPT con configurazione di MPPT indipendenti a P_{acr} , esempio di massimo sbilanciamento	2000 W [$200V \leq V_{MPPT} \leq 530V$] altro canale: $P_{dcr} = 2000W$ [$112V \leq V_{MPPT} \leq 530V$]	3000 W [$190V \leq V_{MPPT} \leq 530V$] altro canale: $P_{dcr} = 3000W$ [$90V \leq V_{MPPT} \leq 530V$]	
Massima corrente DC in ingresso ($I_{dcr,max}$) / per ogni MPPT ($I_{MPPT,max}$)	20.0 A / 10.0 A	32.0 A / 16.0 A	
Massima corrente di cortocircuito di ingresso per ogni MPPT	12.5 A	20.0 A	
Numero di coppie di collegamento DC in ingresso per ogni MPPT	1	1	2 per MPPT1 e 1 per MPPT2
Tipo di connessione DC	Connettore PV Tool Free WM / MC4		
Protezioni di ingresso			
Protezione da inversione di polarità	Sì, da sorgente limitata in corrente		
Protezione da sovratensione di ingresso per ogni MPPT-varistore	2		
Controllo di isolamento	In accordo alla normativa locale		
Caratteristiche sezionatore DC per ogni MPPT (versione con sezionatore DC)	25 A / 600 V		
Uscita			
Tipo di connessione AC alla rete	Monofase		
Potenza nominale AC di uscita ($P_{acr} @ \cos\phi=1$)	3000 W	3600 W	4200 W
Potenza massima AC di uscita ($P_{ac,max} @ \cos\phi=1$)	3300 W ⁽⁴⁾	4000 W ⁽⁵⁾	4600 W ⁽⁶⁾
Potenza apparente massima (S_{max})	3330 VA	4000 VA	4670 VA
Tensione nominale AC di uscita ($V_{ac,r}$)	230 V		
Intervallo di tensione AC di uscita	180...264 V ⁽¹⁾		
Massima corrente AC di uscita ($I_{ac,max}$)	14.5 A	17.2 A ⁽²⁾	20.0 A
Contributo alla corrente di corto circuito	16.0 A	19.0 A	22.0 A
Frequenza nominale di uscita (f)	50 Hz / 60 Hz		
Intervallo di frequenza di uscita ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ⁽³⁾		
Fattore di potenza nominale e intervallo di regolabilità	> 0.995, adj. ± 0.9 con $P_{acr}=3.0$ kW	> 0.995, adj. ± 0.9 con $P_{acr}=3.6$ kW	> 0.995, adj. ± 0.9 con $P_{acr}=4.2$ kW
Distorsione armonica totale di corrente	< 3.5 %		
Tipo di connessioni AC	Morsetteria a vite, pressa cavo M25		
Protezioni di uscita			
Protezione anti-isolamento	In accordo alla normativa locale		
Massima protezione da sovracorrente AC	16.0 A	19.0 A	22.0 A
Protezione da sovratensione di uscita - varistore	2 (L - N / L - PE)		

2 ABB inverter solari | Opuscolo per PVI-3.0/3.6/4.2-TL-OUTD

Diagramma a blocchi - PVI-3.0/3.6/4.2-TL-OUTD

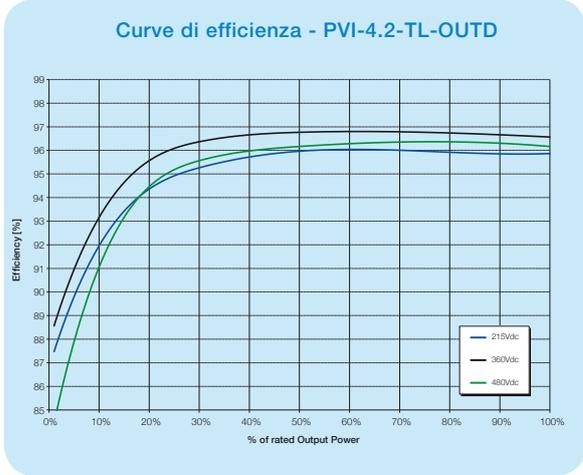
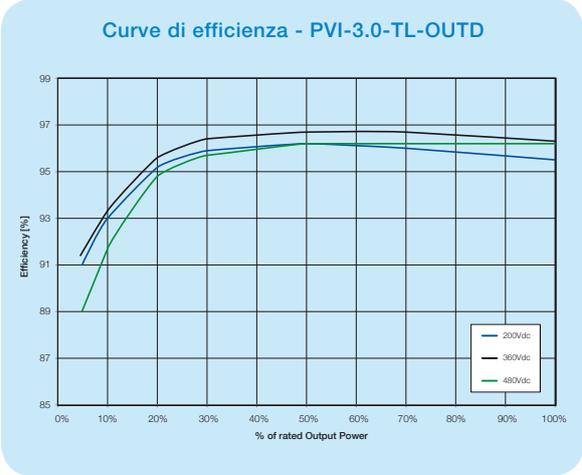


Dati tecnici e modelli

Modello	PVI-3.0-TL-OUTD	PVI-3.6-TL-OUTD	PVI-4.2-TL-OUTD
Prestazioni operative			
Efficienza massima (η_{max})		96.8%	
Efficienza pesata (EURO/CEC)		96.0% / -	
Soglia di alimentazione della potenza		10.0 W	
Consumo in stand-by		< 8.0 W	
Comunicazione			
Monitoraggio locale cablato		PVI-USB-RS232_485 (opz.)	
Monitoraggio remoto	VSN300 Wifi Logger Card ^(*) (opz.), PVI-AEC-EVO (opz.), VSN700 Data Logger (opz.)		
Monitoraggio locale wireless	VSN300 Wifi Logger Card ^(*) (opz.)		
Interfaccia utente	Display LCD con 16 caratteri x 2 linee		
Ambientali			
Temperatura ambiente	-25...+60°C / -13...140°F con derating sopra 50°C/122°F	-25...+60°C / -13...140°F con derating sopra 55°C/131°F	-25...+60°C / -13...140°F con derating sopra 50°C/122°F
Umidità relativa	0...100 % con condensa		
Emissioni acustiche	< 50 dB(A) @ 1 m		
Massima altitudine operativa senza derating	2000 m / 6560 ft		
Fisici			
Grado di protezione ambientale	IP 65		
Sistema di raffreddamento	Naturale		
Dimensioni (H x L x P)	618mm x 325mm x 222mm / 24.3" x 12.8" x 8.7"		
Peso	17.5 kg / 38.5 lb		
Sistema di montaggio	Staffe da parete		
Sicurezza			
Livello di isolamento	Senza trasformatore		
Certificazioni	CE (solo 50 Hz)		
Norme EMC e di sicurezza	EN62109-1, EN62109-2, AS/NZS3100, AS/NZS 60950, EN61000-6-1, EN61000-6-3, EN61000-3- 2, EN61000-3-3	EN62109-1, EN62109-2, AS/NZS3100, AS/NZS 60950, EN61000-6-1, EN61000-6-3, EN61000-3- 11, EN61000-3-12	EN62109-1, EN62109-2, AS/NZS3100, AS/NZS 60950, EN61000-6-1, EN61000-6-3, EN61000-3- 11, EN61000-3-12
Norme di connessione alla rete (Verificare la disponibilità tramite il canale di vendita)	CEI 0-21, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G83/2, EN 50438 (non per tutte le varianti nazionali), RD1699, AS 4777, C10/11, IEC 61727, ABNT NBR 16149, CLC/FprTS 50549	CEI 0-21, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G83/2, G59/3, EN 50438 (non per tutte le varianti nazionali), RD1699, AS 4777, C10/11, IEC 61727, ABNT NBR 16149, CLC/FprTS 50549, PEA, MEA	CEI 0-21, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G59/3, EN 50438 (non per tutte le varianti nazionali), RD1699, AS 4777, C10/11, IEC 61727, ABNT NBR 16149, CLC/FprTS 50549
Modelli disponibili			
Standard	PVI-3.0-TL-OUTD	PVI-3.6-TL-OUTD	PVI-4.2-TL-OUTD
Con sezionatore DC	PVI-3.0-TL-OUTD-S	PVI-3.6-TL-OUTD-S	PVI-4.2-TL-OUTD-S

- L'intervallo di tensione di uscita può variare in funzione della norma di connessione alla rete, valida nel Paese di installazione
- Per impostazione UK G83/2, massima corrente di uscita limitata a 16A e massima potenza di uscita di 3.68kW.
- L'intervallo di frequenza di uscita può variare in funzione della norma di connessione alla rete, valida nel Paese di installazione
- Limitata a 3000 W per la Germania
- Limitata a 3600 W per la Germania
- Limitata a 4200 W per la Germania
- Verifica la disponibilità prima di ordinare

Nota. Le caratteristiche non specificatamente menzionate nel presente data sheet non sono incluse nel prodotto



BCD.00398 IT 14.04.2014

Supporto e assistenza

ABB supporta i propri clienti con una rete di assistenza dedicata in oltre 60 Paesi e fornisce una gamma completa di servizi per tutta la vita del prodotto, dall'installazione e la messa in servizio, alla manutenzione preventiva, alla fornitura di parti di ricambio, alla riparazione e al riciclo.

Per maggiori informazioni, si prega di contattare un rappresentante ABB o di visitare:

www.abb.com/solarinverters

www.abb.com

© Copyright 2014 ABB. Tutti i diritti riservati. Specifiche soggette a modifica senza preavviso.



ALLEGATO C

Stima della produttività media annuale secondo il modello PVGIS

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 37°54'56" North, 12°51'40" East, Elevation: 336 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 3.8 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 14.9% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.1%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 29.1%

Fixed system: inclination=16 deg., orientation=77 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	6.63	206	2.27	70.4
Feb	9.14	256	3.14	87.9
Mar	13.20	409	4.67	145
Apr	15.80	473	5.72	171
May	18.60	576	6.90	214
Jun	20.30	609	7.76	233
Jul	20.60	638	7.97	247
Aug	18.30	567	7.10	220
Sep	13.90	417	5.19	156
Oct	11.10	343	4.02	125
Nov	7.80	234	2.74	82.3
Dec	6.13	190	2.13	66.1
Year	13.50	410	4.98	151
Total for year		4920		1820

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Bibliografia

- [1] United Nations on Climate Change, "Earth's Annual Resources Budget Consumed in Just 7 Months", <https://unfccc.int/news/earth-s-annual-resources-budget-consumed-in-just-7-months>, 31st July, 2018
- [2] Commissione Europea, Strategie e obiettivi climatici, "Pacchetto per il clima e l'energia 2020" https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_it
- [3] E. Becquerel, "Memoire sur les effets electriques produits sous l'influence des rayons solaires", Comptes Rendus 9: 561–567, 1839
- [4] W. Smith, "Selenium, its electrical qualities, and the effect of light thereon: being a paper read before the Society of Telegraph Engineers", 28th November, 1877
- [5] J. Czochralski, "Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle" [A new method for the measurement of the crystallization rate of metals], Zeitschrift für Physikalische Chemie, 92 : 219–221, 1918
- [6] Direttiva 2011/65/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, dell' 8 giugno 2011 , sulla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche Testo rilevante ai fini del SEE <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0065&from=EN>
- [7] L. Serenelli et al., "Sviluppo di strati sottili di ossido trasparente e conduttivo per applicazione alle celle ad eterogiunzione silicio amorfo / silicio cristallino", Report RdS/PAR2014/002, http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/celle-fotovoltaiche/2014/rds-par2014-002.pdf, settembre 2014

- [8] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE, with support of PSE Conferences & Consulting GmbH "PHOTOVOLTAICS REPORT", 27th August, 2018
- [9] Chiesa G., "Biomimetica, tra tecnologia e innovazione per l'architettura", Rel. Roberto Pagani, Politecnico di Torino, Corso di laurea specialistica in Architettura, Abstract https://webthesis.biblio.polito.it/1247/1/3927_it_abs.pdf, 2008
- [10] Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica <https://www.ceinorme.it/doc/norme/14829.pdf>
- [11] Mussini M. per Greenstart.it, "Ultime da Tesla su trend costo batterie e produzione Model 3", <https://www.greenstart.it/ultime-da-tesla-su-trend-costo-batterie-e-produzione-model-3-13887>, 9 giugno 2018
- [12] Mussini M. per Greenstart.it, "Con la Gigafactory Tesla prevede di tagliare del 35% il costo batterie", <http://www.greenstart.it/costo-batterie-gigafactory-tesla-tagliare-35-per-cento-11699>, 20 febbraio 2017
- [13] QualEnergia.it & keySolar & Key Energy, Mini guida alla scelta dell'accumulo per il fotovoltaico residenziale, Novembre, 2017
- [14] P. Robson & D. Bonomi, "Growing The Battery Storage Market 2018, Exploring Four Key issues", January, 2018
- [15] solareb2b.it, "Nuovo record per Trina Solar: efficienza al 22,13% per le celle monocristalline p-type", <http://www.solareb2b.it/nuovo-record-per-trina-solar-efficienza-al-2213-per-le-celle-monocristalline-p-type/>, 17 dicembre 2015
- [16] abbassalebollette.it, "Pannelli Fotovoltaici: Le 5 Migliori Marche sul Mercato", <https://www.abbassalebollette.it/impiantifotovoltaici-news/pannelli-fotovoltaici-5-migliori-marche-sul-mercato/>, 1 febbraio 2019

- [17] Gru Brundtland, Mansour Khalid, Susanna Agnelli, et al., "Our Common Future" ('Brundtland report'), 21 May, 1987
- [18] ilpost.it, "Cosa c'è nell'accordo sul clima di Parigi", <https://www.ilpost.it/2015/12/13/accordo-sul-clima/>, 13 dicembre 2015
- [19] rinnovabili.it, "Cina: nuove linee guida per il fotovoltaico mentre taglia il carbone", <http://www.rinnovabili.it/energia/fotovoltaico/cina-innovazione/>, 1 marzo 2018
- [20] Miavaldi M. per eastwest.eu, "Cambiamenti climatici, Narendra Modi: India andrà oltre l'accordo di Parigi", <https://eastwest.eu/it/opinioni/elefanti-a-parte/cambiamenti-climatici-narendra-modi-india-andra-oltre-l-accordo-di-parigi>, 5 giugno 2017
- [21] Fotia F. per meteoweb.eu, "Clima, ecco il nuovo rapporto IPCC: gli scienziati lanciano l'allarme, rischi enormi se si supera la soglia di 1,5°C", <http://www.meteoweb.eu/2018/10/cambiamenti-climatici-allarme-ipcc/1161519/>, 8 ottobre 2018
- [22] Consorzio ReMedia, "Il sistema RAEE", <https://www.consorzioremedia.it/extra/approfondimento-raee/il-sistema-dei-raee/>
- [23] Quaderni ReMedia, "Come scegliere e valutare un Sistema Collettivo per la gestione dei RAEE", <https://www.consorzioremedia.it/media/1116/remedia-quaderno-01-come-scegliere-e-valutare-un-sistema-collettivo-per-la-gestione-dei-raee.pdf>, gennaio 2009
- [24] GSE, "Consorzi per lo smaltimento dei moduli", <http://www.pvk-srl.it/wp-content/uploads/2016/05/Consorzi-per-lo-smaltimento-dei-moduli.pdf>, 11 aprile 2016
- [25] Centro di Coordinamento RAEE, "La Normativa", https://www.cd craee.it/GetPage.pub_do?id=2ca98095560d807301560dba641f0003
- [26] Arch. Mussi G. per infobuildenergia.it, "Il riciclo del fotovoltaico: da rifiuto a risorsa", <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/>

smaltimento-riciclo-pannelli-fotovoltaico-rifiuto-risorsa-395.html,

10 maggio 2018

- [27] Ansa.it, "Rifiuti tecnologici, Italia indietro in riciclo", <http://bit.ly/2GmkuMN>, 16 maggio 2018
- [28] Centro di Coordinamento RAEE, "Target Europa: Tasso di raccolta Italia 2017 vs target Europa (Ton)", https://www.cd craee.it/GetPage.pub_do?id=2ca980955698fe2d01569923f2a8001d, dati aggiornati al 1° giugno 2018
- [29] Meta F. per CorCom, "Raee, Italia maglia nera d'Europa. La svolta con le nuove norme?", <https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/raee-italia-maglia-nera-deuropa-la-svolta-con-le-nuove-norme/>, 16 maggio 2018
- [30] Dello Russo V. per nannimagazine.it, "Rifiuti hi-tech: il flusso nascosto", <http://www.nannimagazine.it/articolo/1462/Rifiuti-hi-tech-il-flusso-nascosto>, 21 ottobre 2008
- [31] ecolight.it, "Normativa RAEE, ecco il decreto sull'ecodesign", <https://ecolight.it/normativa-raee-decreto-sullecodesign/>, 19 agosto 2016
- [32] mcenergy.it, "Salva Alcoa: legge 129/2010", <https://www.mcenergy.it/blog/salva-alcoa/>
- [33] GSE, "Servizio di Scambio Sul Posto - Regole Tecniche", Ed. 3, Aprile, 2016, [https://www.gse.it/documenti_site/Documenti\%20GSE/Servizi\%20per\%20te/SCAMBIO\%20SUL\%20POSTO/Regole\%20e\%20procedure/SSP+-+REGOLE+TECNICHE+\(2016\).PDF](https://www.gse.it/documenti_site/Documenti\%20GSE/Servizi\%20per\%20te/SCAMBIO\%20SUL\%20POSTO/Regole\%20e\%20procedure/SSP+-+REGOLE+TECNICHE+(2016).PDF)
- [34] Terna S.p.A., Allegato A.24 al Codice di Rete: "Individuazione zone della rete rilevante", Rev. 09 del 10 giugno 2011, <http://download.terna.it/terna/0000/0108/26.pdf>

- [35] Delibera 582/2015/R/EEL dell'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas e il Sistema Idrico (AEEGSI), "Tariffe elettriche clienti domestici", <https://www.arera.it/it/docs/15/582-15.htm>, 2 dicembre 2015
- [36] Condizioni economiche per i clienti del mercato tutelato, ARERA, <https://www.arera.it/it/dati/condec.htm>
- [37] GSE, "Rapporto Statistico - Solare Fotovoltaico 2017", https://www.gse.it/documenti_site/Documenti\%20GSE/Rapporti\%20statistici/Solare\%20Fotovoltaico\%20-\%20Rapporto\%20Statistico\%202017.pdf, 53-57, Agosto 2018
- [38] ARERA, "Oneri generali di sistema e ulteriori componenti" <https://www.arera.it/it/elettricita/auc.htm>, ultimo aggiornamento 08 gennaio 2019
- [39] European Commission, PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/it/tools.html, last update 21 settembre 2017
- [40] Elementi n.43, Periodico del Gestore dei Servizi Energetici, <https://www.gse.it/media/elementi-43-periodico-del-gestore-dei-servizi-energetici>, 5 aprile 2018
- [41] QualEnergia.it, "Fotovoltaico in market parity: il caso dei 63 MW a Montalto di Castro", <https://www.qualenergia.it/articoli/20170630-fotovoltaico-market-parity-il-caso-dei-63-mw-montalto-di-castro/>, 30 giugno 2017
- [42] Creara Copper Alliance, "PV Grid Parity Monitor" México 1er número, http://www.solareb2b.it/newsletter/pv_grid_parity_monitor_mexico.pdf, Maggio 2015
- [43] solareb2b.it, "Fotovoltaico residenziale: in Messico è già grid parity" <http://www.solareb2b.it/fotovoltaico-residenziale-in-messico-e-gia-grid-parity/>, 26 giugno 2015

- [44] Rinnovabili.it, "Rinnovabili cinesi: nuove linee guida per abbandonare gli incentivi", <http://www.rinnovabili.it/energia/fotovoltaico/rinnovabili-cinesi-grid-parity/>, 17 settembre 2018
- [45] Darling, S. B., You, F., Veselka, T., Velosa, A. (2011). Assumptions and the levelized cost of energy for photovoltaics. *Energy and Environmental Science*, 4(9), 3133-3139. <https://doi.org/10.1039/c0ee00698j>
- [46] IRENA, Ralon P., "Global renewable energy cost trends", p. 4, <http://www.reeem.org/wp-content/uploads/2018/04/Pablo-Ralon-IRENA.pdf>, April 2018
- [47] rinnovabili.it, "Fotovoltaico, è grid parity per Spagna, Italia e Germania", <http://www.rinnovabili.it/energia/fotovoltaico/fotovoltaico-grid-parity-spagna-italia-germania-666/>, 27 marzo 2014
- [48] Sala C. per enermagazine.it, "E.ON SolarCloud, gestire il fotovoltaico con un conto virtuale", <https://www.enermagazine.it/201703063344/Accumulo/e-on-solarcloud-gestire-il-fotovoltaico-con-un-conto-virtuale.html>, 8 marzo 2017
- [49] solarcloud.it, Mission, <http://www.solarcloud.it/chi-siamo.aspx>
- [50] qualeenergia.it, "In Australia parte il mercato distribuito dell'elettricità solare con accumuli", <https://www.qualenergia.it/articoli/20170223-australia-parte-mercato-distribuito-elettricit%C3%A0-solare-FV-accumuli/>, 24 febbraio 2017
- [51] vpsolar.com, "Revamping di impianti FV", <https://www.vpsolar.com/revamping-impianti-fv/>, 24 gennaio 2019
- [52] 4-Noks.com, Soluzioni per il Solare Fotovoltaico, <https://www.4-noks.com/categorie-prodotti/solare-fotovoltaico/>