

**IMPIANTI PER LA RACCOLTA E L'UTILIZZO DELL'ACQUA PIOVANA
PER USI DOMESTICI DIVERSI DAL CONSUMO UMANO:
LA NUOVA SPECIFICA TECNICA UNI/TS 11445:2012
(Luigi Fanizzi - ECOACQUE®)**

Generalità

L'utilizzo dell'*acqua meteorica di dilavamento*, per usi domestici compatibili, ha, nella recente specifica tecnica **UNI/TS 11445:2012**, il riferimento per l'applicazione delle vigenti normative, a livello regionale, indirizzate alla tutela della risorsa idrica. Le corrette istanze di salvaguardia della risorsa idrica, nella gestione sostenibile del territorio e delle sue componenti ambientali (*biotiche ed abiotiche*), infatti, hanno portato le amministrazioni pubbliche, in tutta Italia, ad emanare leggi e regolamenti attuativi, che prescrivono l'obbligo del riutilizzo delle acque meteoriche di dilavamento, finalizzato alle necessità irrigue, domestiche, industriali ed a tutti gli altri usi compatibili, consentiti dalla legge, tramite la realizzazione di appositi sistemi di raccolta, trattamento ed erogazione idrica. La raccolta e l'utilizzo dell'acqua meteorica, per quanto necessari e virtuosi, non possono prescindere, però, dalla verifica e dal soddisfacimento di alcuni requisiti chemiofisici e microbiologici, per gli usi previsti, che sono alla base della garanzia di igienicità e del corretto funzionamento degli impianti, avendo, tutti, ben presente come il veicolo idrico possa costituire il mezzo più rapido di diffusione e sviluppo di agenti patogeni, anche molto pericolosi. Nella Tabella 1, sono riportati i valori medi, minimi e massimi, dei parametri indicatori di qualità, dell'acqua piovana, accumulata in serbatoi di sistemi di raccolta domestici (mod. C. Vialle et Al., 2010).

Parametro	Unità di misura	N. O.	Minimo	Massimo	Media	D. Lgs. n. 31/2001
Concentrazione idrogenionica	pH	38	5.6	10.4	6.5	6.5 ÷ 9.5
Temperatura	°C	38	7.8	22.4	14.9	<i>(Consigliato 25 °C)</i>
Conducibilità	µS/cm	38	13.5	235.0	56.2	2500.0 a 20 °C
Torbidità	NTU	36	0.5	6.1	2.4	1.0
Colore	mgPt/L	38	< 5	39	18	Accettabile per i consumatori (1)
TOC	mg/L	37	0.5	5.1	2.3	Senza variazioni anomale (2)
Durezza	mmol/L	38	< 0.01	0.58	0.16	1.0 mmol/L (10 °f)
Alcalinità	mmol/L	38	< 0.40	1.1	0.30	1.0 mmol/L ≡ 100 mg/L CaCO₃
Cl ⁻	mg/L	20	0.55	4.0	1.9	250.0
SO ₄ ²⁻	mg/L	20	0.50	6.6	1.9	250.0
NO ₃ ⁻	mg/L	20	0.54	7.8	2.8	50.0
PO ₄ ²⁻	mg/L	20	< 0.10	0.54	0.17	<i>(Consigliato 0,5)</i>
Mg ²⁺	mg/L	20	< 0.10	0.71	0.27	–
Ca ²⁺	mg/L	20	1.0	19	4.4	–
Na ⁺	mg/L	19	0.30	2.9	1.1	200.0
K ⁺	mg/L	20	0.15	4.9	1.2	–
NH ₄ ⁺	mg/L	19	< 0.10	1.7	0.58	0.5
Coliformi Totali	CFU/100mL	35	< 10.0	> 10 000.0	656	–
Escherichia Coli	CFU/100mL	34	< 10	5 500	148	0.0
Enterococchi	CFU/100mL	35	< 10	> 10 000.0	322	0.0

(1) Non vi devono essere, altresì, variazioni anomale.

(2) Non è necessario misurare questo parametro, per approvvigionamenti d'acqua inferiori a 10000.0 m³ al giorno.

Tab. 1 – Parametri indicatori di qualità dell'acqua in serbatoi di raccolta domestici.

Sull'utilizzo compatibile delle acque meteoriche, la **Regione Puglia** ha emanato le seguenti normative:

- L. R. 10 giugno 2008, n. 13 : "*Norme sull'abitare sostenibile*";
- R. R. 9 dicembre 2013, n. 26: "*Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia (attuazione dell'art. 113 del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.)*."

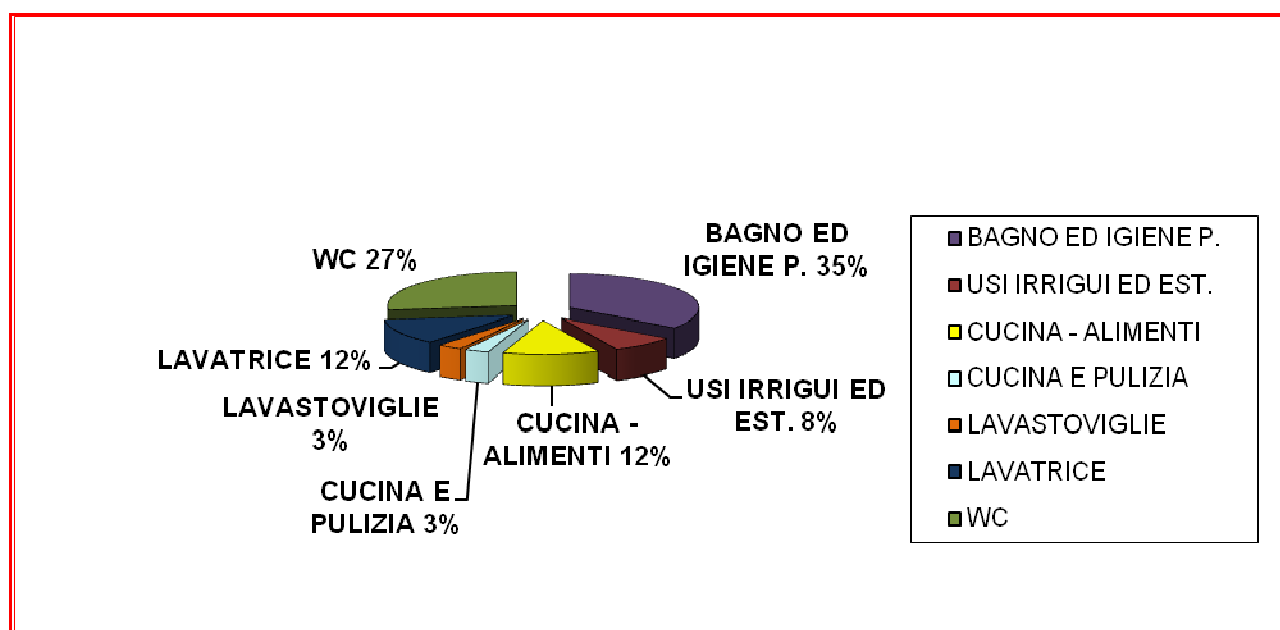
Come per i sistemi di recupero delle acque reflue (cd *risorse idriche non convenzionali*), di cui al DM 12 giugno 2003, n. 185 (attuazione dell'art. 99, comma 1 del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.), anche i sistemi di recupero delle acque meteoriche di dilavamento, si basano su due criteri:

1. Raccogliere la precipitazione piovosa (*risorsa idrica convenzionale*);
2. Risparmiare la risorsa idrica.

Entrambi i sistemi, comunque, presuppongono la conoscenza dei consumi di acqua ossia come e quanta acqua viene consumata, giornalmente, nelle abitazioni, in funzione della loro destinazione (*attuale e/o futura*). Nelle Tabelle, da 2 a 4, sono riportati, rispettivamente, i consumi procapite, giornalieri di acqua potabile, fatturata per uso domestico (ISTAT, 2013), la ripartizione percentuale dei consumi idrici, per usi domestici (G. Bortone et Al., 2004; G. Conte, 2009) e le caratteristiche delle attività domestiche che potrebbero utilizzare *acqua non potabile* (R. L. Siegrist et Al., 1977).

COMUNI	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Foggia	135,4	131,2	132,1	133,1	130,5	128,1	130,1	125,5	127,9	131,8	129,5	126,9
Andria	132,2	130,7	129,2	120,0	121,9	122,8	123,2	121,4	130,7	126,8	123,5	121,4
Barletta	138,8	137,3	134,6	126,6	129,1	129,0	128,4	127,0	117,9	128,8	130,3	128,4
Trani	171,4	171,5	170,6	159,9	161,5	163,2	161,0	158,2	153,1	151,4	153,5	151,4
Bari	180,5	179,3	180,0	168,4	163,8	159,1	157,8	158,0	154,0	150,7	150,5	149,6
Taranto	160,4	161,6	162,0	155,6	156,8	154,7	152,7	143,7	143,2	146,6	148,0	148,3
Brindisi	151,9	148,7	146,1	141,5	143,1	141,9	139,7	133,6	139,9	133,0	133,5	131,9
Lecce	184,8	199,1	211,7	184,9	175,4	173,4	177,0	174,4	171,2	162,8	162,7	159,2

Tab. 2 – Consumo idrico, per uso domestico, nei Comuni pugliesi (*litri per abitante al giorno*).



Tab. 3 – Ripartizione dei consumi idrici per usi domestici.

ATTIVITA'	L/USO	%	USI/(Ab · d)	L/(Ab · d)	ACQUA POTABILE	L/(Ab · d)
WC	16,34	38,10	3,5	57,19	NO	57,19
BAGNI	93,10	26,66	0,43	40,03	SI	–
LAVATRICE	142,12	27,45	0,29	41,21	NO	41,21
LAVASTOVIGLIE	33,44	7,79	0,35	11,70	SI	–
TOTALE		100,00		150,14		98,40

Tab. 4 - Caratteristiche delle attività domestiche che potrebbero utilizzare acqua non potabile.

Come si evince dalle summenzionate Tabelle, circa il **50 %** dell'acqua, consumata giornalmente, deve essere potabile, il rimanente **50 %** può essere costituito da acqua meno pregiata ossia di un livello "qualitativo" inferiore (WC, Lavatrice, Usi irrigui e Lavaggio delle superfici di pertinenza). Il principio di base, dei sistemi di riutilizzo dell'acqua è, quindi, il seguente: **è inutile, oltre che non conveniente** (sia da un punto di vista economico che ambientale), **utilizzare acqua potabile per usi per i quali non è necessario ed è possibile, invece, utilizzare acque con qualità inferiore** (G. Freni et Al., 2007). In sintesi, il **50 %** dei consumi di acqua potabile potrebbe essere acqua non potabile, quindi potrebbe provenire dalle acque delle precipitazioni piovose. L'acqua piovana, inoltre, essendo dolce e scevra di cloruri, è particolarmente idonea per l'impiego nelle lavatrici e per l'uso irriguo (oltre che per i WC). Nella progettazione del sistema di accumulo dell'acqua piovana, si deve tener conto del luogo di installazione, della tipologia e dimensione del manufatto. La capacità ottimale di stoccaggio di acqua meteorica, proveniente da un sistema di raccolta ed accumulo, è da calcolarsi in funzione delle precipitazioni piovose e della richiesta di acqua ad uso domestico, diverso dal consumo umano. Il dimensionamento del sistema di accumulo, pertanto, richiede la conoscenza dei seguenti aspetti:

- Il regime pluviometrico;
- Le dimensioni e le caratteristiche delle superfici di captazione;
- Le caratteristiche delle richieste di acqua non potabile attuali e future.

Nel dimensionamento, occorre tener conto che il fondo dell'accumulo non deve mai essere aspirato, onde evitare il prelievo di eventuali sedimenti. Le tubazioni di distribuzione dell'acqua piovana devono essere progettate, installate, esercite e mantenute, in conformità alle norme **UNI EN 806:2008** (Impianti per il convogliamento di acqua all'interno di edifici - Parte da 1 a 3: Generalità, progettazione e dimensionamento), **UNI EN 806:2010** (Parte 4: Installazione ed esercizio), **UNI EN 806:2012** (Parte 5: Esercizio e manutenzione) unitamente alle norme **UNI 9182:2014** (Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua: Progettazione, installazione e collaudo). La presenza di una rete di tubazioni e di bocchette di prelievo, destinati all'acqua piovana (cd rete duale), deve essere sempre segnalata, in maniera chiara e permanente, in tutto il loro percorso, tramite nastri identificativi, sia lungo le tubazioni a vista, sottotraccia od interrate, sia nell'immediata prossimità dei punti di prelievo. In corrispondenza di ogni punto di prelievo, in cui sia prevista l'alimentazione con acqua piovana, deve essere apposta specifica etichetta di richiamo recante la dicitura di "**ACQUA NON POTABILE**" (vedi Fig. 1) od apposito pittogramma indicativo (vedi Fig. 2).

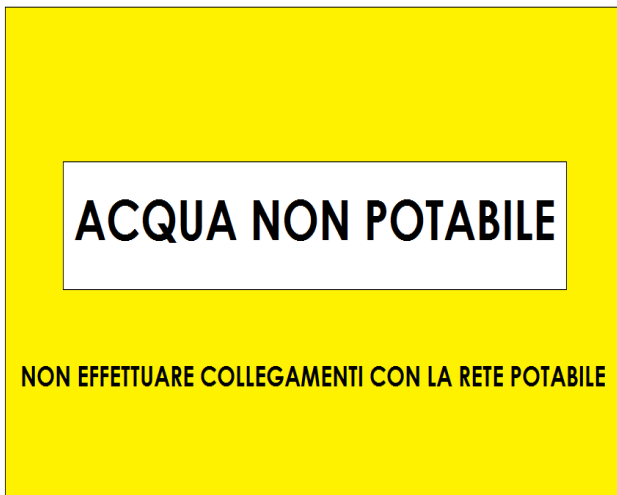


Fig. 1 – Etichetta a norma UNI/TS 11445.



Fig. 2 – Pittogramma a norma UNI/TS 11445.

Il metodo di calcolo secondo la norma UNI/TS 11445:2012

Il volume di raccolta, secondo la norma UNI/TS 11445:2012, può essere dimensionato utilizzando due metodologie di calcolo: una *semplificata* ed una *analitica*. Nel presente studio, si è adottata la procedura semplificata. L'utilizzo di tale metodologia è limitata alle seguenti condizioni di applicazione:

- La richiesta di acqua piovana per uso domestico, diverso dal consumo umano, deve essere caratterizzata da consumi pressoché uniformi nel corso dell'anno;
- La tipologia prevalente, delle superfici di captazione, deve essere la copertura;
- Il sistema di accumulo deve essere chiuso e/o coperto, in modo da evitare sensibili perdite d'acqua per evaporazione.

Il regime pluviometrico

Per quanto riguarda il regime pluviometrico, ci si limita alla stima della precipitazione media annua, caratteristica del sito in esame, espressa in millimetri, operando una media delle altezze annuali, relative ad una serie storica di precipitazioni, osservate presso il sito in esame, di durata almeno trentennale (A. Palla et Al., 2011), a garanzia di un'adeguata significatività statistica dei risultati e per consentire una valutazione delle prestazioni del sistema anche considerando l'influenza della variabilità interannuale, sulla stima del risparmio idrico e sullo scarico superficiale, per troppo pieno (cd *overflow*).

Le superfici di captazione

La superficie di captazione, nel caso di coperture, corrisponde alla proiezione orizzontale dell'edificio, comprese le sporgenze della copertura, indipendentemente dalla sua forma ed inclinazione (vedi Fig. 3; L. Fanizzi et Al., 2008). Se come superficie di captazione si utilizza soltanto una parte della copertura, si deve considerare la proiezione orizzontale di questa.

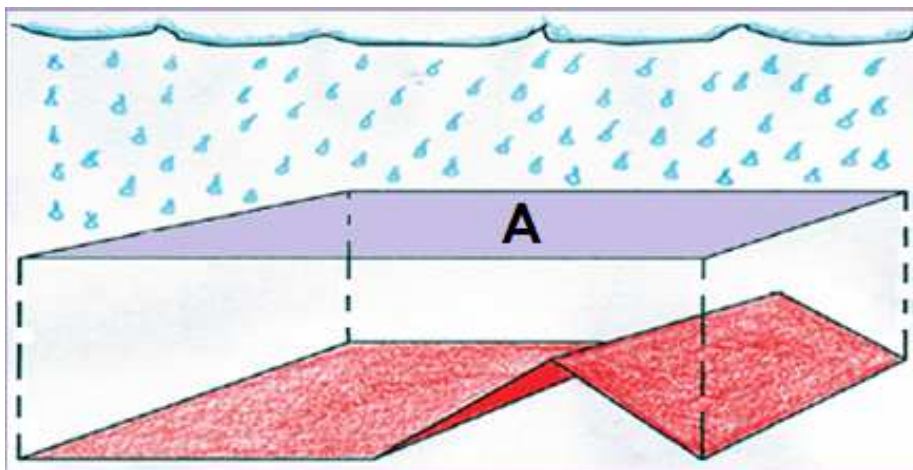


Fig. 3 – Proiezione orizzontale (A) di una copertura a falde inclinate.

Il coefficiente di afflusso

Il coefficiente di afflusso (cd c. di assorbimento), φ (n. p. $\leq 1,00$), rappresenta il rapporto tra il volume totale defluito, nella sezione di chiusura della superficie captante, ed il volume totale, di precipitazione piovosa, caduto sulla stessa superficie (v. defluito).

$$\varphi = \frac{\text{Volume defluito}}{\text{Volume affluito}}$$

Tale parametro, ipotizzato, nella pratica, costante durante tutto l'evento di pioggia, consente di determinare l'afflusso meteorico in funzione della precipitazione. Nella Tabella 5, sono riportati i coefficienti di afflusso, per le tipologie di coperture più diffuse.

TIPOLOGIA DI COPERTURA	COEFFICIENTE DI AFLUSSO (φ)
Copertura impermeabile a falda ($p > 3\%$)	0,80
Copertura impermeabile piana	0,70
Copertura permeabile (p. e.: verde pensile)	0,50
Superficie impermeabile a terra	0,70

Tab. 5 – Valori del coefficiente di afflusso per diverse tipologie di superfici captanti.

L'afflusso meteorico

L'afflusso meteorico annuo, Q, si calcola utilizzando la seguente espressione (UNI/TS 11445):

$$Q = \varphi \cdot P \cdot A$$

dove:

Q è l'afflusso meteorico annuo, espresso in litri [L];

φ è il coefficiente di afflusso [n. p. $\leq 1,00$];

P è la precipitazione piovosa annua, espressa in millimetri [$\text{mm} \equiv \text{L}/\text{m}^2$];

A è la proiezione orizzontale, di superficie di captazione, espressa in metri quadrati [m^2].

La richiesta di acqua ad uso domestico diverso dal consumo umano

La richiesta procapite di acqua, ad uso diverso dal consumo umano, r , può essere assunta pari a **50** L/giorno per abitante, oppure pari al **30** % del consumo idrico effettivo (p. e., sul consumo medio regionale pugliese: $r = 0,30 \cdot 147,50 = 44,25$ L/giorno per abitante). Tale fabbisogno si riferisce, principalmente, alla richiesta di acqua per il *flussaggio* dei WC. Per altre modalità di utilizzo (*indoor* ed *outdoor*), la stima della richiesta d'acqua può essere effettuata facendo riferimento alla Tabella 6 (UNI/TS 11445:2012).

UTENZA	FABBISOGNO GIORNALIERO PROCAPITE ²	FABBISOGNO ANNUALE
WC in abitazione ¹	40 L	–
WC negli uffici	30 L	–
WC negli edifici scolastici	20 L	–
Lavatrice	15 L	–
Irrigazione per 1 m ² di area a verde	–	300 L/m ²
<p>1 Tale valore può essere ridotto del 20 % se si fa riferimento all'utilizzo di dispositivi a risparmio idrico, come cassette di risciacquo reimpostate ad un valore massimo di 6 L di scarico e con doppio azionamento di cacciata (p. e. : 3 L e 6 L).</p> <p>2 Qualora nel fabbisogno giornaliero individuale, si voglia tener conto anche di altre utenze, come l'orinatoio, questo andrà aumentato di 2 L. Un aumento di 2 L, per persona, andrà considerato, altresì, per la voce d'utenza: pulizie (ai sensi della norma DIN 1989-1:2002-12).</p>		

Tab. 6 – Determinazione del fabbisogno di acqua per usi domestici diversi dal consumo umano.

La valutazione del volume di acqua richiesta, **R**, per il consumo annuo domestico, diverso dal consumo umano, si calcola utilizzando la seguente espressione (UNI/TS 11445:2012):

$$R = n \cdot r \cdot 365$$

dove:

R è la richiesta idrica annua, espressa in litri [L];

n è il numero puro che esprime la quantità di abitanti serviti dall'impianto [Ab];

r è la richiesta giornaliera *procapite*, espressa in L/giorno per Abitante [L/(Ab · d)];

365 è l'arco temporale annuo, considerato, espresso in giorni [d].

Il volume utile del sistema di accumulo

La richiesta di acqua per usi domestici, diversi dal consumo umano, deve essere confrontata con l'afflusso meteorico annuale. Per calcolare il volume utile, si prende in considerazione il valore minimo ottenuto, moltiplicato per un fattore percentuale (UNI TS/11445):

$$V_u = \text{minimo fra i valori di } [Q \text{ o } R] \cdot F_p$$

dove:

V_u è il volume utile, espresso in litri [L];

Q è l'afflusso meteorico, espresso in litri [L];

R è la richiesta annua, per usi domestici diversi dal consumo umano, espressa in litri [L];

F_p è un fattore adimensionale [n. p.], pari al rapporto fra il periodo massimo annuo di giorni consecutivi, con assenza di precipitazioni, ed i giorni dell'anno (p. e.: per una durata massima, con assenza di precipitazioni, di **21 d**, il fattore **F_p** è pari al valore normale di circa **0,06**).

Per ottenere il volume ottimale del sistema di accumulo, che consente di massimizzare le prestazioni dell'impianto di raccolta ed utilizzo dell'acqua piovana, il volume utile deve essere corretto mediante un coefficiente di sicurezza, che consenta di ottenere una buona efficienza del sistema anche in presenza di significative variazioni della pluviometria locale (periodi *siccitosi*) e delle modalità di utilizzo dell'acqua (UNI/TS 11445:2012):

$$V_o = V_u \cdot C_s$$

dove:

V_o è il volume ottimale del sistema di accumulo, espresso in litri [L];

V_u è il volume utile del sistema di accumulo, espresso in litri [L];

C_s è il coefficiente di sicurezza (adimensionale), pari a **1,50** [n. p.].

A. Fewkes A. et Al. (2000), hanno affermato che la capacità del serbatoio è importante sia economicamente che operativamente, poiché influenza le seguenti variabili:

- Volume dell'acqua stoccata;
- Costi di installazione;
- Tempo di residenza idraulica (che influisce sulla *qualità* dell'acqua erogata);
- Frequenza degli overflow (che influenza la *qualità* dell'acqua in stoccaggio);
- Volume d'acqua che trabocca, nello scarico superficiale, come troppo pieno.

Il sistema di raccolta ed utilizzo compatibile, delle acque meteoriche, regolato dalla norma UNI/TS 11445:2012, dovrà possedere, infine, i seguenti requisiti:

1. Tenuta all'acqua;
2. Resistenza all'acqua;
3. Resistenza agli agenti atmosferici, fisici, chimici e biologici;
4. Durabilità;
5. Aspetto.

La performance del sistema di accumulo dell'acqua piovana

L'efficienza dell'impianto di raccolta ed utilizzo dell'acqua piovana, è stata analizzata attraverso la semplice regola **YAS** (acronimo di *Yield After Spillage – Resa in caso di perdita*; A. Palla et Al., 2009), che tradotta in equazioni matematiche, di bilancio idrico (Jenkins D. et Al., 1978), si scrive come:

$$Y(t) = \min \left\{ \begin{array}{l} D(t) \\ V(t-1) \end{array} \right.$$

ossia l'algoritmo YAS considera la resa idrica, all'attualità, $Y(t)$, come il minimo valore tra il volume d'acqua stoccata nel serbatoio, nel precedente intervallo di tempo, $V(t-1)$, e la domanda all'attualità $D(t)$. La quantità di acqua nel serbatoio, all'attualità, è ottenuta, quindi, aggiungendo il deflusso, dalle superfici di captazione, e sottraendo la resa attuale al volume di acqua immagazzinato nel precedente intervallo temporale, con ogni eccesso d'acqua (compatibilmente con le dimensioni del sistema di stoccaggio), scaricato come *overflow* nel corpo ricettore finale (A. Campisano et Al., 2013):

$$V(t) = \min \left\{ \begin{array}{l} V(t-1) + A \cdot R(t) - Y(t) \\ S - Y(t) \end{array} \right.$$

dove l'*overflow* Q_D [m³] è il volume scaricato, come trabocchi, dal serbatoio di stoccaggio [max fra i valori 0 e $V(t-1) + A \cdot R(t) - S$], V [m³] è il volume in stoccaggio, R [m] è l'altezza di pioggia annua, Y [m³] è il rendimento idrico ossia il volume erogato dal serbatoio di stoccaggio, D [m³] è la richiesta d'acqua (*domanda*), t è l'intervallo di tempo [considerato], A [m²] è l'area efficace netta del tetto (proiezione orizzontale), S [m³] è la capacità massima d'invaso del serbatoio di stoccaggio ed M [m³] è l'acqua, di reintegro, fornita dalla rete d'acquedotto. In Fig. 5, è schematizzata la configurazione del sistema di raccolta e sono riportate le variabili descritte, del modello di gestione del serbatoio. Si sono considerate, quindi, le diverse combinazioni di quantità di domanda d'uso, capacità del serbatoio, superficie di captazione e quantità di precipitazione piovosa. La performance del sistema di raccolta, quindi, si descrive valutando l'efficienza del risparmio annuale (A. Campisano e C. Modica, 2011), attraverso il parametro funzionale W_s (*Water Saving*) e considerando, altresì, il volume annuale, scaricato per troppo pieno, mediante il parametro funzionale O_f (*Overflow*):

$$W_s (\%) = \frac{\text{Volume d'acqua recuperato}}{\text{Volume d'acqua richiesto}} = \frac{\sum Y}{\sum D} \cdot 100 = \left(1 - \frac{\sum M}{\sum D} \right) \cdot 100$$

Dove Y rappresenta il volume di acqua piovana recuperato e reso dal serbatoio di stoccaggio mentre M è il volume, di reintegro, fornito dalla rete d'acquedotto.

$$O_F (\%) = \frac{\text{Volume scaricato in overflow}}{\text{Volume affluito al serbatoio}} = \frac{Q_D}{\Sigma(A \cdot R)} \cdot 100$$

Dove Q_D rappresenta il volume scaricato, come *overflow*, dal serbatoio, $(A \cdot R)$ il volume affluito al serbatoio e dove le somme, sono estese a ciascun anno della simulazione di bilancio idrico. Come ci si poteva aspettare, i valori della funzione W_s crescono sia all'aumentare della capacità del serbatoio (S), in quanto direttamente proporzionale alla resa dello stesso (Y), che compare al numeratore, che al diminuire della domanda (D), che compare al denominatore. Dualmente, per quanto riguarda il comportamento in *overflow*, l'andamento della funzione O_F mostra come ad un aumento della capacità del serbatoio ossia ad un aumento del volume d'acqua, in esso affluibile, $(A \cdot R)$, che compare al denominatore, la percentuale di scarico diminuisca. Inoltre la funzione O_F , rappresentando l'esubero degli afflussi al serbatoio $(A \cdot R)$, rispetto alla domanda (D), diminuisce all'aumentare di quest'ultima. Ai fini di considerare diverse combinazioni di quantità di domanda, da **riuso compatibile**, capacità del serbatoio, superfici di captazione e quantità di precipitazione, vengono introdotti due parametri *adimensionali*: la frazione di domanda (d) e la frazione di stoccaggio (s):

$$d = \frac{D}{A \cdot R} \quad \text{e} \quad s = \frac{S}{A \cdot R}$$

dove D è la domanda annua di acqua [m^3], A la proiezione orizzontale del tetto [m^2]; R la precipitazione annuale [m] ed S la capacità massima d'invaso del serbatoio [m^3]. L'abaco di figura 4 (KANRRC, 2010), mostra le correlazioni esistenti fra la *frazione di domanda* e la *frazione di stoccaggio*, rispetto al parametro funzionale W_s (*soddisfacimento della domanda annua, da riuso compatibile*).

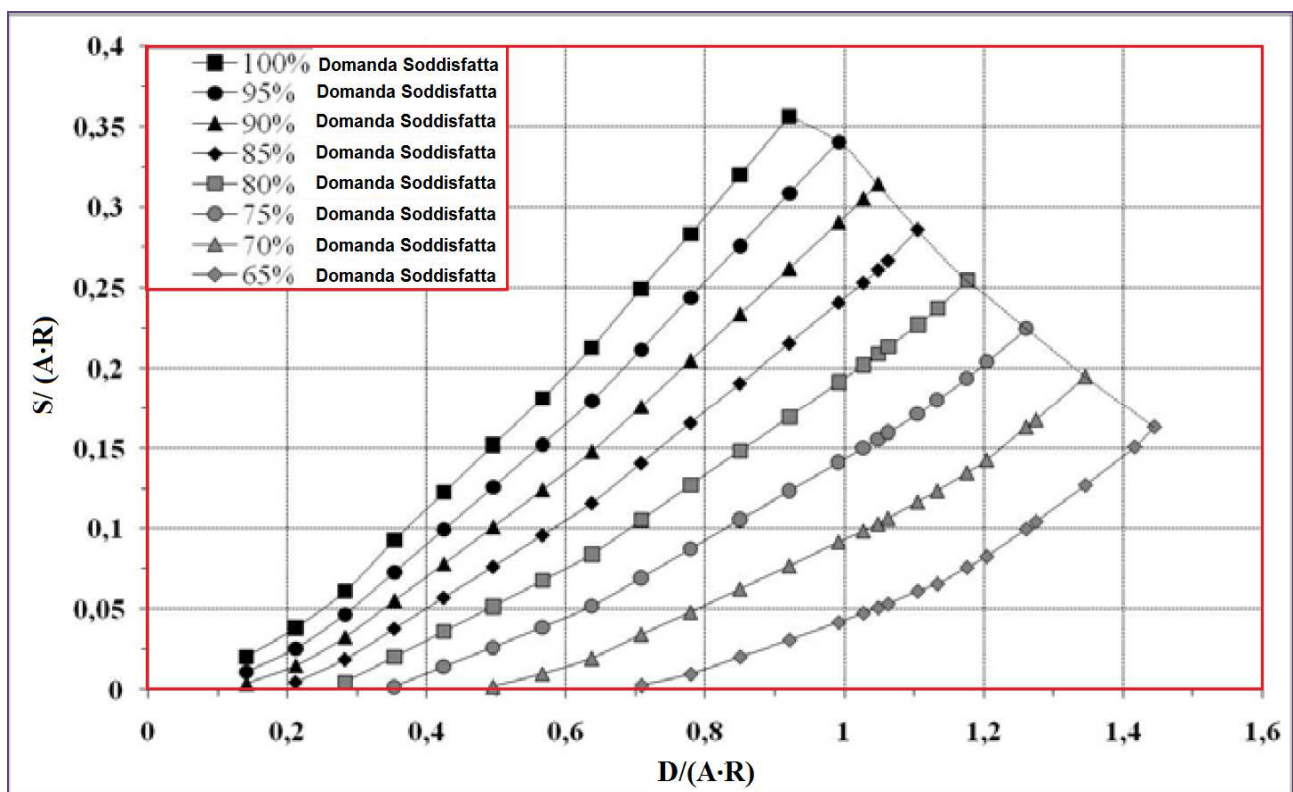


Fig. 4 – Correlazioni fra le frazioni di domanda e stoccaggio rispetto al soddisfacimento annuo W_s .

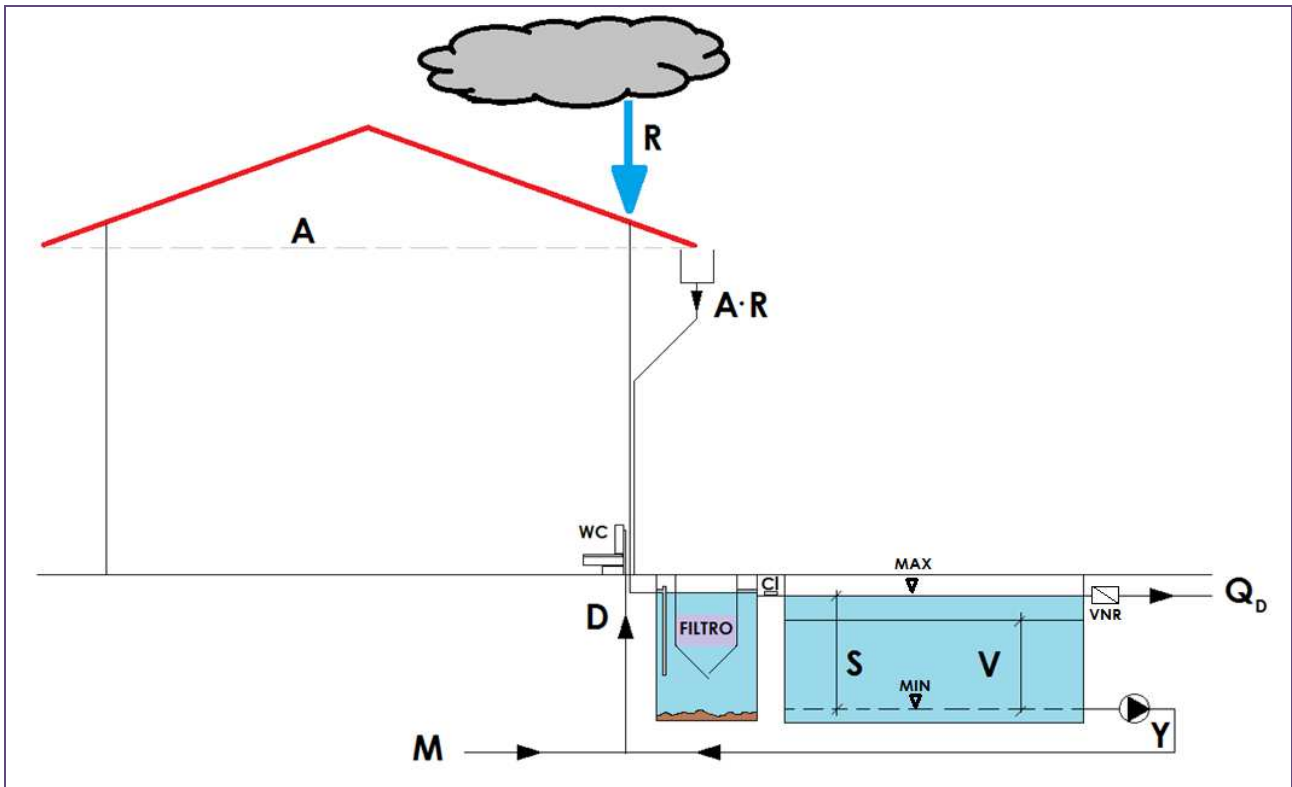


Fig. 5 – Schema di funzionamento di un sistema di raccolta ed utilizzo delle acque meteoriche.

Ad esemplificazione di quanto teoricamente esposto, si riporta, di seguito, l'applicazione di calcolo per il dimensionamento di un impianto di raccolta ed utilizzo dell'acqua piovana, a servizio di una casa monofamiliare, con copertura impermeabile piana, di superficie proiettata (in orizzontale) di **275 m²**, dotata di area a verde pertinenziale di **50 m²** ed abitata da un nucleo di **4** persone (due adulti e due minori), ubicata nel comune di **Bari**. Gli usi, diversi dal consumo umano, a cui l'acqua piovana è destinata sono: **Irrigazione** del giardino, scarico **WC**, alimentazione idrica della **Lavatrice** e **Pulizie** domestiche (vedi Tabelle 7 e 8).

UTENZA	L/(Ab · d)	N° Ab	PERIODO (d)	CONSUMO ANNUO D'ACQUA
WC	40	4	365	58.400
LAVATRICE	15	4	365	21.900
PULIZIE	2	4	365	2.920
SOMMA DEL FABBISOGNO INDOOR				83.220

Tab. 7 – Calcolo del fabbisogno d'acqua di servizio indoor.

UTENZA	L/(m ² · anno)	SUPERFICIE IRRIGATA (m ²)	CONSUMO ANNUO D'ACQUA
IRRIGAZIONE A. VERDE	300	50	15.000
SOMMA DEL FABBISOGNO OUTDOOR			15.000

Tab. 8 – Calcolo del fabbisogno d'acqua di servizio outdoor.

Da quanto si evince dalle Tabelle 7 e 8, la richiesta idrica totale annua, **R**, ammonta a:

$$R = 83.220 + 15.000 = \mathbf{98.220} \text{ Litri.}$$

Le caratteristiche della serie storica di precipitazioni, osservate presso il sito in esame (stazione pluviografica di Bari Osservatorio – Bacino: Murge), di durata trentennale, sono riportate in Tabella 9.

PERIODO	Altezza di pioggia (mm)	Giorni Piovosi (d)	Periodo di tempo secco (d)
Gennaio	49	7	24
Febbraio	55	7	22
Marzo	36	6	25
Aprile	38	6	24
Maggio	27	5	26
Giugno	26	4	27
Luglio	23	3	28
Agosto	26	2	29
Settembre	56	5	25
Ottobre	59	6	25
Novembre	60	8	22
Dicembre	61	8	23
Anno	516	65	300

Tab. 9 – Caratteristiche della serie storica di precipitazioni per la stazione di Bari Osservatorio.

L'afflusso meteorico annuo, **Q**, vale:

$$Q = \varphi \cdot P \cdot A = 0,70 \cdot 516 \cdot 275 = 99.330 \text{ L}$$

Per calcolare il volume utile, del sistema di accumulo (Fig. 6), si prende in considerazione, pertanto, il valore minore, ottenuto fra Q ed R, ossia **R = 98.220 L**, onde il volume ottimale adatto, corrisponde a:

$$V_o = C_s \cdot R \cdot F_p = 1,5 \cdot 98.220 \cdot \frac{29}{365} \cong 12.000 \text{ L}$$

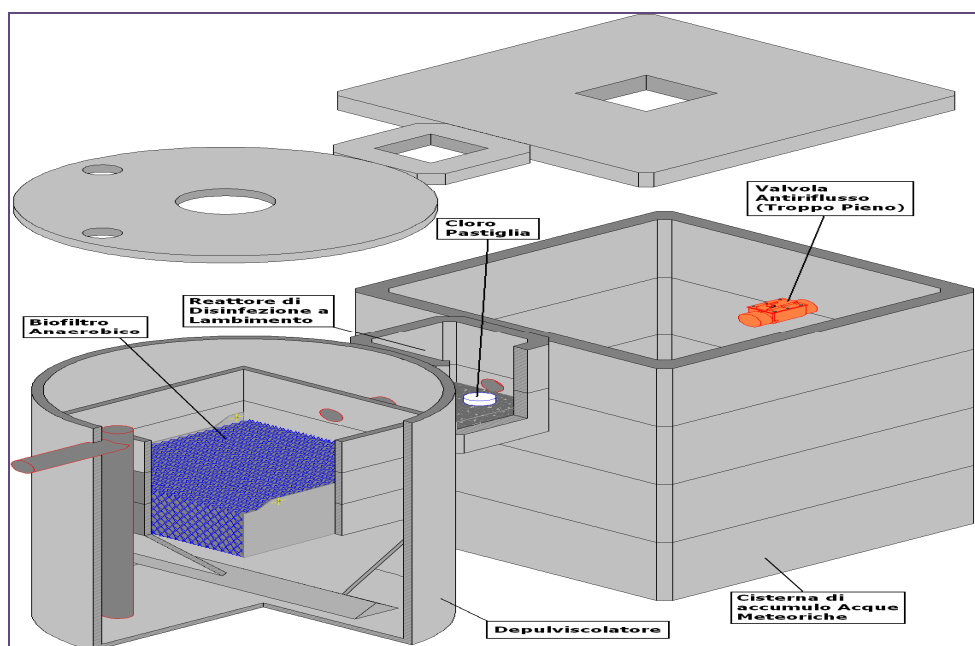


Fig. 6 – Impianto di raccolta ed utilizzo di acqua piovana (ECOACQUE®).

Ai fini, quindi, della stima della *performance* dell'impianto di accumulo, in Tabella 10, viene riportata la simulazione del bilancio idrico annuale, del cosiddetto sistema **DRWH** (acronimo di *Domestic Rain Water Harvesting*).

MESE	PIOGGIA [mm]	AFFLUSSO AL SERBATOIO [L]	D. DOMESTICA [L]	D. IRRIGUA [L]	D. TOTALE [L]	BILANCIO MENSILE [L]	V. ACQUA ACCUMULABILE [L]	V. A. RECUPERATA [L]
Gennaio	49	9433	6935	0	6935	2498	2498	6935
Febbraio	55	10588	6935	0	6935	3653	6150	6935
Marzo	36	6930	6935	0	6935	-5	6145	6930
Aprile	38	7315	6935	2500	9435	-2120	4025	7315
Maggio	27	5198	6935	2500	9435	-4238	-213	5198
Giugno	26	5005	6935	2500	9435	-4430	-4643	5005
Luglio	23	4428	6935	2500	9435	-5008	-9650	4428
Agosto	26	5005	6935	2500	9435	-4430	-14080	5005
Settembre	56	10780	6935	2500	9435	1345	-12735	9435
Ottobre	59	11358	6935	0	6935	4423	-8313	6935
Novembre	60	11550	6935	0	6935	4615	-3698	6935
Dicembre	61	11743	6935	0	6935	4808	1110	6935
BILANCIO ANNUO	516	99330	83220	15000	98220	21340	VAL. NEG. = VASCA VUOTA	77990
Q =	99330	<i>Litri</i>				<i>OVERFLOW</i>		
Ws =	79,40	<i>% Water Saving</i>				VAL. NEG. = 0 Litri		
O_F =	21,48	<i>% Overflow</i>						
M =	20230	<i>Litri</i>						

Tab. 10 – Matrice sinottica del bilancio idrico annuo del sistema di accumulo DRWH.

Come si evince dalla summenzionata simulazione numerica, il massimo volume, affluito al serbatoio (11.743 L), è minore della capacità utile ottimale, posta in progetto (12.000 L). L'**efficienza idrica**, intesa come percentuale di acqua di servizio, fornita dal sistema di raccolta dell'acqua piovana (cd **affidabilità volumetrica**; C. Liaw et Al., 2004), quindi, vale:

$$W_s (\%) = \frac{77.990}{98.220} = 79,40 \%$$

Dall'altra parte, l'analisi dell'efficienza percentuale, effettuata sulla **riduzione dei deflussi** meteorici, in **overflow**, porta al valore:

$$(100 - O_F) \% = \left(100 - \frac{21.340}{99.330} \right) \% = 78,52 \%$$

Il valore del volume idrico annuo, da fornire, come *reintegro* al sistema DRWH, dalla rete d'acquedotto, infine, vale:

$$M = 98.220 - 77.990 = 20.230 \text{ L}$$

In base ai suddetti risultati di calcolo, essendo $W_s > 79 \%$, il sistema DRWH, dimensionato, rientra nella Classe di Efficienza Idrica (mod. L. Fanizzi, 2011): **A** (vedi Fig. 7).

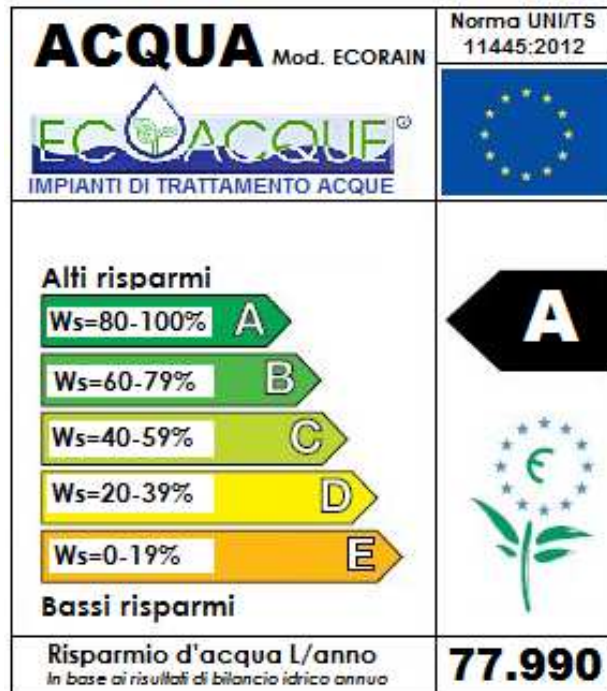


Fig. 7 – Scala delle Classi di Efficienza Idrica.

In Fig. 8, inoltre, sono state considerate, a parità di domanda idrica di utilizzo compatibile (**d**), diverse capacità del serbatoio di stoccaggio, introducendo, a tal fine, i due parametri: la frazione di domanda **d** e la frazione di stoccaggio **s**:

$$d = \frac{D}{A \cdot R} \quad \text{e} \quad s = \frac{S}{A \cdot R}$$

dove **D** rappresenta la domanda idrica totale annua, espressa in metri cubi [98,220 m³], **A** rappresenta la superficie di captazione efficace netta (*proiezione orizzontale*), espressa in metri quadrati [275 m²], **S** la capacità del serbatoio (*variabile esaminata*), espressa in metri cubi [m³] ed **R** l'altezza di pioggia annua, espressa in metri [0,516 m]. Allo scopo, in tale simulazione, si è utilizzata la relazione regressiva, approssimata ($R^2 \cong 0,9750$), della funzione **W_s** (*Water Saving*), basata sui summenzionati parametri (mod. A. Campisano e C. Modica, 2011):

$$W_s (\%) = \frac{76 \cdot s (\%)}{1,2 + s (\%)} \cdot d^{-0,3}$$

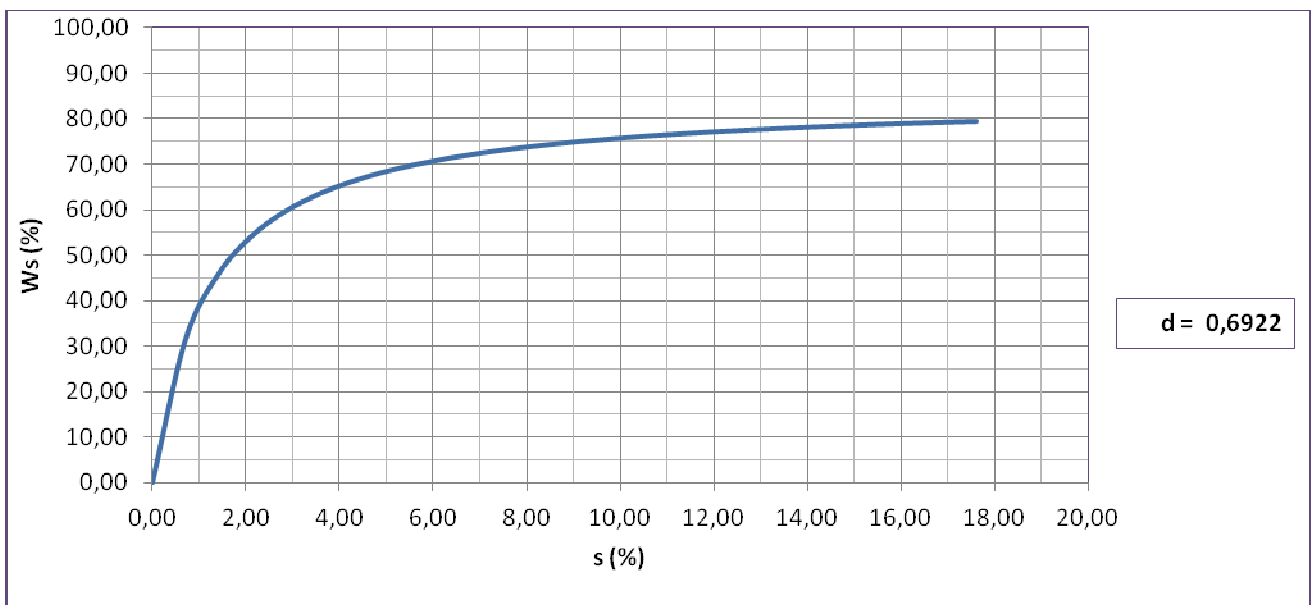


Fig.8 – Valore dell'indice W_s(%), in funzione della variabilità della frazione s(%), a frazione d fissa d.

NOTE BIBLIOGRAFICHE

- [1] Istituto Nazionale di Statistica (2013) : “*Noi Italia 100 statistiche per capire il paese in cui viviamo 2013*”, Ed. ISTAT, Roma;
- [2] G. Conte (2009): “*Nuvole e sciacquoni*”, Ed. Ambiente, Milano;
- [3] R. L. Siegrist, T. Woltanski, L. E. Waldorf (1977): “*Water conservation and wastewater disposal*”, Small scale waste management project, SSWP Publication 1.10, Ed. University of Wisconsin, Madison;
- [4] A. Palla, I. Gnecco e G. Lanza (2011): “*Non dimensional design parameters and performance assessment of rainwater harvesting systems*”, Journal Hydrology, Ed. Elsevier, Philadelphia;
- [5] L. Fanizzi, S. Misceo (2008): “*Gli impianti urbani per lo sfruttamento dell’acqua meteorica di dilavamento*”, Rivista - L’Ambiente, n. 1, Ed. Ranieri, Milano;
- [6] A. Palla, I. Gnecco e G. Lanza (2009): “*Criteri di dimensionamento dei serbatoi per il riuso delle acque meteoriche*”, Quaderno n. 33 – Riuso e risparmio delle acque reflue e domestiche, Ed. Cipa, Milano;
- [7] A. Campisano e C. Modica (2011): “*Regional evaluation of the performance of rooftop rain water harvesting systems for domestic use*”, Proceedings of 12nd International Conference of Urban Drainage, Porto Alegre;
- [8] Ente Nazionale Italiano di Unificazione (2012): “*Impianti per la raccolta e utilizzo dell’acqua piovana per usi diversi dal consumo umano – progettazione, installazione e manutenzione*”, Norma UNI/TS 11445, Ed. UNI Italia, Milano;
- [9] G. Freni, G. Mannina, M. Torregrossa e G. Viviani (2007): “*Sistemi localizzati di riuso delle acque reflue e meteoriche in ambiente urbano*”, Atti della V giornata di studio sul drenaggio urbano sostenibile, Genova;
- [10] D. Jenkins, F. Pearson, E. Moore, J. K. Sun and R. Valentine (1978): “*Feasibility of rainwater collection systems in California*”, Contribute n. 173, Ed. CWRC, University of California, Berkeley;
- [11] L. Fanizzi (2011): “*Norme per l’abitare sostenibile*”, Rivista – L’ambiente, n. 3, Ed. Icsa, Milano;
- [12] Khorasan Agriculture and Natural Research Center (2010): “*Rainwater harvesting for sustainable development and climate change adaption in an arid region (N-E of Iran)*”, Final report, Ed. KANRRC, Mashhad;
- [13] A. Fewkes e D. Butler (2000): “*Simulating the performance of rainwater collection and reuse systems using behavioural models*”, Building Services Engineering Research and Technology, Published W. H. Whalley with Sage Editor , Thousand Oaks;
- [14] G. Bortone, T. Draghetti, E. Cimatti (2004): “*Programma regionale di conservazione di conservazione e risparmio idrico della risorsa acqua – Analisi e proposte*”, Pubblicazioni, Ed. ARPA Emilia Romagna, Bologna;
- [15] C. Liaw & Y. Tsai (2004): “*Optimum storage volume of rooftop rain water harvesting systems for domestic use*”, Journal of the American Water Resources Association, Ed. J. Wiley & Sons, Middleburg;

- [16] C. Vialle, C. Sablayrolles, M. Lovera, m. C. Huau, S. Jacob, M. Montrèjaud-Vignoles (2010): "Evaluation of a household rooftop rainwater harvesting system in France: qualitative and quantitative monitoring of water used for authorized applications – First results", Ed. Novatech, Lyon;
- [17] A. Campisano, P. Cutore, C. Modica, L. Nie (2013): "Reducing inflow to stormwater sewers by the use of domestic rainwater harvesting tanks", Proceeding 8TH International Conference, Planning & technologies for sustainable urban water management, Ed. Novatech, Lyon.