



Ricerca di Sistema elettrico

Incentivi e norme di connessione degli impianti fotovoltaici con accumulo alla rete elettrica

Francesco De Lia

INCENTIVI E NORME DI CONNESSIONE DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI CON ACCUMULO ALLA RETE ELETTRICA

Francesco De Lia (ENEA)

Dicembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2017

Area: Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica

Progetto: Sistemi di accumulo di energia per il sistema elettrico

Obiettivo: Studi sulla gestione di sistemi di accumulo integrati con sistemi di produzione e/o consumo

Responsabile del Progetto: Pier Paolo Prosini, ENEA

Indice

1	INTRODUZIONE	6
2	NORME DI CONNESSIONE DEI SISTEMI DI ACCUMULO INTEGRATI IN IMPIANTI FOTOVOLTAICI DI UTENTI FINALI.	7
2.1	SDA POSIZIONATI NELLA PARTE DC DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	7
2.2	SDA POSIZIONATI NELLA PARTE AC DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	8
3	INCENTIVI E AGEVOLAZIONI FISCALI DEI SISTEMI DI ACCUMULO E DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI PER UTENTI FINALI.....	11
3.1	INCENTIVI	11
3.1.1	<i>Procedure per l'iscrizione a Registro</i>	12
3.1.2	<i>Procedure d'asta</i>	12
3.2	AGEVOLAZIONI FISCALI	13
4	MECCANISMI DI VALORIZZAZIONE ECONOMICA DELL'ENERGIA IMMESSA IN RETE.	15
4.1	SCAMBIO SUL POSTO.....	15
4.2	RITIRO DEDICATO	17
5	ANALISI ECONOMICA DI SISTEMI DI ACCUMULO INTEGRATI IN IMPIANTI FOTOVOLTAICI	18
5.1	TARIFE ELETTRICHE.....	18
5.1.1	<i>Struttura tariffaria per gli utenti domestici residenti</i>	18
5.2	CASI STUDIO.....	19
5.3	CASO STUDIO 1: UTENTE DOMESTICO MONOFASE CON CONSUMO MEDIO (3400 kWh/ANNO)	20
5.3.1	<i>Risparmio in bolletta</i>	21
5.3.2	<i>Caso SSP</i>	22
5.3.3	<i>Caso RD</i>	25
5.4	CASO STUDIO 2: UTENTE DOMESTICO MONOFASE CON CONSUMO ELEVATO (6200 kWh/ANNO)	27
5.4.1	<i>Risparmio in bolletta</i>	27
5.4.2	<i>Caso SSP</i>	28
5.4.3	<i>Caso RD</i>	31
5.5	CASO STUDIO 3: UTENTE DOMESTICO TRIFASE CON CONSUMO ELEVATO (13980 kWh/ANNO)	32
5.5.1	<i>Risparmio in bolletta</i>	33
5.5.2	<i>Caso SSP</i>	33
5.5.3	<i>Caso RD</i>	36
6	CONCLUSIONI.....	38
7	ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	40
8	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	41
	APPENDICE A: CALCOLO DEL CUSF	42
	APPENDICE B: ANALISI ECONOMICA PARAMETRICA.....	43
	CASO STUDIO 1. UTENTE CON CONSUMO 3400 kWh/ANNO.	44
	CASO STUDIO 2: UTENTE CON CONSUMO 6200 kWh/ANNO.	47
	CASO STUDIO 3: UTENTE CON CONSUMO 13980 kWh/ANNO	50

Figure

Figura 1. Sistema di accumulo connesso nella parte di impianto in corrente continua.	7
Figura 2. Sistema di accumulo connesso nella parte di impianto in corrente alternata a valle del contatore di produzione M2. misuratori di energia - (b) schemi di connessione e dispositivi di protezione	8
Figura 3. Sistema di accumulo connesso nella parte di impianto in corrente alternata a monte del contatore di produzione M2. (a) misuratori di energia - (b) e (c) schemi di connessione e dispositivi di protezione.....	9
Figura 4. Utente con sistema di accumulo.	10
Figura 5. Scaglioni riconosciuti nel calcolo del CUSf (caso $E_p > E_i$).....	16
Figura 6. Scaglioni riconosciuti nel calcolo del CUSf (caso $E_p < E_i$).....	16
Figura 7. Andamento del VAN nel tempo in anni (esempio).....	20
Figura 8. Profilo di carico medio giornaliero utente domestico monofase ($C=3400$ kWh/anno).	21
Figura 9. Andamento del VAN dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6kWh) con detrazione fiscale e SSP.....	24
Figura 10. Andamento del VAN dell'impianto FV(3kWp) con SdA (6kWh) con detrazione fiscale e RD.....	26
Figura 11. Profilo di Carico dell'utente domestico con PdC ($C= 6200$ kWh/anno, prima settimana di Gennaio).	27
Figura 12. Andamento del VAN dell'impianto FV (5kWp) con SdA (9kWh) con detrazione fiscale e SSP.....	30
Figura 13. Andamento del VAN dell'impianto FV (5kWp) con SdA (9kWh) con detrazione fiscale e RD.....	32
Figura 14. Profilo di carico medio giornaliero dell' utente domestico trifase ($C=13980$ kWh/anno).	32
Figura 15. Andamento del VAN dell'impianto FV (10 kWp) con SdA (18 kWh) con detrazione fiscale e SSP.	35
Figura 16. Andamento del VAN dell'impianto FV (10 kWp) con SdA (18 kWh) con detrazione fiscale e RD..	37

Tabelle

Tabella 1. Scadenze Bandi per l'accesso alle aste e registri.	11
Tabella 2. Vita utile convenzionale (durata incentivo), Tariffe di Riferimento per i nuovi impianti.	12
Tabella 3. Contingenti di potenza messi a disposizione procedura a Registro.	12
Tabella 4. Contingenti di potenza messi a disposizione procedura a Registro.	13
Tabella 5. Corrispettivi Cusf per l'anno 2017.	15
Tabella 6. Prezzi minimi garantiti per l'anno 2018.	17
Tabella 7. Voci di costo per la materia energia, Tariffa Bioraria residente (primo trimestre 2019).	18
Tabella 8. Voci di costo per i servizi di Rete, Tariffa Bioraria residente (primo trimestre 2019).	19
Tabella 9. Accisa applicata a utenti domestici.....	19
Tabella 10. IVA applicata a utenti domestici.	19
Tabella 11. Dettaglio bolletta elettrica PRIMA dell'installazione dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6 kWh).	21
Tabella 12. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 PRIMA dell'installazione dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6 kWh).	21
Tabella 13. Dettaglio bolletta elettrica DOPO l'installazione dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6 kWh).	22
Tabella 14. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 DOPO l'installazione dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6 kWh).	22
Tabella 15. Dettaglio dei flussi di cassa dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6kWh) con detrazione fiscale e SSP.	24
Tabella 16. Dettaglio dei flussi di cassa nel tempo dell'impianto FV(3kWp) con SdA (6kWh) e RD.	25
Tabella 17. Dettaglio bolletta elettrica PRIMA dell'installazione dell'impianto FV (5kWp) con SdA (9 kWh).	27
Tabella 18. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 PRIMA dell'installazione dell'impianto (5kWp) con SdA (9 kWh).	27
Tabella 19. Dettaglio bolletta elettrica DOPO l'installazione dell'impianto (5kWp) con SdA (9 kWh).	28
Tabella 20. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 DOPO l'installazione dell'impianto (5kWp) con SdA (9 kWh).	28
Tabella 21. Dettaglio dei flussi di cassa dell'impianto FV (5kWp) con SdA (9kWh) con detrazione fiscale e SSP.	30

Tabella 22. Dettaglio dei flussi di cassa dell'impianto FV (5kWp) con SdA (9kWh) con detrazione fiscale e RD.	31
Tabella 23. Dettaglio bolletta elettrica PRIMA dell'installazione dell'impianto FV (10kWp) con SdA (18 kWh).	33
Tabella 24. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 PRIMA dell'installazione dell'impianto FV (10kWp) con SdA (18 kWh).	33
Tabella 25. Dettaglio bolletta elettrica DOPO dell'installazione dell'impianto FV (10kWp) con SdA (18 kWh).	33
Tabella 26. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 DOPO l'installazione dell'impianto FV (10kWp) con SdA (18 kWh).	33
Tabella 27. Dettaglio dei flussi di cassa dell'impianto FV (10 kWp) con SdA (18 kWh) con detrazione fiscale e SSP.	35
Tabella 28. Dettaglio dei flussi di cassa dell'impianto FV (10 kWp) con SdA (18 kWh) con detrazione fiscale e RD.	36
Tabella 29. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con SSP di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 6200 kWh/anno).	44
Tabella 30. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con RD di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 3400 kWh/anno).	44
Tabella 31. Beneficio economico annuo in € di un installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con SSP utente con consumo 3400 kWh/anno).	45
Tabella 32. Beneficio economico annuo in € di un installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con RD (utente con consumo 3400 kWh/anno).	45
Tabella 33. Costo del sistema di accumulo (IVA al 10% compresa) al variare della potenza e capacità nominali (utente con consumo 3400 kWh/anno).	45
Tabella 34. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con SSP di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 6200 kWh/anno).	47
Tabella 35. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con RD di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 6200 kWh/anno).	47
Tabella 36. Beneficio economico annuo in € di un installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con SSP (utente con consumo 6200 kWh/anno).	48
Tabella 37. Beneficio economico annuo in € di un installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con RD (utente con consumo 6200 kWh/anno).	48
Tabella 38. Costo del sistema di accumulo (IVA al 10% compresa) al variare della potenza e capacità nominali (utente con consumo 6200 kWh/anno).	48
Tabella 39. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con SSP di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 13980 kWh/anno).	50
Tabella 40. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con RD di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 13980 kWh/anno).	50
Tabella 41. Beneficio economico annuo in € di un installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con SSP (utente con consumo 13980 kWh/anno).	51
Tabella 42. Beneficio economico annuo in € di un installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con RD (utente con consumo 13980 kWh/anno).	51
Tabella 43. Costo del sistema di accumulo (IVA al 10% compresa) al variare della potenza e capacità nominali (utente con consumo 13980 kWh/anno).	51

1 Introduzione

Nel documento viene presentata una panoramica sulle norme tecniche di connessione dei sistemi di accumulo integrati in impianti fotovoltaici di utenti finali, richiamate le delibere dell' AEEGSI/ARERA di riferimento nonché gli incentivi e le agevolazioni fiscali che godono tali impianti. Al fine di valutare l'investimento economico dei sistemi di accumulo integrati in impianti fotovoltaici, anche in modalità Retrofit, e di rispondere alla sempre più frequente domanda circa la loro effettiva convenienza, si è ritenuto utile riportare una analisi economica parametrica che quantifichi i reali benefici economici per l'utente finale e valuti il tempo di ritorno dell'investimento per diverse tipologie e taglie di impianti. A tal fine si è tenuto conto dei costi attuali degli impianti fotovoltaici e degli accumuli, degli incentivi e/o agevolazioni fiscali, dei meccanismi di valorizzazione dell'energia immessa in rete (SSP e RD) e delle tariffe elettriche in vigore per utenti domestici. Le valutazioni riportate nel documento sono state fatte utilizzando il Simulatore di impianti ENEA a cui è stato aggiunto un modello economico che quantifica i benefici economici annui.

2 Norme di connessione dei sistemi di accumulo integrati in impianti fotovoltaici di utenti finali.

Le norme tecniche di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti BT e MT/AT delle imprese distributrici di energia elettrica sono rispettivamente le CEI 0-21 e CEI 0-16. Tali norme hanno visto nel corso degli anni diversi aggiornamenti. Nel dicembre 2014, sono uscite le varianti V1 alle suddette norme che, insieme ai provvedimenti dell'AEGGSI (Delibere 574/2014/R/eel e 642/2014/R/eel), che specificano i servizi di rete richiesti ai sistemi di accumulo, ne completano il quadro regolatorio.

L'ultima versione della CEI 0-21, uscita a Luglio 2016, ha di fatto comportato l'estensione del campo di applicazione delle prescrizioni relative agli utenti attivi anche agli impianti di generazione con potenza nominale inferiore a 1 kW e introdotto alcune modifiche relativamente al Sistema di Protezione di Interfaccia, nonché ai servizi di rete da erogare da parte dell'inverter. Sono state altresì definite nell'Allegato Bbis le modalità di prova per la verifica della rispondenza ai requisiti normativi dei sistemi di accumulo.

2.1 SdA posizionati nella parte DC dell'impianto fotovoltaico

La prima modalità di posizionamento di un SdA ammessa dalla normativa è quella che prevede il collegamento del SdA nella parte DC dell'impianto fotovoltaico. Tipicamente il SdA è connesso, mediante un proprio DC/DC converter, a valle del DC/DC converter che implementa l' MPPT del generatore fotovoltaico. Come si avrà modo di vedere più avanti nel documento, tale posizionamento del SdA garantisce maggiori rendimenti di sistema rispetto al posizionamento in AC, ma risulta meno flessibile. Il convertitore DC/AC, condiviso dal SdA e dal generatore fotovoltaico, può essere unidirezionale ed in tal caso le batterie del SdA si caricano solo dal fotovoltaico, o bidirezionale in tal caso le batterie possono essere caricate anche da Rete.

Tale scelta è implementata dall' Energy management System (EMS) che gestisce i flussi energetici del SdA e che comanda il convertitore DC/AC.

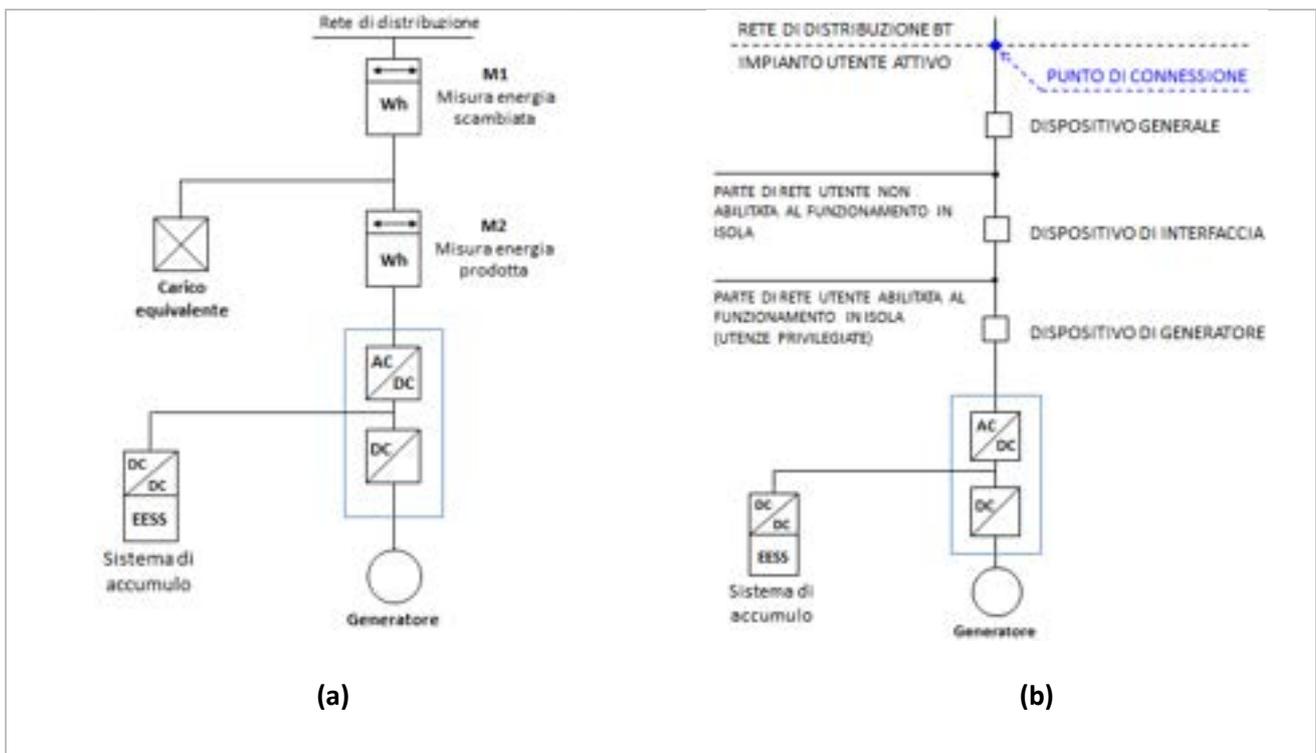


Figura 1. Sistema di accumulo connesso nella parte di impianto in corrente continua.
(a) misuratori di energia - (b) schemi di connessione e dispositivi di protezione.

Il contatore di produzione M2, differentemente dal un impianto fotovoltaico grid-connected convenzionale, deve essere bidirezionale per contabilizzare l'eventuale energia prelevata dalla Rete ed immessa nel SdA .

Dal punto di vista dei dispositivi di protezione, il SdA ed il generatore fotovoltaico vengono visti come un unico sistema e quindi condividono un unico DG, DDI e DDG.

2.2 SdA posizionati nella parte AC dell'impianto fotovoltaico

Questa tipologia di posizionamento presenta una maggiore flessibilità rispetto alla modalità precedente in quanto non è necessario modificare un impianto fotovoltaico preesistente e quindi si presta bene ad interventi di tipo retrofit. A seconda del punto di connessione del SdA, è possibile distinguere due casi:

- SdA connesso a valle del contatore di produzione M2.
- SdA connesso a monte del contatore di produzione M2.

Nel caso di SdA connesso a valle del contatore M2, come già visto per il caso del posizionamento in DC, i dispositivi di protezione DG, DDI e DDG sono condivisi tra i generatore e il SdA e il contatore M2 è bidirezionale (Figura 2) .

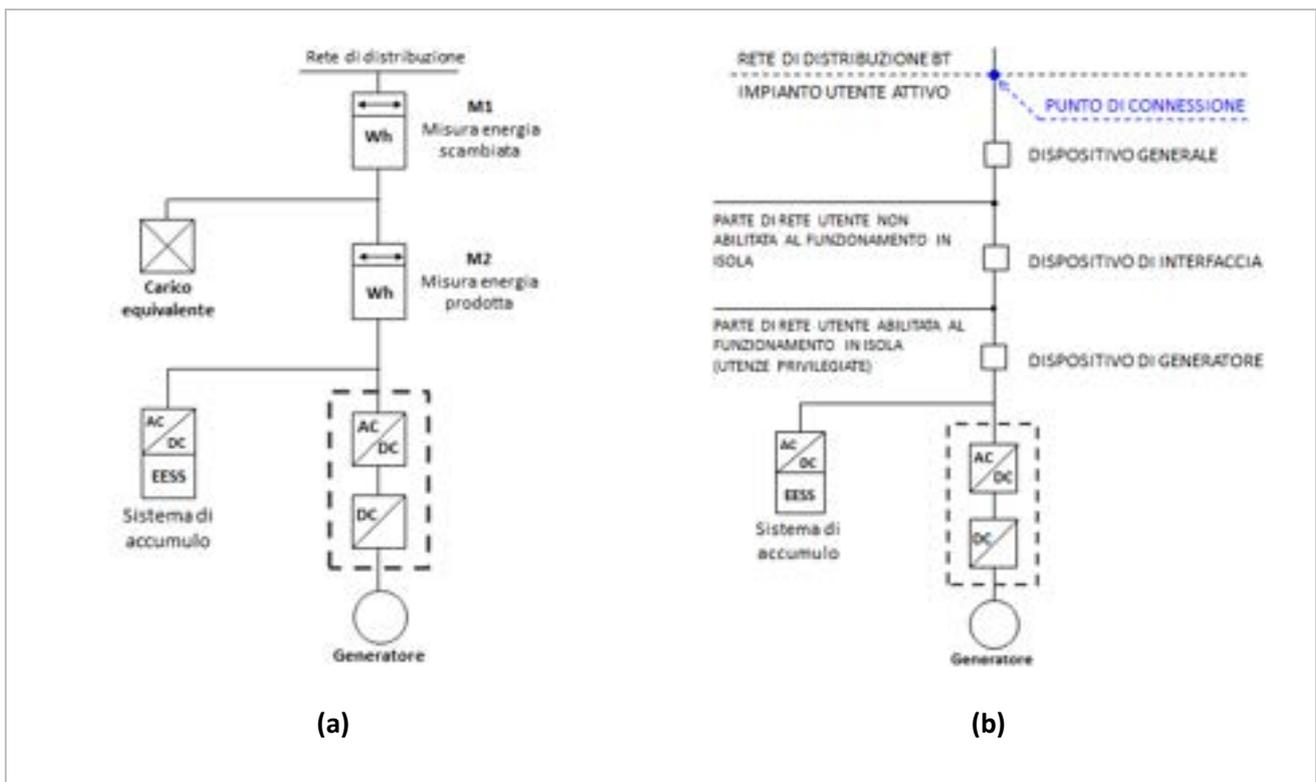


Figura 2. Sistema di accumulo connesso nella parte di impianto in corrente alternata a valle del contatore di produzione M2. misuratori di energia - (b) schemi di connessione e dispositivi di protezione

Il collegamento del SdA a monte del contatore di produzione M2 comporta invece due configurazioni possibili in relazione al posizionamento dei DDI presenti nell'impianto (caso (b) della Figura 3).

Nel primo caso il DDI è condiviso tra l'impianto fotovoltaico e il SdA, eventualmente può essere previsto un secondo DDI nel caso in cui si voglia gestire i carichi in isola in modo differenziato. In tal caso, qualora le condizioni impiantistiche lo prevedano, è possibile gestire una parte della rete in isola con l'impianto fotovoltaico (naturalmente abilitato a tale tipo di funzionamento) e la parte rimanente dell'isola gestita dal

SdA. In questo caso, il DDI aggiuntivo deve essere aperto dallo stesso comando di scatto proveniente dalla protezione di interfaccia (SPI).

Nel secondo caso, SdA e impianto fotovoltaico afferiscono a DDI distinti e quindi il funzionamento in isola se le condizioni impiantistiche lo richiedono può essere gestito con logiche distinte. Si può ad esempio prevedere che solo uno dei due sistemi preveda il funzionamento in isola, (ad esempio l'impianto fotovoltaico raffigurato in Figura 3 caso (c) mentre il SdA non è abilitato a tale tipo di funzionamento, o viceversa).

Il posizionamento del SdA a monte del contatore di produzione M2 obbliga la presenza di un terzo contatore M3 nei casi in cui l'impianto fotovoltaico è incentivato con tariffe omnicomprensive (5 CE) e/o beneficiano di prezzi minimi garantiti in quanto è necessario conoscere l'energia scambiata dal SdA.

Per gli impianti che sono invece incentivati solo sulla base dell'energia prodotta o che non godono di incentivi il contatore M3 non è richiesto.

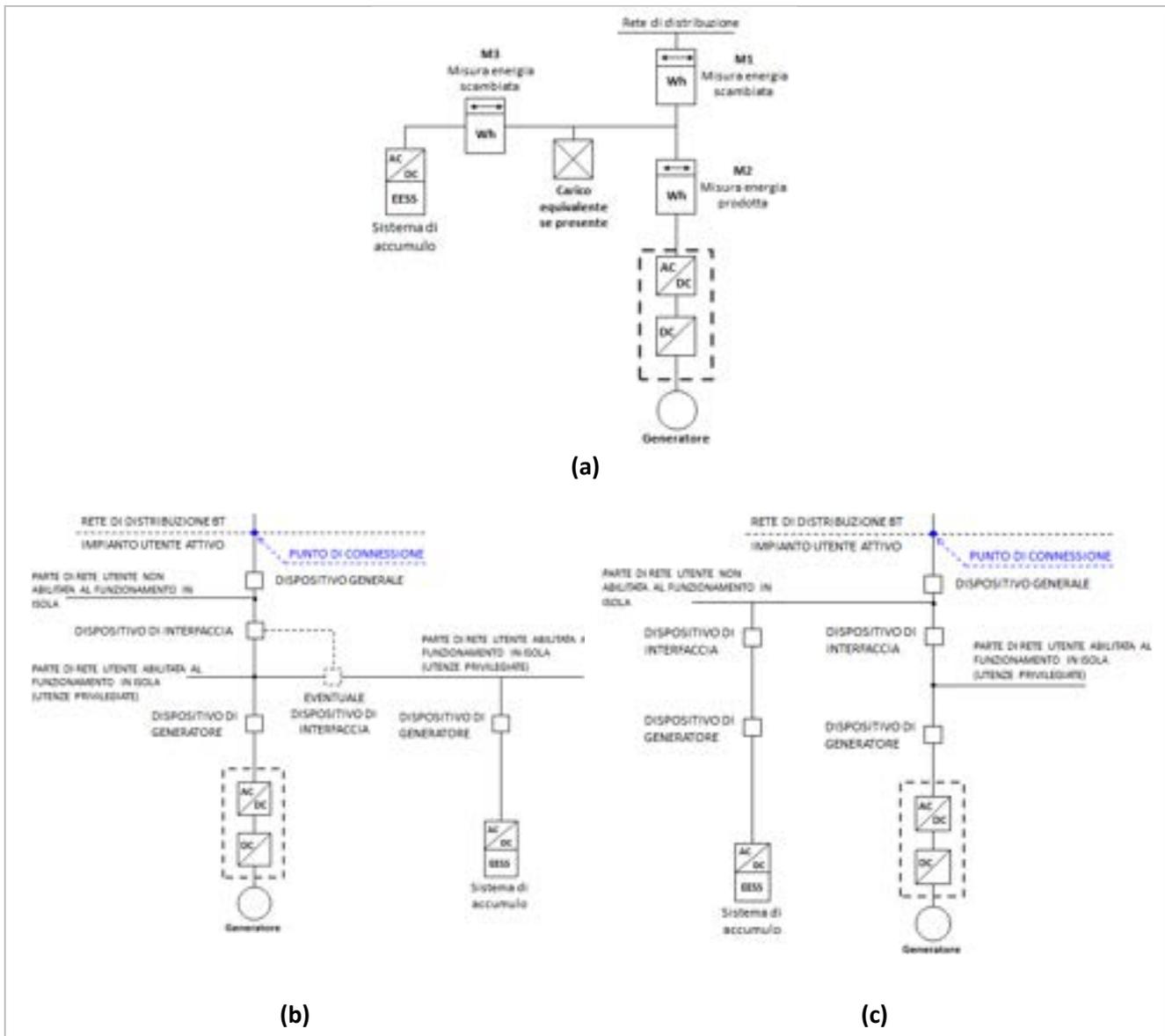


Figura 3. Sistema di accumulo connesso nella parte di impianto in corrente alternata a monte del contatore di produzione M2. (a) misuratori di energia - (b) e (c) schemi di connessione e dispositivi di protezione.

L'ultimo caso di posizionamento del SdA riguarda un utente passivo che non è dotato di impianto di produzione (es: fotovoltaico) e che decide di installare un SdA perché intende disporre di una funzione di backup energetico. Il fatto di installare un SdA, anche in assenza di un impianto di produzione, comporta una modifica del profilo di scambio con la Rete e quindi l'utente diventa un utente attivo e pertanto obbligato ad installare i dispositivi di protezione previsti per questa tipologia di utenza (DDG, DDle DG). Per questo posizionamento, non è necessario installare contatori aggiuntivi ma è sufficiente la presenza del contatore di scambio M1 che però deve essere bidirezionale.

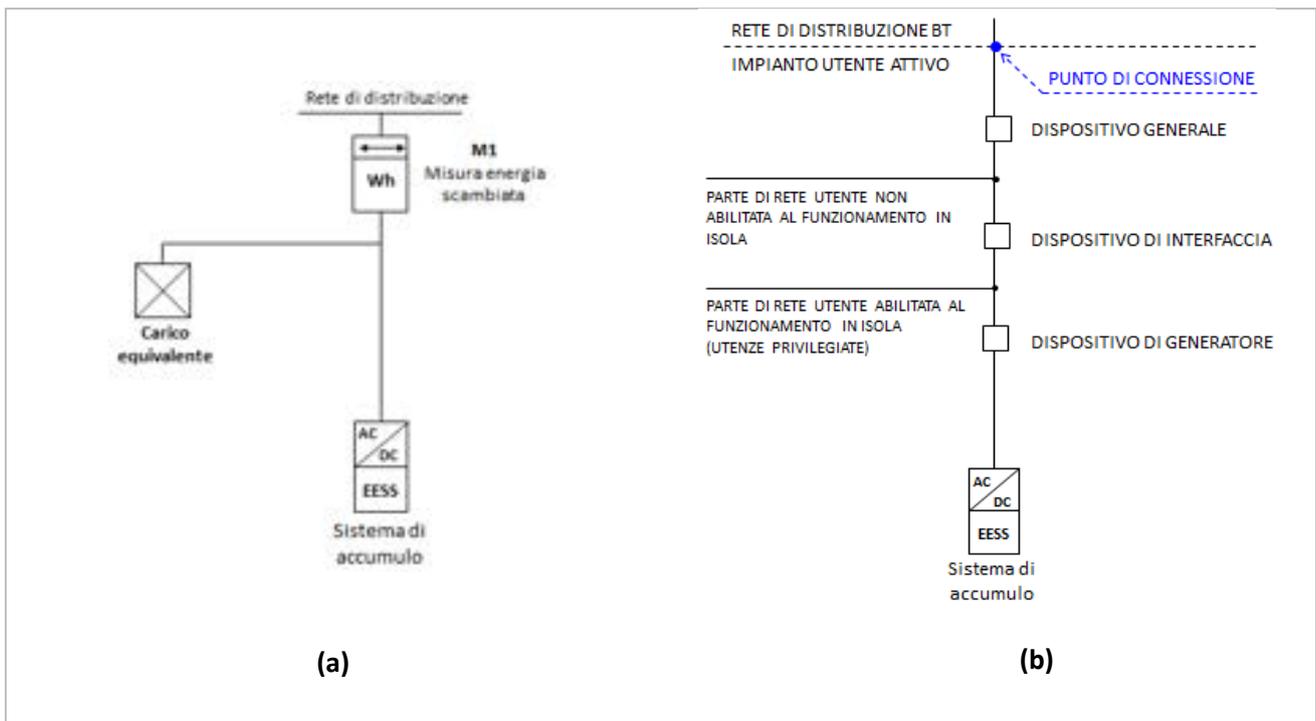


Figura 4. Utente con sistema di accumulo.
(a) misuratore di energia - (b) schema di connessione e dispositivi di protezione.

3 Incentivi e agevolazioni fiscali dei sistemi di accumulo e degli impianti fotovoltaici per utenti finali.

3.1 Incentivi

A fine 2018 è stato emesso dal Ministero dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, lo schema di decreto (il cosiddetto Decreto FER1) sui nuovi incentivi alle rinnovabili elettriche, tra cui il fotovoltaico, che dovrà essere inviato alla Commissione Europea per il suo benestare prima della sua approvazione finale. Tale provvedimento non cita i sistemi di accumulo, tuttavia si ritiene utile riportare gli elementi salienti in modo da dare un quadro completo dei meccanismi d’incentivazione anche per il fotovoltaico.

Lo schema di decreto stabilisce due modalità di accesso ai meccanismi di incentivazione a seconda della potenza dell’impianto fotovoltaico che dovrà essere comunque superiore a 20 kW in quanto, al di sotto di tale limite, esistono già meccanismi sufficientemente remunerativi come le detrazioni fiscali e lo scambio sul posto. Al di sotto di 1 MW è possibile partecipare a procedure pubbliche per la selezione di progetti da iscrivere in appositi registri mentre al di sopra di tale limite si accede agli incentivi mediante aste al ribasso dove viene specificata l’entità dell’incentivo. In entrambi i casi esistono dei limiti di contingenti di potenza da rispettare. Va specificato che l’accesso a questi incentivi è alternativo ai meccanismi dello Scambio Sul Posto e del Ritiro Dedicato, nel seguito illustrati. L’ultima versione del decreto apre la possibilità accedere sia ai Registri sia alle Aste agli *Aggregati* costituiti da più impianti di potenza unitaria non inferiore a 20kW e non superiore a 500 kW purché complessivamente l’aggregato non superi rispettivamente la potenza di 1 MW per il meccanismo a Registri e sia superiore a 1 MW per il meccanismo ad Aste. Il gestore della modalità di accesso ed erogazione degli incentivi sarà il GSE.

L’accesso alle procedure di asta e registro avviene attraverso bandi specifici che verranno emessi con scadenze prestabilite:

Nr. procedura	Data apertura del bando
1	31 gennaio 2019
2	31 maggio 2019
3	30 settembre 2019
4	31 gennaio 2020
5	31 maggio 2020
6	30 settembre 2020
7	31 gennaio 2020
8	31 maggio 2020

Tabella 1. Scadenze Bandi per l’accesso alle aste e registri.

Con il Decreto FER1 viene incentivata l’energia immessa in rete con una “tariffa omnicomprensiva” e per una durata di 20 anni. Lo schema di decreto definisce una Tariffa di Riferimento che si differenzia per classi di potenza:

Potenza (kW)	Vita utile degli impianti (anni)	Tariffa (€/MWh)
20 < P ≤ 100	20	105
100 < P ≤ 1000	20	90
P > 1000	20	70

Tabella 2. Vita utile convenzionale (durata incentivo), Tariffe di Riferimento per i nuovi impianti.

Al produttore che rientrerà in posizione utile in graduatoria, sarà riconosciuta la cosiddetta Tariffa Spettante ottenuta applicando alla tariffa di riferimento una riduzione percentuale specificata dal produttore nella sua offerta nell'ambito delle procedure di Asta e Registro.

Per gli impianti di potenza fino a 100 kW su edifici, sull'energia autoprodotta è attribuito un premio pari a 10 €/MWh, cumulabile con il premio pari a 12 €/MWh, erogato su tutta l'energia prodotta, riservato agli impianti di cui al Gruppo A-2.

3.1.1 Procedure per l'iscrizione a Registro.

Per il fotovoltaico i bandi sono organizzati in Gruppo A e Gruppo A-2, rispettivamente per impianti tradizionali e impianti i cui moduli sono installati in sostituzione di coperture in eternit o amianto.

La potenza messa a disposizione in ogni bando è pari a quella indicata in Tabella:

Nr. Procedura	GRUPPO A [MW]	GRUPPO A-2 [MW]	GRUPPO B [MW]	GRUPPO C [MW]
1	45	100	10	10
2	45	100	10	10
3	100	100	10	10
4	100	100	10	10
5	120	100	10	20
6	120	100	10	20
7	120	100	10	20
8	120	100	10	20
TOTALE	770	800	80	120

Tabella 3. Contingenti di potenza messi a disposizione procedura a Registro.

Il GSE forma e pubblica la graduatoria sul suo sito, secondo diversi criteri di priorità, da applicare in ordine gerarchico a ciascuno dei gruppi, fino a saturazione del contingente di potenza.

Sono anche previsti criteri di priorità per quegli impianti dotati di colonnine di ricarica per auto elettriche, a condizione che la potenza complessiva di ricarica sia non inferiore al 15% della potenza dell'impianto e che ciascuna colonnina abbia una potenza non inferiore a 15 kW.

3.1.2 Procedure d'asta

I bandi sono anche qui organizzati in gruppi, per il fotovoltaico il gruppo di appartenenza è il Gruppo A. Analogamente alla procedura a registro, le potenze sono contingentate secondo la seguente tabella:

Nr. Procedura	GRUPPO A [MW]	GRUPPO B [MW]	GRUPPO C [MW]
1	500	10	60
2	500	10	60
3	700	10	60
4	700	10	60
5	700	10	80
6	800	20	100
7	800	20	100
8	800	20	100
TOTALE	5500	110	620

Tabella 4. Contingenti di potenza messi a disposizione procedura a Registro.

Per partecipare alle aste i produttori sono tenuti a presentare una cauzione provvisoria in fase di iscrizione alle procedure d'asta e una cauzione definitiva in seguito alla comunicazione di esito positivo della procedura sotto forma di fideiussione, in misura pari al 10% del costo di investimento convenzionalmente fissato a 1000 €/kW.

3.2 Agevolazioni fiscali

L'installazione di un impianto fotovoltaico di potenza non superiore a 20 kW per uso residenziale già da tempo dava diritto alla detrazione fiscale del 50% prevista per gli interventi finalizzati al risparmio energetico. Con l'avvento dei sistemi di accumulo collegati a impianti fotovoltaici di utenti finali, si è posta la questione se tali sistemi potessero, alla pari del fotovoltaico, godere di tali agevolazione o meno. Il 19 settembre 2018, l'Agenzia delle Entrate, a fronte di un interpello specifico, si è espressa favorevolmente in tal senso annoverando i sistemi di accumulo da abbinare ad impianti fotovoltaici, anche in modalità retrofit, a quegli interventi che danno diritto alla detrazione fiscale. Di seguito il Quesito e la Risposta dell'AdE.

Il Quesito

Per le spese relative all'acquisto e al montaggio, a uso personale, di un sistema di accumulo collegato a un impianto fotovoltaico (già installato e per cui non si è beneficiato di alcuna agevolazione) è possibile usufruire della detrazione Irpef prevista dal Tuir per gli interventi finalizzati al risparmio energetico (articolo 16-bis, comma 1, lettera h)?

La risposta dell'Agenzia delle Entrate

Al riguardo, in linea generale, un sistema di accumulo ha la funzione di immagazzinare l'energia prodotta in esubero dall'impianto fotovoltaico e di rilasciarla nel momento in cui lo stesso impianto non riesce a sopperire alle esigenze energetiche dell'abitazione (come, ad esempio, durante la notte oppure nei casi in cui il consumo è maggiore rispetto alla produzione da impianto fotovoltaico) consentendo di aumentare la capacità di autoconsumo dell'impianto fotovoltaico con benefici di tipo economico (evitare il riacquisto dalla rete di energia precedentemente venduta) ed energetico (ridurre le dispersioni collegate alla trasmissione di energia). Relativamente a tale ultimo aspetto, in base a precisazioni rese dal Ministero dello sviluppo economico, l'installazione di un sistema di accumulo non può ritenersi di per sé un intervento finalizzato a conseguire un risparmio energetico. Tuttavia, come chiarito espressamente dalla circolare del 27 aprile 2018, n. 7, la riconducibilità del suddetto intervento alla lettera h) del comma 1 dell'articolo 16-bis del TUIR è consentita esclusivamente nel caso in cui l'installazione del sistema di accumulo sia contestuale o successiva a quella dell'impianto fotovoltaico configurandosi, in dette ipotesi, come un elemento funzionalmente collegato allo stesso ed in grado di migliorarne le potenzialità. In ogni caso il limite di spesa ammesso alla

detrazione (attualmente pari a euro 96.000) rimane unico e riguarda sia l'impianto fotovoltaico che il sistema di accumulo. Resta fermo che, ai fini della fruizione della detrazione in esame, l'istante dovrà rispettare tutti i requisiti e le condizioni previste dalla normativa di riferimento.

L'agevolazione fiscale del 50% è inoltre compatibile con lo Scambio Sul Posto e con il Ritiro Dedicato e quindi è stata utilizzata nelle analisi economiche di seguito riportate al fine di valutare la redditività di tali sistemi.

4 Meccanismi di valorizzazione economica dell'energia immessa in rete.

4.1 Scambio sul posto

Il servizio di scambio sul posto (di seguito SSP) è rivolto agli impianti di produzione di potenza fino a 500 kW (soglia fissata dal Decreto Legge 91/2014) collegati alla Rete elettrica. Regolato dalla Delibera 570/2012/R/efr, lo SSP consente di compensare l'energia elettrica immessa in rete con quella prelevata dalla rete in un intervallo di tempo diverso da quella in cui avviene l'immissione. Nello scambio sul posto si utilizza, quindi, il sistema elettrico quale strumento per l'immagazzinamento virtuale dell'energia elettrica prodotta, ma non autoconsumata. Nello specifico, i prelievi di energia sono regolati dalla Società elettrica, mentre l'immissione di energia è gestita dal GSE che riconosce un contributo per lo SSP. Qualora il controvalore dell'energia immessa risulti superiore all'onere sostenuto dall'utente per l'acquisto dell'energia prelevata, il surplus può essere portato a credito negli anni successivi o liquidato. Alcune eccezioni riguardano i Comuni fino a 20 mila residenti che possono richiedere lo SSP anche quando i punti di immissione e prelievo non coincidono. Il contributo in conto scambio (CS) è così determinato:

$$CS = \min (O_E; C_{Ei}) + E_S * CU_{Sf}$$

dove

- O_E onere sostenuto dall'utente l'acquisto dell'energia elettrica prelevata (E_p) pari a:
 E_p *prezzo unico nazionale (PUN);
- C_{Ei} controvalore dell'energia immessa (E_i) pari a:
 E_i *prezzo zonale orario che si formano sul mercato del giorno prima (MGP);
- E_S = minore fra (E_p ; E_i) su base annuale;
- CU_{Sf} corrispettivo unitario di scambio forfetario annuale:

$$P < 20 \text{ kW} \quad CU_{Sf} = CU_{Sf}^{reti} + CU_{Sf}^{ogs}$$

$$P > 20 \text{ kW} \quad CU_{Sf} = CU_{Sf}^{reti} + \min (CU_{Sf}^{ogs}; \text{limite annuale})$$

CU_{Sf}^{reti} è la media aritmetica dei $CU_{Sf,m}^{reti}$ definiti su base mensile dello stesso anno;

$CU_{Sf,m}^{reti}$ = somma delle parti unitarie variabili, delle tariffe di trasmissione, di distribuzione, dei corrispettivi di dispacciamento nonché delle componenti UC3 e UC6;

CU_{Sf}^{ogs} è la media aritmetica dei $CU_{Sf,m}^{ogs}$ definiti su base mensile dello stesso anno;

$CU_{Sf,m}^{ogs}$ = somma algebrica delle parti unitarie variabili, delle componenti tariffarie A e UC (ad eccezione delle UC3 e UC6 e della componente MCT: Misure di compensazione territoriale);

Nel caso di utenze domestiche in bassa tensione, l'Autorità ARERA pubblica i valori del corrispettivo unitario di scambio forfetario annuale CU_{Sf} per ogni scaglione progressivo. Dal 2017 gli scaglioni sono stati ridotti da 4 a 2 (S1, S2) e questa modifica ha penalizzato il beneficio economico (CS) per l'utente finale energivoro dato che i valori degli scaglioni eliminati erano molto più elevati.

I valori del corrispettivo unitario di scambio forfetario per utenze in bassa tensione pubblicati da ARERA disponibili al momento della scrittura del documento sono riferiti all'anno 2017 e sono riportati in tabella.

Corrispettivi $CU_{Sf, \text{scaglione}}$ nel caso di utenze in bassa tensione	Anno 2017		
	CU_{Sf} [c€/kWh]	CU_{Sf}^{reti} [c€/kWh]	CU_{Sf}^{ogs} [c€/kWh]
Domestico TD per sperimentazione alimentazione pompe di calore elettriche	5,857	2,133	3,724
Domestico BT per applicazioni relative alla residenza anagrafica del cliente			
consumo ≤ 1.800 kWh/anno	4,751	2,133	2,618
consumo > 1.800 kWh/anno	7,908	2,133	5,775
Domestico BT per applicazioni diverse da quelle relative alla residenza anagrafica del cliente			
consumo ≤ 1.800 kWh/anno	4,751	2,133	2,618
consumo > 1.800 kWh/anno	7,908	2,133	5,775
Utenze di illuminazione pubblica BT	9,702	3,423	6,279
Utenze in BT per alimentazione delle infrastrutture di ricarica pubblica per veicoli elettrici	18,423	7,809	10,614
Altre utenze BT	8,900	2,195	6,705

Tabella 5. Corrispettivi CU_{Sf} per l'anno 2017.

Per l'anno 2017, il calcolo del CU_{sf} per utenze domestiche in BT è effettuato come media dei valori S1 (4,751 c€/kWh) e S2 (7,908 c€/kWh)¹ pesata sulla quantità di energia elettrica ricadente in ciascun scaglione.

$$CU_{sf}(D) = \frac{\sum_{j=1}^{n \text{ scaglioni}} [CU_{sf(scaglione j)} \times E_{S(scaglione j)}]}{E_s}$$

Le figure seguenti illustrano i due casi a seconda che E_p sia maggiore o minore di E_i.

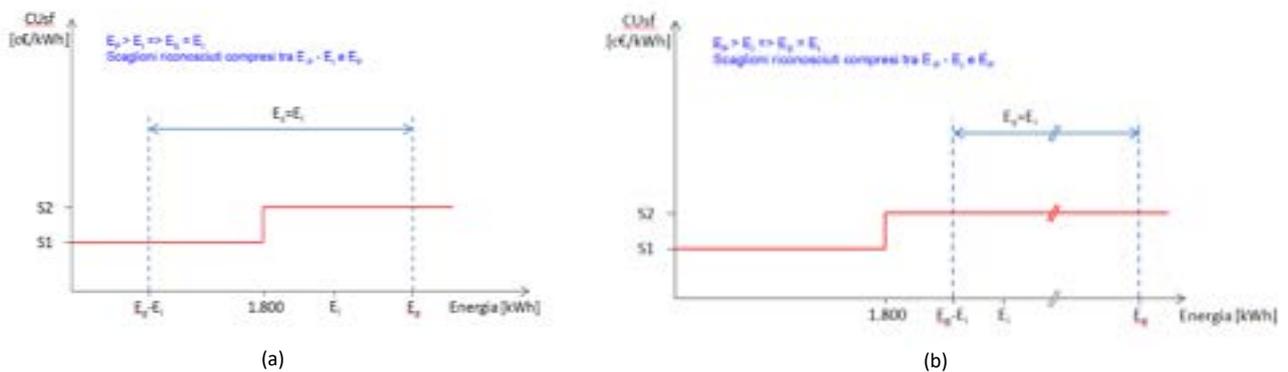


Figura 5. Scaglioni riconosciuti nel calcolo del CU_{sf} (caso E_p > E_i).

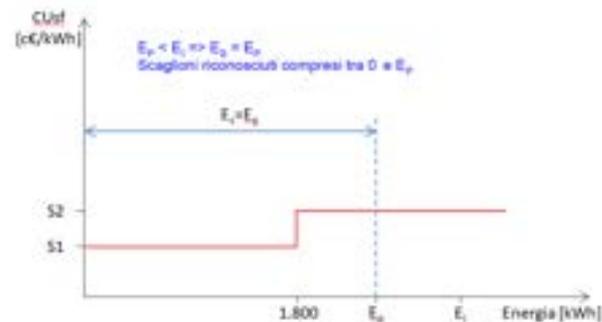


Figura 6. Scaglioni riconosciuti nel calcolo del CU_{sf} (caso E_p < E_i).

Per gli impianti per i quali si ha la disponibilità della rilevazione su base mensile, eventualmente per fasce, si possono calcolare i seguenti indicatori:

- OE = sommatoria dei quantitativi di energia elettrica mensilmente prelevati dalla rete per ogni singola fascia oraria nel mese (m) moltiplicati per la media aritmetica mensile per fascia del mese (m) del PUN

¹ In precedenza gli scaglioni erano:

s1=4,451;
s2=9,245;
s3=14,780;
s4=18,660.

$$O_E = \sum_1^{12} m \sum_1^3 f_i [E_{P,m}(f_i) \cdot PUN_{m,f(i)}]$$

•CEi = sommatoria dei quantitativi di energia elettrica mensilmente immessa in rete per ogni singola fascia oraria nel mese “m” moltiplicate per la media aritmetica annuale dei prezzi zonali orari, determinato per singola fascia nel medesimo mese

$$C_{EI} = \sum_1^{12} m \sum_1^3 f_i [E_{I,m}(f_i) \cdot P_{Z_MGP,m,f(i)}]$$

Il corrispettivo per il servizio di scambio dipende dalla potenza dell’impianto. In particolare Il GSE, nell’ambito della convenzione di scambio sul posto applica all’utente dello scambio un contributo a copertura dei costi amministrativi, pari a:

- 15 euro/anno per P < 3 kW
- 30 euro/anno per 3 kW < P < 20 kW
- 45 euro/anno per P > 20 kW

4.2 Ritiro dedicato

Il ritiro dedicato è una modalità a disposizione dei produttori per la vendita dell’energia elettrica immessa in rete prodotta da impianti a fonti rinnovabili fino a 10 MVA, in alternativa ai contratti bilaterali o alla vendita diretta in borsa. Questa modalità consiste nella cessione dell’energia elettrica immessa in rete al Gestore dei Servizi Energetici (GSE), che provvede a remunerarla.

L’energia elettrica immessa in rete con il meccanismo del ritiro dedicato viene valorizzata al “prezzo medio zonale orario”, ovvero al prezzo medio mensile per fascia oraria - formatosi sul mercato elettrico - corrispondente alla zona di mercato in cui è connesso l’impianto.

I produttori di piccola taglia, con impianti di potenza nominale elettrica fino a 1 MW, possono ricevere dal GSE una remunerazione garantita (i cosiddetti “prezzi minimi garantiti”) per i primi 2 milioni di kWh annui immessi in rete, senza pregiudicare la possibilità di ricevere di più nel caso in cui la remunerazione a prezzi orari zonali dovesse risultare più vantaggiosa. I prezzi minimi garantiti sono aggiornati annualmente dall’Autorità per l’energia elettrica e il gas (AEEG).

Nella tabella sono riportati i prezzi minimi garantiti per le diverse fonti rinnovabili aggiornati al 2018.

Fonte	Quantità di energia elettrica ritirata su base annua	Prezzo minimo garantito (formula riportata nella deliberazione 618/2013/R/eff)	Prezzo minimo garantito (valore vigente per l'anno 2018)
		[€/MWh]	[€/MWh]
Biogas da fermentatori anaerobici, biomasse solide e biomasse liquide	fino a 2.000.000 kWh	$PMG_{2017} * (1 + FOI_{2017}/100)$	93,3
Biogas da discarica	fino a 1.500.000 kWh	$PMG_{2017} * (1 + FOI_{2017}/100)$	49,5
Eolica	fino a 1.500.000 kWh	$PMG_{2017} * (1 + FOI_{2017}/100)$	49,5
Solare fotovoltaico	fino a 1.500.000 kWh	$PMG_{2017} * (1 + FOI_{2017}/100)$	39,4
Idrica	fino a 250.000 kWh	$(PMG_{2017} - 25) * (1 + FOI_{2017}/100) + 25$	154,7
	oltre 250.000 kWh e fino a 500.000 kWh	$(PMG_{2017} - 25) * (1 + FOI_{2017}/100) + 25$	106,3
	oltre 500.000 kWh e fino a 1.000.000 kWh	$(PMG_{2017} - 25) * (1 + FOI_{2017}/100) + 25$	67,1
	oltre 1.000.000 kWh e fino a 1.500.000 kWh	$(PMG_{2017} - 25) * (1 + FOI_{2017}/100) + 25$	58,1
Geotermica	fino a 1.500.000 kWh	$PMG_{2017} * (1 + FOI_{2017}/100)$	61,7
Fonti diverse dalle altre	fino a 1.500.000 kWh	$PMG_{2017} * (1 + FOI_{2017}/100)$	39,4

Tabella 6. Prezzi minimi garantiti per l’anno 2018.

PMG_t è il valore del prezzo minimo garantito nell'anno t;
FOI_t è il tasso di variazione annuale dei prezzi al consumo per le famiglie.

5 Analisi economica di sistemi di accumulo integrati in impianti fotovoltaici

Si inizierà con analizzare le tariffe elettriche di riferimento di utenti domestici residenti aggiornate al 2019 per poi illustrare tre casi studio di altrettanti utenti che si differenziano per consumi e tipologia di fornitura dove verranno analizzate le singole voci di spesa della bolletta, quantificati i benefici economici conseguenti all'installazione dell'impianto ovvero il risparmio in bolletta, il contributo CS e/o il RD e la detrazione fiscale del 50% calcolata sul costo dell'investimento. Saranno quindi valutati il VAN e il tempo di ritorno dell'investimento per i diversi casi studio.

5.1 Tariffe elettriche

5.1.1 Struttura tariffaria per gli utenti domestici residenti

Nell'analisi si farà riferimento alla tariffa bioraria per contratti di residenza di utenti monofase e trifase che aderiscono al mercato di Maggior Tutela². Le tariffe sono aggiornate al 1° Gennaio 2019 e resteranno in vigore sino al 31 Marzo 2019 (Delibere n.670/2018/R/eel; 671/2018/R/eel; 673/2018/R/eel; 708/2018/R/eel; 706/2018/R/com; 711/2018/R/eel). La tariffa in oggetto, si compone delle seguenti voci:

- Spesa per la materia energia
- Servizi di rete
- Altre componenti

(A) Spesa per la materia energia

Appartengono a questa voce le attività poste in essere dal fornitore per acquistare e rivendere l'energia elettrica al cliente finale. Nella bolletta gli importi da pagare per questi servizi vengono suddivisi in Quota fissa e Quota energia. La quota fissa comprende tutti gli importi da pagare in misura fissa, cioè indipendentemente dai consumi, mentre la quota energia comprende i costi di acquisto dell'energia, di dispacciamento e di perequazione sostenuti dal fornitore.

(A) Spesa per la materia energia				
Quota fissa	Per ogni mese del trimestre	€/cliente/mese	4,0006	
Quota energia	Energia F1	€/kWh	0,09709	
	Energia F23	€/kWh	0,08707	
	Componente di dispacciamento (parte variabile):			
	1° scaglione: consumi fino a 1800 kWh	€/kWh	0	
	2° scaglione: consumi oltre 1800 kWh	€/kWh	0	

Tabella 7. Voci di costo per la materia energia, Tariffa Bioraria residente (primo trimestre 2019).

(B) Servizi di rete (Spesa per il trasporto e la gestione del contatore e spesa per oneri di sistema)

Sono le attività che consentono ai fornitori di trasportare l'energia elettrica sulle reti di trasmissione nazionali e di distribuzione locali fino al contatore, per consegnarla ai clienti.

² La fine del mercato di Maggior Tutela è stata posticipata al 1 Luglio 2020.

(B) Servizi di rete (Spesa per il trasporto e la gestione del contatore e spesa per oneri di sistema)			
		Spesa trasporto gestione contatore	Spesa oneri di sistema
Quota fissa	€/cliente/mese	1,69	0
Quota potenza	€/kW di potenza impegnata/mese	1,7745	0
Quota variabile	1° scaglione: consumi fino a 1800 kWh (€/KWh)	0,00798	0,029531
	2° scaglione: consumi oltre 1800 kWh (€/KWh)	0,00798	0,067323

Tabella 8. Voci di costo per i servizi di Rete, Tariffa Bioraria residente (primo trimestre 2019).

Infine, per il calcolo dell'importo della bolletta, alle voci (A) e (B) dovranno essere aggiunte l'imposta erariale (accisa) e l'IVA.

Accisa	
usi domestici residenti fino a 3 kW	€/kWh
- fino a 1800 kWh/anno	0
- oltre 1800 kWh/anno	0,027
usi domestici residenti oltre 3 kW	0,027
usi domestici non residenti	0,027

Tabella 9. Accisa applicata a utenti domestici.

IVA (%) usi domestici
10

Tabella 10. IVA applicata a utenti domestici.

5.2 Casi studio

Per poter quantificare i benefici economici nell'adozione di un sistema di accumulo integrato in impianti fotovoltaici si farà riferimento a tre utenze domestiche, due monofase con consumo rispettivamente di 3400 kWh/anno e 6200 kWh/anno e una trifase con consumo di 13900 kWh/anno che aderiscono allo Scambio Sul Posto/Ritiro Dedicato e che utilizzano le detrazioni fiscali del 50% sul costo dell'investimento. A tali utenze, saranno associate tre impianti fotovoltaici rispettivamente di potenza pari a 3 kWp, 5 kWp e 10 kWp con un accumulo pari a circa due ore equivalenti. Per ciascun utente verrà utilizzato il simulatore di impianti ENEA [1] [2] che, grazie alla modellistica sviluppata, permette di quantificare, secondo per secondo, i flussi di potenza fra il sistema FV, il sistema di accumulo, il carico di utente e la rete nonché tutte le altre grandezze elettriche di interesse. Il Simulatore consente di effettuare anche un'analisi economica ed in particolare di determinare anno per anno:

- L'Energia prodotta dall'impianto fotovoltaico, Energia prelevata dalla rete e energia immessa in rete;
- Le Quote di Autoconsumo e autosufficienza;
- Il Contributo SSP e eventuale Credito liquidato (mediante Oe e Cei, Cusf);
- Il Risparmio in bolletta;
- L'Onere sostenuto dall'utente per l'acquisto dell'energia elettrica prelevata da rete
- La Remunerazione relativa al meccanismo del ritiro dedicato
- Il Beneficio Economico complessivo sia nel caso di SPP che di RID.

Successivamente, per ciascuno caso studio, verrà fatta un'analisi dell'investimento al fine di valutare il VAN (Valore Attuale dei flussi di cassa al Netto dell'investimento iniziale) e il Tempo di Ritorno dell'Investimento (TRI).

L'analisi dell'investimento può essere ricondotta all'analisi delle entrate e delle uscite da una cassa simbolicamente associata all'investimento. Nel metodo del VAN l'utilità complessiva dell'investimento può essere valutata sommando algebricamente i diversi esborsi ed i redditi, riportandoli ad un medesimo tempo di riferimento attraverso il meccanismo di attualizzazione:

$$VAN = FC_{\text{iniziale}} - \left[\frac{FC_1}{(1+R)} + \frac{FC_2}{(1+R)^2} + \frac{FC_3}{(1+R)^3} \dots + \frac{FC_n}{(1+R)^n} \right]$$

dove:

- VAN : rappresenta il Valore Attuale Netto;
- n : rappresenta il numero di anni di durata dell'investimento (vita utile);
- FC_n : rappresenta i flussi di cassa al periodo n;
- R : è il TIR (Tasso Interno di Rendimento).

Il tempo di ritorno dell'investimento (TRI) è il numero di anni necessari affinché i flussi di cassa cumulati eguagliano l'investimento iniziale.

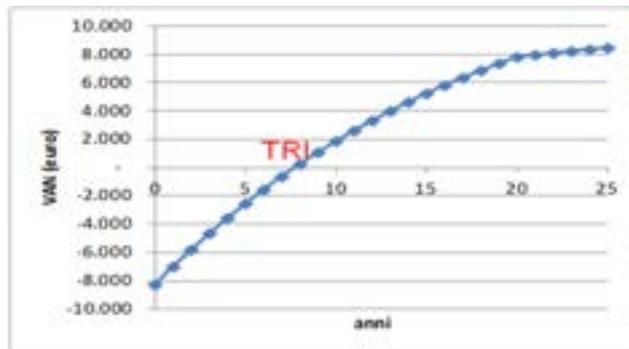


Figura 7. Andamento del VAN nel tempo in anni (esempio).

Questo parametro non è una vera e propria misura della redditività dell'investimento, quanto piuttosto della rapidità con cui si riforma la liquidità iniziale. In questo senso è meno rischioso, a parità di vita utile, un investimento con PayBack minore.

Il Tasso Interno di Rendimento (TIR) rappresenta invece quel particolare valore *i* del tasso di attualizzazione che rende il valore attuale di tutti i flussi di cassa uguale all'esborso iniziale per l'investimento. Il metodo del tasso interno di rendimento si applica risolvendo la relazione:

$$VAN = \sum_{k=0}^n \frac{F_k}{(1+i)^k} = 0$$

Per ciò che riguarda la tariffa elettrica, è stato ipotizzato che questa non cambi nel corso dell'anno e che quindi siano valide le tabelle del 2019 riportate nel paragrafo precedente.

5.3 Caso studio 1: utente domestico monofase con consumo medio (3400 kWh/anno)

Profilo di carico

l'utente preso in considerazione è un utente domestico con potenza impegnata di 3 kW, consumo annuo pari a 3400 kWh e con profilo di carico mostrato in figura. Il simulatore è in grado di accettare in ingresso profili di carico differenziati per giorno, settimana o mese tuttavia, per motivi di semplicità, nelle simulazioni è stato ipotizzato un profilo di carico unico per tutti i giorni dell'anno.

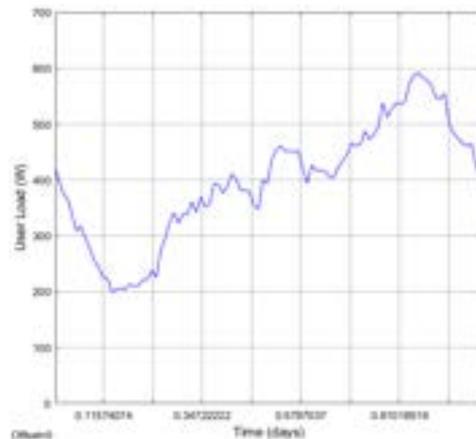


Figura 8. Profilo di carico medio giornaliero utente domestico monofase (C=3400 kWh/anno).

Si procede con l'analisi economica quantificando il beneficio economico annuo, ovvero il risparmio in bolletta e il contributo in conto scambio (CS).

Il caso studio in esame considera un sistema di accumulo al Lito di capacità pari a 6 kWh connesso ad un impianto fotovoltaico da 3 kWp, mentre in appendice sono riportati i risultati di un'analisi parametrica più ampia in cui, per l'utente in esame, si valuta il beneficio economico annuo facendo variare la potenza dell'impianto fotovoltaico da 2,5 kW a 3,5 kW e la capacità dell'accumulo da 0 a 10 kWh.

Per quantificare il risparmio in bolletta è necessario calcolare i relativi importi fatturati prima e dopo l'installazione dell'impianto sulla base della tariffa elettrica e conoscendo come l'energia prelevata dalla rete si distribuisce sulle fasce F1 e F23³. La tariffa elettrica considerata è la bioraria residente del mercato a Maggior Tutela le cui tabelle di riferimento sono la Tabella 7 e la Tabella 8 in vigore al primo trimestre del 2019.

5.3.1 Risparmio in bolletta

Calcolo bolletta prima dell'installazione dell'impianto FV con accumulo.

Noto il prelievo annuo è stato possibile quantificare tutte le voci di spesa riportate in bolletta. Per ciò che concerne la suddivisione tra ore piene e ore vuote, si sono adottati rispettivamente i valori 35% e 65% desunti da una bolletta reale di un'utenza domestica con consumi e abitudini analoghi.

Sintesi degli importi fatturati	costo annuo	bolletta media
(A) Spesa per la materia energia (€)	359,23	59,87
(B) Servizi di rete: spesa trasporto e gestione contatore (€)	111,58	18,60
(B) Servizi di rete: spese per Oneri di Sistema (€)	211,61	35,27
Accisa (€)	44,17	7,36
IVA (€)	72,66	12,11
TOTALE IVA compresa (€)	799,25	133,21

Tabella 11. Dettaglio bolletta elettrica PRIMA dell'installazione dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6 kWh).

consumo fatturato anno			
ore piene (%)	35	ore piene (F1) (kWh)	1202,6
ore vuote (%)	65	ore vuote (F23) (kWh)	2233,4
		totale (kwh)	3436

Tabella 12. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 PRIMA dell'installazione dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6 kWh).

Calcolo bolletta dopo l'installazione dell'impianto FV con accumulo.

³ Nel caso di tariffa monoraria tale suddivisione non ha rilevanza.

Grazie al simulatore di impianto è stato possibile quantificare tutte le grandezze necessarie al calcolo dell'importo fatturato in bolletta dopo l'installazione dell'impianto (produzione, autoconsumo e energia prelevata). Nel caso specifico, l'autoconsumo è risultato pari a 65% e il prelievo annuo è sceso da 3436 kWh a 901 kWh.

Sintesi degli importi fatturati	costo annuo	bolletta media
(A) Spesa per la materia energia (€)	127,09	21,18
(B) Servizi di rete: spesa trasporto e gestione contatore (€)	91,35	15,23
(B) Servizi di rete: spese per Oneri di Sistema (€)	26,61	4,43
Accisa (€)	0,00	0,00
IVA (€)	24,50	4,08
TOTALE IVA compresa (€)	269,55	44,93

Tabella 13. Dettaglio bolletta elettrica DOPO l'installazione dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6 kWh).

La presenza dell'impianto FV con accumulo comporta oltre ad un minore prelievo dalla rete anche una diversa ripartizione dei prelievi nelle fasce F1 e F23 con il conseguente impatto, anche se minimo, sulla bolletta. In particolare, le ore piene diminuiscono sensibilmente poiché in questa fascia si fa sentire il contributo sia del FV che del SdA. Nel caso specifico è stata adottata la seguente suddivisione.

consumo fatturato anno con FV e SdA			
ore piene (%)	7	ore piene (F1) (kWh)	63
ore vuote (%)	93	ore vuote (F23) (kWh)	838
		totale (kwh)	901

Tabella 14. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 DOPO l'installazione dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6 kWh).

Il risparmio annuo in bolletta (R) sarà quindi pari alla differenza tra gli importi pagati in bolletta prima e dopo l'installazione dell'impianto, ovvero:

$$R = 799,25 - 269,55 = 529,70 \text{ €}$$

5.3.2 Caso SSP

Nel caso si utilizzi il meccanismo di valorizzazione dell'energia immessa dello scambio sul posto (SSP), è necessario calcolare il CS e l'eventuale credito liquidabile.

Calcolo del CS ed eventuale Credito liquidabile

Al risparmio in bolletta così ottenuto va aggiunta la valorizzazione economica dell'energia immessa in Rete mediante il servizio dello scambio sul posto, E' stato quindi calcolato il CUSf (contributo unitario scambio forfettario) mediante uno script Matlab integrato nel simulatore (Appendice A) e, noti gli altri parametri, quantificato il contributo CS con la nota relazione:

$$CS = \min(O_E; C_{Ei}) + E_S * CUSf$$

Nel caso specifico, con il Simulatore ENEA, sono stati ottenuti i seguenti valori:

- CS = 87,9 €
- Oe = 45,85 €
- Cei = 82,49 €
- Es = 885 kWh
- Cusf = 4,751

Inoltre, il Simulatore ha consentito di quantificare anche il cosiddetto *Credito Liquidabile (CL)* legato alla maggiore produzione rispetto ai consumi:

$$CL = 36,65 \text{ €}$$

Calcolo beneficio economico

Complessivamente, il beneficio economico annuo derivante dall'installazione dell'impianto fotovoltaico con accumulo è pari alla somma del risparmio in bolletta, del contributo in conto scambio e del credito liquidabile (*CL*):

$$B_{SSP} = R + CS + CL = 529,70 + 87,9 + 36,65 = 654,25 \text{ €/anno}$$

VAN e TRI

Per il calcolo del VAN e del TRI sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- Costo annuo della manutenzione dell'impianto: 2% del costo di investimento (tiene conto della sostituzione del sistema di accumulo a fine vita);
- SSP aggiornato al 2019 (scaglioni S1= 4,751 c€/kWh, S2=7,908 c€/kWh);
- Aumento annuo del costo della manutenzione: 2%;
- Potenza impianto FV: 3 kWp;
- Produzione annua: 3900 kWh;
- Degrado potenza nominale moduli FV: 0,4%/anno;
- Potenza e capacità SdA: 3 kW, 6 kWh;
- Costo investimento FV: 2000 €/kW +IVA;
- Costo investimento SdA⁴: 500 €/kWh + 200 €/kW +IVA (tiene conto anche dei costi di installazione generalmente quotati a parte);
- Detrazione fiscale 50%: sì;
- Tasso annuo aumento costo energia prelevata: 2%;
- Tasso di attualizzazione: 3%;
- FOI (indice prezzi al consumo per famiglie di operai e impiegati): 1% costante per 30 anni.

La tabella successiva riporta i flussi di cassa anno per anno fino al fine vita dell'impianto, assunto pari a 30 anni. Nell'analisi si nota come il tempo di ritorno dell'investimento non attualizzato (FCC) sia pari a circa 11 anni mentre quello attualizzato (FCAC), che tiene conto del costo del denaro atteso, sia circa 16 anni.

⁴ I costi normalizzati sono stati desunti prendendo a riferimento quelli del sistema di accumulo TESLA Powerwall 2.

Anno	uscite (€)				entrate/risparmi (€)				flussi di cassa (€)			
	investim. (con IVA)	SSP/altro	manutenz.	tot. uscite	SSP	Risp. Bolletta	detrazioni fiscali	tot. Entrate e risparmi	TOT. Entrate-Uscite	FCAC (VAN)	FCC	
0	10560	100	0	10660				0	-10660	-10660	-10660	
1	0	15	192	207	124,6	529,7	528	1182,3	975,3	-9713,1	-9684,7	
2	0	15	195,8	210,8	124,1	538,1	528	1190,2	979,4	-8789,9	-8705,3	
3	0	15	199,8	214,8	123,6	546,7	528	1198,3	983,6	-7889,8	-7721,7	
4	0	15	203,8	218,8	123,1	555,4	528	1206,5	987,8	-7012,2	-6734,0	
5	0	15	207,8	222,8	122,7	564,2	528	1214,9	992,0	-6156,5	-5741,9	
6	0	15	212,0	227,0	122,2	573,2	528	1223,4	996,4	-5322,0	-4745,6	
7	0	15	216,2	231,2	121,7	582,3	528	1232,0	1000,8	-4508,3	-3744,8	
8	0	15	220,5	235,5	121,2	591,6	528	1240,8	1005,2	-3714,8	-2739,5	
9	0	15	225,0	240,0	120,7	601,0	528	1249,7	1009,8	-2940,9	-1729,8	
10	0	15	229,5	244,5	120,2	610,6	528	1258,8	1014,3	-2186,1	-715,4	
11	0	15	234,0	249,0	119,7	620,3		740,0	491,0	-1831,4	-224,5	
12	0	15	238,7	253,7	119,3	630,2		749,4	495,7	-1483,7	271,3	
13	0	15	243,5	258,5	118,8	640,2		759,0	500,5	-1142,9	771,7	
14	0	15	248,4	263,4	118,3	650,4		768,7	505,3	-808,8	1277,1	
15	0	15	253,3	268,3	117,8	660,8		778,6	510,2	-481,3	1787,3	
16	0	15	258,4	273,4	117,4	671,3		788,6	515,2	-160,2	2302,6	
17	0	15	263,6	278,6	116,9	682,0		798,9	520,3	154,5	2822,8	
18	0	15	268,8	283,8	116,4	692,8		809,2	525,4	463,2	3348,2	
19	0	15	274,2	289,2	116,0	703,8		819,8	530,6	765,7	3878,8	
20	0	15	279,7	294,7	115,5	715,1		830,5	535,8	1062,4	4414,7	
21	0	15	285,3	300,3	115,0	726,4		841,5	541,2	1353,3	4955,8	
22	0	15	291,0	306,0	114,6	738,0		852,6	546,6	1638,6	5502,4	
23	0	15	296,8	311,8	114,1	749,8		863,9	552,0	1918,3	6054,4	
24	0	15	302,8	317,8	113,7	761,7		875,3	557,6	2192,6	6612,0	
25	0	15	308,8	323,8	113,2	773,8		887,0	563,2	2461,6	7175,2	
26	0	15	315,0	330,0	112,8	786,1		898,9	568,9	2725,4	7744,1	
27	0	15	321,3	336,3	112,3	798,6		910,9	574,7	2984,1	8318,8	
28	0	15	327,7	342,7	111,9	811,4		923,2	580,5	3237,8	8899,2	
29	0	15	334,3	349,3	111,4	824,3		935,7	586,4	3486,6	9485,7	
30	0	15	341,0	356,0	111,0	837,4		948,4	592,4	3730,7	10078,0	

Tabella 15. Dettaglio dei flussi di cassa dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6kWh) con detrazione fiscale e SSP.

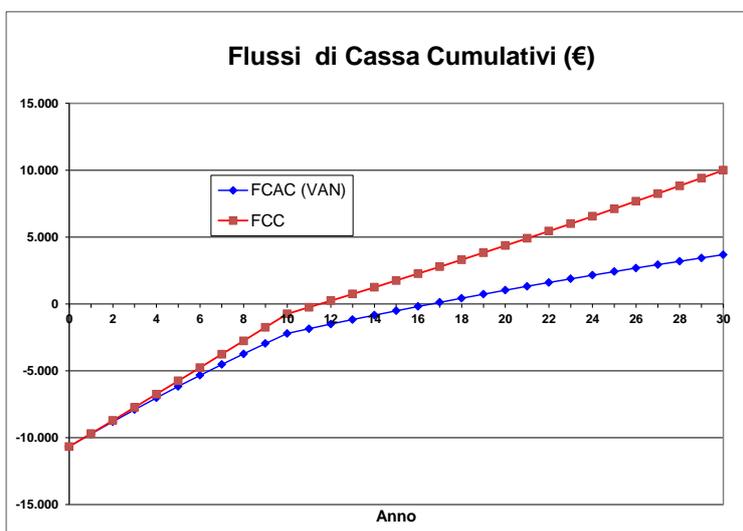


Figura 9. Andamento del VAN dell'impianto FV (3kWp) con SdA (6kWh) con detrazione fiscale e SSP.

5.3.3 Caso RD

Nel caso si utilizzi il meccanismo di valorizzazione dell'energia immessa del ritiro dedicato (RD) per quantificare il beneficio economico annuo è necessario moltiplicare tale energia per il prezzo di vendita minimo garantito aggiornato sulla base del FOI ($PMG_{2018}=39,4 \text{ €/MWh}$) e infine sommare il risparmio in bolletta precedentemente calcolato:

$$B_{RD} = R + E_{imm} * PMG_{2018} = 529,70 + 1458 * 0,0394 = 587,1 \text{ €/anno}$$

VAN e TRI

Per il calcolo del VAN e TRI sono stati utilizzati gli stessi parametri visti in precedenza unitamente al prezzo di vendita minimo garantito valido per il 2018. Poiché il RD è considerato una vendita indiretta di energia alla rete sfruttando i "prezzi minimi garantiti" definiti dall'ARERA, per gli utenti domestici, o comunque per impianti sotto ai 20 kW, i proventi devono essere comunicati nella dichiarazione dei redditi sotto la voce "Altri redditi" e quindi sono soggetti a tassazione (Il.DD.) in base all'aliquota marginale IRPEF (in questo caso si è supposto il 33%).

Anno	uscite (€)				entrate/risparmi (€)				II.DD su vend. da RD	flussi di cassa (€)		
	investim. (con IVA)	RD /altro	Manut. .	tot. uscite	RD	Risp. Bolletta	Detraz. fiscali	tot. Entr. e risparmi		TOT. Entrate- Uscite	FCAC (VAN)	FCC
0	10560	100	0	10660				0	-10660		-10660	-10660
1	0	0	192	192	57,8	529,7	528	1115,5	923,5	19,1	-9781,9	-9755,6
2	0	0	195,8	195,8	58,1	538,1	528	1124,3	928,4	19,2	-8924,9	-8846,3
3	0	0	199,8	199,8	58,5	546,7	528	1133,2	933,4	19,3	-8088,3	-7932,2
4	0	0	203,8	203,8	58,8	555,4	528	1142,2	938,5	19,4	-7271,7	-7013,2
5	0	0	207,8	207,8	59,2	564,2	528	1151,4	943,6	19,5	-6474,6	-6089,1
6	0	0	212,0	212,0	59,5	573,2	528	1160,8	948,8	19,6	-5696,5	-5160,0
7	0	0	216,2	216,2	59,9	582,4	528	1170,2	954,0	19,8	-4936,9	-4225,7
8	0	0	220,5	220,5	60,2	591,6	528	1179,9	959,3	19,9	-4195,3	-3286,3
9	0	0	225,0	225,0	60,6	601,0	528	1189,6	964,7	20,0	-3471,2	-2341,6
10	0	0	229,5	229,5	61,0	610,6	528	1199,6	970,1	20,1	-2764,4	-1391,6
11	0	0	234,0	234,0	61,3	620,3		681,7	447,6	20,2	-2455,6	-964,2
12	0	0	238,7	238,7	61,7	630,2		691,9	453,2	20,4	-2152,0	-531,4
13	0	0	243,5	243,5	62,1	640,2		702,3	458,8	20,5	-1853,6	-93,1
14	0	0	248,4	248,4	62,4	650,4		712,9	464,5	20,6	-1560,1	350,8
15	0	0	253,3	253,3	62,8	660,8		723,6	470,3	20,7	-1271,6	800,3
16	0	0	258,4	258,4	63,2	671,3		734,5	476,1	20,8	-987,9	1255,6
17	0	0	263,6	263,6	63,6	682,0		745,5	482,0	21,0	-709,0	1716,6
18	0	0	268,8	268,8	63,9	692,9		756,8	487,9	21,1	-434,8	2183,4
19	0	0	274,2	274,2	64,3	703,9		768,2	494,0	21,2	-165,2	2656,2
20	0	0	279,7	279,7	64,7	715,1		779,8	500,1	21,3	99,9	3134,9
21	0	0	285,3	285,3	65,1	726,5		791,6	506,3	21,5	360,5	3619,7
22	0	0	291,0	291,0	65,5	738,0		803,5	512,5	21,6	616,7	4110,6
23	0	0	296,8	296,8	65,9	749,8		815,6	518,8	21,7	868,6	4607,7
24	0	0	302,8	302,8	66,3	761,7		828,0	525,2	21,9	1116,2	5111,0
25	0	0	308,8	308,8	66,6	773,9		840,5	531,7	22,0	1359,6	5620,7
26	0	0	315,0	315,0	67,0	786,2		853,2	538,2	22,1	1598,9	6136,8
27	0	0	321,3	321,3	67,4	798,7		866,1	544,8	22,3	1834,2	6659,4
28	0	0	327,7	327,7	67,8	811,4		879,2	551,5	22,4	2065,4	7188,5
29	0	0	334,3	334,3	68,2	824,3		892,6	558,3	22,5	2292,8	7724,3
30	0	0	341,0	341,0	68,7	837,4		906,1	565,1	22,7	2516,3	8266,8

Tabella 16. Dettaglio dei flussi di cassa nel tempo dell'impianto FV(3kWp) con SdA (6kWh) e RD.

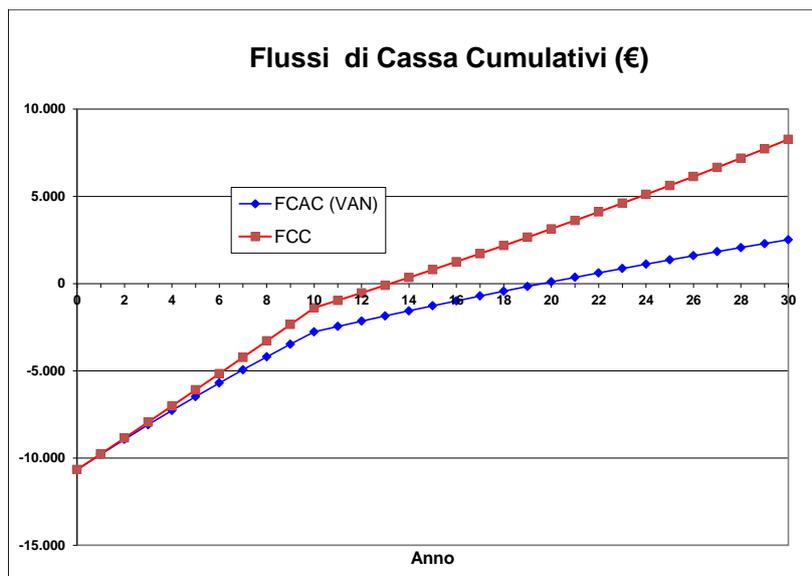


Figura 10. Andamento del VAN dell'impianto FV(3kWp) con SdA (6kWh) con detrazione fiscale e RD.

Dal confronto tra SSP e RD emerge come il primo sia più conveniente perché garantisce un minor tempo di ritorno dell'investimento nonostante il PMG, da cui dipende il RD, sia annualmente attualizzato sulla base dell'indice prezzi al consumo per famiglie di operai e impiegati (FOI).

Per le installazioni retrofit del sistema di accumulo si rimanda all'Appendice B, dove si riportano i risultati dell'analisi economica parametrica.

5.4 Caso studio 2: utente domestico monofase con consumo elevato (6200 kWh/anno)

Profilo di carico

Il profilo di carico considerato è stato ottenuto sommando un tipico profilo di carico di un utente Residenziale in Zona Climatica D costituito da unità abitativa di $m^2 = 90$, con PdC autonoma e consumo complessivo in kWh/anno di 6200 kWh circa. Il profilo di carico utilizzato si differenzia mese per mese in quanto diverso è l'utilizzo della PdC nel corso dell'anno: nella figura seguente è mostrato il profilo riferito alla prima settimana di Gennaio. L'utenza considerata è di tipo monofase con una potenza impegnata pari a 4,5 kW.

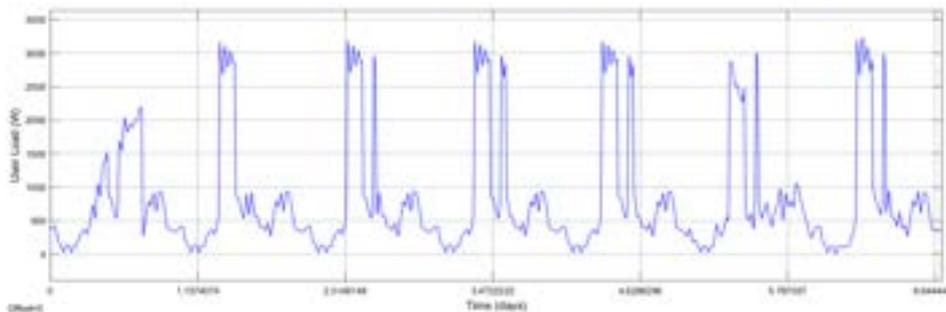


Figura 11. Profilo di Carico dell'utente domestico con PdC (C= 6200 kWh/anno, prima settimana di Gennaio).

Il caso studio in esame considera un sistema di accumulo al Litio di capacità pari a 9 kWh connesso ad un impianto fotovoltaico da 5 kWp, mentre in appendice sono riportati i risultati di un'analisi parametrica più ampia in cui, per l'utente in esame, si valuta il beneficio economico annuo facendo variare la potenza dell'impianto fotovoltaico da 4 kW a 6 kW e la capacità dell'accumulo da 0 a 15 kWh.

Analogamente a quanto visto in precedenza, si procede con il calcolo del risparmio annuo in bolletta per poi passare al calcolo dei proventi provenienti dallo SSP/RD.

5.4.1 Risparmio in bolletta

Calcolo bolletta prima dell'installazione dell'impianto FV con accumulo.

Nota il prelievo annuo è stato possibile quantificare tutte le voci di spesa riportate in bolletta.

Sintesi degli importi fatturati	costo annuo	bolletta media
(A) Spesa per la materia energia (€)	612,85	102,14
(B) Servizi di rete: spesa trasporto e gestione contatore (€)	165,87	27,64
(B) Servizi di rete: spese per Oneri di Sistema (€)	482,80	80,47
Accisa (€)	119,77	19,96
IVA (€)	138,13	23,02
TOTALE IVA compresa (€)	1519,41	253,24

Tabella 17. Dettaglio bolletta elettrica PRIMA dell'installazione dell'impianto FV (5kWp) con SdA (9 kWh).

consumo fatturato anno			
ore piene (%)	35	ore piene (F1) (kWh)	2183
ore vuote (%)	65	ore vuote (F23) (kWh)	4053
		totale (kwh)	6236

Tabella 18. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 PRIMA dell'installazione dell'impianto (5kWp) con SdA (9 kWh).

Calcolo bolletta dopo l'installazione dell'impianto FV con accumulo.

Grazie al simulatore di impianto è stato possibile quantificare tutte le grandezze necessarie al calcolo dell'importo fatturato in bolletta dopo l'installazione dell'impianto (produzione, autoconsumo e energia prelevata). Nel caso specifico, l'autoconsumo è risultato pari a 68,7% e il prelievo annuo è sceso da 6236 kWh a 1770 kWh.

Sintesi degli importi fatturati	costo annuo	bolletta media
(A) Spesa per la materia energia (€)	203,41	33,90
(B) Servizi di rete: spesa trasporto e gestione contatore (€)	130,23	21,71
(B) Servizi di rete: spese per Oneri di Sistema (€)	52,28	8,71
Accisa (€)	0,00	0,00
IVA (€)	38,59	6,43
TOTALE IVA compresa (€)	424,51	70,75

Tabella 19. Dettaglio bolletta elettrica DOPO l'installazione dell'impianto (5kWp) con SdA (9 kWh).

La presenza dell'impianto FV con accumulo comporta oltre ad un minore prelievo dalla rete anche una diversa ripartizione dei prelievi nelle fasce F1 e F23 con il conseguente impatto, anche se minimo, sulla bolletta. In particolare, le ore piene diminuiscono sensibilmente poiché in questa fascia si fa sentire il contributo sia del FV che del SdA. Nel caso specifico è stata adottata la seguente suddivisione.

consumo fatturato anno con FV e SdA			
ore piene (%)	7	ore piene (F1) (kWh)	124
ore vuote (%)	93	ore vuote (F23) (kWh)	1647
		totale (kwh)	1770,5

Tabella 20. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 DOPO l'installazione dell'impianto (5kWp) con SdA (9 kWh).

Il risparmio annuo in bolletta (R) sarà quindi pari alla differenza tra gli importi pagati in bolletta prima e dopo l'installazione dell'impianto, ovvero:

$$R = 1519,41 - 424,51 = 1094,9 \text{ €}$$

5.4.2 Caso SSP

Nel caso si utilizzi il meccanismo di valorizzazione dell'energia immessa dello scambio sul posto (SSP), è necessario calcolare il CS e l'eventuale credito liquidabile.

Calcolo del CS ed eventuale Credito liquidabile

Analogamente al caso studio 1, per il calcolo del contributo in conto scambio, è stata applicata la nota relazione:

$$CS = \min(O_E; C_{Ei}) + E_S * CU_{Sf}$$

E, nel caso specifico, con il Simulatore ENEA, sono stati ottenuti i seguenti valori:

- CS = 171,3 €
- O_e = 92,5 €
- C_{ei} = 124,9 €
- E_s = 1659,34 kWh
- C_{usf} = 4,751 c€

Inoltre, il Simulatore ha consentito di quantificare anche il cosiddetto *Credito Liquidabile (CL)* legato alla maggiore produzione rispetto ai consumi:

$$CL = 32,5 \text{ €}$$

Calcolo beneficio economico

Complessivamente, il beneficio economico annuo derivante dall'installazione dell'impianto fotovoltaico con accumulo è pari alla somma del risparmio in bolletta, del contributo in conto scambio e del credito liquidabile (*CL*):

$$B_{SSP} = R + CS + CL = 1094,9 + 171,3 + 32,5 = 1298,7 \text{ €/anno}$$

VAN e TRI

Per il calcolo del VAN e del TRI sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- Costo annuo della manutenzione dell'impianto: 2% del costo di investimento (tiene conto della sostituzione del sistema di accumulo a fine vita);
- SSP aggiornato al 2019 (scaglioni S1= 4,751 c€/kWh, S2=7,908 c€/kWh);
- Aumento annuo del costo della manutenzione: 2%;
- Potenza impianto FV: 5 kWp;
- Produzione annua: 6500 kWh;
- Degrado potenza nominale moduli FV: 0,4%/anno;
- Potenza e capacità SdA: 5 kW, 9 kWh;
- Costo investimento FV: 1700 €/kW +IVA;
- Costo investimento SdA⁵: 500 €/kWh + 200 €/kW +IVA (tiene conto anche dei costi di installazione generalmente quotati a parte);
- Detrazione fiscale 50%: sì;
- Tasso annuo aumento costo energia prelevata: 2%;
- Tasso di attualizzazione: 3%;
- FOI (indice prezzi al consumo per famiglie di operai e impiegati): 1% costante per 30 anni.

La tabella successiva riporta i flussi di cassa anno per anno fino al fine vita dell'impianto, assunto pari a 30 anni. Nell'analisi si nota come il tempo di ritorno dell'investimento non attualizzato (FCC) sia pari a poco meno di 9 anni mentre quello attualizzato (FCAC), che tiene conto del costo del denaro atteso, sia circa 10 anni.

⁵ I costi normalizzati sono stati desunti prendendo a riferimento quelli del sistema di accumulo TESLA Powerwall 2.

Anno	uscite (€)				entrate/risparmi (€)				flussi di cassa (€)		
	investim. (con IVA)	scambi o/altro	Manut. .	tot. uscite	SSP	Risp. Bolletta	detrazioni fiscali	tot. Entrate e risparmi	TOT. Entrate- Uscite	FCAC (VAN)	FCC
0	15400	100	0	15500				0	-15500	-15500	-15500
1	0	30	280	310	204	1095	770	2069	1759	-13793	-13741
2	0	30	286	316	203	1112	770	2085	1770	-12124	-11972
3	0	30	291	321	202	1130	770	2102	1781	-10495	-10191
4	0	30	297	327	202	1148	770	2119	1792	-8902	-8398
5	0	30	303	333	201	1166	770	2137	1804	-7346	-6595
6	0	30	309	339	200	1185	770	2154	1815	-5826	-4779
7	0	30	315	345	199	1203	770	2173	1827	-4340	-2952
8	0	30	322	352	198	1223	770	2191	1839	-2888	-1112
9	0	30	328	358	198	1242	770	2210	1852	-1469	739
10	0	30	335	365	197	1262	770	2229	1864	-82	2603
11	0	30	341	371	196	1282		1478	1107	718	3710
12	0	30	348	378	195	1302		1497	1119	1503	4829
13	0	30	355	385	194	1323		1517	1132	2274	5962
14	0	30	362	392	194	1344		1538	1146	3031	7107
15	0	30	369	399	193	1366		1558	1159	3775	8267
16	0	30	377	407	192	1387		1579	1173	4506	9439
17	0	30	384	414	191	1409		1601	1186	5224	10626
18	0	30	392	422	191	1432		1622	1200	5929	11826
19	0	30	400	430	190	1455		1644	1215	6622	13040
20	0	30	408	438	189	1478		1667	1229	7302	14269
21	0	30	416	446	188	1501		1689	1244	7970	15513
22	0	30	424	454	188	1525		1713	1258	8627	16771
23	0	30	433	463	187	1550		1736	1273	9272	18045
24	0	30	442	472	186	1574		1760	1289	9906	19334
25	0	30	450	480	185	1599		1784	1304	10529	20638
26	0	30	459	489	185	1625		1809	1320	11141	21958
27	0	30	469	499	184	1651		1834	1336	11743	23294
28	0	30	478	508	183	1677		1860	1352	12334	24646
29	0	30	487	517	182	1704		1886	1368	12914	26014
30	0	30	497	527	182	1731		1912	1385	13485	27399

Tabella 21. Dettaglio dei flussi di cassa dell'impianto FV (5kWp) con SdA (9kWh) con detrazione fiscale e SSP.

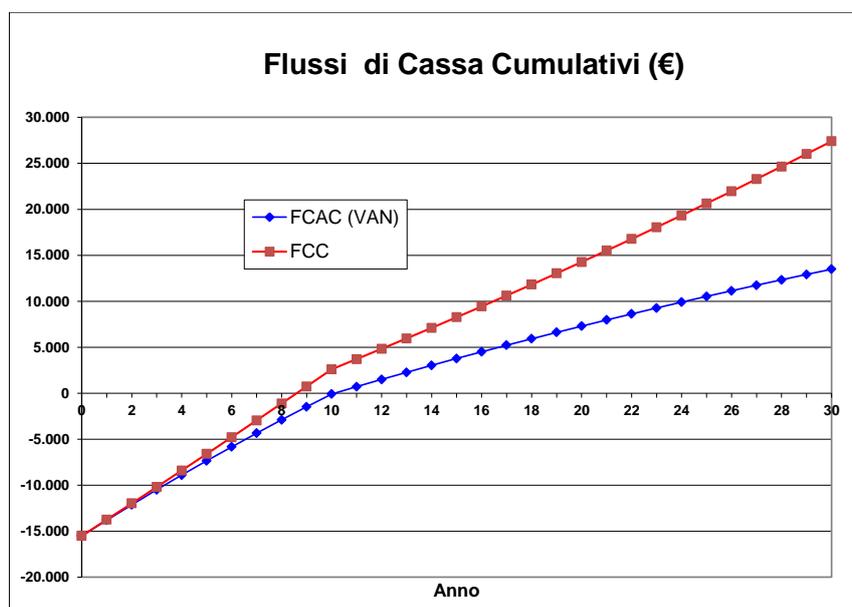


Figura 12. Andamento del VAN dell'impianto FV (5kWp) con SdA (9kWh) con detrazione fiscale e SSP.

Dal confronto con il caso studio 1, si evidenzia una maggiore convenienza dell'investimento (minore TRI) dovuto sia ad un minor costo unitario dell'impianto fotovoltaico sia ad maggior autoconsumo che, grazie ad un consumo annuale doppio, fa aumentare il valore del kWh risparmiato in bolletta da 20 c€/kWh a 24 c€/kWh circa.

5.4.3 Caso RD

Nota l'energia immessa in Rete e il cosiddetto prezzo minimo garantito per il 2018, il ricorso al meccanismo del Ritiro Dedicato per il presente caso studio produce il seguente beneficio economico annuo:

$$B_{RD} = R + E_{imm} * PMG_{2018} = 1094,9 + 2209 * 0,0394 = 1181,9 \text{ €/anno}$$

VAN e TRI

Per il calcolo del VAN e TRI sono stati utilizzati gli stessi parametri visti in precedenza. Il reddito da RD è stato tassato nella presente analisi (in questo caso si è supposta l'aliquota IRPEF marginale di 33%).

Anno	uscite (€)				entrate/risparmi (€)				II.DD	flussi di cassa (€)		
	investim (con IVA)	RD/ altro	Manut .	tot. uscite	RD	Risp. Bolletta	Detrazioni fiscali	tot. Entrate e risparmi		TOT. Entrate- Uscite	su vend. da RD	FCAC (VAN)
0	15400	100	0	15500				0	-15500		-15500	-15500
1	0	0	280	280	88	1095	770	1952	1672	28,9	-13905	-13857
2	0	0	286	286	88	1112	770	1970	1685	29,1	-12344	-12201
3	0	0	291	291	89	1130	770	1988	1697	29,2	-10818	-10533
4	0	0	297	297	89	1148	770	2007	1710	29,4	-9325	-8853
5	0	0	303	303	90	1166	770	2026	1723	29,6	-7864	-7160
6	0	0	309	309	90	1185	770	2045	1736	29,8	-6435	-5454
7	0	0	315	315	91	1203	770	2064	1749	29,9	-5038	-3735
8	0	0	322	322	91	1223	770	2084	1762	30,1	-3670	-2003
9	0	0	328	328	92	1242	770	2104	1776	30,3	-2333	-257
10	0	0	335	335	92	1262	770	2124	1790	30,5	-1024	1502
11	0	0	341	341	93	1282		1375	1034	30,7	-299	2505
12	0	0	348	348	93	1302		1396	1048	30,8	414	3522
13	0	0	355	355	94	1323		1417	1062	31,0	1116	4553
14	0	0	362	362	95	1344		1439	1077	31,2	1807	5598
15	0	0	369	369	95	1366		1461	1091	31,4	2488	6658
16	0	0	377	377	96	1387		1483	1106	31,6	3157	7733
17	0	0	384	384	96	1409		1506	1121	31,8	3817	8823
18	0	0	392	392	97	1432		1529	1137	32,0	4466	9927
19	0	0	400	400	97	1455		1552	1152	32,2	5104	11047
20	0	0	408	408	98	1478		1576	1168	32,3	5733	12183
21	0	0	416	416	99	1501		1600	1184	32,5	6352	13334
22	0	0	424	424	99	1525		1624	1200	32,7	6961	14502
23	0	0	433	433	100	1550		1649	1216	32,9	7561	15685
24	0	0	442	442	100	1574		1675	1233	33,1	8151	16885
25	0	0	450	450	101	1599		1700	1250	33,3	8732	18102
26	0	0	459	459	102	1625		1726	1267	33,5	9304	19335
27	0	0	469	469	102	1651		1753	1284	33,7	9867	20585
28	0	0	478	478	103	1677		1780	1302	33,9	10421	21853
29	0	0	487	487	103	1704		1807	1319	34,1	10967	23139
30	0	0	497	497	104	1731		1835	1337	34,3	11504	24442

Tabella 22. Dettaglio dei flussi di cassa dell'impianto FV (5kWp) con SdA (9kWh) con detrazione fiscale e RD.

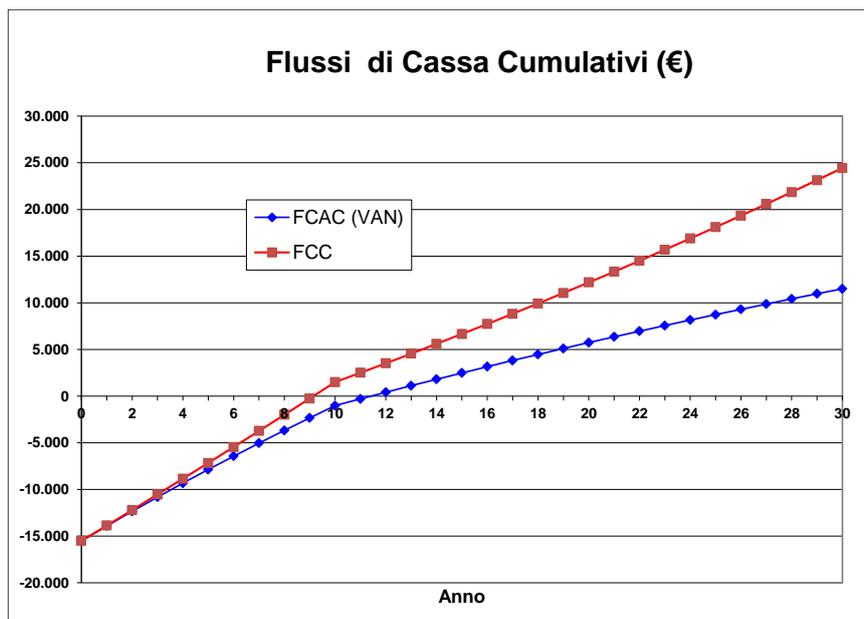


Figura 13. Andamento del VAN dell'impianto FV (5kWp) con SdA (9kWh) con detrazione fiscale e RD.

La differenza in termini di TRI tra lo SSP e il RD è in questo caso meno evidente rispetto al caso studio precedente perché il valore del kWh scambiato è inferiore (12,3 c€ invece di 14,4 c€).

Per le installazioni retrofit del sistema di accumulo si rimanda all'Appendice B, dove si riportano i risultati dell'analisi economica parametrica.

5.5 Caso studio 3: utente domestico trifase con consumo elevato (13980 kWh/anno)

Profilo di carico

Viene riportato il caso di un utenza trifase domestica che alimenta 4 abitazioni dislocate in un'area rurale e su cui insistono diversi carichi elettrici tra cui pompe per l'irrigazione dei terreni, motori trifase etc.. la potenza impegnata dell'utente è di 10 kW, anche se mediamente il carico è molto inferiore. Non disponendo di misurazione orarie specifiche per l'utenza si è ipotizzato il profilo di carico riportato in figura.

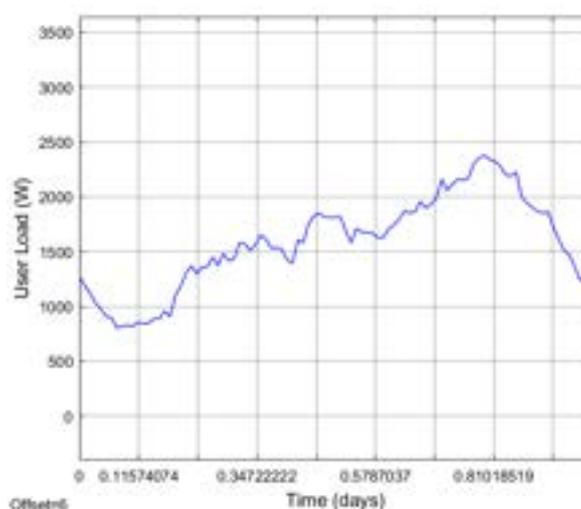


Figura 14. Profilo di carico medio giornaliero dell'utente domestico trifase (C=13980 kWh/anno).

Il caso studio in esame considera un sistema di accumulo al Litio di capacità pari a 18 kWh connesso ad un impianto fotovoltaico da 10 kWp. In appendice sono riportati i risultati di un'analisi parametrica più ampia

in cui la potenza dell'impianto fotovoltaico viene fatta variare da 8 a 10 kW mentre la capacità della batteria da 0 a 30 kWh.

5.5.1 Risparmio in bolletta

Calcolo bolletta prima dell'installazione dell'impianto FV con accumulo.

L'utente aderisce al mercato di Maggior Tutela con tariffa residente bioraria e potenza impegnata pari a 10kW. Dall'analisi della bolletta sono emersi i seguenti importi fatturati:

Sintesi degli importi fatturati	costo annuo	bolletta media
(A) Spesa per la materia energia (€)	1314,27	219,05
(B) Servizi di rete: spesa trasporto e gestione contatore (€)	344,78	57,46
(B) Servizi di rete: spese per Oneri di Sistema (€)	1232,84	205,47
Accisa (€)	328,86	54,81
IVA (€)	322,08	53,68
TOTALE IVA compresa (€)	3542,83	590,47

Tabella 23. Dettaglio bolletta elettrica PRIMA dell'installazione dell'impianto FV (10kWp) con SdA (18 kWh).

consumo fatturato anno 2019 no FV			
ore piene (%)	35	ore piene (F1) (kWh)	4893
ore vuote (%)	65	ore vuote (F23) (kWh)	9087
		totale (kwh)	13980

Tabella 24. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 PRIMA dell'installazione dell'impianto FV (10kWp) con SdA (18 kWh).

Calcolo bolletta dopo l'installazione dell'impianto FV con accumulo.

In presenza dell'impianto fotovoltaico con accumulo l'autoconsumo sale a 66,5 % mentre il prelievo scende da 13980 kWh a 5335 kWh e l'importo fatturato annuo passa da 3542,83 € a 1411,34 €.

Sintesi degli importi fatturati	costo annuo	bolletta media
(A) Spesa per la materia energia (€)	516,27	86,04
(B) Servizi di rete: spesa trasporto e gestione contatore (€)	275,79	45,97
(B) Servizi di rete: spese per Oneri di Sistema (€)	395,53	65,92
Accisa (€)	95,45	15,91
IVA (€)	128,30	21,38
TOTALE IVA compresa (€)	1411,34	235,22

Tabella 25. Dettaglio bolletta elettrica DOPO dell'installazione dell'impianto FV (10kWp) con SdA (18 kWh).

Per ciò che concerne la ripartizione tra ore vuote e piene si è adottata quella già utilizzata per i precedenti casi studio.

consumo fatturato anno con FV e SdA			
ore piene (%)	7	ore piene (F1) (kWh)	373
ore vuote (%)	93	ore vuote (F23) (kWh)	4962
		totale (kwh)	5335

Tabella 26. Ripartizione dei consumi sulle fasce F1 e F23 DOPO l'installazione dell'impianto FV (10kWp) con SdA (18 kWh).

Il risparmio annuo in bolletta (R) sarà quindi pari alla differenza tra gli importi pagati in bolletta prima e dopo l'installazione dell'impianto, ovvero:

$$R = 3542,8 - 1411,3 = 2131,5 \text{ €}$$

5.5.2 Caso SSP

Nel caso si utilizzi il meccanismo di valorizzazione dell'energia immessa dello scambio sul posto (SSP), è necessario calcolare il CS e l'eventuale credito liquidabile.

Calcolo del CS ed eventuale Credito liquidabile

Per il calcolo del contributo in conto scambio, è stata applicata la nota relazione:

$$CS = \min(O_E; C_{Ei}) + E_S * CU_{Sf}$$

E, nel caso specifico, con il Simulatore ENEA, sono stati ottenuti i seguenti valori:

- CS = 590,7 €
- Oe = 262,6 €
- Cei = 268,7 €
- Es = 4723 kWh
- Cusf = 6,945 c€

il Simulatore ha consentito di quantificare anche il cosiddetto *Credito Liquidabile (CL)*, legato alla maggiore produzione rispetto ai consumi:

$$CL = 6 \text{ €}$$

Calcolo beneficio economico

Complessivamente, il beneficio economico annuo derivante dall'installazione dell'impianto fotovoltaico con accumulo è pari alla somma del risparmio in bolletta (R), del contributo in conto scambio (CS) e del credito liquidabile (CL):

$$B_{SSP} = R + CS + CL = 2131,5 + 590,7 + 6 = 2728,2 \text{ €/anno}$$

VAN e TRI

Per il calcolo del VAN e del TRI sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- Costo annuo della manutenzione dell'impianto: 2% del costo di investimento (tiene conto della sostituzione del sistema di accumulo a fine vita);
- SSP aggiornato al 2019 (scaglioni S1= 4,751 c€/kWh, S2=7,908 c€/kWh);
- Aumento annuo del costo della manutenzione: 2%;
- Potenza impianto FV: 10 kWp;
- Degrado potenza nominale moduli FV: 0,4%/anno;
- Potenza e capacità SdA: 10 kW, 18 kWh;
- Costo investimento FV: 1500 €/kW +IVA;
- Costo investimento SdA⁶: 500 €/kWh + 200 €/kW +IVA (tiene conto anche dei costi di installazione);
- Detrazione fiscale 50%: si;
- Tasso annuo aumento costo energia prelevata: 2%;
- Tasso di attualizzazione: 3%;
- FOI (indice prezzi al consumo per famiglie di operai e impiegati): 1% costante per 30 anni.

La tabella successiva riporta i flussi di cassa anno per anno fino al fine vita dell'impianto, assunto pari a 30 anni. Nell'analisi si nota come il tempo di ritorno dell'investimento non attualizzato (FCC) sia circa pari a 8 anni mentre quello attualizzato (FCAC) sia di un anno maggiore.

⁶ I costi normalizzati sono stati desunti prendendo a riferimento quelli del sistema di accumulo TESLA Powerwall 2.

Anno	uscite (€)				entrate/risparmi (€)					flussi di cassa (€)	
	investim. (con IVA)	scambi o/altro	Manut. .	tot. uscite	SSP	Risp. Bolletta	detrazioni fiscali	tot. Entrate e risparmi	TOT. Entrate- Uscite	FCAC (VAN)	FCC
0	28600	100	0	28700				0	-28700	-28700	-28700
1	0	30	520	550	597	2132	1430	4158	3608	-25197	-25092
2	0	30	530	560	594	2165	1430	4190	3629	-21776	-21462
3	0	30	541	571	592	2200	1430	4222	3651	-18435	-17812
4	0	30	552	582	590	2235	1430	4254	3673	-15172	-14139
5	0	30	563	593	587	2271	1430	4288	3695	-11985	-10444
6	0	30	574	604	585	2307	1430	4322	3717	-8871	-6727
7	0	30	586	616	583	2343	1430	4356	3740	-5830	-2986
8	0	30	597	627	580	2381	1430	4391	3764	-2859	777
9	0	30	609	639	578	2419	1430	4426	3787	43	4564
10	0	30	621	651	576	2457	1430	4463	3811	2879	8376
11	0	30	634	664	573	2496		3069	2406	4617	10781
12	0	30	647	677	571	2536		3107	2430	6322	13211
13	0	30	659	689	569	2576		3145	2456	7994	15667
14	0	30	673	703	566	2617		3184	2481	9634	18148
15	0	30	686	716	564	2659		3223	2507	11243	20655
16	0	30	700	730	562	2701		3263	2533	12822	23188
17	0	30	714	744	560	2744		3304	2560	14371	25749
18	0	30	728	758	557	2788		3345	2587	15891	28336
19	0	30	743	773	555	2832		3388	2615	17382	30951
20	0	30	758	788	553	2878		3430	2643	18845	33594
21	0	30	773	803	551	2923		3474	2671	20281	36265
22	0	30	788	818	549	2970		3518	2700	21691	38965
23	0	30	804	834	546	3017		3563	2730	23074	41695
24	0	30	820	850	544	3065		3609	2759	24431	44454
25	0	30	836	866	542	3114		3656	2790	25763	47244
26	0	30	853	883	540	3164		3703	2820	27071	50064
27	0	30	870	900	538	3214		3752	2851	28355	52915
28	0	30	888	918	535	3265		3801	2883	29615	55798
29	0	30	905	935	533	3317		3850	2915	30852	58713
30	0	30	923	953	531	3370		3901	2948	32066	61661

Tabella 27. Dettaglio dei flussi di cassa dell'impianto FV (10 kWp) con SdA (18 kWh) con detrazione fiscale e SSP.

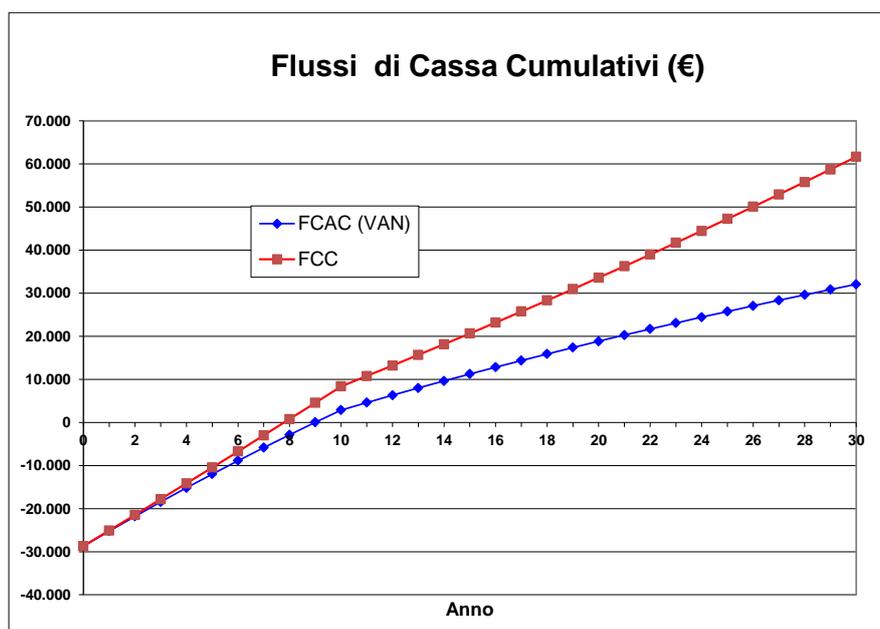


Figura 15. Andamento del VAN dell'impianto FV (10 kWp) con SdA (18 kWh) con detrazione fiscale e SSP.

5.5.3 Caso RD

Nota l'energia immessa in Rete e il cosiddetto prezzo minimo garantito per il 2018, il ricorso al meccanismo del Ritiro Dedicato per il presente caso studio produce il seguente beneficio economico annuo:

$$B_{RD} = R + E_{imm} * PMG_{2018} = 2131,5 + 4723,4 * 0,0394 = 2318,1 \text{ €/anno}$$

VAN e TRI

Per il calcolo del VAN e TRI sono stati utilizzati gli stessi parametri visti in precedenza. Il reddito da RD è stato tassato nella presente analisi (in questo caso si è supposta l'aliquota IRPEF marginale di 33%).

Anno	uscite (€)				entrate/risparmi (€)				TOT. Entrate-Uscite	II.DD	flussi di cassa (€)	
	investim. (con IVA)	RD/ altro	Manut. .	tot. uscite	RD	Risp. Bolletta	Detrazioni fiscali	tot. Entrate e risparmi			su vend. da RD	FCAC (VAN)
0	28600	100	0	28700				0	-28700		-28700	-28700
1	0	0	520	520	187	2132	1430	3749	3229	61,8	-25625	-25533
2	0	0	530	530	188	2165	1430	3784	3253	62,1	-22617	-22342
3	0	0	541	541	189	2200	1430	3819	3278	62,5	-19674	-19126
4	0	0	552	552	191	2235	1430	3855	3304	62,9	-16795	-15885
5	0	0	563	563	192	2271	1430	3892	3329	63,3	-13978	-12619
6	0	0	574	574	193	2307	1430	3929	3355	63,6	-11221	-9327
7	0	0	586	586	194	2343	1430	3967	3382	64,0	-8523	-6010
8	0	0	597	597	195	2381	1430	4006	3409	64,4	-5883	-2666
9	0	0	609	609	196	2419	1430	4045	3436	64,8	-3300	705
10	0	0	621	621	197	2457	1430	4085	3463	65,2	-771	4103
11	0	0	634	634	199	2496		2695	2061	65,6	670	6099
12	0	0	647	647	200	2536		2736	2089	65,9	2089	8122
13	0	0	659	659	201	2576		2777	2118	66,3	3486	10173
14	0	0	673	673	202	2617		2820	2147	66,7	4861	12254
15	0	0	686	686	203	2659		2862	2176	67,1	6215	14363
16	0	0	700	700	205	2701		2906	2206	67,5	7548	16501
17	0	0	714	714	206	2744		2950	2236	67,9	8860	18670
18	0	0	728	728	207	2788		2995	2267	68,3	10151	20868
19	0	0	743	743	208	2832		3041	2298	68,7	11423	23098
20	0	0	758	758	210	2878		3087	2330	69,2	12674	25358
21	0	0	773	773	211	2923		3134	2361	69,6	13906	27650
22	0	0	788	788	212	2970		3182	2394	70,0	15119	29974
23	0	0	804	804	213	3017		3230	2427	70,4	16313	32330
24	0	0	820	820	215	3065		3280	2460	70,8	17488	34719
25	0	0	836	836	216	3114		3330	2493	71,2	18645	37141
26	0	0	853	853	217	3164		3381	2528	71,7	19784	39597
27	0	0	870	870	218	3214		3432	2562	72,1	20905	42087
28	0	0	888	888	220	3265		3485	2597	72,5	22008	44612
29	0	0	905	905	221	3317		3538	2633	73,0	23094	47172
30	0	0	923	923	222	3370		3592	2669	73,4	24164	49767

Tabella 28. Dettaglio dei flussi di cassa dell'impianto FV (10 kWp) con SdA (18 kWh) con detrazione fiscale e RD.

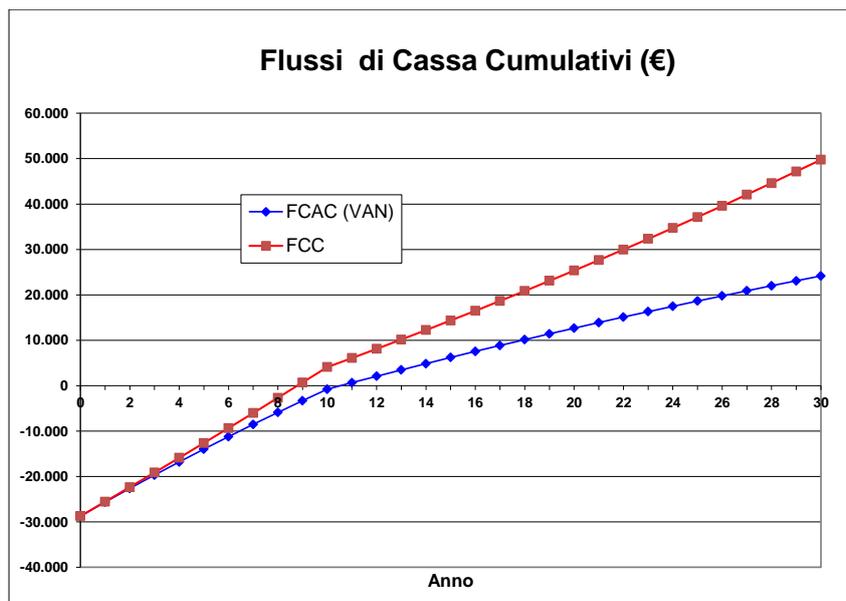


Figura 16. Andamento del VAN dell'impianto FV (10 kWp) con SdA (18 kWh) con detrazione fiscale e RD.

Rispetto allo SSP il RD presenta, come ovvio che fosse, un maggior tempo di ritorno dell'investimento (circa un anno) ma comunque l'elevato consumo dell'utente permette di avere performance accettabili.

Per le installazioni retrofit del sistema di accumulo si rimanda all'Appendice B, dove si riportano i risultati dell'analisi economica parametrica.

6 Conclusioni

Le norme tecniche di riferimento per la connessione di impianti fotovoltaici con accumulo alle reti BT e MT/AT sono rispettivamente le CEI 0-21 e CEI 0-16. L'ultima versione della CEI 0-21 è uscita a Luglio 2016 ha di fatto comportato l'estensione del campo di applicazione delle prescrizioni relative agli utenti attivi anche agli impianti di generazione con potenza nominale inferiore a 1 kW. La normativa vigente prevede diverse modalità di inserimento dei SdA in impianti FV. La prima modalità di posizionamento ammessa è quella che prevede il collegamento del SdA nella parte DC dell'impianto fotovoltaico e garantisce rendimenti di sistema maggiori. La seconda modalità di collegamento del SdA è quella sul lato AC, quindi a valle dell'inverter FV. Tale modalità garantisce una maggiore flessibilità in quanto non è necessario modificare l'impianto fotovoltaico preesistente e quindi si presta ad interventi retrofit. L'ultimo caso di posizionamento del SdA riguarda un utente passivo, che quindi non dispone di alcun impianto di produzione, che decide di installare un SdA. Tuttavia, questa modalità ad oggi non risulta di particolare interesse per l'utente finale in quanto economicamente non conveniente.

Per quanto riguarda gli incentivi, ad oggi i SdA per utenti finali godono soltanto delle detrazioni fiscali se abbinati ad impianti FV fino a 20 kWp che siano asserviti ad abitazioni. Al di sopra di tale potenza esiste il *Decreto FER 1*, in attesa di promulgazione, che tuttavia non cita i SdA ma riguarda soltanto le rinnovabili elettriche, tra cui il FV.

In aggiunta alle detrazioni fiscali, gli impianti FV con accumulo possono accedere ai meccanismi di valorizzazione dell'energia immessa in rete come lo Scambio Sul Posto (SSP) e il Ritiro Dedicato (RD).

Inoltre, l'adozione di un SdA produce un maggiore autoconsumo e quindi un maggior risparmio in bolletta. I tre casi studio di utenti residenziali presentati hanno consentito di fare interessanti considerazioni circa la convenienza economica di tali sistemi. Innanzitutto, nel 2017 l'Autorità ARERA ha ridotto il numero e il valore degli scaglioni di consumo da cui dipende il CUSf (corrispettivo unitario di scambio forfettario), portandoli da 4 a 2 e ciò ha penalizzato il beneficio economico dello Scambio Sul Posto (CS). Per il RD, non ci sono novità se non l'aggiornamento automatico del prezzo minimo garantito del 2018 al tasso di variazione annuale dei prezzi al consumo per le famiglie. Le analisi economiche condotte per diverse tipologie di utenti residenziale e taglie di impianti hanno consentito di evidenziare come i SdA, abbinati ad impianti FV di nuove installazioni, dati i costi attuali degli accumuli (500 €/kWh), con le agevolazioni fiscali e il meccanismo dello SSP, inizino ad essere interessanti per gli utenti energivori in quanto i TRI non aggiornati sono stati, per il caso studio 2 (utente con consumo di 6200 kWh/anno) e il caso studio 3 (utente con consumo di 13980 kWh/anno), rispettivamente di circa 9 e 8 anni. Viceversa, per un utente con un consumo medio difficilmente l'installazione di un SdA potrà essere conveniente, come evidenziato dal caso studio 1 (utente con consumo di 3400 kWh/anno) dove TRI è stato di 12 anni (valore comparabile col tempo di vita atteso per le batterie al Litio).

Per quanto riguarda le installazioni di SdA su impianti FV esistenti (installazioni Retrofit), il meccanismo dello SSP, ai costi attuali, rende non conveniente l'adozione degli accumuli anche per utenti energivori in quanto con tale meccanismo, anche per il caso studio 2 e il caso studio 3, i TRI sono stati superiori a 15 anni. Ciò è dovuto al fatto che con lo SSP, la Rete elettrica viene di fatto usata come un accumulo virtuale con cui scambiare energia a costi bassissimi (15/30 euro anno per i casi studio esaminati). A conclusioni diverse si giungerebbe se lo SSP non esistesse (come avviene in altri paesi come la Germania) ma se ci fosse solo il RD. In questo caso, infatti, l'analisi parametrica svolta evidenzia come per il caso studio 2 e il caso studio 3, una installazione retrofit, in presenza del RD, produrrebbe interessanti valori del TRI, pari rispettivamente a 8 anni e 7,3 anni.

Questo scenario potrebbe cambiare rapidamente se, come ci aspetta, i costi degli accumuli dovessero scendere rapidamente nei prossimi anni trainati dalla diffusione della mobilità elettrica personale e ciò per due ordini di motivi. Il passaggio ad un veicolo elettrico che si ricarica a casa fa inevitabilmente aumentare i consumi dell'utente e quindi rende, come abbiamo visto, decisamente più conveniente l'installazione di un accumulo stazionario. Inoltre, poiché alcuni costruttori di veicoli elettrici (Tesla ad esempio) utilizzano le stesse batterie al Litio (serie 18650 e serie 21700) sia sui loro veicoli sia sui loro sistemi di accumulo per uso

residenziale (Powerwall 1 e Powerwall 2) è lecito attendersi una rapida discesa dei prezzi di tali batterie e quindi dei sistemi dovuta a forti economie di scala.

7 Abbreviazioni e acronimi

SSP: scambio Sul Posto;

CS: Contributo Scambio sul posto;

RD: Ritiro Dedicato;

SdA: Sistema di Accumulo;

Pnom_FV: Potenza nominale dell'impianto fotovoltaico

FV: Fotovoltaico;

VAN: Valore Attuale netto;

FCAC: Flussi di Cassa Attualizzati Cumulativi;

FCC: Flussi di Cassa Cumulativi;

kWp: potenza di picco;

PdC: Pompa di calore;

FOI: indice prezzi al consumo per famiglie di operai e impiegati;

PMG: prezzo minimo garantito;

8 Riferimenti bibliografici

[1] F. De Lia, S. Castello, R. Schioppo, R. Lo Presti: Individuazione dei modelli matematici più rappresentativi dei sistemi di accumulo da utilizzare per la messa a punto del modello di simulazione degli impianti - RdS/PAR2015/202.

[2] F. De Lia, S. Castello, R. Schioppo, R. Lo Presti: Realizzazione, prove preliminari e sperimentazione di sistemi fotovoltaici con diverse tipologie di accumulo - RdS/PAR2016/176.

Appendice A: Calcolo del CUsf

```

function Cusf1 = CalcoloCUsf( ei, ep)
% ei: energia immessa
% ep: energia prelevata

s1=4.751;
s2=7.908;
s3=7.908;
s4=7.908;
Cusf=-999;
if ep >= ei
    es=ei;
    ed=ep-ei;
    if ep<=1800
        Cusf=((ep-ed)*s1)/es;
    elseif ep <= 2640 && ed <= 1800
        Cusf=((1800-ed)*s1+(ep-1800)*s2)/es;
    elseif ep <= 2640 && ed > 1800
        Cusf=s2;
    elseif ep <= 4440 && ed <= 1800
        Cusf=((1800-ed)*s1 + (2640-1800)*s2+(ep-2640)*s3)/es;
    elseif ep <= 4440 && ed <= 2640
        Cusf=((2640-ed)*s2+(ep-2640)*s3)/es;
    elseif ep <= 4440 && ed > 2640
        Cusf=s3;
    elseif ep> 4440 && ed <=1800
        Cusf=((1800-ed)*s1+(2640-1800)*s2+(4440-2640)*s3+(ep-4440)*s4)/es;
    elseif ep > 4440 && ed<=2640
        Cusf=((2640-ed)*s2+(4440-2640)*s3+(ep-4440)*s4)/es;
    elseif ep> 4440 && ed <= 4440
        Cusf=((4440-ed)*s3+(ep-4440)*s4)/es;
    elseif ep > 4440 && ed > 4440
        Cusf= s4;
    end
else
    es=ep;
    ed=0;
    if ep<=1800
        Cusf=((ep-ed)*s1)/es;
    elseif ep<=2640
        Cusf=((1800-ed)*s1+(ep-1800)*s2)/es;
    elseif ep<=4440
        Cusf=((1800-ed)*s1+(2640-1800)*s2+(ep-2640)*s3)/es;
    elseif ep>4440
        Cusf=((1800-ed)*s1+(2640-1800)*s2+(4440-2640)*s3+(ep-4440)*s4)/es;
    end
end
Cusf=Cusf/100;
Cusf1=Cusf;
end

```

Appendice B: Analisi economica parametrica.

In questa appendice vengono riportati i risultati di una analisi economica parametrica svolta con il Simulatore ENEA ottenuta al variare della potenza nominale del FV e della capacità del SdA. Nell'analisi sono riportati, per ciascuna coppia P_{nom_FV} e $CBatt$ e per i tre casi studio esaminati, le variabili tecnico economiche più significative. In particolare, dal punto di vista impiantistico si riportano l'autoconsumo, l'autosufficienza energetica e le energie immessa, prelevata e scambiata con la Rete. Per ciò che concerne le variabili economiche, oltre al costo dell'impianto FV con SdA si riportano il beneficio economico annuo, il risparmio in bolletta annuo, il contributo in conto scambio (insieme ai parametri da cui dipende), la remunerazione da ritiro dedicato, nonché il costo dell'energia prelevata dalla Rete prima e dopo l'installazione dell'impianto. Queste tabelle possono essere quindi usate per valutare la profittabilità di un impianto FV con SdA di nuova installazione.

Poiché è sempre più frequente la domanda che si pongono gli utenti che già hanno un impianto fotovoltaico e vogliono sapere se l'investimento su un sistema di accumulo da installare in modalità retrofit risulti conveniente o meno, è stata condotta una analisi specifica. In particolare, le tabelle a seguire riportano il beneficio economico annuo per installazioni Retrofit ottenibile nei tre casi studio, al variare della potenza del FV e capacità e del SdA a seconda del regime di valorizzazione dell'energia immessa in rete adottato (Scambio Sul Posto o Ritiro Dedicato) e in presenza delle detrazioni fiscali. Per completezza e comodità di lettura, sono stati anche indicati i costi dei SdA utilizzati nelle analisi basandosi sui costi unitari oggi disponibili per sistemi di tecnologia e taglia analoghe.

Caso studio 1. utente con consumo 3400 kWh/anno.

Pnom_FV(kW)	CBatt(kWh)	Costo_imp (€) IVA compresa	Autoconsumo(%)	Autosuff(%)	Benef_Econ(€)	Risp_Boll(€)	Contr_SSP(€)	Credito_Liq(€)	Oe(€)	Cei(€)	Cusf(€)	Costo_EnePrel(€)	Ene_Prel (kWh)	Ene_Imm(kWh)	Ene_Scam (kWh)
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	799,3	3436	-	-
2,5	0,0	5500	35,1	35,2	542,1	285,0	245,2	12,0	123,6	135,5	0,05390	514,3	2257	2288	2257
3	0,0	6600	30,3	36,4	583,7	291,0	239,6	53,1	121,4	174,4	0,05341	508,3	2214	2949	2214
3,5	0,0	7700	26,7	37,4	631,4	302,0	235,2	94,2	119,6	213,8	0,05302	497,3	2180	3619	2180
2,5	2,0	7150	50,5	49,1	588,3	403,0	179,4	5,9	96,6	102,5	0,04751	396,3	1770	1743	1743
3	2,0	8360	43,6	50,7	639,1	417,0	175,2	46,9	93,6	140,5	0,04751	382,3	1717	2383	1717
3,5	2,0	9570	38,4	51,8	679,9	421,0	170,9	88,0	91,3	179,3	0,04751	378,3	1676	3037	1676
2,5	4,0	8250	63,6	61,2	600,5	466,0	131,0	3,5	70,0	73,5	0,04751	333,3	1350	1284	1284
3	4,0	9460	55,2	63,4	646,3	476,0	126,2	44,0	65,7	109,7	0,04751	323,3	1274	1895	1274
3,5	4,0	10670	48,8	65,0	691,3	486,0	120,5	84,8	62,6	147,3	0,04751	313,3	1219	2528	1219
2,5	6,0	9350	74,9	71,5	607,5	516,0	91,5	0,0	51,8	49,4	0,04751	283,3	992	886	886
3	6,0	10560	65,5	74,6	654,2	529,7	87,9	36,6	45,8	82,5	0,04751	269,6	885	1458	885
3,5	6,0	11770	58,2	76,7	700,6	544,0	80,2	76,4	41,7	118,1	0,04751	255,3	811	2063	811
2,5	8,0	10450	79,1	75,3	609,8	534,0	75,8	0,0	46,1	40,8	0,04751	265,3	861	737	737
3	8,0	11660	69,8	79,0	663,5	557,0	74,0	32,5	39,3	71,7	0,04751	242,3	731	1277	731
3,5	8,0	12870	62,3	81,6	705,0	569,0	64,7	71,2	34,4	105,6	0,04751	230,3	639	1859	639
2,5	10,0	11550	80,3	76,3	610,5	539,0	71,5	0,0	44,1	38,5	0,04751	260,3	823	696	696
3	10,0	12760	71,0	80,3	711,5	610,0	69,5	32,0	37,0	69,0	0,04751	189,3	685	1227	685
3,5	10,0	13970	63,5	83,1	708,3	578,0	59,8	70,5	31,8	102,3	0,04751	221,3	589	1802	589

Tabella 29. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con SSP di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 6200 kWh/anno).

Pnom_FV(kW)	CBatt(kWh)	Costo_imp (€) IVA compresa	Autoconsumo(%)	Autosuff(%)	Benef_Econ(€)	Risp_Boll(€)	RD(€)	Credito_Liq(€)	Oe(€)	Cei(€)	Cusf(€)	Costo_EnePrel(€)	Ene_Prel (kWh)	Ene_Imm(kWh)	Ene_Scam (kWh)
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	799,3	3436	-	-
2,5	0,0	5500	35,1	35,2	375,2	285,0	90,2	-	-	-	-	514,3	2257	2288	2257
3	0,0	6600	30,3	36,4	407,2	291,0	116,2	-	-	-	-	508,3	2214	2949	2214
3,5	0,0	7700	26,7	37,4	444,6	302,0	142,6	-	-	-	-	497,3	2180	3619	2180
2,5	2,0	7150	50,5	49,1	471,7	403,0	68,7	-	-	-	-	396,3	1770	1743	1743
3	2,0	8360	43,6	50,7	510,9	417,0	93,9	-	-	-	-	382,3	1717	2383	1717
3,5	2,0	9570	38,4	51,8	540,7	421,0	119,7	-	-	-	-	378,3	1676	3037	1676
2,5	4,0	8250	63,6	61,2	516,6	466,0	50,6	-	-	-	-	333,3	1350	1284	1284
3	4,0	9460	55,2	63,4	550,7	476,0	74,7	-	-	-	-	323,3	1274	1895	1274
3,5	4,0	10670	48,8	65,0	585,6	486,0	99,6	-	-	-	-	313,3	1219	2528	1219
2,5	6,0	9350	74,9	71,5	550,9	516,0	34,9	-	-	-	-	283,3	992	886	886
3	6,0	10560	65,5	74,6	587,1	529,7	57,4	-	-	-	-	269,6	885	1458	885
3,5	6,0	11770	58,2	76,7	625,3	544,0	81,3	-	-	-	-	255,3	811	2063	811
2,5	8,0	10450	79,1	75,3	563,0	534,0	29,0	-	-	-	-	265,3	861	737	737
3	8,0	11660	69,8	79,0	607,3	557,0	50,3	-	-	-	-	242,3	731	1277	731
3,5	8,0	12870	62,3	81,6	642,2	569,0	73,2	-	-	-	-	230,3	639	1859	639
2,5	10,0	11550	80,3	76,3	566,4	539,0	27,4	-	-	-	-	260,3	823	696	696
3	10,0	12760	71,0	80,3	658,3	610,0	48,3	-	-	-	-	189,3	685	1227	685
3,5	10,0	13970	63,5	83,1	649,0	578,0	71,0	-	-	-	-	221,3	589	1802	589

Tabella 30. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con RD di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 3400 kWh/anno).

Le tabelle a seguire riportano i risultati dell'analisi economica parametrica condotta per il **caso studio1** relativamente ad una installazione retrofit del SdA. I valori riportati sono da intendersi come differenza tra il beneficio economico annuo dopo e prima l'installazione retrofit, al variare della potenza dell'impianto FV preesistente e della capacità del SdA da installare, a seconda del meccanismo di valorizzazione economica dell'energia immessa in Rete (SSP e RD). Questi valori sono stati ottenuti utilizzando le tabelle precedenti ed in particolare calcolando la differenza tra il beneficio economico relativo all'installazione Retrofit di un SdA (con CBatt dato in tabella) e quello che si avrebbe senza SdA (CBatt=0), a parità di Pnom_FV.

		PSdA (kW)		
		2,5	3	3,5
Cbatt (kWh)	2	46	55	48
	4	58	63	60
	6	65	71	69
	8	68	80	74
	10	68	128	77

Tabella 31. Beneficio economico annuo in € di un installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con SSP (utente con consumo 3400 kWh/anno).

		Pnom_FV (kW)		
		2,5	3	3,5
Cbatt (kWh)	2	97	104	96
	4	141	143	141
	6	176	180	181
	8	188	200	198
	10	191	251	204

Tabella 32. Beneficio economico annuo in € di un installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con RD (utente con consumo 3400 kWh/anno).

		PSdA (kW)		
		2,5	3	3,5
Cbatt (kWh)	2	1650	1760	1870
	4	2750	2860	2970
	6	3850	3960	4070
	8	4950	5060	5170
	10	6050	6160	6270

Tabella 33. Costo del sistema di accumulo (IVA al 10% compresa) al variare della potenza e capacità nominali (utente con consumo 3400 kWh/anno).

A titolo esemplificativo, nel caso l'utente dotato di un impianto fotovoltaico preesistente da **3 kW** decidesse di installare un sistema di accumulo da **6 kWh** si avrebbe beneficio economico annuo pari a **71 €** nel caso dello SSP e **180 €** in presenza del RD. Questi valori non dipendono dal costo del SdA ma da parametri come l'autoconsumo, la produzione, l'energia immessa e prelevata dalla Rete e naturalmente dalla tariffa elettrica (nel caso specifico la Tariffa Bioraria residente del mercato a Maggior Tutela). Poiché nel caso specifico il costo del SdA sarebbe di **3960 €**, anche in presenza delle detrazioni fiscali del 50%, il Tempo di Ritorno dell'investimento sarebbe :

$$TRI = 3960/2/71 = 27,9 \text{ anni (Caso SSP)}$$

$$TRI = 3960/2/180 = 11 \text{ anni (Caso RD)}$$

Anche se il calcolo è semplificato e non tiene conto dei parametri riportati nel calcolo del VAN, è di tutta evidenza che per questa tipologia di utente che ha un consumo medio ($C=3400$ kWh/anno), dati i costi attuali dei SdA, una installazione retrofit in presenza dello SSP non appare economicamente conveniente, mentre con il RD sarebbe comparabile con la vita delle batterie al Litio. Si evidenzia comunque una netta diminuzione del TRI in presenza del RD.

Caso studio 2: utente con consumo 6200 kWh/anno.

Pnom_FV(kW)	CBatt(kWh)	Costo_imp (€) IVA compresa	Autoconsumo(%)	Autosuff(%)	Benef_Econ(€)	Risp_Boll(€)	Contr_SSP(€)	Credito_Liq(€)	Oe(€)	Cei(€)	Cusf(€)	Costo_EnePrel(€)	Ene_Prel (kWh)	Ene_Imm(kWh)	Ene_Scam (kWh)
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1484,3	6236	-	-
4	0	7480	45,8	41,2	939,8	556,5	383,4	0,0	206,4	179,2	0,06680	927,8	3667,2	3056,1	3056,1
5	0	9350	39,3	44,1	1067,7	598,4	414,6	54,8	196,1	250,9	0,06276	885,9	3482,0	4278,8	3482,0
6	0	11220	34,4	46,3	1163,1	629,5	396,8	136,7	188,8	325,5	0,06211	854,7	3349,0	5551,6	3349,0
4	3,0	10010	60,3	52,8	1014,8	741,6	273,2	0,0	166,0	131,0	0,06362	742,7	2940,9	2236,2	2236,2
5	3,0	12100	51,6	56,3	1153,3	794,3	312,4	46,6	153,7	200,2	0,05823	690,0	2725,7	3410,5	2725,7
6	3,0	14190	45,1	58,7	1253,6	833,9	291,4	128,2	144,9	273,2	0,05698	650,4	2571,1	4647,1	2571,1
4	6,0	11660	71,3	61,8	1067,0	879,7	187,2	0,0	133,1	92,1	0,05878	604,5	2377,7	1618,2	1618,2
5	6,0	13750	61,3	66,1	1214,8	946,6	228,0	40,1	117,7	157,8	0,05220	537,6	2113,7	2730,1	2113,7
6	6,0	15840	53,6	69,1	1318,1	994,1	202,5	121,5	107,0	228,5	0,04959	490,2	1926,9	3922,0	1926,9
4	9,0	13310	79,7	68,6	1107,7	985,3	122,4	0,0	109,8	63,0	0,05184	499,0	1957,2	1147,1	1147,1
5	9,0	15400	68,7	73,4	1263,6	1059,8	171,3	32,5	92,5	124,9	0,04751	424,5	1659,3	2208,9	1659,3
6	9,0	17490	60,3	76,8	1353,8	1092,6	149,0	112,3	80,4	192,7	0,04751	391,7	1443,7	3357,1	1443,7
4	12,0	14960	84,6	72,6	1134,0	1046,8	87,2	0,0	95,9	46,1	0,04751	437,5	1707,2	866,1	866,1
5	12,0	17050	72,8	77,4	1270,4	1096,5	145,8	28,1	78,9	107,0	0,04751	387,8	1408,1	1918,4	1408,1
6	12,0	19140	63,8	80,8	1361,0	1130,0	123,9	107,1	67,1	174,1	0,04751	354,3	1196,5	3062,8	1196,5
4	15,0	16610	86,8	74,3	1140,4	1066,4	74,0	0,0	90,6	38,7	0,04751	417,9	1601,4	744,0	744,0
5	15,0	18700	74,5	79,0	1273,8	1111,7	135,7	26,3	73,7	100,0	0,04751	372,6	1306,4	1799,6	1306,4
6	15,0	20790	65,2	82,4	1364,4	1145,2	114,2	105,0	62,1	167,0	0,04751	339,1	1096,9	2945,4	1096,9

Tabella 34. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con SSP di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 6200 kWh/anno).

Pnom_FV(kW)	CBatt(kWh)	Costo_imp (€) IVA compresa	Autoconsumo(%)	Autosuff(%)	Benef_Econ(€)	Risp_Boll(€)	RD(€)	Credito_Liq(€)	Oe(€)	Cei(€)	Cusf(€)	Costo_EnePrel(€)	Ene_Prel (kWh)	Ene_Imm(kWh)	Ene_Scam (kWh)
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1484,3	6236	-	-
4	0	7480	45,8	41,2	676,9	556,5	120,4	-	-	-	-	927,8	3667	3056	3056
5	0	9350	39,3	44,1	766,9	598,4	168,6	-	-	-	-	885,9	3482	4279	3482
6	0	11220	34,4	46,3	848,3	629,5	218,7	-	-	-	-	854,7	3349	5552	3349
4	3,0	10010	60,3	52,8	829,7	741,6	88,1	-	-	-	-	742,7	2941	2236	2236
5	3,0	12100	51,6	56,3	928,7	794,3	134,4	-	-	-	-	690,0	2726	3410	2726
6	3,0	14190	45,1	58,7	1017,0	833,9	183,1	-	-	-	-	650,4	2571	4647	2571
4	6,0	11660	71,3	61,8	943,5	879,7	63,8	-	-	-	-	604,5	2378	1618	1618
5	6,0	13750	61,3	66,1	1054,2	946,6	107,6	-	-	-	-	537,6	2114	2730	2114
6	6,0	15840	53,6	69,1	1148,6	994,1	154,5	-	-	-	-	490,2	1927	3922	1927
4	9,0	13310	79,7	68,6	1030,5	985,3	45,2	-	-	-	-	499,0	1957	1147	1147
5	9,0	15400	68,7	73,4	1146,8	1059,8	87,0	-	-	-	-	424,5	1659	2209	1659
6	9,0	17490	60,3	76,8	1224,8	1092,6	132,3	-	-	-	-	391,7	1444	3357	1444
4	12,0	14960	84,6	72,6	1080,9	1046,8	34,1	-	-	-	-	437,5	1707	866	866
5	12,0	17050	72,8	77,4	1172,1	1096,5	75,6	-	-	-	-	387,8	1408	1918	1408
6	12,0	19140	63,8	80,8	1250,7	1130,0	120,7	-	-	-	-	354,3	1196	3063	1196
4	15,0	16610	86,8	74,3	1095,7	1066,4	29,3	-	-	-	-	417,9	1601	744	744
5	15,0	18700	74,5	79,0	1182,6	1111,7	70,9	-	-	-	-	372,6	1306	1800	1306
6	15,0	20790	65,2	82,4	1261,3	1145,2	116,0	-	-	-	-	339,1	1097	2945	1097

Tabella 35. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con RD di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 6200 kWh/anno).

Le tabelle a seguire riportano i risultati dell'analisi economica parametrica condotta per il **caso studio2** relativamente ad una installazione retrofit del SdA. I valori riportati sono da intendersi come differenza tra il beneficio economico annuo dopo e prima l'installazione retrofit, al variare della potenza dell'impianto FV preesistente e della capacità del SdA da installare, a seconda del meccanismo di valorizzazione economica dell'energia immessa in Rete (SSP e RD). Questi valori sono stati ottenuti utilizzando le tabelle precedenti ed in particolare calcolando la differenza tra il beneficio economico relativo all'installazione Retrofit di un SdA (con CBatt dato in tabella) e quello che si avrebbe senza SdA (CBatt=0), a parità di Pnom_FV.

		Pnom_FV (kW)		
		4	5	6
Cbatt (kWh)	3	75	86	91
	6	127	147	155
	9	168	196	191
	12	194	244	198
	15	201	206	201

Tabella 36. Beneficio economico annuo in € di un'installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con SSP (utente con consumo 6200 kWh/anno).

		Pnom_FV (kW)		
		4	5	6
Cbatt (kWh)	3	153	162	169
	6	267	287	300
	9	354	380	377
	12	404	446	403
	15	419	416	413

Tabella 37. Beneficio economico annuo in € di un'installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con RD (utente con consumo 6200 kWh/anno).

		PSdA (kW)		
		4	5	6
Cbatt (kWh)	3	2530	2750	2970
	6	4180	4400	4620
	9	5830	6050	6270
	12	7480	7700	7920
	15	9130	9350	9570

Tabella 38. Costo del sistema di accumulo (IVA al 10% compresa) al variare della potenza e capacità nominali (utente con consumo 6200 kWh/anno).

A titolo esemplificativo, nel caso in cui l'utente dotato di un impianto fotovoltaico preesistente da **5 kW** decidesse di installare un sistema di accumulo da **9 kWh** si avrebbe beneficio economico annuo pari a **196 €** nel caso dello SSP e **380 €** in presenza del RD. Questi valori non dipendono dal costo del SdA ma da parametri come l'autoconsumo, la produzione, l'energia immessa e prelevata dalla Rete e naturalmente dalla tariffa elettrica (nel caso specifico la Tariffa Bioraria residente del mercato a Maggior Tutela). Poiché nel caso specifico il costo del SdA sarebbe di **6050 €**, anche in presenza delle detrazioni fiscali del 50%, il Tempo di Ritorno dell'investimento sarebbe :

$$TRI = 6050/2/196 = 15,4 \text{ anni (Caso SSP)}$$

$$TRI = 6050/2/380 = 8 \text{ anni (Caso RD)}$$

Anche per un utente energivoro lo SSP rende non conveniente una installazione Retrofit dato che il TRI sarebbe superiore al tempo di vita atteso per le batterie al Litio. Viceversa in presenza del RD, si rientrerebbe molto più velocemente dall'investimento e comunque prima del tempo di vita atteso per le batterie al Litio.

Caso studio 3: utente con consumo 13980 kWh/anno

Pnom_FV(kW)	CBatt(kWh)	Costo_imp (€) IVA compresa	Autoconsumo(%)	Autosuff(%)	Benef_Econ(€)	Risp_Boll(€)	Contr_SSP(€)	Credito_Liq(€)	Oe(€)	Cei(€)	Cusf(€)	Costo_EnePrel(€)	Ene_Prel (kWh)	Ene_Imm(kWh)	Ene_Scam (kWh)
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3542,8	13980	-	-
8	0	13200	41,5	33,2	1991,7	1078,3	913,4	0,0	510,4	391,6	0,07908	2464,5	9334	6599	6599
10	0	16500	34,8	34,8	2336,6	1128,7	1162,8	45,0	499,0	544,0	0,07285	2414,1	9113	9188	9113
12	0	19800	30,1	36,1	2519,8	1170,3	1140,3	209,2	490,0	699,2	0,07273	2372,5	8942	11826	8942
8	6,0	18260	55,9	43,6	2134,2	1447,5	686,7	0,0	432,6	293,0	0,07908	2095,3	7885	4978	4978
10	6,0	22000	46,9	45,6	2497,6	1516,0	957,3	24,3	418,0	442,3	0,07201	2026,9	7613	7490	7490
12	6,0	25740	40,4	47,0	2690,8	1565,6	936,7	188,5	407,2	595,7	0,07142	1977,2	7414	10076	7414
8	12,0	21560	67,7	52,4	2240,2	1744,0	496,3	0,0	354,9	208,6	0,07908	1798,9	6652	3638	3638
10	12,0	25300	57,2	55,1	2618,0	1839,4	761,7	16,9	333,6	350,5	0,07096	1703,4	6281	6032	6032
12	12,0	29040	49,5	56,9	2828,0	1908,5	739,0	180,5	319,2	499,6	0,06965	1634,3	6027	8540	6027
8	18,0	24860	78,0	60,1	2336,6	2002,7	333,9	0,0	291,3	138,1	0,07908	1540,1	5580	2476	2476
10	18,0	28600	66,5	63,6	2728,2	2131,5	590,7	6,0	262,6	268,7	0,06945	1411,3	5083	4723	4723
12	18,0	32340	57,9	66,0	2954,3	2225,1	562,1	167,2	243,4	410,6	0,06711	1317,8	4748	7130	4748
8	24,0	28160	86,6	66,4	2420,8	2218,8	202,0	0,0	247,4	82,5	0,07908	1324,0	4701	1511	1511
10	24,0	31900	74,9	71,2	2831,3	2395,3	436,0	0,0	210,0	197,4	0,06732	1147,6	4024	3544	3544
12	24,0	35640	65,5	74,3	3068,9	2511,5	413,6	143,8	186,1	329,9	0,06328	1031,4	3596	5829	3596
8	30,0	31460	90,4	69,1	2459,5	2314,3	145,3	0,0	230,5	59,2	0,07908	1228,6	4325	1088	1088
10	30,0	35200	78,8	74,7	2879,2	2517,8	361,4	0,0	188,9	165,0	0,06587	1025,1	3534	2982	2982
12	30,0	38940	69,5	78,3	3135,2	2662,2	344,8	128,2	162,0	290,2	0,06033	880,6	3030	5167	3030

Tabella 39. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con SSP di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 13980 kWh/anno).

Pnom_FV(kW)	CBatt(kWh)	Costo_imp (€) IVA compresa	Autoconsumo(%)	Autosuff(%)	Benef_Econ(€)	Risp_Boll(€)	RD(€)	Credito_Liq(€)	Oe(€)	Cei(€)	Cusf(€)	Costo_EnePrel(€)	Ene_Prel (kWh)	Ene_Imm(kWh)	Ene_Scam (kWh)
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3542,8	13980	-	-
8	0	13200	41,5	33,2	1338,9	1078,29	260,7	-	-	-	-	2464,5	9334,0	6598,9	6598,9
10	0	16500	34,8	34,8	1491,6	1128,7	362,9	-	-	-	-	2414,1	9113,4	9187,9	9113,4
12	0	19800	30,1	36,1	1637,4	1170,3	467,1	-	-	-	-	2372,5	8941,7	11825,8	8941,7
8	6,0	18260	55,9	43,6	1644,1	1447,5	196,6	-	-	-	-	2095,3	7884,9	4977,8	4977,8
10	6,0	22000	46,9	45,6	1811,8	1516,0	295,8	-	-	-	-	2026,9	7613,1	7489,7	7489,7
12	6,0	25740	40,4	47,0	1963,6	1565,6	398,0	-	-	-	-	1977,2	7414,2	10075,8	7414,2
8	12,0	21560	67,7	52,4	1887,7	1744,0	143,7	-	-	-	-	1798,9	6651,8	3638,0	3638,0
10	12,0	25300	57,2	55,1	2077,7	1839,4	238,3	-	-	-	-	1703,4	6281,4	6032,3	6032,3
12	12,0	29040	49,5	56,9	2245,9	1908,5	337,3	-	-	-	-	1634,3	6027,1	8540,3	6027,1
8	18,0	24860	78,0	60,1	2100,5	2002,7	97,8	-	-	-	-	1540,1	5579,9	2476,2	2476,2
10	18,0	28600	66,5	63,6	2318,1	2131,5	186,6	-	-	-	-	1411,3	5083,0	4723,4	4723,4
12	18,0	32340	57,9	66,0	2506,7	2225,1	281,6	-	-	-	-	1317,8	4748,2	7130,2	4748,2
8	24,0	28160	86,6	66,4	2278,5	2218,8	59,7	-	-	-	-	1324,0	4700,7	1510,8	1510,8
10	24,0	31900	74,9	71,2	2535,3	2395,3	140,0	-	-	-	-	1147,6	4023,6	3544,4	3544,4
12	24,0	35640	65,5	74,3	2741,7	2511,5	230,3	-	-	-	-	1031,4	3595,8	5829,1	3595,8
8	30,0	31460	90,4	69,1	2357,2	2314,3	43,0	-	-	-	-	1228,6	4325,2	1088,0	1088,0
10	30,0	35200	78,8	74,7	2635,5	2517,8	117,8	-	-	-	-	1025,1	3534,0	2981,8	2981,8
12	30,0	38940	69,5	78,3	2866,3	2662,2	204,1	-	-	-	-	880,6	3030,1	5166,7	3030,1

Tabella 40. Risultati dell'analisi economica parametrica (valori annuali) con RD di impianti FV con SdA di nuova installazione (utente con consumo 13980 kWh/anno).

Le tabelle a seguire riportano i risultati dell'analisi economica parametrica condotta per il **caso studio 3** relativamente ad una installazione retrofit del SdA. I valori riportati sono da intendersi come differenza tra il beneficio economico annuo dopo e prima l'installazione retrofit, al variare della potenza dell'impianto FV preesistente e della capacità del SdA da installare, a seconda del meccanismo di valorizzazione economica dell'energia immessa in Rete utilizzato (SSP e RD). Questi valori sono stati ottenuti utilizzando le tabelle precedenti ed in particolare calcolando la differenza tra il beneficio economico relativo all'installazione Retrofit di un SdA (con C_{batt} dato in tabella) e quello che si avrebbe senza SdA (C_{batt}=0), a parità di P_{nom_FV}.

		P _{nom_FV} (kW)		
		8	10	12
C _{batt} (kWh)	6	142	161	171
	12	249	281	308
	18	345	392	435
	24	429	495	549
	30	468	543	615

Tabella 41. Beneficio economico annuo in € di un installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con SSP (utente con consumo 13980 kWh/anno).

		P _{nom_FV} (kW)		
		8	10	12
C _{batt} (kWh)	6	305	320	326
	12	549	586	608
	18	762	826	869
	24	940	1044	1104
	30	1018	1144	1229

Tabella 42. Beneficio economico annuo in € di un installazione Retrofit di un SdA su impianto FV esistente con RD (utente con consumo 13980 kWh/anno).

		P _{SdA} (kW)		
		8	10	12
C _{batt} (kWh)	6	5060	5500	5940
	12	8360	8800	9240
	18	11660	12100	12540
	24	14960	15400	15840
	30	18260	18700	19140

Tabella 43. Costo del sistema di accumulo (IVA al 10% compresa) al variare della potenza e capacità nominali (utente con consumo 13980 kWh/anno).

A titolo esemplificativo, nel caso in cui l'utente dotato di un impianto fotovoltaico preesistente da **10 kW** decidesse di installare un sistema di accumulo da **18 kWh** si avrebbe beneficio economico annuo pari a **392 €** nel caso dello SSP e **826 €** in presenza del RD. Questi valori non dipendono dal costo del SdA ma da parametri come l'autoconsumo, la produzione, l'energia immessa e prelevata dalla Rete e naturalmente dalla tariffa elettrica (nel caso specifico la Tariffa Bioraria residente del mercato a Maggior Tutela). Poiché nel caso specifico il costo del SdA sarebbe di **12100 €**, anche in presenza delle detrazioni fiscali del 50%, il Tempo di Ritorno dell'investimento sarebbe :

$$TRI = 12100/2/392 = 15,4 \text{ anni (Caso SSP)}$$

$$TRI = 12100/2/826 = 7,3 \text{ anni (Caso RD)}$$

Analogamente al caso studio precedente, anche per l'utente energivoro trifase lo SSP rende non conveniente una installazione Retrofit di un SdA dato che il TRI sarebbe superiore al tempo di vita atteso per le batterie al Litio. Viceversa, se non ci fosse lo SSP e l'unica opzione possibile fosse il RD il TRI assumerebbe un valore interessante in quanto si rientrerebbe dall'investimento in poco più di 7 anni.