

### 2.2.3. ACQUISIZIONE DATI IMPIANTO FOTOVOLTAICO: MaxTalk

Per l'acquisizione dei dati dell'impianto fotovoltaico viene utilizzato il software MaxTalk, pensato per la comunicazione in loco e il monitoraggio locale. Tramite la panoramica dell'impianto è possibile capire velocemente quale sia lo stato corrente, ed inoltre, MaxTalk permette l'interrogazione dei valori di misura, dei dati sulla resa e della configurazione del dispositivo, costantemente aggiornati.

Per il nostro studio sono state rilevate le potenze entranti negli inverter in modo tale da non avere il contributo negativo delle perdite di carico intrinseche negli inverter.

### 2.2.4. SISTEMA DI RACCOLTA E MONITORAGGIO ACQUA DI RITORNO DAL TETTO: "LEM"

L'acqua non deve essere sprecata sia per una questione etica che per una ragione economica. Pertanto lo studio effettuato ha tenuto in considerazione la possibilità di un sistema di stoccaggio e gestione dell'acqua, tramite un serbatoio interrato, capace di ridurre allo stretto indispensabile il consumo dell'acqua. Per il dimensionamento della cisterna e per il business-plan si ha quindi la necessità di uno strumento che misuri quanta acqua è possibile recuperare ad ogni ciclo di raffreddamento dei pannelli fotovoltaici, il "LEM". *Il nome dello strumento, interamente pensato e costruito da un tecnico che collabora con Olos, è stato scelto per la somiglianza con il modulo lunare che, il 20 luglio 1969, conquistò la luna tramite "un piccolo passo per l'uomo ma un gigantesco passo per l'umanità".*

Il LEM è costituito da un vasca di raccolta nella quale viene fatta confluire, tramite una tubazione, l'acqua in eccesso proveniente dal tetto, ovvero dal sistema di raffreddamento dei pannelli fotovoltaici, dal sistema di sub-irrigazione o dalla pioggia. All'interno della suddetta vasca, è installato un galleggiante che comanda una pompa che ha il compito di svuotare il recipiente pieno di acqua di recupero e inviarla al serbatoio interrato. A valle della pompa, in un settore ispezionabile, è presente un contatore d'acqua che permette di registrare la quantità d'acqua recuperata e quindi stimare quella che dovrà essere reintegrata. Il grado di precisione del contatore è dell'ordine di  $10^{-4} \text{ m}^3$ .

Nella figura 2.22 viene riportato il LEM:



Figura 2-22: Sistema di raccolta e monitoraggio acqua di ritorno dal tetto: LEM

### 2.2.5. SISTEMA DI RACCOLTA E MONITORAGGIO ACQUA PROVENIENTE DAL GIARDINO

Nel giardino del prototipo del progetto Genera è stato predisposto, in fase di costruzione, un sistema capace captare l'acqua che penetra nel terreno e convogliarla in una vasca di recupero per poi essere successivamente inviata in cisterna. Come è possibile notare in figura 2.21, il giardino è stato suddiviso in tre settori delimitati da tre tubazioni drenanti sulla parte superiore. In questo modo, grazie anche alla stratigrafia del terreno eseguita, l'acqua penetrante nel terreno viene captata dalle tubazioni e riversata nella vasca di raccolta. Analogamente alla tecnologia utilizzata nel LEM, un galleggiante comanda l'azionamento di una pompa che invierà l'acqua captata in cisterna, che viene misurata da un contatore posto a valle della pompa di invio (figure 2.22 e 2.23).

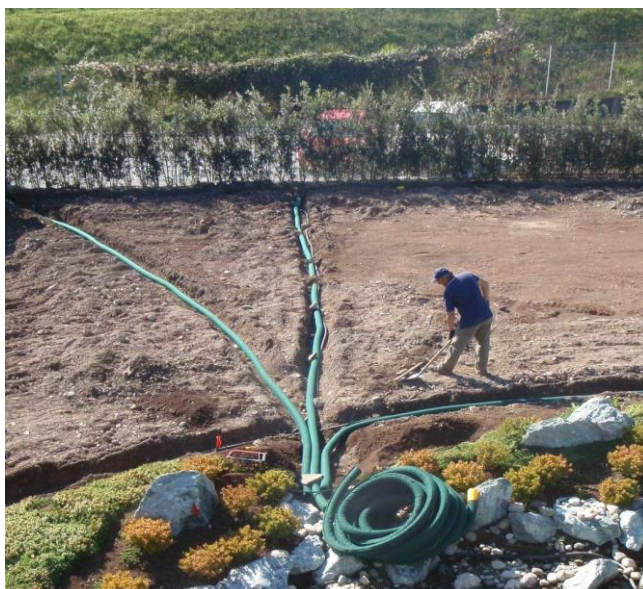


Figura 2-21: Suddivisione del giardino e tubazioni di raccolta acqua

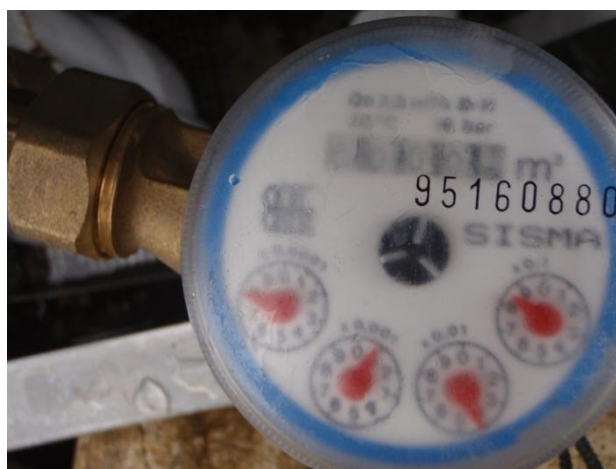


Figura 2-22: Vasca di raccolta acqua giardino



Figura 2-23: Sistema di monitoraggio e pompaggio acqua, dalla vasca di raccolta alla cisterna

Il contatore dell'acqua è caratterizzato da un grado di precisione dell'ordine di  $10^{-4} \text{ m}^3$ , come è possibile osservare dalla figura 2.24:



**Figura 2-24: Contatore acqua recuperata dal giardino**

## 2.3. RACCOLTA ED ELABORAZIONE DATI

### 2.3.1. TEST DI STIMA DELLA CAPACITA' DI RACCOLTA DELL'ACQUA

#### ESPERIMENTO 1

Per la stima della capacità di raccolta dell'acqua utilizzata per la bagnatura superficiale dei pannelli fotovoltaici, sono state fatte opportune misure, nel periodo scelto per il test del sistema di raffreddamento di GENERA. Sono state eseguite due misurazioni a distanza di 24 ore l'una dall'altra, in modo tale da considerare una intera giornata di funzionamento del sistema di bagnatura superficiale. Nella seguente tabella sono riportati i dati di rilevati dal LEM.

| DATA       | ORA   | VOLUME [m <sup>3</sup> ] |
|------------|-------|--------------------------|
| 02/05/2012 | 11:40 | 14,8017                  |
| 03/05/2012 | 10:30 | 15,1481                  |

**Tabella 2-5: Dati registrati per la stima della raccolta acqua da sistema di raffreddamento.**

Il volume di acqua raccolta, ottenuto per differenza dei volumi registrati, è risultato essere pari a 0,3464 m<sup>3</sup>.

In seguito è stata stimata la quantità rilasciata dal sistema di raffreddamento sui moduli fotovoltaici nell'intervallo di tempo di misura. Nella seguente tabella sono riportati i dati utilizzati per il calcolo.

| DATI PER LA STIMA DELL'ACQUA RILASCIATA |            |
|---|------------|
| Numero ugelli                           | 21         |
| Portata ugello                          | 1,6 l/min. |
| Periodo di bagnatura                    | 1 min.     |
| Frequenza di bagnatura                  | 10 vv/gg   |

**Tabella 2-6: Dati per la stima dell'acqua rilasciata dal sistema di raffreddamento.**

La quantità di acqua rilasciata dal sistema di raffreddamento di GENERA si calcola con la seguente formula:

---

che coi nostri dati fornisce come risultato 0,3360 m<sup>3</sup>.

La percentuale di recupero, ottenuta dal seguente rapporto:

---

risulta pari al 97 % dell'acqua di raffreddamento. In questo caso si è pensato di utilizzare un coefficiente riduttivo pari a 0,9, per rendere la misura maggiormente cautelativa, moltiplicando per 0,90 il 97 % dell'acqua raccolta. Il risultato del recupero è quindi dell'87%.

## ESPERIMENTO 2

Per la stima della capacità di raccolta dell'acqua meteorica da parte del sistema integrato GENERA è stato scelto come riferimento una giornata di precipitazioni avvenute in data 21 maggio 2012. Sono state fatte due misurazioni per il tetto, a distanza di 24 ore l'una dall'altra, in modo tale da calcolare il valore mediato sull'intera giornata. Nella seguente tabella sono riportati i dati di rilevati dal LEM.

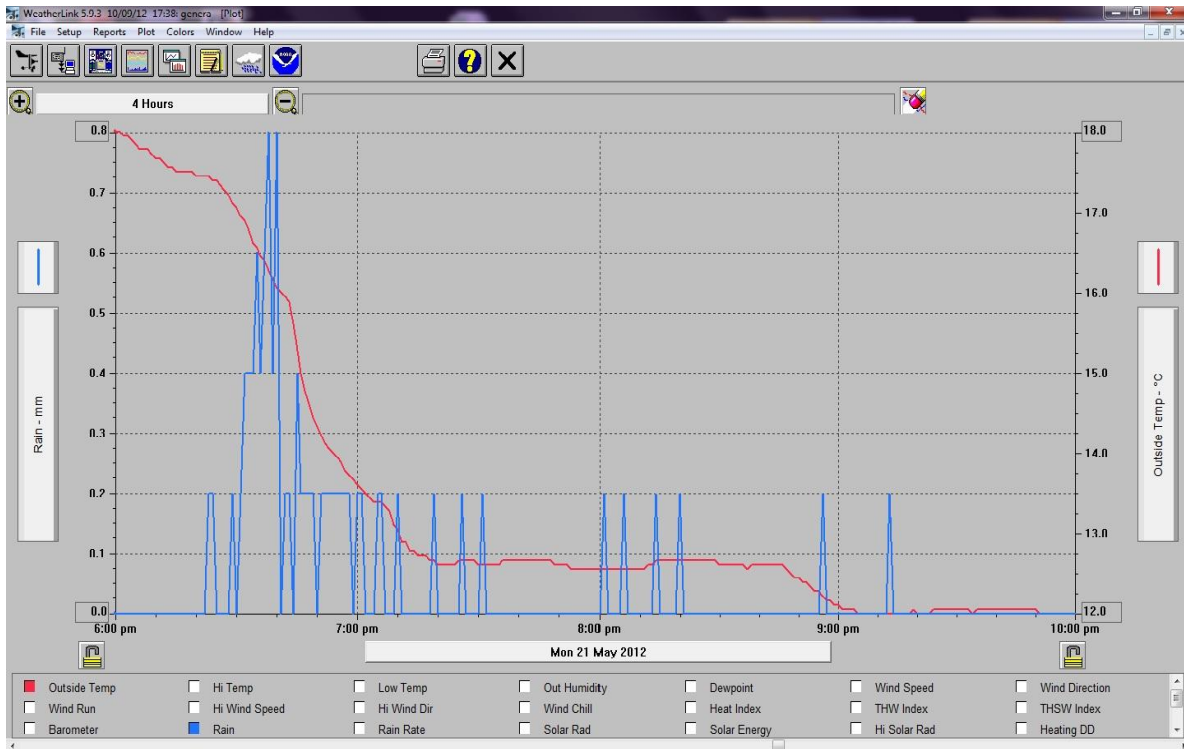
| DATA       | ORA   | VOLUME [m <sup>3</sup> ] |
|------------|-------|--------------------------|
| 21/05/2012 | 13:16 | 23,9582                  |
| 22/05/2012 | 10:16 | 24,7641                  |

**Tabella 2-7: Dati registrati per la stima della raccolta acqua dal tetto.**

Il volume di acqua raccolta, ottenuto per differenza dei volumi registrati, è risultato essere pari a 0,8059 m<sup>3</sup>.

In seguito è stata stimata la quantità di pioggia caduta nel corrispondente intervallo di tempo. Il software della centralina meteorologia WeatherLink ci ha permesso di calcolare il valore di pioggia cumulato nel giorno di riferimento, risultato essere pari a 11,8 mm

Nella seguente immagine è riportata la schermata del programma con l'andamento delle piogge del giorno scelto, in cui figurano la temperatura dell'aria esterna (°C) e l'intensità di precipitazione (mm).



**Figura 2-23: Schermata di WeatherLink con l'evento di precipitazione scelto.**

La porzione di copertura occupata dal tetto verde ammonta a  $59 \text{ m}^2$ , mentre quella occupata dai moduli fotovoltaici è di circa  $63 \text{ m}^2$ , per un totale di  $122 \text{ m}^2$ .

Per calcolare il volume di pioggia caduto in corrispondenza della superficie stessa, la formula è la seguente:

\_\_\_\_\_

Dove:

A = superficie totale [ $\text{m}^2$ ],

h = altezza totale di precipitazione [mm/gg].

Applicando la formula al nostro caso, il valore risultante è di  $1,4396 \text{ m}^3$ .

Infine, per calcolare la quantità di acqua potenzialmente recuperabile la formula è la seguente:

\_\_\_\_\_ \*100

che fornisce come risultato finale 49 %. Questo valore è indicativo e da considerarsi riferito al solo evento di precipitazione studiato. Per conoscere un valore in grado di rispecchiare il reale comportamento del tetto verde a fronte di una precipitazione occorre fare delle misurazioni su un periodo di tempo più lungo, che sia mensile, stagionale o addirittura annuale.

### 2.3.2. TEST DI STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

La stima del coefficiente di deflusso è utile per conoscere il comportamento di un suolo che viene investito da una precipitazione, per sapere la quantità di acqua che è possibile recuperare dal volume di pioggia caduto sulla superficie captante. È una grandezza adimensionale, la cui formula di riferimento è:

---

Non è un valore che si può facilmente generalizzare, in quanto dipende molto dalla tipologia e dagli spessori della stratigrafia superficiale ed è sempre riferito ad un preciso arco temporale, che sia un unico evento di precipitazione, un periodo od un anno di riferimento.

In GENERA il coefficiente di deflusso del tetto verde e del giardino filtrante sono stati calcolati a partire da una serie di eventi di precipitazione avvenute nell'arco temporale compreso tra le ore 12:00 del 21/05/2012 e le ore 10:00 del 22/05/2012 (vedi Figura 2-27).

Dai dati di WeatherLink è stato calcolato il valore cumulato di precipitazione, che è risultato essere pari a 11,8 mm.

In seguito sono state stimate le superfici captanti efficaci, ovvero il tetto verde esclusa la porzione coperta da moduli fotovoltaici di area pari a 59 m<sup>2</sup> e la porzione utile di giardino filtrante che, dopo prove di bagnatura ad hoc, è risultata essere di soli 126 m<sup>2</sup> contro i 256 m<sup>2</sup> totali. Questo perché uno dei tre canali di raccolta dell'acqua inseriti nel giardino filtrante non funziona in modo adeguato, in quanto ostruito da materiale portato auspicabilmente da animali.

Sono state calcolati i volumi di precipitazione caduti in corrispondenza delle due superfici con la seguente formula:

---

Dove:

A = superficie totale [m<sup>2</sup>],

h = altezza totale di precipitazione [mm/gg].

Sostituendo i valori corrispondenti, si sono ottenuti i seguenti valori di volumi di precipitazione:

- Per la copertura = 1,4396 m<sup>3</sup>
- Per il giardino filtrante = 1,4868 m<sup>3</sup>.

Di seguito sono riportate le immagini dei misuratori del tetto e del giardino filtrante prima e dopo l'evento di precipitazione e la tabella con il riassunto dei valori registrati.

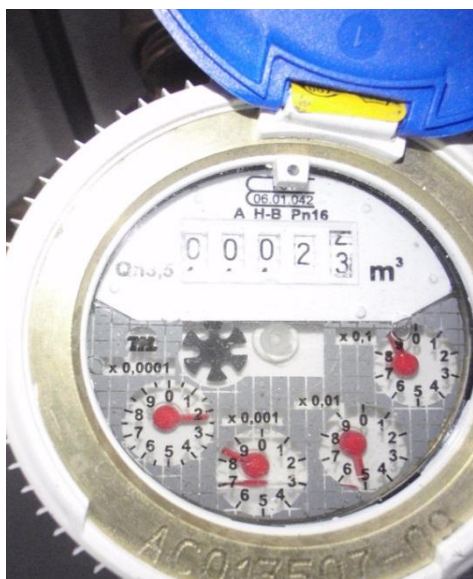


Figura 2-24 misuratore tetto – 21/05/2012

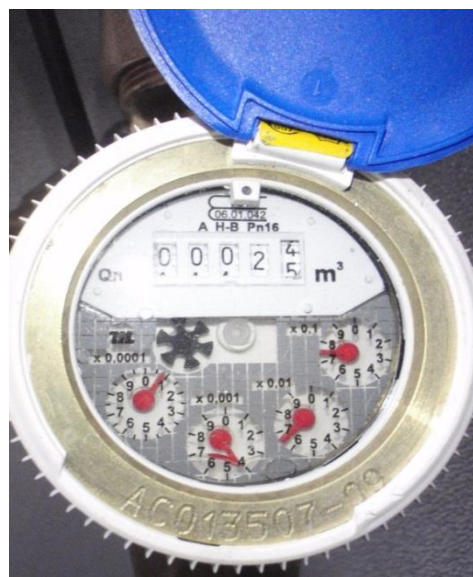


Figura 2-25: misuratore tetto - 22/05/2012



Figura 2-26: misuratore terreno – 22/05/2012

| DATA       | ORA   | MISURATORE GIARDINO FILTRANTE -VOL [m <sup>3</sup> ] | MISURATORE TETTO VERDE- VOL [m <sup>3</sup> ] |
|------------|-------|--|---|
| 21/05/2012 | 13:16 | 1,8418   | 23,9582                                       |
| 22/05/2012 | 10:16 | 2,8073   | 24,7641                                       |

Tabella 2-8: Dati registrati per la stima del coefficiente di deflusso del tetto verde e del giardino filtrante.

Il volume di acqua raccolto dal tetto e misurato dal LEM nel periodo di riferimento è di  $0,8059 \text{ m}^3$ . Questo valore comprende però anche la quota parte di acqua meteorica caduta sulla superficie dei moduli fotovoltaici che è possibile considerare impermeabile, ovvero con coefficiente di deflusso

Dall'esperimento precedente (vedi 2.3.1. numero 2) è stato possibile ricavare il volume di precipitazione caduto sulla superficie dei moduli FV, pari a  $0,7434 \text{ m}^3$ , che deve essere tolto dal volume di acqua meteorica caduta e raccolta. Il volume di precipitazione totale da considerare è di quindi  $0,6962 \text{ m}^3$  ed il contributo del solo tetto verde al deflusso risulta quindi essere pari a  $0,0625 \text{ m}^3$ .

Infine il coefficiente di deflusso del solo tetto verde risulta essere pari a:

---

Il valore ottenuto è molto al di sotto dei valori di letteratura indicati dai manuali (circa 30%) e dalle norme, questo perché la presenza dello strato di lapillo e la sua igroscopicità sono un grado di trattenere una buona quantità di acqua, diminuendo quindi la quantità di acqua che viene drenata dal tetto stesso.

In analogia con il tetto verde, anche per il giardino filtrante è stato calcolato il corrispondente coefficiente di deflusso.

Il volume di acqua raccolto dal misuratore a terra nelle 24 ore considerate è risultato pari a  $0,9655 \text{ m}^3$ .

Infine il coefficiente di deflusso del giardino filtrante risulta essere pari a:

---

Il valore ottenuto è di molto superiore ai valori di letteratura trovati. Occorrerebbe fare degli approfondimenti con altri eventi di precipitazione per validare o correggere questo valore.