



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO  
DIPARTIMENTO DEI SISTEMI AGRO-AMBIENTALI

**DOTTORATO DI RICERCA INTERNAZIONALE IN**

**AGRONOMIA AMBIENTALE**

XXIII CICLO

TESI DI DOTTORATO  
SETTORE SCIENTIFICO- DISCIPLINARE AGR-02

**VALUTAZIONE DI *SEDUM* SICILIANI PER UN LORO IMPIEGO  
IN COPERTURE A VERDE ESTENSIVO FINALIZZATE AL  
RISPARMIO ENERGETICO**

DOTT. SSA SIMONA APRILE

TUTOR: PROF. CLAUDIO LETO

COORDINATORE:  
PROF. CARMELO DAZZI

## Indice

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>INTRODUZIONE</i> .....                                                                                               | 1  |
| 1. GLI ECOSISTEMI ANTROPICI.....                                                                                        | 5  |
| 1.2. COMPONENTI E CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE URBANO.....                                                             | 7  |
| 1.2.1. L'uomo.....                                                                                                      | 7  |
| 1.2.2. Il suolo.....                                                                                                    | 8  |
| 1.2.3. Acque.....                                                                                                       | 9  |
| 1.2.3.1 Il drenaggio urbano delle acque meteoriche e sistemi di coperture a verde.....                                  | 10 |
| 1.2.4. Aria.....                                                                                                        | 12 |
| 1.2.5. Rifiuti e inquinanti.....                                                                                        | 14 |
| 1.2.6. Flora e fauna in ambiente urbano.....                                                                            | 14 |
| 1.2.6.1. Disponibilità di verde pubblico pro capite.....                                                                | 14 |
| 1.2.7. Clima.....                                                                                                       | 19 |
| 2. I CAMBIAMENTI CLIMATICI.<br>DA UNA SCALA GLOBALE AD UNA SCALA LOCALE.....                                            | 23 |
| 2.1. CONTENIMENTO ENERGETICO IN EDILIZIA.....                                                                           | 25 |
| 2.1.2. Il verde pensile.....                                                                                            | 26 |
| 2.1.2.1. Il verde pensile dall'antichità ad oggi.....                                                                   | 26 |
| 2.1.2.2. Funzioni del verde pensile.....                                                                                | 29 |
| 2.1.2.3. La norma UNI 11235 del 2007 e le diverse tipologie di verde pensile.....                                       | 31 |
| 2.1.2.4. Componenti di un sistema a verde estensivo.....                                                                | 32 |
| 2.1.3. Piante per il verde pensile estensivo: caratteristiche utili in ambiente mediterraneo.....                       | 37 |
| 2.1.3.1. <i>Sedum</i> (Fam. Crassulaceae) siciliani come proposta per il verde pensile<br>in ambiente mediterraneo..... | 40 |
| 3. SCOPO DELLA RICERCA.....                                                                                             | 42 |
| 4. ARTICOLAZIONE DELLE ATTIVITA' DI RICERCA.....                                                                        | 44 |
| 5. MATERIALI E METODI.....                                                                                              | 46 |
| 5.1 INDAGINI PRELIMINARI SUI <i>SEDUM</i> SICILIANI.....                                                                | 46 |
| 5.1.1. Screening varietale di <i>Sedum</i> spp.....                                                                     | 49 |
| 5.1.1.2. Valutazione dell'attecchimento di specie perenni di <i>Sedum</i> spp. ....                                     | 49 |

|                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.1.3 Valutazione della capacità di copertura di specie perenni di <i>Sedum</i> spp.....                                                | 50  |
| 5.2. PROVA A - MOLTIPLICAZIONE DI <i>SEDUM</i> SPP.....                                                                                   | 52  |
| 5.3. PROVA B.....                                                                                                                         | 55  |
| 5.4. PROVA C - APPLICAZIONE DI <i>SEDUM</i> SICILIANI<br>NEL VERDE PENSILE ESTENSIVO.....                                                 | 58  |
| 6. RISULTATI .....                                                                                                                        | 61  |
| 6.1. INDAGINI PRELIMINARI SUI <i>SEDUM</i> SICILIANI.....                                                                                 | 61  |
| 6.1.2. <i>Screening</i> varietale di <i>Sedum</i> spp.....                                                                                | 75  |
| 6.1.2.1. Valutazione dell’attecchimento di specie perenni di <i>Sedum</i> .....                                                           | 75  |
| 6.1.2.2. Valutazione della capacità di copertura di specie perenni di <i>Sedum</i> spp. ....                                              | 76  |
| 6.2 PROVA A - MOLTIPLICAZIONE DI <i>SEDUM</i> SPP.....                                                                                    | 78  |
| 6.2.1 Moltiplicazione di <i>Sedum sediforme</i> e <i>S. ochroleucum</i> .....                                                             | 78  |
| 6.2.2 Moltiplicazione di <i>S.album</i> subsp. <i>album</i> e <i>Sedum hispanicum</i> .....                                               | 83  |
| 6.3. PROVA B - “SEMINA” DI UN TAPPETO DI <i>SEDUM</i> <i>SEDIFORME</i><br>A DIVERSA DENSITÀ D’IMPIANTO.....                               | 89  |
| 6.3.1 FASE 1- Valutazione della percentuale di radicazione in funzione del tipo di talea.....                                             | 89  |
| 6.3.2 FASE 2 -Valutazione della percentuale di superficie coperta da<br><i>Sedum sediforme</i> in funzione della densità di “semina”..... | 90  |
| 6.4 PROVA C - APPLICAZIONE DI <i>SEDUM</i> SPP. NEL VERDE PENSILE.....                                                                    | 94  |
| 7. CONCLUSIONI.....                                                                                                                       | 99  |
| 7.1. INDAGINI PRELIMINARI SUI <i>SEDUM</i> SICILIANI.....                                                                                 | 99  |
| 7.2. PROVA A - MOLTIPLICAZIONE DI <i>SEDUM</i> SPP. ....                                                                                  | 99  |
| 7.3. PROVA B.....                                                                                                                         | 100 |
| 7.4. PROVA C .....                                                                                                                        | 100 |
| BIBLIOGRAFIA.....                                                                                                                         | 102 |

## ***INTRODUZIONE***

Dall'inizio della rivoluzione industriale le città sono cresciute rapidamente in numero e dimensioni, accogliendo sempre più persone che dalle aree rurali spostava i propri obiettivi di sviluppo e benessere verso le aree urbane. Qui, l'uomo ha rielaborato l'ambiente naturale e lo ha organizzato in modo da trovare in esso soddisfazione ai propri bisogni evolutivi.

Le città e gli agglomerati urbani, così, sono diventati sede delle attività antropiche, delle innovazioni industriali e tecniche, delle risorse finanziarie, rappresentando i *driver* dello sviluppo economico collettivo.

La crescita costante delle città ha consumato i terreni agricoli, i boschi, le paludi, i fiumi ed il sottosuolo. L'urbanizzazione, infatti, si sta ponendo come una delle principali problematiche ambientali odierne, poiché gli impatti provocati dall'uomo non sono confinabili ad un livello locale ma, in virtù degli effetti che provocano sull'ambiente, assumono un carattere globale.

Attualmente le città, pur occupando appena il 2% della superficie del pianeta, accolgono la metà della popolazione umana: 3,4 miliardi di individui che potranno arrivare a 6,3 miliardi nel 2050 (UNEP, 2007). Secondo i dati del 2009 della Population Division del Department of Economic and Social Affairs delle Nazioni Unite, le aree urbane sono responsabili di circa l'80% delle emissioni di CO<sub>2</sub> del pianeta.

In Italia la dinamica demografica è evidentemente analoga a quella mondiale: su una superficie pari al 3,3% del totale nazionale, risiede il 23,4% della popolazione (ISTAT, 2010).

La concentrazione urbana influisce su diversi fattori ambientali, quali: il corretto uso del territorio, il consumo di suolo, le disponibilità idriche ed energetiche, la qualità dell'aria, nonché sui costi dei beni e dei servizi collettivi. Anche la gestione dei rifiuti è molto più complessa nelle aree maggiormente popolate.

Una città dovrebbe poter bilanciare in maniera sostenibile i bisogni economici, sociali e ambientali, ponendo al centro delle attività di pianificazione i bisogni dei cittadini e progettando lo sviluppo futuro, tenendo presente che le risorse naturali non sono inesauribili.

Numerose amministrazioni si stanno impegnando per avviare pratiche coerenti ed ispirare la loro azione di governo al principio di sostenibilità, con lo scopo di dar luogo a città sostenibili o eco-città, progettate, cioè, in considerazione dell'impatto ambientale.

Le eco-città - che una vasta letteratura denomina anche “*Green city*”, “*Low carbon city*”, “*Ecocity*”, “*Compact city*”, “*Envirocity*”- sono abitate da persone dedicate alla minimizzazione degli input energetici, di acqua e cibo, di output di calore, inquinamento dell’aria e dell’acqua, CO<sub>2</sub> e metano.

Alcune soluzioni per le città sostenibili prevedono, innanzitutto, di ridurre le emissioni di gas serra in atmosfera e i consumi di energie da fonti non rinnovabili, aumentando, per esempio, l’efficienza energetica degli edifici, di razionalizzare la gestione delle risorse idriche e dei rifiuti e di incorporare la natura (parchi naturali, connettori ecologici, tetti e pareti verdi) nel costruito.

Per quanto riguarda le aree verdi, infatti, a livello internazionale, il verde in città è sempre più percepito come elemento qualificante dello spazio vitale e del tessuto urbanizzato, cui attribuire importanti funzioni ecologiche, ambientali, sociali ed economiche (DTLR 2002, Flores et al. 1998, McPherson et al. 1995, Rowntree 1998).

In ambito europeo, in particolare, il tema del verde urbano attraversa, da più di un decennio, un periodo di forte crescita ed espansione socio-culturale (Konijnedijk 1999), poiché alle aree verdi viene riconosciuto un ruolo centrale nei processi di affermazione delle politiche ambientali e di miglioramento della qualità della vita nelle città.

Il rapporto DOBRIS sullo Stato dell’Ambiente, nel 1997, dedica una parte consistente del Capitolo 10 “Urban Environment” al verde urbano, che riveste un carattere centrale anche nell’undicesimo Audit urbano della Commissione europea (<http://inforegio.cec.eu.int/urban/audit>) pubblicato nel 1999. In questo rapporto ufficiale sono illustrati alcuni indicatori relativi alla “qualità della vita” in 58 delle principali città europee che includono il verde urbano.

La diffusione del verde risulta essere, pertanto, uno dei fattori principali con cui perseguire il miglioramento non solo della qualità della vita ma dell’ambiente urbano e delle aree antropizzate in genere. A tal fine il verde deve essere considerato non solo in termini di quantità (metri quadri di verde/abitante, percentuale di verde rispetto al territorio urbanizzato, percentuale di terreno coperto dalle chiome degli alberi, etc.), ma anche in termini di funzioni e di valori (rapporto tra formazioni arboree e verde totale, numero di specie vegetali presenti, biodiversità ai diversi livelli, etc.).

In Italia, molte città, nei loro regolamenti edilizi, hanno inserito varie prescrizioni sulla sostenibilità ambientale urbana che agevolano (o obbligano) ad esempio: la produzione di elettricità con fonti di energia rinnovabili, l’applicazione di nuove tecnologie in materia di impianti per il riscaldamento/raffrescamento e di coibentazione degli edifici anche attraverso la

realizzazione delle cosiddette “coperture a verde” o “verde pensile”; questo è un sistema tecnologico utilizzato quale soluzione costruttiva per la copertura anche parziale di un generico corpo di fabbrica.

In Italia, sono circa 6000 i Comuni che hanno installato almeno un impianto per le energie rinnovabili sul loro territorio. Si va da Monrupino in provincia di Trieste a Minervino nelle Murgie, passando per Pinerolo fino a Florinas in Sardegna.

Così è anche per i rifiuti. In base ai dati dei “Comuni Ricicloni”, risulta che 1.280 Comuni superano il 45% di raccolta differenziata evitando l'emissione in atmosfera di 2,8 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>, pari al 6% dell'obiettivo del protocollo di Kyoto per l'Italia (Legambiente, 2009).

A tutte queste soluzioni, la Direttiva 2010/31/UE assegna la capacità di contribuire a moderare alcuni impatti dell'antropizzazione sull'ambiente, tra cui: ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>, aumentare la permeabilità delle superfici, contrastare l'incremento delle temperature nelle aree urbane, provocato dall'effetto “isola di calore”.

Inoltre, circa il clima ed i suoi aspetti, una vasta bibliografia (Peters, *et al.*, 1992; Brown, *et al.*, 2001; Bulkeley, *et al.*, 2003; Beier, *et al.*, 2004; Burkett, *et al.*, 2005; Lawson N., 2008, Boos W.R., 2011, ecc.) approfondisce le proiezioni dei modelli climatici per il 21° secolo, mettendo in evidenza i cambiamenti climatici e gli impatti sull'ambiente e sviluppando anche adeguate strategie di adattamento a livello locale (Sperling F., 2004; Bulkeley, 2005; Aall, *et al.*, 2007, Hunt and Watkiss, 2010).

Azioni svolte a livello locale e la razionalizzazione della gestione energetica del patrimonio pubblico possono contribuire a ridurre le emissioni di gas serra per una quota pari al 15-20% dell'obiettivo nazionale.

A tale proposito, in Italia, diverse centinaia di Sindaci hanno già sottoscritto il Patto dei Sindaci (Covenant of Mayors), un'iniziativa lanciata nel 2008 dalla Commissione Europea per coinvolgere attivamente le città europee nel percorso verso la sostenibilità energetica ed ambientale.

Questa nuova iniziativa, su base volontaria, impegna le città europee a predisporre un Piano di Azione con l'obiettivo di ridurre di oltre il 20% le proprie emissioni di gas serra entro il 2020 attraverso politiche e misure locali che aumentino il ricorso alle fonti di energia rinnovabile, che migliorino l'efficienza energetica e attuino programmi *ad hoc* sul risparmio energetico e l'uso razionale dell'energia.

# 1. GLI ECOSISTEMI ANTROPICI

Ogni gruppo umano, nella storia, si distribuisce sulla Terra secondo modalità diverse. Le forme d'insediamento che ne derivano variano in funzione dell'ambiente, del genere di vita e del sistema economico-produttivo che le comunità antropiche instaurano.

L'uomo, che ha colonizzato gran parte dei biomi terrestri, divenendo specie cosmopolita per eccellenza, è considerato uno dei principali agenti morfogenetici della superficie terrestre (Paul Crutzen, 2005). Attraverso lo sviluppo tecnologico, l'uomo ha espanso il suo areale in vari tipi di ambiente che ha modificato, più o meno profondamente, con lo sfruttamento delle risorse presenti, tanto da portare alla formazione di due nuovi ecosistemi: l'ecosistema agricolo e l'ecosistema urbano.

L'ecosistema agricolo è un ecosistema artificiale nato dalla modificazione di componenti abiotiche e biotiche già presenti in natura. E' un ecosistema a produttività orientata, nel senso che la "circolazione della materia" degli ecosistemi naturali viene indirizzata secondo scelte preferenziali. In particolare è modificata la produttività vegetale degli ambienti naturali per soddisfare le esigenze alimentari dell'uomo o degli animali di allevamento.

Un agro-ecosistema si differenzia fundamentalmente dall'ecosistema naturale per diversi aspetti, tra cui:

- la semplificazione: l'agricoltore privilegia uno o pochi tipi di piante, escludendo tutte quelle specie animali e vegetali che potrebbero danneggiarla;
- l'apporto di energia ausiliaria da parte dell'uomo sotto forma di macchine, concimi, fitofarmaci, sementi selezionate, lavorazioni;
- le asportazione di biomassa (raccolto). Questo rende l'ecosistema non autosufficiente dall'esterno per il reintegro delle sostanze nutritive. In un ecosistema naturale, invece, la biomassa viene restituita all'ambiente d'origine, compensando le perdite.

Nell'ecosistema urbano, definito quando, a partire dalla Rivoluzione Industriale l'uomo ha stabilito la sua sede d'elezione nelle città, l'ambiente preesistente è fortemente modificato e notevole è il consumo delle risorse ambientali non rinnovabili.

Il suolo, ricoperto da materiali artificiali come cemento e asfalto, perde la permeabilità all'acqua; la composizione atmosferica è alterata dalle emissioni di gas, gli specchi d'acqua scompaiono; flora e fauna sono ridotti in spazi confinati e nuovi. La presenza di

aree industriali, del traffico veicolare e di molte attività realizzate utilizzando notevoli quantità di energia, in gran parte derivata dall'uso dei combustibili fossili, porta il microclima urbano a differenziarsi per temperature più elevate e tassi di inquinamento di gran lunga maggiori rispetto al clima delle aree circostanti.

Nell'ecosistema urbano tutti normali parametri ambientali di riferimento risultano alterati e l'attività umana contrassegna l'ambiente, instaurando con questo un rapporto per sua natura complesso, bidirezionale, interattivo e in costante relazione dinamica.

Nell'ecosistema antropico il sistema di rapporti tra tutti i fattori e componenti che concorrono all'organizzazione della vita sul pianeta (cellula, individuo, popolazione, comunità, ecosistema, bioma, biosfera), configurano un sistema aperto di tipo dipendente. L'ecosistema urbano dipende dall'ambiente esterno che fornisce le entrate e riceve le uscite, producendo degli *output*. La quantità di uscite prodotte è direttamente proporzionale alla quantità delle entrate ricevute, pertanto, per il funzionamento continuo di tale sistema aperto sono richieste ingenti e costanti entrate.

Le città ed in particolare le grandi metropoli, dipendono dall'esterno per le forniture di energia, acqua, cibo, materiali da costruzione e altre risorse necessarie al loro funzionamento ed è sempre nell'ambiente esterno che scaricano i propri rifiuti con un progressivo degrado del patrimonio naturale, sfruttato in modo insostenibile, per garantire la sopravvivenza dell'ecosistema città.

Quando i rapporti di equilibrio tra componente biotica e abiotica del sistema superano la possibilità di recupero dell'intero ecosistema, s'innescano processi di degradazione ambientale. E' in tale contesto che, negli ultimi vent'anni, un importante ruolo ecologico ed ambientale, nonché sociale ed economico è riconosciuto al verde urbano (Flores et al. 1998, McPherson et al. 1995, Rowntree 1998). Ciò è confermato anche a livello comunitario, da una vasta normativa (Iniziativa "Verso un profilo di Sostenibilità Urbana - Indicatori Comuni Europei" DGXI - UE, 1999; Direttiva 2000/60/CE; Environmental Signals, EEA, 2000; Decisione 1411/2001/CE; Sesto programma di azione per l'ambiente UE, 2001).

La diffusione del verde, pertanto, risulta essere uno dei fattori principali con cui perseguire il miglioramento della qualità della vita, dell'ambiente urbano e del territorio antropizzato in genere.

## **1.2. COMPONENTI E CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE URBANO**

### **1.2.1. L' uomo**

L'uomo influisce sull'ambiente modificandolo continuamente per adattarlo alle proprie esigenze. La presenza di popolazione e la sua distribuzione su un territorio rappresentano un fattore di pressione sull'ambiente.

Gli aspetti demografici legati alla popolazione - consistenza, incremento/decremento e sua concentrazione sul territorio – sono elementi che incidono sugli impatti di un territorio. Infatti, i comportamenti della popolazione residente, ad esempio: il tipo e l'entità dei consumi idrici ed energetici, la mobilità, la produzione dei rifiuti, incidono direttamente o indirettamente sull'ambiente.

Le caratteristiche geografiche (vicinanza alla costa, zona altimetrica, caratteristiche del clima) di un territorio, influenzano gli effetti prodotti dalle attività umane e dalla pressione demografica.

Dunque, a parità di pressione demografica esercitata dall'uomo in una certa zona, la collocazione della stessa e le sue caratteristiche geo-climatiche influenzeranno gli impatti sul territorio.

In Italia, per l'anno 2010, il tasso di crescita naturale e il saldo migratorio totale a livello sono rispettivamente -0,16% e +5,87% (ISTAT, 2011), determinando un aumento della popolazione sul territorio nazionale, che ha una densità di abitanti/km<sup>2</sup>. pari a 200.

L'incremento della popolazione, e conseguentemente della sua densità, comportano una serie di problematiche quali, per esempio, il notevole aumento della produzione dei rifiuti urbani, l'incremento del consumo di acqua corrente e di energia, maggiori pressioni con conseguenti impatti sull'ambiente, che devono essere affrontati attraverso opportune strategie e azioni, compresa l'adozione di tecnologie innovative ed eco-sostenibili.

## 1.2.2. Il suolo

Il suolo è una risorsa vitale, rinnovabile solo a lungo termine, la cui corretta gestione è basilare per garantire il benessere collettivo, senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni.

Il suolo sostiene tutte le forme di vita presenti sulla superficie terrestre e svolge insostituibili funzioni ambientali, tra cui: la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento, lo stoccaggio del carbonio, la regolazione dei flussi idrici superficiali.

Il suolo è la più grande riserva di biodiversità del pianeta e il luogo di chiusura dei cicli degli elementi nutritivi; è parte integrante del paesaggio e conserva la memoria della nostra evoluzione culturale. Sul suolo, dal suolo e dal sottosuolo l'uomo ha costruito le proprie civiltà ed estratto le proprie risorse.

Eppure, nelle città, troppo spesso il suolo viene trattato come un elemento di disturbo da rimuovere, o come contenitore degli scarti della produzione umana, senza considerare gli effetti derivanti dalla perdita delle sue funzioni.

Esplicativa in tal senso è la situazione urbanistica italiana. A partire principalmente dal secondo dopoguerra, le aree urbane si sono espanse secondo criteri spesso slegati da processi programmatici che tenessero in debita considerazione la vocazione naturale del territorio e dei suoli. Sono stati asportati, o modificati per sempre, suoli ad elevata fertilità e vocazione agricola o ubicati in aree ad elevata pericolosità geologica e idraulica.

L'urbanizzazione ha comportato la rimozione totale del suolo oppure un suo decorticamento e successiva copertura con materiali impermeabili come calcestruzzo, metallo, vetro, catrame e plastica, per la costruzione di edifici, strade o altri usi (European Environment Agency, 2009).

In questi casi, il suolo è perso oppure non è più in grado di esplicare le sue funzioni, tra le più importanti delle quali, la capacità di regolare i flussi idrici, fondamentale per evitare fenomeni alluvionali.

Infatti, un suolo, in condizioni naturali, è in grado di trattenere parte delle acque di precipitazione meteorica, contribuendo a regolare il loro scorrimento superficiale.

Nell'ambiente urbano, la presenza di superfici impermeabilizzate, la riduzione della vegetazione, l'asportazione dello strato superficiale, ricco in sostanza organica, e l'insorgere di fenomeni di compattazione determinano un grave scadimento della funzionalità del suolo, provocando fenomeni di ruscellamento superficiale e fenomeni erosivi.

Inoltre, i tagli stradali, gli scavi, i frequenti sovraccarichi, la presenza di cavità e le perdite dalla rete acquedottistica o fognaria possono assumere un peso rilevante nell'innescare dei fenomeni di dissesto gravitativo (Fumanti, 2009).

In mancanza di un adeguato governo del territorio, il consumo di suolo, legato alle dinamiche insediative e all'espansione delle aree urbanizzate e delle infrastrutture incrementa, inoltre, la marginalizzazione delle aree agricole, genera discontinuità delle reti ecologiche ed elevati impatti sulle risorse naturali, sul paesaggio e sulla qualità della vita (Legambiente, 2009).

Il territorio Italiano è tra le aree al mondo maggiormente interessate da fenomeni di dissesto improvviso che risultano concentrati nelle aree urbanizzate (Corazza A., 2004). Sprofondamenti, frane e crolli improvvisi sono riconducibili per lo più a crolli di volte di cavità artificiali o connessi a fenomeni di dilavamento di terreni sciolti al di sotto del manto stradale (Trigila A., 2007).

### **1.2.3. Acque**

Nell'ambito delle aree urbane, la tematica "acque" riveste una grande importanza sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo. La qualità dell'ambiente urbano è strettamente legata ai sistemi di depurazione e al collettamento delle acque reflue e all'approccio tecnico-gestionale del drenaggio urbano delle acque meteoriche (Grillo e Signoretti, 2004).

Gli ambienti urbani italiani presentano differenti schemi fognario-depurativi che riflettono le caratteristiche del tessuto urbano e del territorio su cui insistono.

Nella maggior parte delle città, afferenti alla categoria delle "grandi città" o "big city", cioè aree in cui la popolazione e le attività economiche e produttive sono concentrate,

tutte le acque reflue generate sono convogliate attraverso un sistema di collettamento e depurate sulla base dei requisiti stabiliti dalla normativa.

La Commissione Europea attraverso gli Stati Membri, ogni due anni, richiede le informazioni, in ordine agli scarichi provenienti dagli impianti di trattamento delle acque reflue urbane e alla qualità e composizione dei fanghi immessi nelle acque superficiali.

In particolare, la stagione balneare 2010 ha visto la prima attuazione delle misure contenute nella nuova normativa per la gestione delle acque di balneazione.

Infatti, con la pubblicazione del Decreto 30 marzo 2010 del Ministero della Salute, sono state definite le modalità e le specifiche tecniche per l'attuazione della Direttiva europea 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione, individuate in classi di qualità (scarsa, sufficiente, buona ed eccellente). Così, a differenza della precedente normativa, per cui un sito poteva essere semplicemente idoneo o non idoneo alla balneazione, adesso, a seconda della classe in cui ricade ogni acqua di balneazione, sono previste diverse modalità di gestione e monitoraggio, nonché l'eventuale adozione di idonee misure di risanamento.

### **1.2.3.1 Il drenaggio urbano delle acque meteoriche e sistemi di coperture a verde**

Il fenomeno dell'urbanizzazione causa una maggiore impermeabilizzazione del suolo. Questa, nel complesso, influenza negativamente il ciclo naturale dell'acqua, ovvero il delicato equilibrio tra precipitazione, evapotraspirazione, infiltrazione e deflusso superficiale. L'impermeabilizzazione, tra i numerosi effetti, comporta una variazione del regime idrico, con un notevole aumento delle portate massime e dei volumi di piena nelle aree urbanizzate. Tali volumi d'acqua, essendo spesso incompatibili con le capacità delle reti di drenaggio esistenti nelle città, causano il sovraccarico dei sistemi fognari e/o dei corsi d'acqua recettori, con conseguenti problemi di allagamenti (Fanizzi e Misceo, 2010).

Circa il deflusso idrico in superfici di diversa natura, emerge che (Amendola G., 2009) in superfici prive di pavimentazioni ma con copertura vegetale, il deflusso superficiale è compreso in un intervallo tra lo 0% e il 20% del totale della precipitazione, cioè

significa che dall'80% al 100% dell'acqua piovuta è stata assorbita; su superfici impermeabilizzate (in presenza di tetti, pavimentazioni in asfalto o calcestruzzo) l'acqua precipitata è defluita per oltre il 90%.

Insieme allo sviluppo urbanistico, il forte incremento di traffico veicolare ha aumentato il grado di contaminazione delle acque pluviali di dilavamento peggiorando le caratteristiche qualitative dei corpi idrici recettori.

La consapevolezza di questi problemi ha portato a rivedere l'impostazione dei progetti di raccolta, convogliamento e smaltimento delle acque meteoriche secondo i principi del cosiddetto "drenaggio sostenibile" (Fanizzi e Misceo, 2009). Tali principi, intesi a mantenere o ristabilire quanto più possibile il "naturale ciclo dell'acqua" in città, previsti da una attenta pianificazione urbanistica, dovrebbero poter garantire un buon livello di protezione idraulico-ambientale del territorio.

Quasi tutte le Regioni italiane, oltre alle indicazioni riportate nei rispettivi "Piani di Tutela delle acque", si sono dotate di norme specifiche atte a regolamentare le acque meteoriche di dilavamento.

Molte Amministrazioni provinciali e comunali hanno provveduto a rendere obbligatoria una certa percentuale di superficie permeabile all'interno dei nuovi lotti abitativi e ad inserire specifiche disposizioni per il risparmio, il trattamento e il recupero idrico a livello edilizio.

Dove non è possibile creare spazi verdi al suolo, si sta rapidamente diffondendo la realizzazione delle cosiddette "coperture a verde".

La copertura a verde o "verde pensile" è un sistema tecnologico utilizzato quale soluzione costruttiva per la copertura anche parziale di un generico corpo di fabbrica.

Capofila di questa importante svolta tra gli anni '70 e '90 è stata la Germania con una legge sulla protezione dell'ambiente che, riconoscendo il verde pensile come strumento di compensazione ambientale, ha dato la possibilità a molti comuni tedeschi di finanziare e prescrivere le coperture a verde.

Simulando i processi naturali del ciclo dell'acqua, tra i principali benefici associati all'utilizzo dei tetti verdi si evidenziano la riduzione del carico idrico che grava sulla rete di smaltimento delle acque piovane (prevenzione dei fenomeni di inondazione) e il controllo della qualità delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici a tetto (Trevisiol E. R., 2002).

A secondo dell'ambiente climatico, i tetti verdi possono fornire mediamente percentuali di riduzione del volume complessivo di acqua immessa in rete pari all'85% (Thompson, 1998). Anche le simulazioni (Mentens et al., 2005) estrapolate dai modelli idrologici evidenziano una riduzione dei volumi complessivi di acqua immessa in rete, sia a scala annuale che stagionale, sempre superiori al 43% con un grado d'inverdimento pari al 100% delle superfici occupate da tetti, al 9% con il 20% di tetti verdi e al 4,5% con il 10%, mentre percentuali medie di abbattimento del picco dell'idrogramma pari al 66,3% col maggiore grado d'inverdimento, 9,8% con quello intermedio e 4,9% col più basso

Questi risultati, alla luce di tutte le problematiche sinteticamente esposte e di ulteriori approfondimenti da ricercare nella bibliografia specifica, sottolineano la necessità dei Comuni e di tutti gli Enti competenti di individuare soluzioni sostenibili per risolvere i problemi di regimazione delle acque meteoriche e di mitigazione del rischio di inefficienza delle reti di drenaggio urbano, per affiancare e migliorare le soluzioni tradizionali di semplice raccolta e convogliamento delle acque meteoriche dalle superfici impermeabili.

#### **1.2.4. Aria**

In Italia, la qualità dell'aria è periodicamente valutata attraverso le reti di monitoraggio regionali che, in ottemperanza alla normativa vigente, misurano i livelli degli inquinanti per la verifica del rispetto dei valori limite e degli obiettivi definiti per tutelare la salute umana e gli ecosistemi.

Gli inquinanti monitorati fanno riferimento a: materiale particolato  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$ , biossido di zolfo, biossido di azoto, ozono, benzene, monossido di carbonio, piombo (Bultrini *et al.*, 2006).

L'integrazione e la combinazione delle informazioni provenienti dalle reti di misura con dati e le informazioni meteorologiche, insieme all'uso di tecniche di stima obiettiva e tecniche modellistiche, consentono di comprendere il fenomeno dell'inquinamento, la sua evoluzione nel tempo e la sua distribuzione nello spazio. Infatti, per interpretare, ad esempio, una tendenza alla riduzione di un dato inquinante come un reale

miglioramento della qualità dell'aria, occorrono osservazioni pluriennali, coerenti (ovvero provenienti dallo stesso *set* di stazioni di monitoraggio) e che mettano in evidenza l'esistenza di un *trend* significativo al di là dell'oscillazione interannuale dovuta alla variabilità delle condizioni meteorologiche.

Le osservazioni disponibili negli ultimi anni, basate su questo tipo di approccio, hanno permesso di evidenziare l'esistenza di tendenze statisticamente significative alla riduzione delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub>, seppur limitate a singole aree e tipologie di stazioni (Bultrini *et al.*, 20069).

La stima delle emissioni inquinanti e il monitoraggio della qualità dell'aria sono strumenti indispensabili per individuare zone e aree in cui la qualità dell'aria non rispetta gli standard previsti, stabilire quali siano le cause, definire le misure di risanamento da realizzare nell'ambito dei piani e verificarne i risultati.

Il D.Lgs. 155/2010 (Art. 9 comma 1) conferma l'obbligo per le Regioni e le Province autonome di predisporre un piano per la qualità dell'aria nel caso in cui i livelli di inquinanti in aria ambiente superino un corrispondente valore limite (VL) o valore obiettivo (VO) anche per uno solo dei seguenti: biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo, materiale particolato PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>.

L'elaborazione di un piano di qualità dell'aria avviene, secondo quanto definito nel D.Lgs. 155/2010 (Allegato XV) attraverso diverse fasi:

- fase conoscitiva, che comprende l'analisi del quadro normativo, delle caratteristiche del territorio, delle relative condizioni climatiche e meteorologiche, delle fonti di emissione degli inquinanti in aria (inventari delle emissioni), l'elaborazione degli scenari energetici e delle attività produttive e dei rispettivi scenari emissivi;
- fase valutativa, che consiste nella valutazione della qualità dell'aria effettuata mediante misure puntuali di concentrazione fornite dalla rete di rilevamento, mezzi mobili e/o mediante tecniche di modellazione;
- fase propositiva, in cui sono definite le misure di Piano.

### **1.2.5. Rifiuti e inquinanti**

La produzione dei rifiuti urbani rappresenta sicuramente uno dei fattori di maggiore pressione nelle città italiane, non solo in termini ambientali ma anche in termini economici.

Va, d'altronde, considerato che la produzione di rifiuti nei centri urbani è legata a molteplici attività lavorative, in particolar modo quelle relative al settore terziario, che comportano la produzione di rilevanti quantità di rifiuti da gestire in ambito urbano; inoltre, nelle città d'arte è, inevitabilmente, influenzata dagli afflussi turistici (ISPRA, 2010).

La raccolta differenziata può svolgere un ruolo prioritario nel sistema di gestione integrata dei rifiuti, in quanto consente, da un lato, di ridurre il flusso dei rifiuti da avviare allo smaltimento e, dall'altro, di condizionare in maniera positiva l'intero sistema di gestione dei rifiuti, permettendo un risparmio delle materie prime vergini attraverso il riciclaggio e il recupero (ISPRA, 2008).

Specifici obiettivi di raccolta differenziata dei rifiuti urbani sono individuati dal D.Lgs 152/2006 e dalla legge 27 dicembre 2006, n. 296 "Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2007)":

Obiettivi di raccolta differenziata dei rifiuti urbani (ISPRA, 2010):

- almeno il 45% entro il 31 dicembre 2008;
- almeno il 50% entro il 31 dicembre 2009;
- almeno il 60% entro il 31 dicembre 2011;
- almeno il 65% entro il 31 dicembre 2012.

### **1.2.6. Flora e fauna in ambiente urbano**

L'espansione sovente incontrollata delle città ha provocato il "consumo" delle aree rurali circostanti, con conseguente perdita di habitat naturali e seminaturali e l'inclusione nel tessuto edificato di aree verdi prima periferiche.

Le aree verdi urbane e peri-urbane rappresentano spazi aperti seminaturali all'interno delle maglie del costruito dove specie animali e vegetali trovano cibo e rifugio, e dove

operano processi ecologici di base. Esse sono quindi l'espressione a scala locale di una forma inaspettata di biodiversità: quella legata a specie e habitat presenti nei contesti antropizzati cittadini.

La percentuale di verde pubblico sulla superficie comunale rappresenta un importante indicatore per valutare in termini quantitativi la copertura di aree a verde pubblico presenti nelle città rispetto all'intero territorio comunale (Chiesura, *et al.* 2009).

Dai dati ISTAT riferiti al 2009 (ISTAT,2010) si evince che nella maggior parte delle città italiane, la superficie di verde pubblico sul totale del territorio comunale è ancora scarsa, con valori inferiori o uguali al 5%.

Le percentuali più basse (inferiori a 1%) si registrano in città del Centro e del Sud: Taranto (meno dello 0,05%), Foggia (0,2%), Latina (0,5%) e Potenza (0,9%). In poche città la percentuale di verde è invece superiore al 20% e in rari casi il verde urbano pubblico interessa più di un quarto della superficie comunale (percentuali superiori al 25%).

Le 6 città con più verde sono, in ordine decrescente: Palermo (31,9%), Ravenna (29,9%), Brescia (29,1%), Ancona (28,1%), Roma (27,5%) e Monza (25,9%). Valori elevati di questo indicatore sono generalmente da attribuirsi alla presenza di superfici verdi destinate ad aree naturali protette (parchi, zone boschive, aree protette e riserve naturali) ricomprese all'interno del territorio comunale.

Il *trend* relativo all'arco della serie storica (2000-2009) mostra che in nessuna città si è avuta una diminuzione, mentre in alcune si osservano invece incrementi minimi (pari a 0,1 punti percentuali). Gli incrementi maggiori si registrano per Palermo (+4,6 punti percentuali), Pescara (+4,4), Torino (+3,4), Verona (+2,4) e Modena (+2,1).

#### **1.2.6.1. Disponibilità di verde pubblico pro capite**

La disponibilità di verde pubblico pro capite ( $m^2/ab$ ) fornisce un'ulteriore informazione circa l'offerta di spazi verdi nel territorio comunale.

In questi termini si osserva che i comuni più piccoli in termini demografici possono tendenzialmente offrire una maggiore superficie di verde urbano ai propri cittadini, mentre per le città più popolate i rapporti saranno inferiori. I dati esaminati da fonte

ISTAT (2010) sono riferiti al verde pubblico, inteso come il complesso di aree verdi e di zone di particolare interesse naturalistico o storico-culturale gestito direttamente o indirettamente da enti pubblici (Comune, Provincia, Regione, Stato).

Per quanto riguarda lo stato dell'arte al 2009, tali dati, mostrano un intervallo molto vasto relativo alla disponibilità *pro capite* di verde pubblico: da un minimo di 0,25 m<sup>2</sup>/ab. a Taranto, ad un massimo di 1.244 m<sup>2</sup>/ab. a Ravenna.

Nel dettaglio le città con maggiore offerta di verde pro capite sono, in ordine decrescente: Ravenna (1.244 m<sup>2</sup>/ab.), Terni (410 m<sup>2</sup>/ab.), Ancona (339,6 m<sup>2</sup>/ab.), Trento (209,9 m<sup>2</sup>/ab.), Brescia (137,9 m<sup>2</sup>/ab.), Roma (131,4 m<sup>2</sup>/ab.) e Sassari (105,4 m<sup>2</sup>/ab.). Per altre città si riscontrano valori molto eterogenei, con pochi m<sup>2</sup>/ab. di verde (inferiori a 10) a Taranto, Foggia e Messina.

Si evidenzia il dato elevato di Roma, che - nonostante l'altrettanto elevato numero di popolazione residente - indica una buona offerta di verde pubblico, grazie alla grande estensione del suo territorio comunale (10 volte quella di Torino) e alla presenza di numerosi parchi urbani e ville storiche fruibili.

Si segnala inoltre il dato elevato di Ravenna, che spicca sugli altri distanziando di quasi dieci volte quello di Roma, grazie al significativo contributo dato da aree naturali protette (Parco Regionale del Delta del Po). Infine anche nel Comune di Terni si segnala la presenza di vaste superfici boscate fruibili.

Per quanto riguarda invece il *trend* nell'arco del periodo 2000-2009 mostra, al 2009, un incremento generale nelle città italiane, con un aumento medio *pro capite* di verde di circa 4 m<sup>2</sup>/ab. L'aumento massimo si registra nella città di Modena dove i cittadini vedono accresciuto di circa 20 m<sup>2</sup>/ab. il verde pubblico a propria disposizione.

Seguono Reggio Emilia (+18,4 m<sup>2</sup>/ab), Verona (+17,1 m<sup>2</sup>/ab), Palermo (+ 13,5 m<sup>2</sup>/ab) e Pescara (+11,3 m<sup>2</sup>/ab).

Il dato negativo (diminuzione della disponibilità) oscilla da un minimo di circa 1 m<sup>2</sup>/ab di verde in meno per i cittadini di Monza e Perugia, ad una diminuzione massima di 16,6 m<sup>2</sup>/ab a Terni (se si esclude l'eccezionale decremento registrato a Ravenna di un ordine superiore rispetto alle altre città).

La disaggregazione del verde urbano totale nelle sue varie tipologie consente di approfondire l'analisi dell'offerta complessiva di verde disponibile, fornendo

informazioni utili ad una riflessione più ampia circa il ruolo di tali spazi per la sostenibilità urbana e la qualità della vita dei cittadini.

Inoltre, i dati, forniti da ISTAT, relativi al 2009, consentono di misurare l'incidenza relativa sul verde pubblico totale delle seguenti tipologie:

- Verde attrezzato: verde circoscrizionale con giochi per bambini, piste ciclabili, campi polivalenti;
- Parchi urbani: ville, parchi e giardini che si distinguono per la loro non comune bellezza. Aree tutelate a norma delle disposizioni dell'art. 136, Capo II Titolo I parte III del D.Lgs 42/2004.
- Verde storico: ville, parchi e giardini che abbiano interesse artistico o storico. Aree tutelate ai sensi dell'art. 10, Capo I Titolo I Parte II del D.Lgs 42/2004.
- Aree di arredo urbano: aree verdi create a fini estetici e/o funzionali (zone alberate, rotonde, aree di sosta, etc.).
- Aree speciali: giardini scolastici, orti botanici e vivai, giardini zoologici, cimiteri e altro (categorie residuali di verde quali boschi, aree protette e riserve naturali, verde non attrezzato, ecc.).

Il verde attrezzato rappresenta meno di 1/5 del verde pubblico totale per oltre la metà delle città italiane: per 18 tra queste, esso scende a valori inferiori al 10% del verde totale. Valori alti (tra il 40% e il 50%) si riscontrano invece a Bolzano, Padova, Reggio Emilia, Forlì e Livorno. A Piacenza e Novara i valori più alti rinvenuti (intorno al 51%). La tipologia dei parchi urbani pesa per oltre il 40% in 11 città, e tra il 10 e il 30% in 15 italiane. È assente o quasi (< 1%) in 13 città, distribuite tra Nord, Centro e Sud Italia. Le città con le maggiori percentuali di parchi urbani sul totale sono, in ordine decrescente: Napoli (91%), Genova (89%) e Monza (86%).

Rispetto alle altre tipologie, quella del verde storico in media risulta incidere meno sul totale: in ben 36 città esso è inferiore al 5%. Le città con un'elevata percentuale di verde storico sono, in ordine decrescente: Firenze (28%), Taranto (26%), e Venezia (16%). Assente a Bolzano Bologna, Ravenna e Messina.

Il verde di arredo raggiunge valori superiori al 20% in solo alcune città italiane, rimanendo per la gran parte dei Comuni entro un intervallo di valori che vanno dallo 0,4% di Terni ad un massimo del 16% a Perugia. A Campobasso tale tipologia registra il valore massimo (39%).

La categoria delle aree speciali, che include tipologie di verde molto diverse fra loro, contribuisce per una buona parte alla dotazione complessiva di verde pubblico dei Comuni italiani, che presentano valori compresi tra il 10 e il 50% del verde pubblico totale, ad eccezione di Monza, Genova, Prato, Pescara e Napoli, dove i valori scendono al di sotto del 5%. Per altre città, le aree speciali presentano elevati valori di incidenza relativa rispetto al verde totale (superiore al 50% come), mostrando di rappresentare la quasi totalità del verde (oltre il 90%) nelle realtà di Trento, Ravenna, Terni, Ancona, Palermo, Catania e Sassari.

Le varie tipologie di verde ricomprese in “Aree speciali” costituiscono quindi una realtà significativa degli spazi naturali fruibili meritevole di ulteriore approfondimenti.

A parte il verde sportivo (Trento, Palermo), socio-culturale (Ravenna, Ancona) e di pertinenza militare (Brescia); si ricorda la voce ISTAT “Altro”. Si tratta di aree naturali protette e tutelate a vario titolo, come parchi regionali, aree appartenenti alla Rete europea Natura 2000 (Siti di Importanza Comunitaria), per esempio. Tali aree rappresentano habitat di grande valore dal punto di vista della conservazione della biodiversità ai vari livelli (geni, specie, ecosistemi), e di grande importanza per la qualità della vita in ambiente urbano. Molte di esse sono infatti largamente fruibili dalla cittadinanza ed assolvono quindi quel servizio di utilità sociale ed igiene urbana che per tradizione viene associato al verde pubblico.

Come emerge dalla consultazioni delle fonti di riferimento, il patrimonio naturale presente nelle città italiane è quanto mai vario e complesso, comprendendo tipologie di verde molto eterogenee tra loro per dimensione, fruibilità e funzionalità ecologica: se tra le maglie della città consolidata incontriamo aiuole e giardini, orti botanici e ville storiche, rotonde e verde cimiteriale, nelle zone più periferiche e nelle aree di frangia peri-urbane troviamo superfici agricole ed aree naturali protette più o meno estese. A tale diversità di forme e strutture che il verde assume in città, sono associati una non trascurabile varietà di funzioni e servizi fondamentali per la qualità della vita e la sostenibilità urbana e dunque un importante valore ecologico - ambientale.

Infatti, tali aree assumono un importante ruolo ecologico per la sopravvivenza di habitat di pregio e di molte specie animali e vegetali. Nel territorio del Parco Regionale dell'Appia Antica a Roma, per esempio, si nota la presenza di alcune specie incluse negli Allegati della Direttiva Uccelli 79/409/CEE (recentemente aggiornata dalla nuova

Direttiva 2009/147/CE) come il falco pellegrino (*Falco peregrinus*), la calandrella (*Calandrella brachydactyla*) e l'averla piccola (*Lanius collurio*).

In generale non si rilevano decrementi nella copertura di verde pubblico sul territorio comunale, ma i dati, al 2009, non sono incoraggianti e restituiscono una fotografia delle città italiane più grigia che verde: in più della metà delle città analizzate, la copertura di verde non supera il 5%, superando solo in 7 città il 20%.

Una pianificazione del verde più diffusa consentirebbe, quantomeno, una ricognizione più attenta della varietà di spazi verdi pubblici e privati che costituiscono l'ecomosaico urbano.

Le aree agricole, per esempio, rappresentano un tassello cruciale nella costruzione di reti ecologiche (vedi anche AA.VV., 2003) e forniscono alla collettività importanti benefici ecosistemici. I dati esaminati mostrano la loro continua riduzione, che si prevede inarrestabile a patto che non si modifichino alcuni meccanismi, per esempio, quelli di formazione del valore, riconoscendo il carattere di bene irriproducibile al suolo agricolo.

### **1.2.7. Clima**

L'urbanizzazione altera il clima in modo persistente, con effetti sensibili su radiazione solare, temperatura, umidità relativa, precipitazione, vento (Pachauri e Reisinger, 2007). Gli effetti dell'urbanizzazione sulle variabili meteorologiche sono oggetto di una vastissima letteratura scientifica (Brown, *et al.*, 2001; Bulkeley, *et al.* 2003; Beier, *et al.*, 2004; Lawson N., 2008) che analizza il cosiddetto "effetto città" in diverse aree urbane collocate nelle più varie regioni climatiche del pianeta, dalle zone desertiche alle medie e alte latitudini.

L'ambito urbano differisce da quello rurale per una serie di aspetti, fra cui i più rilevanti per il clima sono:

1. La ridotta presenza di vegetazione, la quale, rispetto al suolo nudo o edificato, ha l'enorme differenza di cedere gran parte dell'energia che riceve dal sole in forma di calore latente (attraverso la traspirazione) e non di calore sensibile (quello che si misura con i termometri).

Per questo in pieno sole la temperatura su superfici a verde ben irrigate è più bassa rispetto a quella su suolo nudo o asfaltato o ancora edificato.

2. I caratteri di forma: mentre le aree rurali sono relativamente piatte, le vie delle città sono assimilabili a canyon. Più i canyon sono profondi e meno cielo si vede da essi. Dunque il raffreddamento delle vie per irraggiamento verso lo spazio è ostacolato in modo sostanziale.

3. Il colore: in campagna domina il verde, mentre in città i colori spaziano su una vasta gamma cromatica, con prevalenza di colori scuri ed opachi; ciò fa sì che sia ridotta la quota riflessa di energia solare in arrivo e sia viceversa incrementata la quota assorbita.

4. L'intensità delle attività umane: intense combustioni, con il conseguente rilascio di calore, le emissioni di inquinanti gassosi, di polveri, ecc.

Il primo e più macroscopico effetto climatico della città è quello sulla temperatura dell'aria, effetto noto come "isola di calore" urbano e che può essere espresso come differenza fra la temperatura dell'area urbana e quella di un'area rurale circostante. L'effetto "isola di calore" si manifesta in termini generali in un aumento delle temperature medie dell'aria esterna e della temperatura media radiante delle superfici esterne (media delle temperature di tutte le superfici che compongono il mosaico urbano) che si mantiene elevata soprattutto nelle ore notturne.

Al di sopra delle città difatti ristagna, in permanenza, una cappa d'aria surriscaldata, spesso 100-200 metri, che costituisce una vera e propria isola più calda rispetto al circostante ambiente rurale. Tale *surplus* di calore rende ovviamente più sopportabili i rigori invernali, ma nelle soleggiate e calde giornate estive contribuisce al surriscaldamento delle città, soprattutto alle medio – basse latitudini (Makara, *et al.*, 2006).

Il fenomeno "isola di calore" può essere quindi facilmente quantificato come la massima differenza tra la temperatura media dell'aria urbana e quella dell'ambiente rurale. Essa può arrivare anche a valori di 4 – 5 °C. Questo eccesso di temperatura, tra centro e periferia, assume il suo valore massimo sempre nelle ore notturne, sia in estate, quando la città si raffredda più lentamente rispetto alla campagna, sia in inverno, quando il centro cittadino è più caldo a causa soprattutto del calore introdotto dal riscaldamento degli edifici. Al contrario, nelle ore centrali diurne il divario è molto più contenuto (Oke, *et al.*, 1991).

Questo effetto è chiaramente percepibile quando, durante le caldi notti estive, si avverte la necessità di allontanarsi dal centro delle nostre città per recarsi in aree periferiche alla ricerca di un po' di "frescura", sottraendosi così, per qualche ora, a quella cappa di calura ormai non più sopportabile, in particolare da quando, con l'introduzione della climatizzazione estiva negli ambienti lavorativi e domestici, le nostre esigenze di confort sono cambiate.

L'intensità dell'"isola di calore" dipende generalmente dalla dimensione della città, dalla popolazione e dallo sviluppo industriale delle città, dalla topografia, dalla morfologia urbana, dai materiali caratterizzanti la pelle degli spazi urbani, dal clima e dalle condizioni meteorologiche (Oke T.R, 1973).

Fondamentale per la riduzione del fenomeno è la ventilazione; in presenza di vento infatti l' "isola di calore" viene spostata nella zona sottovento alla città, fino ad essere completamente rimossa qualora l'intensità del vento sia tale per cui essa sia in grado di garantire un continuo rimescolamento o rimozione dell'aria calda urbana con quella delle correnti più fresche.

Diventa quindi importante, in un ottica di progettazione a scala urbana, lo studio dei venti dominanti in modo da non creare attraverso un'intensiva edificazione delle vere e proprie "barriere antivento" che andrebbero ad annullare il beneficio apportato dalle correnti d'aria naturali. Allo stesso modo, anche nei giorni piovosi e in modo meno rilevante nei giorni con cielo coperto, si assiste ad un diminuzione dell'effetto "isola di calore".

Un'ulteriore problematica che si viene a creare con la formazione dell'"isola di calore" urbana è l'accentuazione dello smog ed in particolare dell'ozono per effetto delle alte temperature che ne favoriscono la composizione. La pericolosità e il rischio di effetti negativi che questo contaminante può avere dipendono dalla sua concentrazione nell'aria e da alcuni fenomeni atmosferici, quali l'intensità del vento e le precipitazioni atmosferiche.

L'"isola di calore" risulta quindi un importante aspetto che deve essere considerato nella progettazione edilizia ed urbana che vede il benessere dell'individuo ottenuto con un approccio sostenibile al centro della progettazione.

Negli ultimi anni in alcuni regolamenti edilizi comunali e in alcune linee guida di progettazione nazionali vengano dedicati interi articoli alle misure preventive per

ridurre l'innalzamento delle temperature estive degli ambienti cittadini e tutte le conseguenze che questo comporta. Altrettanto attiva è la ricerca scientifica con importanti risultati che fanno ben sperare.

## **2. I CAMBIAMENTI CLIMATICI. DA UNA SCALA GLOBALE AD UNA SCALA LOCALE**

Il riscaldamento del sistema climatico è oggi inequivocabile ed evidentemente testimoniato dall'aumento della temperatura globale media dell'aria e degli oceani, dallo scioglimento diffuso di neve e ghiaccio e dall'innalzamento del livello globale medio del mare. Questa valutazione è contenuta nel Fourth Assessment Report dell'IPCC, massimo organismo internazionale per lo studio dei cambiamenti climatici e non riguarda un problema lontano, in quanto le ripercussioni sono concrete e vicine.

Nella V Comunicazione nazionale da parte dell'Italia alle Nazioni Unite (novembre 2009) sono fissate alcune tendenze in atto nel nostro Paese, tra cui: il deciso aumento delle temperature medie, minime e massime; la diminuzione della precipitazione totale in estate; la "tropicalizzazione" dei regimi di pioggia e l'aumento della variabilità interannuale; l'aumento del rischio di periodi siccitosi estivi, soprattutto se si tiene conto dei fabbisogni irrigui, sempre in aumento. I ghiacciai alpini sono in decisa diminuzione, sia per l'aumento della temperatura che per la diminuzione della precipitazione.

In tale contesto, gli impatti attesi e i punti vulnerabili per l'Italia sono molteplici e riguardano: la riduzione di disponibilità e della qualità dell'acqua, le alterazioni del regime idrogeologico, la degradazione del suolo, maggiori rischi di incendi, la perdita di ecosistemi naturali e di zone costiere, nonché la riduzione della produttività in agricoltura, oltre a effetti sulla salute umana e a potenziali danni per l'economia (Godrej D., 2003).

Si tratta di un problema di carattere planetario, che deve essere affrontato a partire dalla definizione e adozione di strategie e di Piani di azione a livello locale, coerenti e collegati alle strategie globali.

Le attività umane danno luogo a emissioni di diversi gas serra tra cui l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), la cui principale fonte di emissione è l'uso dei combustibili fossili. Dal 1750 le concentrazioni atmosferiche globali di gas serra sono aumentate notevolmente in conseguenza delle attività antropiche e, oggi, superano di gran lunga i valori pre-industriali, determinati attraverso lo studio di diversi campioni di carote di ghiaccio. In

particolare, le concentrazioni atmosferiche di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> (metano), nel 2005, hanno superato di gran lunga il *range* naturale degli ultimi 650.000 anni (De Lauretis e Taurino, 2011).

I cambiamenti nelle concentrazioni atmosferiche di gas serra e aerosol che, tipicamente, si hanno in ambiente urbano nella copertura del suolo e nella radiazione solare possono alterare il bilancio energetico del sistema climatico e rappresentare i *driver* del cambiamento climatico globale.

In Italia, a livello locale, negli ultimi anni, si stanno sviluppando nuovi strumenti e tecnologie con cui le popolazioni possono rispondere al cambiamento climatico attraverso l'adattamento e la riduzione delle emissioni di gas serra (mitigazione).

L'aumento dell'efficienza energetica degli edifici e l'utilizzazione di energie rinnovabili offrono possibili soluzioni per contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici.

Con il termine cambiamento climatico si intende un cambiamento nello stato del clima che può essere identificato da cambi nella media e/o nella variabilità delle sue proprietà e che persiste per periodi estesi, tipicamente decenni o più (Taurino, 2011).

Il cambiamento climatico può essere dovuto a processi interni e/o forzanti esterne.

Alcune influenze esterne, come i cambiamenti nella radiazione solare e il vulcanismo, sono fenomeni naturali e contribuiscono alla variabilità naturale del sistema climatico. Altre modifiche esterne, come il cambiamento nella composizione dell'atmosfera, che ha avuto inizio con la rivoluzione industriale, sono il risultato dell'attività umana.

A seguito delle numerose iniziative intraprese a livello internazionale per contribuire alla riduzione delle emissioni di gas serra, sono state attivate iniziative anche a livello di amministrazioni locali, tra cui quella promossa dalla Commissione europea nota come "Patto dei sindaci", che richiede ai Comuni partecipanti di ridurre le proprie emissioni di gas serra al 2020 verificandole attraverso la preparazione dell'inventario delle emissioni su scala comunale.

## 2.1. CONTENIMENTO ENERGETICO IN EDILIZIA

Come ricordato in precedenza, a livello europeo, al fine di mitigare gli impatti ambientali del vivere umano, si ritiene fondamentale contenere i consumi energetici degli edifici.

Nel 2010 sono state emanate la Direttiva europea 2010/31/UE sulla prestazione energetica degli edifici e, a livello nazionale, la proroga per il 2011 delle detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica degli edifici, approvata con la legge finanziaria n. 220 del 13 dicembre 2010 (Santonico D., 2011). La nuova Direttiva supera la precedente sull'Energy Performance of Buildings (2002/91/CE) e ne rafforza le disposizioni. Essa promuove il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne e delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi.

I requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici vengono stabiliti dagli Stati Membri in maniera differenziata tra edifici nuovi ed esistenti e devono essere revisionati ogni 5 anni e aggiornati se necessario.

L'art.9 comma 1) lettere a) e b) riguarda gli edifici "ad energia quasi zero" e definisce che *entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano ad energia quasi zero e a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano "ad energia quasi zero"*.

Inoltre, da parte europea, si invita il settore pubblico a dare il buon esempio, tenuto conto che gli edifici pubblici rappresentano il 12% del parco edilizio europeo. Una maggiore efficienza energetica tradotta in numeri si stima possa contribuire ad un taglio di 200 miliardi di euro al 2020 sulla bolletta energetica europea, a ridurre il costo annuo della bolletta dei consumatori di 1000 euro a famiglia, a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> di circa 740 milioni di tonnellate nel 2020 e contribuire a livello occupazionale per ben 2 milioni di posti di lavoro sempre con riferimento al 2020 (Santonico e Martellato, 2011).

Tra gli strumenti attuativi che la normativa assegna alla competenza dei comuni, vi sono i regolamenti edilizi, attraverso i quali, i comuni italiani possono introdurre nuovi criteri e obiettivi energetico-ambientali da utilizzare nelle aree urbane.

In Italia, tra gli anni 2007 e 2009, circa l'80% dei regolamenti edilizi dei comuni italiani hanno inserito varie prescrizioni sulla sostenibilità ambientale urbana, agevolano o obbligano ad esempio:

- l'applicazione di nuove tecnologie in materia di impianti per il riscaldamento/raffrescamento (geotermia, pompe di calore, caldaie a condensazione, etc.);
- la produzione di elettricità con fonti di energia rinnovabili;
- la scelta di pavimentazioni drenanti, in percentuale sulla superficie da edificare;
- l'utilizzo tradizionale del verde;
- le tecniche di ingegneria naturalistica;
- la progettazione del verde pensile.

A tutte queste soluzioni, la direttiva CEE(EPBD2001/91/CE) assegna la funzione di contribuire a moderare alcuni impatti dell'antropizzazione sull'ecosistema urbano, tra cui: ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>, aumentare la permeabilità delle superfici, contrastare l'incremento delle temperature nelle aree urbane, provocato dall'effetto "isola di calore".

## **2.1.2. Il verde pensile**

### **2.1.2.1. Il verde pensile dall'antichità ad oggi**

L'uso di ricoprire le abitazioni con piante ha origini antiche; a tal proposito, il primo pensiero va sempre ai giardini pensili di Babilonia, simbolo arcaico e molto noto di questa applicazione. Probabilmente, il verde pensile era già diffuso prima di questa maestosa opera di cui non rimane traccia, se non nell'iconografia (tappeti persiani, in cui erano riprodotti come simbolo del Paradiso) e in antichi testi.

A Babilonia, sembra che i giardini pensili fossero stati richiesti da Nabucodonosor II (605-506 a.C.) e realizzati, in terrazzamenti, su un complesso fortificato, a Nord-ovest della città; questi giardini, lussureggianti di piante, ospitavano anche una vegetazione arborea, con palme e cipressi. Non è dato sapere il sistema utilizzato per la realizzazione di questi giardini "artificiali", primo esempio di verde pensile intensivo. Comunque, è

verosimile ritenere che vi fosse uno strato di materiale drenante al fondo e che fosse assicurato uno strato colturale di almeno un metro. Un sistema “ingegnoso” di approvvigionamento idrico avrebbe assicurato costante e sufficiente distribuzione d’acqua a tutti i livelli impiantati.

Ripensando, alla luce di temi più attuali, ai giardini pensili di Babilonia, realizzati dove sotto era stato tolto, viene in mente un esempio *ante litteram* di compensazione ambientale.

Proseguendo nel tempo, numerose tracce d’impiego del verde pensile provengono dal periodo romano. Anche se è pervenuto poco ai giorni nostri, presso i Romani, questa tecnologia era conosciuta e diffusamente applicata.

Un primo esempio è il mausoleo di Augusto che risale al 29 a.C., in cui la muratura esterna dell’edificio era originariamente ricoperta di terra su cui vegetavano numerosi cipressi, simbolo della vita eterna. Sempre a Roma, il mausoleo di Adriano era stato costruito (130 d.C.) con una copertura a verde.

Numerose sono le ville romane in cui un giardino pensile è un elemento caratteristico ed importante. La villa dell’Imperatore Adriano a Tivoli (92 d.C.), alcune ville di Plinio il Giovane ( villa Laurentina e la villa in Toscana, I sec. d.C.) sono ricordate per la maestosità dei giardini pensili.

Altre testimonianze di edifici in cui erano realizzate opere di verde pensile: il mausoleo di Pomponio a Gubbio (II- I sec. a.C.), la villa di Marone a Cassino, il Santuario della Fortuna Primigenia a Roma (II- I sec. a.C.).

Nel periodo medievale, il verde pensile trova impiego nella costruzione dei chiostri dei conventi e delle fortificazioni. Nel primo caso il giardino pensile viene, generalmente, utilizzato come orto. Nel secondo caso, a seguito dell’introduzione delle armi da fuoco, l’architettura militare apporta sostanziali modifiche di adeguamento alle fortezze. Così, le opere di difesa vengono, frequentemente, coperte con spessi strati di terreno coperti con vegetazione per attutire l’effetto dei colpi ricevuti, permettendo, al contempo, un facile ripristino degli elementi danneggiati. In questo periodo, il verde di copertura è progettato ed utilizzato per scopi funzionali.

Dal XV fino al XIX secolo, il verde pensile riprende e sviluppa la sua connotazione artistica ed estetica ed è utilizzato esclusivamente in ricchi palazzi e ville, dove diventa elemento essenziale per la vita all’esterno.

Tra i moltissimi esempi si possono citare gli edifici più significativi per l'applicazione del verde pensile: la villa di Fiesole di Giovanni de' Medici (1451), Palazzo Piccolomini a Pienza (1460), il Castello di Collepardo (1500) a Frosinone, Villa D'Este a Tivoli, villa Aldobrandini a Frascati, il castello di Saint-Germain en Laye di Enrico IV, la reggia di Versailles a Parigi (1600), ecc.

La nascita del moderno concetto di verde pensile, convenzionalmente, si fa risalire al 1865, anno in cui l'architetto tedesco Von Rabitz scrive un trattato sull'impiego del verde pensile come mezzo possibile per raggiungere la salubrità negli ambienti cittadini, analizzando le varie funzioni che esso può svolgere. Da questo momento in poi, anche se lentamente, al verde pensile verrà riconosciuto un ruolo importante per la compensazione e mitigazione urbana.

Nelle città del '900, che continuano a crescere sempre più, il verde e, dunque, il verde pensile assumono sempre più importanza nella progettazione urbana ed architettonica. Infatti, da questo momento in poi, noti architetti e urbanisti, come Le Corbusier (Immeuble Villas, 1922) iniziano ad utilizzare il verde pensile come elemento di riequilibrio non solo ambientale ma anche sociale.

Nella prima parte del XX secolo, la progettazione degli edifici tiene sempre in maggiore considerazione gli esterni, compresi gli spazi di copertura.

Tra le esperienze più significative si ricordano quelle di Sven Markelius in Svezia, di Alvar Aalto in Finlandia e di Frank Lloyd Wright negli Stati Uniti o, entrando nell'epoca contemporanea, di Luciano Baldassarri (Padiglione Breda, 1952).

A partire dagli anni '60, soprattutto in Europa, il verde pensile si espande fortemente, anche se con tempi e modi differenti nei diversi Paesi.

La crisi economica tra le due guerre, la ricostruzione rapida, in assenza di piani regolatori e, infine, la speculazione edilizia, hanno lasciato in eredità strutture urbane piene di problematiche tra cui quella ambientale. E' in questo quadro che si inserisce l'interesse per il verde pensile, poiché, esauriti gli spazi al suolo, si volge lo sguardo alle superfici inutilizzate per la realizzazione di aree verdi. Questo avviene all'inizio degli anni '70, parallelamente alla crescita della cultura ambientale che, tra le altre cose, indica l'impermeabilizzazione delle superfici tra i principali responsabili del peggioramento del microclima urbano e del dissesto nella regimazione delle acque meteoriche. A partire da questa constatazione il passo verso il riconoscimento da parte

delle amministrazioni pubbliche del verde pensile come tecnica e strumento per la mitigazione e compensazione ambientale, è oramai, molto breve.

Capofila di questa importante svolta, tra gli anni '70 e '90, sono soprattutto i Paesi dell'Europa centrale e del Nord Europa, Svizzera, Austria, Finlandia, ma soprattutto la Germania nella quale viene varata una legge sulla protezione dell'ambiente che riconosce espressamente il verde pensile come strumento di compensazione ambientale. Grazie a questa legge, già alla fine degli anni '80, molti comuni tedeschi hanno potuto finanziare o prescrivere, in forme e con modalità molto diverse, le coperture a verde.

In Italia l'applicazione del verde pensile non è ancora così diffusa come in altri Paesi ma è in lenta e continua crescita. L'approvazione del Codice di Pratica UNI per la progettazione, esecuzione e manutenzione delle opere a verde pensile, pubblicato nel 2007, rappresenta un efficace stimolo.

### **2.1.2.2. Funzioni del verde pensile**

La direttiva EPBD2001/91/CE, in vista della sempre più limitata disponibilità di risorse energetiche, indica l'inverdimento (*greening*) delle coperture dei fabbricati, tra le nuove tecnologie che possono essere utilmente adottate negli involucri edilizi, sottolineandone i rilevanti effetti in termini di riduzione del fabbisogno energetico degli edifici con conseguente riduzione delle emissioni di gas serra in atmosfera.

Tali superfici vegetate, attraverso l'evapotraspirazione, convertono una certa quantità di energia solare in calore latente, a discapito dell'aumento della temperatura dell'aria che si avrebbe in caso di superfici non vegetate.

Negli ultimi decenni, in Italia, la crescita incontrollata di strade ed edifici nel paesaggio urbano ha riservato sempre meno spazio al verde, aumentando il fenomeno dell' "isola di calore". Questa è principalmente influenzata da:

- la progettazione urbana, che dà luogo alla geometria del "canyon" radiante;
- il calore emesso dalle attività antropiche;
- le proprietà fisiche dei materiali di cui sono fatti gli edifici e le strade.

La morfologia del tessuto urbano aumenta l'accumulo termico durante le ore diurne e riduce gli scambi termici con le zone circostanti; nelle ore notturne, invece, la

radiazione ad infrarossi proveniente dagli edifici e dalle strade non viene dispersa verso l'atmosfera sovrastante in quanto resta "intrappolata" (a causa delle molteplici riflessioni di cui è oggetto) nelle superfici circostanti che compongono il "canyon" urbano. Di conseguenza, la temperatura dell'aria in ambiente urbano si mantiene più alta rispetto a quella della campagna circostante.

Come è noto, più basso è il coefficiente di riflessione di una superficie (albedo), maggiore sarà la quantità di radiazione solare assorbita dalla superficie stessa. Mentre, più basso è il coefficiente di emissività di una superficie, minore sarà la quantità di energia solare assorbita che verrà rilasciata dalla superficie sotto forma di radiazione infrarossa.

La presenza di componenti nell'involucro edilizio, che sono caratterizzati da bassi valori nei coefficienti di albedo e di remissività, provoca una temperatura superficiale elevata, sia degli edifici e delle strade e, di conseguenza, dell'aria circostante.

In relazione alla necessità di limitare l'intensità dell'effetto "isola di calore" urbano, sulla base di quanto esposto in precedenza, tre percorsi possono essere perseguiti:

- agendo sul tessuto urbano;
- agendo sulle attività antropiche che generano calore all'interno delle città;
- agendo sulle superfici di edifici e di strade.

Per quanto riguarda l'ultimo punto, si può dire in termini generici, che tetti verdi e pareti verdi raffreddano il microclima circostante e producono un risparmio energetico importante per il raffreddamento degli edifici, variabile dal 25 al 35 %.

In fatti, in tutto il mondo si costruiscono edifici "verdi", con fabbisogno energetico ridotto, mentre, attualmente, nel nostro Paese, l'uso di coperture a verde, funzionali al risparmio energetico, non trova diffusione se non in casi isolati di edifici di rappresentanza.

Si tratta di generalmente di sistemi messi a punto o brevettati in altri paesi europei e per altre condizioni climatiche ed ambientali, difficilmente proponibili in ambiente mediterraneo

Nei nostri ambienti le coperture a verde possono intervenire in maniera determinante sul bilancio energetico dell'edificio, contribuendo alla riduzione dei carichi termici, particolarmente di quelli estivi, che, alle nostre latitudini, rappresentano un contributo significativo alla bolletta energetica stagionale.

Inoltre, l'adozione di siffatti componenti a verde produce anche l'effetto positivo di migliorare le proprietà di trasmittanza termica dell'involucro edilizio, ricollocando l'immobile così in classi di qualità più elevata nei riguardi della direttiva europea sulla efficienza energetica degli edifici ("certificazione energetica degli edifici").

I tetti verdi, inoltre, svolgono altre ed importanti funzioni tra cui:

- proteggono il tetto dalle sollecitazioni termiche e meccaniche prolungandone la durata dell'intera struttura e riducendo i rischi di danno;
- riconducono l'acqua piovana al naturale ciclo dell'acqua;
- aumentano il valore estetico degli edifici e migliorano la qualità dell'ambiente nelle città;
- influiscono positivamente sul clima delle città;
- filtrano l'aria e attutiscono i rumori.

### **2.1.2.3. La norma UNI 11235 del 2007 e le diverse tipologie di verde pensile**

Le regole di progettazione delle coperture a verde, che finora erano state lasciate all'iniziativa delle singole aziende produttrici/installatrici, sono state puntualizzate, codificate e raccolte in un'unica norma nazionale: la UNI 11235 del 2007 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde".

Tale norma definisce le regole di progettazione, esecuzione, manutenzione e controllo di coperture a verde, con elemento di tenuta realizzato con membrane bituminose, in poliolefine o in polivinilcloruro, in funzione delle particolari situazioni di destinazione d'uso, di contesto climatico e edilizio.

A livello internazionale esistevano già delle linee guida per questo settore ma, pur costituendo un'utile base di riferimento, non sono del tutto applicabili alla situazione climatica, edile e culturale italiana.

Con la norma UNI 11235, partendo dall'insieme delle linee guida di altre nazioni e di esperienze italiane e, in coerenza con la normativa europea esistente, consente di mettere a disposizione di tutti gli operatori del settore (progettisti, direttori lavori,

collaudatori, produttori, applicatori delle opere o manutentori) informazioni oggettive e strutturate.

Innanzitutto, secondo la norma sono definite due tipologie di tetto verde, diverse per il peso della struttura, il tipo di vegetazione scelto e i costi di manutenzione, si distinguono:

- Copertura a verde estensivo: sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali in cui sono poste, richiedente minimi interventi di manutenzione. Le essenze vegetali sono caratterizzate da una elevata capacità di insediamento, efficienza riproduttiva, frugalità, resistenza agli stress idrici e termici, sia invernali sia estivi. Lo spessore del substrato di questa copertura può variare tra i 5 e i 10 cm e accoglie solo piante erbacee. Il peso di questa tipologia di sistema può variare tra i 75 e i 150 kg/mq.

- Copertura a verde intensivo: sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali in cui sono poste, pur con il necessario ausilio di una manutenzione di intensità media o alta, in funzione delle associazioni di essenze vegetali. Lo spessore dello strato di coltura è piuttosto ridotto per la presenza di terricci particolari alleggeriti, ma il tipo di piante rende questa tipologia sicuramente più pesante della copertura estensiva. A seconda delle piante scelte, il peso complessivo si può aggirare tra i 150-170 kg/m<sup>2</sup>, ma può arrivare fino a 200-300 kg/m<sup>2</sup> per quanto riguarda il verde intensivo leggero. Esiste poi un altro tipo di copertura intensiva, chiamata pesante, appunto, ove il substrato colturale risulta spesso 50 cm e le essenze vegetali utilizzate sono alberi e grandi arbusti e quindi il peso arriva intorno ai 600 kg/m<sup>2</sup>.

#### **2.1.2.4. Componenti di un sistema a verde estensivo**

Negli ultimi decenni i sistemi e i materiali per la costruzione del verde pensile si sono evoluti parallelamente alle esigenze tecnico-costruttive in edilizia, tenendo conto di diversi aspetti:

- l'ottimizzazione del rapporto costi-benefici;
- la sicurezza;

- la facilità e velocità di posa,
- la reperibilità e qualità dei materiali
- il costo di costruzione e di manutenzione.

Il sempre maggiore riconoscimento delle prestazioni fornite dal verde pensile come strumento di mitigazione e compensazione ha permesso che le tecnologie si siano evolute, con il supporto della sperimentazione e della ricerca, per il conseguimento delle massime prestazioni ambientali.

Esistono in sul mercato tecnologie moderne che possono essere utilizzate per il verde pensile. Alcuni preferiscono fare riferimento a dei “sistemi” veri e propri, ben identificati commercialmente.

L’importante è perseguire l’ottimizzazione degli aspetti precedentemente descritti. In tal senso l’applicazione del Codice di Pratica UNI fornisce un importante aiuto.

Quasi tutti i sistemi moderni si basano sull’applicazione di stratificazioni. I vari sistemi e le diverse tecnologie attualmente impiegate devono riprodurre, in linea di principio, una stratificazione composta da diversi elementi, come sotto indicato oltre, naturalmente, all’elemento di supporto strutturale (soletta, copertura) e all’elemento di tenuta (impermeabilizzazione) che rappresentano la superficie di posa per il verde pensile.

Una generica stratificazione prevede alcuni elementi principali che sono:

1. strato antiradice (integrato o meno) e strato d’accumulo e protezione meccanica
2. strato drenante
3. strato filtrante/di accumulo idrico,
4. substrato di vegetazione,
5. accessori (per il drenaggio e l’irrigazione),
6. vegetazione.

#### Strato antiradice

Questo strato è generalmente costituito da una membrana bituminosa o da un tessuto-non tessuto agugliato che hanno la funzione di contenere la notevole aggressività che gli apparati radicali delle piante, in genere, presentano nei confronti degli elementi costruttivi.

Il problema può venir affrontato anche selezionando delle specie che non abbiano un apparato radicale troppo profondo e aggressivo, tuttavia questa selezione può venir effettuata solo per via sperimentale in quanto al momento non sono stati effettuati degli studi abbastanza approfonditi sugli apparati radicali, correlati alla sistematica vegetale.

### Strato drenante

Questo strato rappresenta il cuore dei vari sistemi e la sua corretta realizzazione determina in gran misura il buon risultato e la durata dell'inverdimento.

Le funzioni dello strato drenante sono essenzialmente cinque:

- drenaggio delle acque piovane e di irrigazione in eccesso;
- accumulo e riserva di acqua per la vegetazione;
- aerazione degli apparati radicali;
- protezione aggiuntiva delle stratificazioni di impermeabilizzazione;
- elemento di supporto per pavimentazioni, percorsi pedonali e strutture di arredo.

Tale strato può essere realizzato sia in materiale sciolto (lava, pomice, ardesia o argilla espansa, ecc.) sia in pannelli preformati ( polietilene, polistirolo, gomma, ecc.).

### Strato filtrante/di accumulo idrico

Lo strato filtrante/di accumulo ha due funzioni principali:

1. filtrare l'acqua evitando che particelle di substrato scendano negli strati sottostanti determinando fenomeni di saturazione;
2. costituire una riserva d'acqua gradualmente disponibile per gli apparati radicali delle piante nei momenti di maggiore stress idrico.

Inoltre questo strato costituisce un ulteriore protezione all'impermeabilizzazione sottostante da danni e sollecitazioni meccaniche derivanti dal calpestamento.

Nei climi continentali, questo strato ha la funzione principale di filtraggio, mentre nei climi mediterranei, è fondamentale che questo strato sia in grado di costituire una riserva idrica per le piante.

Dunque, a seconda dell'ambiente climatico, per questo strato, cambiano la tecnologia costruttiva della copertura e l'uso dei materiali.

Negli ambienti umidi, tale strato è rappresentato da un tessuto-non tessuto agugliato, mentre in ambiente mediterraneo è realizzato con materassini o sacchi di tessuto-non-

tessuto contenenti un substrato inerte di perlite o altro materiale, disponibile in diverse granulometrie, scelte in funzione dei requisiti di accumulo idrico e di capacità drenante. Lo spessore di questo tipo di elemento è compreso da un minimo di 4 cm a 15 cm.

### Substrato di vegetazione

Come substrato per giardini pensili non possono essere utilizzati i normali substrati per giardinaggio né terreno di coltivazione. I substrati per verde pensile devono avere particolari caratteristiche, tra cui, principalmente, di consentire uno sviluppo costante nel tempo della vegetazione in condizioni climatiche avverse senza comportare alti costi di manutenzione.

Un substrato per verde pensile deve dunque possedere:

- peso ridotto anche in massima saturazione idrica,
- elevata capacità drenante a massima saturazione idrica,
- bilanciato rapporto aria/acqua a massima saturazione idrica,
- buona capacità di ritenzione idrica,
- struttura fisica e chimica stabile,
- ottima resistenza al gelo,
- ridotto compattamento nel tempo,
- assenza di semi di infestanti,
- non formare fango a massima saturazione idrica e durante eventi meteorici.

Questi substrati sono costituiti da una frazione minerale ed una organica; di grande rilievo sono le caratteristiche chimiche finali del substrato come la salinità, il pH, la capacità di adsorbimento e il potere tampone.

L'impiego di substrati non adatti comporta già a breve termine seri inconvenienti:

- compattamento e conseguente asfissia radicale,
- sbilanciamento nel rapporto aria/acqua,
- peso elevato del sistema in condizioni di massima saturazione idrica,
- perdita della capacità drenante,
- scompensi nella disponibilità di sostanze nutritive,
- sviluppo di patologie.

La parte minerale rappresenta una percentuale in volume del substrato compresa tra il 50% ed il 90%; i materiali normalmente impiegati nella miscelazione sono costituiti da materiali vulcanici quali lava e pomice.

Di particolare interesse, in sostituzione o integrazione con questi materiali, è l'impiego del laterizio riciclato, proveniente dalla demolizione di fabbricati, in modo particolare dalle coperture. Si tratta di materiale granulare prodotto con laterizi selezionati, frantumati, arrotondati e vagliati. Il prodotto ottenuto, oltre ad avere caratteristiche fisiche e chimiche equiparabili o migliori rispetto ai materiali vulcanici, presenta innegabili vantaggi per la salvaguardia dell'ambiente in quanto evita l'approvvigionamento di materiale in cave e offrendo, invece, interessanti possibilità per il riutilizzo di un materiale pregiato.

#### Accessori per il drenaggio e l'irrigazione

Poiché la prestazione di un tetto verde è dipendente ed in parte proporzionale all'apporto artificiale di acqua, bisogna analizzare, a seconda dell'ambiente in cui si opera, la necessità di dotare il tetto di un impianto irriguo.

A seconda dei casi (dimensioni dell'impianto, tipo di committenza), si possono utilizzare impianti fissi o mobili per aspersione. Questo tipo di irrigazione è soggetto però a diversi sprechi dovuti a perdite per l'azione del vento e l'evaporazione durante l'intervento irriguo.

Un sistema di irrigazione più adatto sarebbe di microirrigazione che fornisca piccole quantità di acqua con elevata frequenza, in vicinanza dell'apparato radicale delle stesse piante. Questo viene solitamente realizzato utilizzando dei "gocciolatori" localizzati alla base di ogni pianta lungo i filari.

Tuttavia il verde pensile prevede una distribuzione continua della vegetazione che mal si adatta ad una irrigazione discreta e puntiforme, pertanto i vantaggi in termini di efficienza del sistema potrebbero essere annullati o superati dal costo per la realizzazione di una rete molto fitta di ali gocciolanti.

#### Vegetazione

I sistemi moderni per il verde pensile, con l'integrazione, ove necessario, di idonei impianti d'irrigazione di soccorso e/o mantenimento, sono in grado di fornire alla vegetazione adeguate condizioni di sviluppo.

Benché a tutti gli effetti non esistano limiti invalicabili nella scelta delle specie, bisogna tenere ben presente che il senso del verde pensile estensivo è di fornire una serie di benefici a prezzi relativamente ridotti. Siccome molti benefici sono correlati strettamente alle specie utilizzate, ma il ricreare le condizioni adatte alla loro vita può richiedere in taluni casi costi anche molto elevati, è sensato restringere l'utilizzo delle specie per il verde pensile estensivo a quelle che riescono a massimizzare i vantaggi proporzionatamente a delle spese comunque più contenute possibili.

Dunque la scelta deve ricadere su essenze vegetali rustiche, in grado di sopportare le condizioni estreme del sistema a verde pensile.

### **2.1.3. Piante per il verde pensile estensivo: caratteristiche utili in ambiente mediterraneo**

L'osservazione del comportamento delle piante in natura, specie in condizioni difficili, è molto utile per orientarsi nelle scelte d'impianto di una copertura a verde in ambiente mediterraneo.

Ciò è vero, sebbene, le condizioni ambientali cui il sistema a verde dà luogo sono meramente artificiali, in relazione soprattutto all'impermeabilizzazione verso il basso e al substrato colturale, generalmente costituito da inerti. Le altre condizioni che contraddistinguono la stazione tetto sono:

- ridotti spessori del substrato colturale;
- forte insolazione;
- aridità;
- povertà di nutrienti;
- presenza di inquinanti.

Dunque, la scelta delle piante deve ricadere su essenze vegetali capaci di sopravvivere ed esprimersi in condizioni avverse, in stazioni calde e periodicamente asciutte.

Tra le piante mediterranee, per esempio, le xerofite posseggono una serie di adattamenti per poter insediarsi e vivere in substrati aridi e ambienti permeati da un'atmosfera secca e temperature elevate.

Tali adattamenti sviluppati sotto l'aspetto morfologico o fisiologico, hanno lo scopo di limitare l'impatto del deficit di umidità, rallentando la traspirazione e le perdite d'acqua per evaporazione dai tessuti, oppure di attivare meccanismi fisiologici che permettono la sopravvivenza in condizioni critiche per tempi anche molto lunghi.

I principali adattamenti xerofitici, di tipo morfologico, riguardano gli apparati fogliare e radicale.

Circa l'apparato fogliare, il portamento xerofitico è in generale finalizzato a ridurre il LAI (Leaf Area Index, indice di area fogliare) e, di conseguenza, la superficie fogliare traspirante con una serie di modifiche:

- elevato spessore fogliare;
- foglie orientate permanentemente in verticale imbricate o modificate in aculei;
- cuticola cerosa;
- colore argenteo per di riflettere i raggi solari
- stomi più piccoli e spesso affossati per diminuire la fotosintesi
- presenza di sostanze dal basso potere nutritivo, olii essenziali

Poste nelle condizioni ambientali del sistema a verde altre piante intensificherebbero la traspirazione senza la compensazione da un adeguato assorbimento idrico da parte delle radici, andando incontro all'appassimento temporaneo e, infine, all'avvizzimento

Gli adattamenti dell'apparato radicale delle piante:

- profondità dell'apparato principale,
- fitto capillizio superficiale
- velocità di sviluppo nelle giovani piantine
- rapporti simbiotici.

Questi adattamenti si accompagnano, in genere, ad un particolare habitus delle xerofite, tipicamente rappresentate da piante con sviluppo ridotto ed internodi raccorciati.

Tale tipo di sviluppo crea le condizioni per una minore esposizione delle piante all'azione del vento e dell'insolazione, attenuando nel complesso quei fattori che intensificano la traspirazione.

L'accorciamento degli internodi è una condizione che favorisce la formazione, all'interno della chioma, di un microambiente che rallenta la dispersione del vapore acqueo nell'atmosfera, creando un gradiente di umidità fra fillosfera e atmosfera: una chioma compatta, determinata dalla fitta ramificazione e dall'accorciamento degli

internodi, ostacola la ventilazione al suo interno facendo in modo che si crei, in prossimità delle foglie una zona d'aria meno secca rispetto allo spazio aperto. La chioma compatta determina inoltre un maggiore ombreggiamento all'interno della chioma, riducendo il peso dei fattori che favoriscono l'evapotraspirazione.

Tra le xerofite, vi sono le piante tipiche degli ambienti aridi o desertici delle regioni temperate calde e di quelle tropicali. Queste presentano adattamenti più evidenti del fusto e dei rami, che presentano un tessuto parenchimatico, detto parenchima acquifero, in grado di accumulare riserve d'acqua. Questa proprietà è dovuta alla presenza di mucillagini nei vacuoli, che hanno la proprietà di richiamare e trattenere cospicue quantitativi d'acqua.

Le piante che mostrano questo adattamento sono comunemente chiamate piante succulente o piante grasse per la consistenza carnosa e l'elevato tenore in acqua del fusto o delle foglie. Queste piante si riscontrano, in particolare, nelle famiglie delle Cactaceae, delle Euphorbiaceae e delle Crassulaceae,

Gli adattamenti fisiologici sono in generale meno evidenti di quelli morfologici, ma possono rappresentare in taluni casi la più alta espressione di adattamento xerofitico, questi, in sintesi, sono:

- Riduzione del ciclo biologico. La concentrazione dell'attività vegetativa e della prima fase dell'attività riproduttiva nei periodi più favorevoli permette alle piante di superare annualmente le difficoltà della stagione secca. Ad esempio negli ecosistemi mediterranei, la pianta svolge il suo ciclo vegetativo durante le stagioni più fresche, con la massima attività in primavera e attraversa un periodo di riposo vegetativo in estate, riprendendo l'attività eventualmente in autunno. La riproduzione può completarsi all'inizio dell'estate oppure in autunno, ma in genere si svolge nel corso della primavera.
- Regolazione attiva delle aperture stomatiche. Le piante xerofile hanno in generale la proprietà di regolare attivamente l'apertura degli stomi modificando lo stato di turgore delle cellule di guardia. In condizioni di stress idrico, pertanto, chiudono gli stomi impedendo la fuoriuscita di vapore acqueo proveniente dall'evaporazione dell'acqua tissulare.
- Potenziale idrico nel terreno e nella foglia. Un meccanismo fisiologico di adattamento è quello che permette alle piante xerofile di acquisire un'elevata

efficienza nell'assorbimento radicale dell'acqua. Questo meccanismo raggiunge la sua massima espressione nelle alofite, piante adattate a vivere in condizioni estreme.

- La fotosintesi CAM (Crassulacean Acid Metabolism), attuata nelle Crassulaceae, nelle Cactaceae e in alcune specie di altre famiglie (es. Ananas, Agave, ecc.), è un adattamento xerofitico che consente lo svolgimento della fotosintesi anche con gli stomi chiusi. Nelle vie metaboliche ordinarie delle piante C3 e delle piante C4, infatti, la fotosintesi necessita dell'apertura degli stomi affinché si svolgano gli scambi gassosi (ingresso della CO<sub>2</sub> e uscita dell'O<sub>2</sub>). In caso di chiusura degli stomi, pertanto, le piante non svolgono la fotosintesi. Nelle piante a metabolismo CAM si svolge una via metabolica alternativa che rappresenta un'evoluzione adattativa del ciclo di Calvin, proprio delle piante C3. La fase luminosa e la fase buia sono infatti separate nel tempo: durante la notte la pianta apre gli stomi, permettendo l'ingresso della CO<sub>2</sub> che sarà fissata da un acido a tre atomi di carbonio (C3), prevalentemente l'acido malico, accumulato nei vacuoli. Durante il giorno, a stomi chiusi, gli acidi C4 accumulati nel corso della notte saranno metabolizzati nel ciclo di Calvin.

### **2.1.3.1. *Sedum* (Fam. Crassulaceae) siciliani come proposta per il verde pensile in ambiente mediterraneo**

Il genere *Sedum* è un genere di piante succulente e xerofile che comprende circa 600 specie. Appartengono alla famiglia delle Crassulaceae e sono originarie delle regioni sia fredde che temperate di tutto l'emisfero boreale. Alcune specie sono originarie del Messico o dell'America centrale, ma diffuse anche in Africa del Nord.

Nell'intero emisfero boreale sono presenti circa 140 accessioni di *Sedum*.

Nel Mediterraneo occidentale si ha la maggior percentuale di specie nella penisola iberica; nel Mediterraneo orientale si ha una prevalenza nella penisola balcanica.

In Italia si contano 34 specie spontanee crescono principalmente in ambienti rocciosi sia costieri che montani ma anche antropizzati (crepe di muri). Molte specie vengono coltivate nei giardini rocciosi, altre in vaso.

In Sicilia sono presenti 18 specie di *Sedum*, di cui 9 perenni e 9 annuali.

Si tratta di specie diffuse anche nella regione Mediterranea ed Eurosiberiana, presenti dunque, dall'Africa del Nord all'Europa Centrale ed Orientale, comprese le isole.

La maggior parte delle specie siciliane sono erbacee perenni a foglia persistente (*Sedum album*, *S. dasyphyllon*, *S. gypsicola*, *S. ocrholeucum*, *S. sediforme*), una sola ha foglie caduche (*S. amplexicaule* subsp. *tenuifolium*). Le piante di queste specie hanno fusti o talli striscianti e aspetto cespitoso, con un'altezza che va dai 15 ai 40-60 cm. Svolgono il loro ciclo vegetativo dall'inverno inoltrato fino all'inizio della primavera, epoca in cui iniziano fiorire. Solo in poche specie la fioritura si protrae in estate avanzata.

Le specie annuali sono: *S. stellatum*, *S. litoreum*, *S. caeruleum*, *S. rubens*, tra queste è annoverato anche *S. hispanicum* che però, nei nostri ambienti, mostra comportamento biennale o perennante.

I *Sedum* annuali hanno fusti ascendenti o ramosi ed un'altezza compresa tra i 3 e i 20 cm.

In generale, i *Sedum* si insediano, principalmente, su litosuoli e regosuoli, riscontrandosi in substrati di natura calcarea o gessoso-solfifera. Mostrano indole pioniera, crescendo anche in ambienti rocciosi, dove prendendo parte alle comunità vegetali rupicole, e in ambienti sinantropici, su vecchi muri, sfabbricidi, ruderi.

Ai fini della presente ricerca, si sono intraviste nei *Sedum* siciliani alcune potenzialità da valorizzare ai fini di un loro impiego nel verde pensile in ambiente mediterraneo. Tra queste emergono:

- capacità di vivere su spessori ridotti di substrato e poveri di nutrienti,
- resistenza alla aridità,
- elevata capacità pioniera e di propagazione,
- basse esigenze di manutenzione,
- economicità d'acquisto.

Alcune specie in particolare, potrebbero mostrare, inoltre:

- effetto ricoprente rapido
- capacità di competere con le erbe infestanti
- resistenza ai parassiti
- buon valore estetico e paesaggistico, duraturo nel tempo.

### **3.SCOPO DELLA RICERCA**

La presente ricerca scaturisce dall'interesse che in Italia, nell'ultimo decennio, viene riservato al verde urbano, con particolare riferimento alla funzione di mitigazione ambientale che a questo viene ormai riconosciuto.

In città, non trascurando l'effetto estetico, la presenza del verde contribuisce a limitare gli effetti del clima attraverso l'aumento dell'evapotraspirazione e a svolgere un'azione mitigatrice nei confronti della cosiddetta "isola di calore", cioè la differenza positiva che si ha tra la temperatura del centro cittadino e quella della campagna circostante.

Le attività antropiche, inoltre, che si avvalgono per lo più dell'uso di fonti energetiche non rinnovabili, liberano nell'atmosfera ingenti quantità di gas serra, provocando, com'è ormai noto, una serie di squilibri climatici.

Per mitigare l'aumento della temperatura urbana si può agire sia riducendo le immissioni di calore in atmosfera che limitando l'uso di risorse non rinnovabili.

Per questi ed altri scopi, in tutto il mondo si costruiscono edifici "verdi" con fabbisogno energetico ridotto in cui, particolari sistemi di coperture a verde, svolgono un importante ruolo ambientale ed ecologico.

Questi tipi di copertura, intervenendo in maniera determinante sul bilancio energetico dell'edificio, possono portare a sensibili riduzioni dei carichi termici, particolarmente di quelli estivi e a sensibili riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub> e di altri gas serra.

Attualmente, nel Meridione d'Italia, l'uso di coperture a verde, funzionali al risparmio energetico, non trova diffusione, se non in casi isolati di edifici di rappresentanza.

Si tratta generalmente di sistemi messi a punto o brevettati in altri Paesi europei e per altre condizioni climatiche, difficilmente proponibili in ambiente mediterraneo e ancora caratterizzati da costi elevati.

Perché tali sistemi si diffondano nell'area mediterranea, occorre una sperimentazione che, con un approccio multidisciplinare, riguardi vari aspetti, quali: i consumi idrici, il tipo di drenaggio, i materiali, le essenze vegetali ecc.

In particolare, alle nostre latitudini, la scelta delle specie vegetali, dovrebbe ricadere sulle piante mediterranee, capaci di tollerare diversi tipi di stress tipici degli ambienti

difficili e marginali (forte insolazione, periodi siccitosi più o meno prolungati, elevati contenuti di sali nel substrato, scarsa disponibilità di nutrienti ecc.).

Sulla base delle esperienze sviluppate in Italia ed in Europa, tra le essenze vegetali più ricorrenti per realizzare coperture a verde a bassa manutenzione, emergono le Crassulaceae. Tra queste spiccano specie e varietà di *Sedum* che, per rusticità e indole pioniera, presentano buone *performance* nel verde pensile.

Con la presente ricerca si è voluto indagare sulle potenzialità di alcune specie afferenti al contingente siciliano dei *Sedum* per un loro impiego in sistemi di coperture a verde estensivo finalizzate al risparmio energetico, proponibili in ambiente mediterraneo.

## 4. ARTICOLAZIONE DELLE ATTIVITA' DI RICERCA

Al fine di valutare le possibilità di impiego di *Sedum* (Fam. Crassulaceae) siciliani in sistemi di coperture a verde estensivo per il meridione d'Italia, le attività sperimentali, condotte per più di un biennio, sono state articolate come descritto di seguito.

### 1. INDAGINI PRELIMINARI SUI *SEDUM* SICILIANI

Un'indagine conoscitiva sui *Sedum* presenti in Sicilia è stata svolta con il supporto del Dipartimento di Scienze Botaniche dell'Università degli Studi di Palermo con lo scopo di conoscere le principali caratteristiche morfologiche e fenologiche delle specie e di individuarne un gruppo dotate di potenzialità utili ai fini della ricerca.

Durante questi studi svolti in natura, è stato raccolto materiale di propagazione riferibile a specie perenni e annuali di *Sedum* L., che è stato introdotto presso le strutture del CRA - Unità di Ricerca per il Recupero e la Valorizzazione delle specie floricole mediterranee di Bagheria (PA), per la costituzione di un campo di germoplasma da cui attingere per le successive attività di ricerca.

### 2. PROVA A - MOLTIPLICAZIONE DI *SEDUM* SPP.

A partire dal materiale introdotto presso il CRA-SFM di Bagheria (PA), è stata messa a punto una prova di propagazione dei *Sedum* siciliani perenni finalizzata a definirne la migliore epoca di moltiplicazione, il tipo di espianto più idoneo, il substrato più adatto.

### 3. PROVA B - “SEMINA DI UN TAPPETO DI *SEDUM*” A DIVERSA DENSITÀ D'IMPIANTO

Questa prova è stata sviluppata con lo scopo di determinare alcuni fattori chiave per la diffusione del verde pensile nei nostri ambienti, quali: i tempi di collaudo della copertura vegetale, la densità di impianto (detta “semina”), le esigenze idriche e manutentive ecc. di un tappeto di *Sedum sediforme*.

Questi obiettivi sono raggiunti attraverso due fasi:

- *FASE 1: Determinazione della capacità di radicazione di talee di Sedum sediforme dopo la “semina”.*
- *FASE 2: Determinazione della percentuale di copertura del Sedum sediforme e tempi di riferimento.*

#### **4. PROVA C - Applicazione di *Sedum* siciliani in sistemi di coperture a verde estensivo.**

Sulla base dei risultati ottenuti dalle precedenti attività sperimentali, si è proceduto all'applicazione di alcune specie di *Sedum* siciliani nel verde pensile, con lo scopo di valutare i tempi di copertura dei *Sedum* e di mettere a punto una tecnica di gestione da proporre agli addetti di settore.

## 5. MATERIALI E METODI

### 5.1 INDAGINI PRELIMINARI SUI *SEDUM* SICILIANI

La presente ricerca ha avuto inizio con un approfondito studio delle fonti bibliografiche sulle specie afferenti al contingente siciliano dei *Sedum*. Queste sono identificate dal punto di vista tassonomico, come mostra la Figura 1.

Sulla scorta delle informazioni acquisite, a partire da febbraio 2009, sono state effettuate una serie di escursioni in natura mirate a definire alcune stazioni di riferimento per l'osservazione dei *Sedum in situ* e per il prelievo di germoplasma da introdurre ed avviare alle attività di osservazione e ricerca.

Tali stazioni sono state scelte tenendo conto di diversi parametri stazionali (altitudine, esposizione, suolo, pendenza ecc.) e del grado di diffusione delle popolazioni.

Le località delle stazioni di riferimento delle specie sono riportate in tabella 1.

**Tabella 1. Località siciliane individuate per lo studio dei *Sedum* spp.**

| <b>Specie</b>                                                        | <b>Località - Provincia</b>              |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <i>Sedum album</i> L                                                 | Monte Quacella (PA)                      |
| <i>Sedum amplexicaule</i> subsp. <i>tenuifolium</i><br>(Sm.) Greuter | Monte Quacella (PA)                      |
| <i>Sedum caeruleum</i> L.                                            | Gratteri (PA)                            |
| <i>Sedum gypsicola</i> Boiss. & Reut                                 | Rocca di Entella (PA)                    |
| <i>Sedum hispanicum</i> L.                                           | Isnello (PA)                             |
| <i>Sedum. dasyphyllum</i> var. <i>dasyphyllum</i>                    | Capo Zafferano (PA)                      |
| <i>Sedum dasyphyllum</i> var. <i>glanduliferum</i>                   | Solunto (PA)                             |
| <i>Sedum litoreum</i> Guss.                                          | Marettimo (TP)                           |
| <i>Sedum ochroleucum</i> Chaix                                       | Torre Salsa (AG) - Rocca di Entella (PA) |
| <i>Sedum rubens</i> var. <i>rubens</i>                               | Collesano (PA)                           |
| <i>Sedum stellatum</i> L.                                            | Monte Catalfano (PA)                     |
| <i>Sedum sediforme</i> L.                                            | Monte Catalfano (PA)                     |

## Figura 1 Inquadramento sistematico del genere *Sedum* in Sicilia

### Genere *Sedum* L.

Serie *Aithales* (Webb & Berthel.) 't Hart

*Sedum hispanicum* L., Cent. Pl. 1: 12 (1755)

*Sedum rubens* L., Sp. Pl.: 432 (1753)

*S. rubens* var. *rubens*

*S. rubens* var. *cosyrensis* Sommier, Fl. Pantelleria: 37 (1922)

Serie *Alba* A. Berger

*Sedum album* L., Sp. Pl.: 432 (1753)

*Sedum gypsicola* Boiss. & Reut. in Biblioth. Universelle Genève 38: 205 (1842)

Serie *Dasyphylla* 't Hart

*Sedum dasyphyllum* L., Sp. Pl.: 431 (1753)

*S. dasyphyllum* var. *dasyphyllum*

*S. dasyphyllum* var. *glanduliferum* (Guss.) Nyman, Consp. Fl. Eur.: 263 (1879)

Serie *Propontica* A. Berger

*Sedum stellatum* L., Sp. Pl.: 431 (1753)

*Sedum litoreum* Guss., Pl. Rar.: 185 (1826)

*Sedum caeruleum* L., Mant. Pl. Alt.: 241 (1771)

Serie *Rupestria* A. Berger

*Sedum sediforme* (Jacq.) Pau in Actas Mem. Prim. Congr. Nat. Esp. Zaragoza: 246 (1909)

*Sedum amplexicaule* DC. In Mém. Agric. Soc. Agric. Dép. Seine 11: 12 (1808)

*S. amplexicaule* subsp. *tenuifolium* (Sm.) Greuter in Wildenowia 11: 277

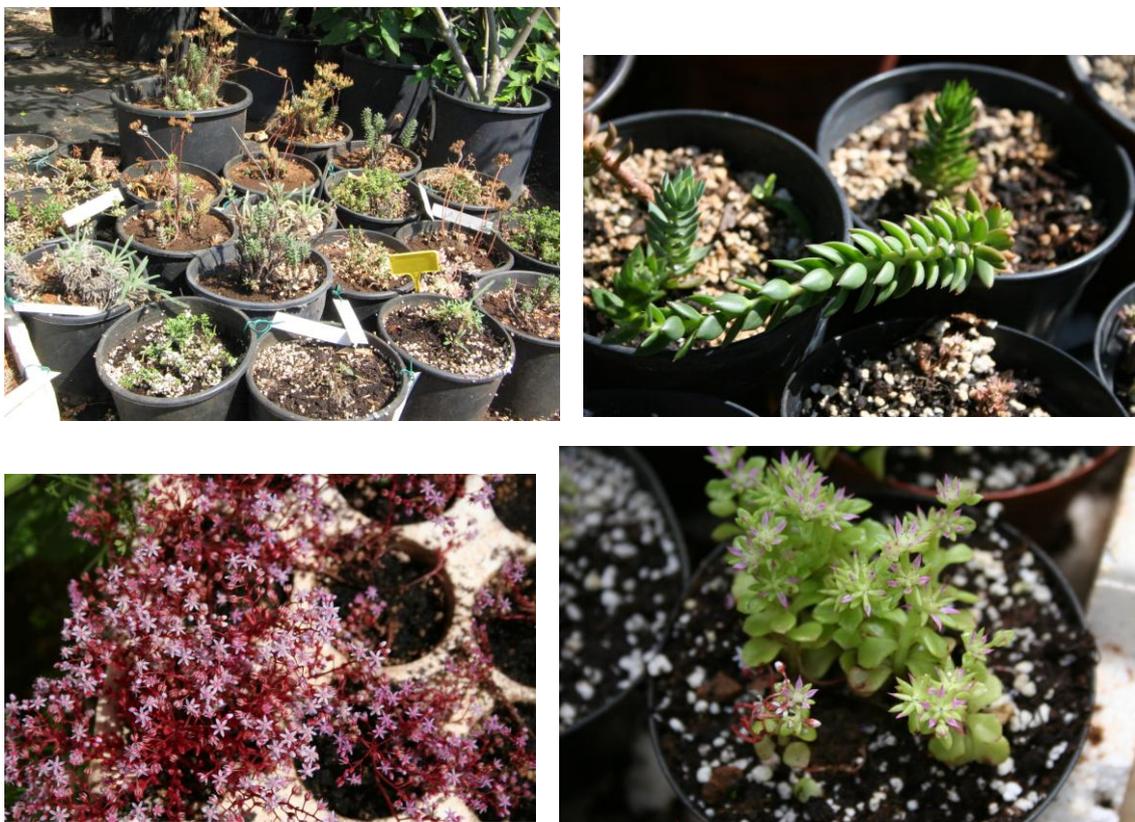
*Sedum ochroleucum* Chaix in Vill., Hist. Pl. Dauph. 1: 325 (1786)

Ai fini degli studi, quando la consistenza della popolazione lo consentiva, veniva osservato, circa il 50% degli individui scelti a caso, registrando su un'apposita scheda i dati relativi ai principali parametri:

- morfologici (altezza, tipo di fusto; tipo di foglie; infiorescenza)
- fenologici (durata fioritura, ciclo vegetativo, maturazione semi),
- ecologici (substrato, associazione vegetale),

**Figura 2. Alcune specie di *Sedum* introdotte presso il CRA-SFM di Bagheria (PA).**

**Da sx: *S. ochroleucum* e *S. gypsicola*, *S. sediforme*, *S. caeruleum* e *S. stellatum*.**



Per ogni specie, durante l'intero arco dell'anno, si procedeva al prelievo di parti di pianta per una più accurata identificazione tassonomica; a tale scopo, inoltre, sono stati utilizzati i sistemi identificativi sistematici più diffusi nonché il confronto con i campioni d'erbario custoditi presso il Dipartimento di Scienze Botniche dell'Università degli Studi di Palermo.

Durante le escursioni, due volte l'anno (primavera e autunno), veniva prelevato materiale di propagazione, che, in relazione alla specie, era rappresentato da fusti o da cespi, al fine di introdurre le specie in coltivazione presso il CRA - Unità di Ricerca per il Recupero e la Valorizzazione delle specie floricole mediterranee di Bagheria (PA) ed avviare le attività di propagazione e le successive prove sperimentali ( Figura 2).

Le indagini effettuate in natura, corredate dalle informazioni bibliografiche e completate da alcune osservazioni preliminari svolte *ex situ* hanno consentito di fare uno *screening* delle principali caratteristiche morfologiche, fenologiche e auto ecologiche delle specie di *Sedum* introdotte, potendo, così, individuarne un gruppo dotate di potenzialità utili ai fini della ricerca e sulle quali concentrare le successive attività.

### **5.1.1. Screening varietale di *Sedum* spp.**

#### **5.1.1.2. Valutazione dell'attecchimento di specie perenni di *Sedum* spp.**

Con materiale di propagazione raccolto in natura, in primavera, dalle specie perenni di *Sedum* è stata effettuata una prova preliminare di propagazione finalizzata ad acquisire le prime informazioni sulla capacità di attecchimento delle specie e dunque concentrare le successive attività sperimentali su quelle che avrebbero mostrato le potenzialità migliori.

La prova si è svolta presso il CRA-SFM di Bagheria (PA), dove, talee di *Sedum album* subsp. *album*, *S. gypsicola*, *S. dasyphyllum*, *S. sediforme*, *S. amplexicaule* subsp. *tenuifolium*, *S. ochroleucum*, *S. hispanicum*, lunghe 4-5 cm, sono state poste in un ambiente dedicato, con temperatura media di 22°C e umidità relativa inferiore al 40%; al fine di ottenere la parziale deidratazione dei tessuti. Dopo cinque giorni, le talee sono state poste a radicare, senza l'utilizzo di ormone, in contenitori alveolari di polistirene, sistemati in un bancale in cemento con doppio strato di film di tessuto-non tessuto e PE trasparente, fornito d'impianto di nebulizzazione che erogava acqua nebulizzata, attraverso una centralina temporizzata di programmazione e controllo, per mantenere l'umidità (U.R.) a valori compresi tra il 50 e il 60%.

I bancali erano situati all'interno di una serra fredda coperta con PMMA ed ombreggiata con rete al 50% di riduzione dell'intensità luminosa (Figura 3).

I rilievi periodici hanno interessato: la percentuale di radicazione dopo 15 e dopo 30 giorni dal trapianto.

Le talee radicate sono state ripicchettate in contenitori in polistirolo delle dimensioni di 30 x 50 cm ed avviate alle successive attività di screening.

**Figura 3. La serra di propagazione del CRA-SFM a Bagheria (PA).**



### **5.1.1.3 Valutazione della capacità di copertura di specie perenni di *Sedum* spp.**

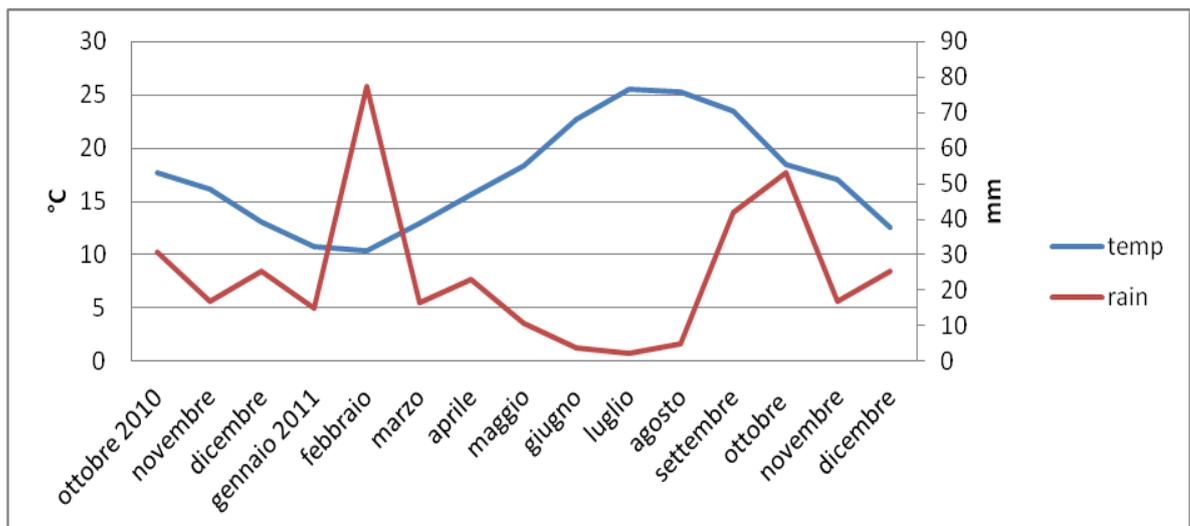
Le talee radicate di *Sedum* ottenute dalle attività precedenti sono state poste in contenitori in polistirene delle dimensioni di 0,5 m<sup>2</sup>, in pien'aria. L'impianto è stato realizzato ponendo 30 talee m<sup>2</sup>. Come substrato è stata utilizzata una miscela di terriccio, sabbia e terreno, con uno spessore di 8-10 cm.

Dopo l'impianto le talee sono state irrigate apportando 5 l/m<sup>2</sup> di acqua.

Durante la prova e, per il resto delle attività di ricerca, sono stati rilevati i dati termo pluviometrici del periodo di riferimento attraverso apposita capannina meteo ubicata all'interno dell'azienda sperimentale del CRA-SFM di Bagheria (Figura 4).

Trenta giorni dopo l'impianto, sono stati rilevati ad intervalli regolari il diametro e l'altezza delle piante, espressi in cm.

**Figura 4- Andamento termo-pluviometrico medio registrato durante le prove condotte in pien'aria presso il CRA-SFM di Bagheria (periodo 2010/11).**



## 5.2. PROVA A - MOLTIPLICAZIONE DI *SEDUM* SPP.

Quattro specie di *Sedum* che hanno mostrato le migliori *performance* nello *screening* preliminare sono state avviate allo svolgimento di prove di propagazione.

Fusti e talee di *Sedum* spp., raccolti in natura sia in primavera che in autunno, sono stati preparati alla moltiplicazione presso idonee strutture del CRA-SFM di Bagheria. Liberato dalle impurità, il materiale, afferente alle specie di *Sedum album* subsp. *album*, *Sedum hispanicum* L., *Sedum ochroleucum* Chaix, *Sedum sediforme* (Jacq.) è stato tagliato in porzioni di circa 10 cm e posto all'interno di vaschette di plastica e avviato ad una fase di deidratazione dei tessuti variabile dai sette ai quindici giorni, in funzione della specie e della stagione. La temperatura ambiente veniva mantenuta al di sotto di 20°C e l'umidità relativa inferiore al 40%. Il materiale veniva rimescolato ogni 2-3 giorni per assicurare uniformità di trattamento, favorire una migliore aerazione e conseguente deidratazione dei tessuti, nonché valutarne lo stato sanitario.

Successivamente, le talee, distinte per specie, sono state avviate ad una prova di propagazione (Prova A) finalizzata a definire per ognuna delle specie: la migliore epoca di moltiplicazione, il tipo di espianto più idoneo, il substrato più adatto.

In particolare, per *Sedum sediforme*, e *S. ochroleucum* sono state poste a confronto talee autunnali e primaverili con differente lunghezza (cm 4 e cm 8), poste a radicare con due tipi diversi di substrato - uno costituito da agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:1, /vv ed da agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:0,6, /vv, realizzando 8 tesi di osservazione secondo un disegno sperimentale multifattoriale (2x2x2x3) (Tabella 2).

Per *S. album* subsp. *album* e *Sedum hispanicum*, caratterizzati da fusti molto divisi in piccoli setti, sono state utilizzate, per la Prova A, esclusivamente talee lunghe cm 4 ponendo a confronto l'epoca di prelievo (autunno-primavera) e due tipi diversi di substrato, uno costituito da agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:1, /vv ed uno con agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:0,6, /vv, realizzando 4 tesi di osservazione secondo un disegno sperimentale multifattoriale (2x2x3) (Tabella 3).

**Tabella 2. Prova A – Moltiplicazione di *Sedum* spp. Tesi di studio sviluppate per *Sedum sediforme* e *S. ochroleucum***

| Tesi      | Epoca prelievo talea | Lunghezza talea (cm) | Substrato                                                    |
|-----------|----------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>T1</b> | autunno              | 4                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:1, v/v).   |
| <b>T2</b> | autunno              | 4                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:0,6, v/v). |
| <b>T3</b> | autunno              | 8                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:1, v/v).   |
| <b>T4</b> | autunno              | 8                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:0,6, v/v). |
| <b>T5</b> | primavera            | 4                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:1, v/v).   |
| <b>T6</b> | primavera            | 4                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:0,6, v/v). |
| <b>T7</b> | primavera            | 8                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:1, v/v).   |
| <b>T8</b> | primavera            | 8                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:0,6, v/v). |

**Tabella 3. Prova A – Moltiplicazione di *Sedum* spp. Tesi di studio sviluppate per *Sedum album* subsp. *album* e *Sedum hispanicum***

| Tesi      | Epoca prelievo talea | Lunghezza talea (cm) | Substrato                                                    |
|-----------|----------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>T1</b> | autunno              | 4                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:1, v/v).   |
| <b>T2</b> | autunno              | 4                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:0,6, v/v). |
| <b>T5</b> | primavera            | 4                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:1, v/v).   |
| <b>T6</b> | primavera            | 4                    | Agriperlite e terriccio Technic 3 <sup>®</sup> (1:0,6, v/v). |

Dopo aver ottenuto talee delle lunghezze richieste, queste sono state poste a radicare, senza l'utilizzo di ormone, in contenitori alveoli (104 fori). I contenitori sono stati sistemati in un bancale in cemento con doppio strato di film di tessuto-non tessuto e PE trasparente, fornito d'impianto di nebulizzazione che erogava acqua nebulizzata, attraverso una centralina temporizzata di programmazione e controllo, per mantenere l'umidità (U.R.) a valori compresi tra il 50 e il 60%. I bancali erano situati all'interno di

una serra fredda coperta con PMMA ed ombreggiata con rete al 50% di riduzione dell'intensità luminosa (Figura 3).

I rilievi periodici hanno interessato: la percentuale di radicazione ed il tempo medio di radicazione, espresso in giorni.

Le piantine ottenute sono state ripicchettate in vasi con diametro di 7 cm) in relazione alla specie e, dopo un breve periodo di ambientamento, sono state poste in pien'aria, costituendo parte del contingente vegetale necessario a sviluppare le attività di ricerca successive.

### **5.3. PROVA B - “SEMINA DI UN TAPPETO DI *SEDUM*” A DIVERSA DENSITÀ D’IMPIANTO**

Alcune ditte del Centro-Nord Europa che forniscono sistemi di coperture a verde estensivo, usano, da alcuni anni, “seminare” direttamente sullo strato colturale del sistema, le talee di *Sedum*, secondo diverse densità. Lo strato di copertura vegetale viene collaudato dopo un anno, attendendosi una copertura del 100%.

Al fine di determinare fattori chiave per la diffusione del verde pensile nei nostri ambienti - quali tempi di collaudo della copertura vegetale, densità di impianto/“semina”, esigenze idriche e manutentive ecc. di un tappeto di *Sedum sediforme* in un tetto verde -, nella prima decade di ottobre 2010, è stata avviata una prova sperimentale in pien’aria (Prova B) presso l’azienda sperimentale del CRA-SFM di Bagheria. Tale prova era finalizzata a valutare il miglior tipo di talea e di densità di “semina”, per ottenere nel minor tempo una copertura vegetale continua di *Sedum sediforme* nell’ambiente climatico di riferimento.

In figura 4 è riportato l’andamento termo pluviometrico del periodo di riferimento, rilevato attraverso una capannina meteorologica...ubicata presso l’azienda sperimentale del CRA-SFM di Bagheria (PA).

La prova è stata condotta all’interno di parcelle costruite *ad hoc*, rappresentate da cassoni fuori terra (circa 3 m<sup>2</sup>), con un bordo di 20 cm, isolate dal suolo, completamente rivestite con tessuto pacciamante nero e separate tra loro da setti in legno (Figura 5). L’intero volume delle parcelle è stato riempito con un substrato di coltivazione costituito da una miscela di torba bionda (60%) e sabbia silicea (40%) arricchito con 3 Kg/m<sup>3</sup> di concime a lenta cessione.

La prova ha previsto il confronto tra due tipi diversi di talea (cima e nodo) “seminate” a tre densità diverse (50, 100 e 200 g/m<sup>2</sup>), realizzando le tesi riportate in tabella 4 che individuano un disegno sperimentale fattoriale (2x 3x 3).

Le talee sono state seminate a spaglio a mano e fatte aderire al substrato pressandole leggermente con una barra di legno; subito dopo le parcelle sono state irrigate fornendo, in tutte le tesi, circa 5 l acqua/m<sup>2</sup>.

#### 5. MATERIALI E METODI

##### 5.3 PROVA B - “SEMINA DI UN TAPPETO DI *SEDUM*” A DIVERSA DENSITÀ D’IMPIANTO

**Figura 5. Le parcelle della prova dopo la “semina” di talee di *Sedum sediforme***



**Tabella 4. Tesi di studio sviluppate per la prova “Semina di un tappeto di *Sedum*” a diversa densità d’impianto.**

| Tesi | Tipo talea | Densità di semina    | Numero talee |
|------|------------|----------------------|--------------|
| C D1 | Cima       | 50 g/m <sup>2</sup>  | 42           |
| N D1 | Nodo       | 50 g/m <sup>2</sup>  | 130          |
| C D2 | Cima       | 100 g/m <sup>2</sup> | 81           |
| N D2 | Nodo       | 100 g/m <sup>2</sup> | 250          |
| C D3 | Cima       | 200 g/m <sup>2</sup> | 153          |
| N D3 | Nodo       | 200 g/m <sup>2</sup> | 281          |

In linea con gli obiettivi fissati, la prova è stata distinta in due fasi:

### **FASE 1: Determinazione della capacità di radicazione delle talee dopo la “semina”.**

In questa prima fase, iniziata con la “semina” delle talee, è stata rilevata la percentuale di radicazione 30-60-90 giorni dopo la “semina”. Dopo il 90° giorno, non avendo registrato alcun incremento del valore delle percentuali di radicazione, la Fase 1 della prova è stata considerata conclusa.

### **FASE 2: Determinazione della percentuale di copertura del *Sedum sediforme* e tempi di riferimento.**

Dopo aver concluso la Fase 1 della prova, da 91 giorni fino a 330 giorni dopo la “semina” è iniziata la Fase 2. In particolare, si è proceduto rilevando periodicamente l’area di superficie di terreno coperta dal *Sedum sediforme* nelle diverse tesi ed i tempi di riferimento.

Durante questa fase, sono state anche osservate: la capacità di competizione con le erbe infestanti, l’epoca di fioritura e gli aspetti fitosanitari delle piante.

Circa le cure colturali, durante la conduzione delle osservazioni, è stata effettuata una sola irrigazione di soccorso nel mese di luglio, fornendo circa 8 l/m<sup>2</sup> di acqua e, periodicamente, si è proceduto ad effettuare scerbature manuali per l’eliminazione delle erbe infestanti.

I dati raccolti sono stati sottoposti all’analisi della varianza (MANOVA) e le loro medie separate con il metodo LSD (Differenze minime significative), per  $p \leq 0,05$ .

## 5.4. PROVA C - APPLICAZIONE DI *SEDUM* SICILIANI NEL VERDE PENSILE ESTENSIVO

Sulla base dei risultati dell'attività condotta in due anni di ricerca, valutando sia l'esito delle indagini condotte in natura che delle prove sperimentali nonché quanto appreso dalle fonti bibliografiche e da contatti e incontri di studio svolti anche all'estero, si è voluto procedere all'applicazione di alcune specie di *Sedum* siciliani nel verde pensile in ambiente mediterraneo.

A tale scopo, presso l'azienda sperimentale del CRA-SFM di Bagheria (PA) sono stati collocati dei bancali progettati e costruiti *ad hoc* in ferro zincato e coibentati per simulare le condizioni ambientali di un tetto verde di tipo estensivo (Figura 6). Scopo dell'applicazione era di valutare i tempi di copertura dei *Sedum* e di mettere a punto una tecnica di gestione da proporre agli addetti di settore. Durante il periodo di osservazione sono stati rilevati i dati termo pluviometrici.

All'interno dei bancali che avevano una dimensione di  $m^2$  2,2 è stato posto un "pacchetto" di sistema per verde pensile estensivo costituito da:

- Strato Drenante: elemento di drenaggio orizzontale ECODREN SD5 (prodotto composito costituito da una georete accoppiata a caldo con un geotessile non tessuto ad azione filtrante).
- Strato di Accumulo Idrico: sacchi Igroperlite® con granulometria 0,1 ÷ 1 mm.
- Strato Colturale: substrato colturale AgriTERRAM® TV, costituito da una miscela di torbe, lapillo, pomice, perlite espansa Agrilit, cortecce, fibre di cocco, argille speciali, sostanze ammendanti, concimi organici.
- Strato Vegetale: Associazione di *Sedum* siciliani (tabella 1).

Al fine interpretare statisticamente dati sperimentali ottenuti, lo stesso sistema è stato ripetuto tre volte e i dati raccolti secondo uno schema a randomizzazione completa.

Nella prima decade di ottobre sono state messe a dimora le piantine di *Sedum* ottenute dalle attività di propagazione svolte precedentemente presso il CRA-SFM e contenute in vasi 7x7. Le piante sono state collocate secondo una proporzione e una densità d'impianto desunte dalle esperienze pregresse e da quanto acquisito in bibliografia.

Subito dopo l'impianto, il sistema è stato saturato con acqua irrigua. Ogni bancale era dotato di un sistema di raccolta e misurazione del percolato.

**Tabella 5. Le specie di *Sedum* utilizzate**

| <b>Specie</b>           | <b>Percentuale di impianto</b> |
|-------------------------|--------------------------------|
| <i>Sedum sediforme</i>  | 30%                            |
| <i>Sedum ocreolecum</i> | 20%                            |
| <i>Sedum album</i>      | 30%                            |
| <i>Sedum hispanicum</i> | 20%                            |

**Sesto impianto 20 x 20 cm**

**Figura 6. Uno dei bancali impiantati con i *Sedum*.**



Due mesi dopo l'impianto sono iniziate le osservazioni, procedendo al rilievo dei seguenti parametri:

- % di copertura vegetale del terreno nel tempo (rilievi mensili)
- Volume dell'acqua percolata/trattenuta da ciascuna tesi (ogni qualvolta si registravano eventi piovosi o successivamente alle somministrazioni idriche di soccorso)
- Epoca e durata delle fioriture (rilievi settimanali)
- Capacità di autosemina o ricaccio/accestimento (rilievi stagionali)
- Osservazioni fitopatologiche (rilievi quindicinali)

Durante la conduzione delle attività, sono stati effettuati diversi interventi irrigui di soccorso, concentrati nella stagione estiva, fornendo in tutti i bancali, complessivamente circa 70 l/m<sup>2</sup> di acqua. Dopo ogni evento piovoso o intervento irriguo, veniva registrata la quantità di percolato riferita ad ogni bancale ed utilizzata per calcolare i consumi idrici del sistema. Inoltre sono state effettuate periodicamente scerbature manuali per la eliminazione delle erbe infestanti.

Le osservazioni finora condotte riguardano circa un anno di attività sperimentale.

## **6. RISULTATI**

### **6.1. INDAGINI PRELIMINARI SUI *SEDUM* SICILIANI**

Le indagini effettuate in natura, corredate dallo studio delle fonti bibliografiche, hanno consentito di raccogliere numerose informazioni in ordine alla morfologia fenologia ed ecologia delle specie di *Sedum* siciliani osservate. Tali informazioni, per ciascuna specie, sono sintetizzate nelle schede che seguono. La produzione di questo materiale è stata fondamentale per avviare le successive attività di ricerca avendo messo in luce alcune caratteristiche (indole pioniera, capacità di adattamento a diverse condizioni, portamento prostrato) delle specie osservate, ritenute utili ai fini di una loro valutazione preliminare.

*Sedum album* L. subsp. *album*

Sinonimi: *Sedum clusianum* Guss.

Nome comune – Borracina bianca, Erba pignola, Pinocchiella

**Morfologia** – Pianta perenne multicaule (di circa 30 cm), con fusti striscianti e radicante, generalmente glabra, verde e macchiata di rosso. Fusto molto diviso formato da talli fioriferi (lunghi 5-18 cm) e numerosi rinnovi sterili (lunghi fino a 7 cm). **Foglie** sessili, alterne, cilindrico-ovoidali, carnose, verdi o cenerine, piane nella pagina superiore, ottuse e



gibbose sulla inferiore; foglie dei rinnovi sterili di 4-9 x 1-2 mm; quelle dei talli fioriferi di 3-11 x 1-4 mm. **Infiorescenza** terminale corimbosa di 7 cm di diametro, con brattee simili alle foglie. **Fiori** pentameri su peduncoli di 0.7-5 mm, generalmente minori dei fiori. **Sepali** 0.6-1.5 x 0.5-0.9 mm, saldati alla base e formanti un tubo breve, glabro o con qualche ghiandola. **Petali** lunghi 2-4 mm, bianchi, talvolta tinti di rosa o con linee longitudinali purpuree, liberi, lanceolati. **Stami** 10 subeguali, con antere viola scuro. **Follicolo** di 2-3 mm, eretto con stilo di circa 1 mm. **Semi** piccoli, oblungo-fusiformi.

**Distribuzione geografica** – *S. album* ha un areale piuttosto ampio che interessa la regione Mediterranea ed Eurosiberiana. In Italia è presente in tutto il territorio nazionale, in Sicilia l'entità è piuttosto comune in tutta l'isola, divenendo tuttavia più frequente nelle aree collinari e montane (Brullo & Marcenò, 199).

**Ecologia** – *S. album* fisionomizza comunità pioniere aperte a Crassulacee perenni succulente (*Sedum*, *Sempervivum*), cui si associano anche diverse altre camefite, geofite e terofite effimere. Si tratta di fitocenosi insediate su litosuoli e regosuoli prevalentemente di natura calcarea (ghiaie, rocce soleggiate e vecchi muri) e suoli superficiali che, dal punto di vista fitosociologico sono riferibili all'ordine *Alyssosedetalia* (classe *Sedo-Scleranthetea*) ed i cui aspetti termofili (alleanza *Sedion micrantho-sediformis*) risultano diffusi nel Mediterraneo occidentale. In Sicilia in particolare tra le crassulacee perenni con cui *S. album* risulta talvolta associato figurano: *Sedum sediforme*, *S. amplexicaule* subsp. *tenuifolium* (in aree collinari e montane), *S. gypsumicola* e *S. ochroleucum* (sui substrati gessosi) (Brullo, et.al), 1998).

**Fase vegetativa** – La fase di accrescimento vegetativo del *Sedum album* ha luogo dalla prima decade di febbraio fino alla metà di aprile.

**Fioritura** – Il *Sedum album* fiorisce dalla fine di maggio-prima decade di giugno fino alla prima decade di luglio.

La maturazione dei semi inizia dalla prima decade di agosto.

*Sedum gypsicola* Boiss. et Reuter

Sinonimi – *Sedum album* L. subsp. *gypsicola* (Boiss. & Reuter) Maire; *S. album* L. var. *gypsicola* (Boiss. & Reuter) Hamet; *Oreosedum gypsicola* (Boiss. & Reuter) Grulich; incl. *Sedum gypsicolum* nom. inval.

Nome comune – Borracina dei gessi

**Morfologia** – Pianta perenne multicaule, ghiandoloso-papillosa, grisea o glauca e macchiata di rosso. **Fusti** striscianti, portanti talli fioriferi e brevi getti sterili ascendenti. **Foglie** sessili ed alterne, patenti o appressate, carnose, cilindrico-ovoidali e ricoperte di papille o peli ghiandolari; quelle dei rinnovi sterili di 4-8 x 1-2 mm; quelle dei fusti fioriferi di 3-9 x 1-3 mm. **Infiorescenza** terminale in pannocchia corimbiforme, con brattee simili alle foglie. **Fiori** pentameri su peduncoli di 0,7-5 mm, generalmente minori dei fiori. **Sepali** 0,6-1,5 x 0,5-0,9 mm, saldati alla base e formanti un tubo breve, glabro o con qualche ghiandola. **Petali** lunghi 1-3,5 mm, bianchi, talvolta tinti di rosa. **Stami** 10 subeguali, con antere viola scuro. **Follicolo** di 2,3-2,8 mm, eretto con stilo di circa 1 mm. **Semi** piccoli, giallo-bruni, costati ed oblungo-fusiformi.



**Osservazione.** Morfologicamente simile a *Sedum album* da cui si differenzia per la presenza di foglie papillose nei fusti fioriferi.

**Distribuzione geografica** – L'areale di *S. gypsicola* gravita nel Mediterraneo sud-occidentale. La sua distribuzione comprende la Spagna sud-orientale, il Marocco, l'Algeria, la Tunisia e la Sicilia, mentre è assente dal resto del territorio nazionale (MINISSALE & SPAMPINATO, 1989).

In Sicilia l'entità è nota per alcune località dell'Agrigentino (Realmonte e Casteltermini), del Nisseno (Milena e Sutera), nonché per la Riserva Naturale di S. Ninfa nel Trapanese, e per la Rocca di Entella in provincia di Palermo (BRULLO *et al.* 1989; GIANGUZZI *et al.*, 2010; PASTA & LA MANTIA, 2001).

**Ecologia** – *S. gypsicola* è una specie pioniera che colonizza litosuoli e regosuoli. Sebbene nella Penisola Iberica la specie venga indicata come indifferente al substrato (Castroviejo & Velayos, 1997), nel territorio siciliano l'entità risulta fedele ai substrati cristallini della formazione gessoso-solfifera del Messiniano (Gianguzzi *et al.*, 2010). *S. gypsicola* fisionomizza comunità a camefite succulente in cui si associano anche *Sedum ochroleucum* e *S. sediforme*, oltre ad un corteggio di terofite effimere quali *Sedum caeruleum*, *S. rubens* ecc. Simili aspetti di vegetazione sono stati descritti per la Penisola Iberica ed inquadrati nell'alleanza *Sedion micrantho-sediformis* (classe *Sedo-Scleranthetea*). Tali comunità mostrano (nell'interno siciliano) frequenti contatti catenali con il *Brassicco tinei-Diplotaxietum crassifoliae*, associazione casmofitica

rupicola legata agli affioramenti calcareo-gessosi della Sicilia centrale, ed inquadrata nell'alleanza *Dianthion rupicolae*.

**Fase vegetativa** – Il *Sedum gypsicola* attraversa la fase di accrescimento vegetativo dalla fine di gennaio alla prima decade di aprile.

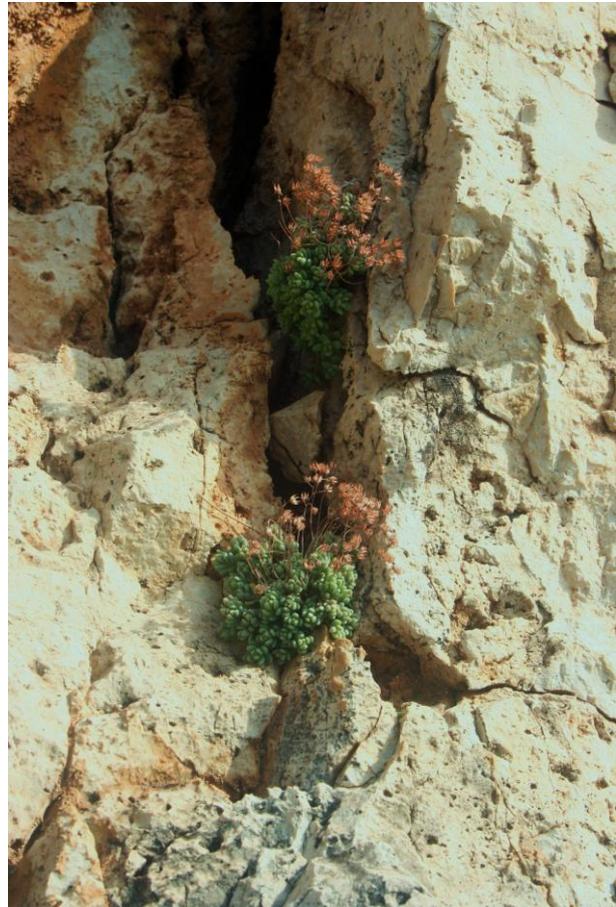
**Fioritura** – Questa specie fiorisce a partire dalla seconda decade di maggio fino alla seconda decade di luglio. La maturazione dei semi ha luogo dalla fine di agosto.

*Sedum dasyphyllum* L. var. *dasyphyllum*

Sinonimi – *Sedum neapolitanum* Ten.; incl. *Sedum nebrodense*

Nome comune – Borracina cinerea,  
Erba della Madonna.

**Morfologia** – Pianta perenne cespitosa, verde o più spesso glauca, glabra o densamente ghiandoloso-papillosa o pubescente. Radice principale piuttosto sviluppata e, nei rinnovi, abbondante presenza di radici sottili. Talli di circa 15 cm, numerosi, ascendenti e poco divisi. Rinnovi sterili abbondanti che frequentemente conferiscono agli individui habitus cespitoso. **Foglie** glabre o ghiandolose (3-5 x 2-4 mm), da ovoidi a suborbicolari, piano-convesse e con gibbosità basale; embricate quelle dei rinnovi sterili, maggiormente distanziate opposte o sub opposte quelli dei talli fioriferi. **Infiorescenza** terminale cimoso bratteata. **Fiori** pentameri o esameri, su peduncoli più brevi della corolla. **Sepali** (0,6-2 mm) debolmente saldati alla base, da ovati a lanceolati, acuti o ottusi, glabri o più frequentemente ghiandolosi. **Petali** (2,5-3,8 mm) saldati alla base, bianchi, rosei o violetti, talvolta con tinta azzurra. Stami 10-12 con antere viola scuro. **Follicoli** (2-2,5 mm) eretti e bruni con stilo persistente di 0,5 mm. **Semi** piccoli apiculati.



**Osservazioni** – *S. dasyphyllum* è estremamente variabile nel portamento, forma dei sepali e soprattutto per la presenza di ghiandolosità che frequentemente tende a ricoprire l'intera pianta. Tale variabilità è stata interpretata dal punto di vista tassonomico con la descrizione di alcuni taxa sottospecifici. Tra essi figurano: *S. dasyphyllum* subsp. *dasyphyllum* e *S. dasyphyllum* subsp. *glanduliferum* (Guss.) Nyman (Brullo & Marcenò, 1979). La sottospecie *dasyphyllum* è una pianta glabra o con scarsi peli ghiandolari, presenti al più sui rami dell'infiorescenza o sui sepali, mentre, la seconda mostra peli ghiandolari distribuiti in quasi tutta la pianta.

**Distribuzione geografica** – *S. dasyphyllum* ha un areale indigeno Mediterraneo che si estende anche ad alcuni territori dell'Europa centrale (quali Austria, Svizzera, Romania, Germania). L'entità risulta inoltre naturalizzata nella porzione nord-occidentale del continente europeo (Olanda, Danimarca, Gran Bretagna ed Irlanda). In Italia in particolare *S. dasyphyllum* è noto per tutta la penisola e le grandi isole, manca invece in Pianura Padana, mentre è rara sulle Alpi (Pignatti, 1982; Conti et al., 2005).

Nel territorio regionale *S. dasyphyllum*, sebbene non sia estremamente comune, è tuttavia presente in tutti i settori della Sicilia e nelle isole circumsiciliane.

**Ecologia** – *S. dasyphyllum* è una entità fortemente pioniera che si insedia nelle fessure di rocce e muri o su sottilissimi strati di suolo. Nei contesti ambientali a maggiore naturalità, l'entità si inserisce in aspetti di vegetazione rupicola riferibili alla classe *Asplenieta trichomanis* che raggruppa le formazioni a casmofite che si insediano sulle pareti rocciose. (Brullo *et al.*, 2001). In tali contesti *S. dasyphyllum* si associa ad un ricco contingente di entità endemiche o rare (*Dianthus rupicola*, *Iberis semperflorens*, *Centaurea ucriae*, *Lithodora rosmarinifolia*, *Brassica rupestris*, ecc.).

*S. dasyphyllum* mostra una certa tendenza a colonizzare anche ambienti sinantropici (vecchi ruderi, muri, rupi antropogene ecc.), dove l'entità si inserisce in aspetti di vegetazione casmofitica dal carattere nitrofilo riferibili alla classe *Parietarieta*, nell'ambito dei quali si associa più spesso con neofite dal carattere tendenzialmente cosmopolita (*Parietaria diffusa*, *Ceterach officinarum*, *Cymbalaria muralis*, *Umbilicus rupestris*, *Hyoscyamus albus*, *Sonchus tenerrimus*, ecc.), a cui si associano nel territorio regionale: *Antirrhinum siculum*. *Capparis spinosa* subsp. *rupestris* (BRULLO & GUARINO, 2002).

**Fase vegetativa** – Il *Sedum dasyphyllum* svolge la fase di accrescimento vegetativo dalla metà di febbraio alla prima decade di aprile.

**Fioritura** – La fioritura inizia nella seconda decade di giugno e si conclude nella prima decade di agosto.

La maturazione dei semi ha luogo dalla fine di agosto e si conclude nella prima decade di settembre.

## *Sedum sediforme* (Jacq.) Pau

Sinonimi – *Sempervivum sediforme* Jacq.; *Sedum soluntinum* Tineo; *Sedum nicaeense* All. var. *soluntinum* (Tineo) Arcang.; *Sedum altissimum* Poir.; *Sedum rupestre* L. var. *nicæense* (All.) Fiori.

Nome comune – Borracina di Nizza

**Morfologia** – Pianta perenne cespitosa (di circa 25-60 cm), glabra, glauca, grigio-verde o bruna, con radici sottili formantesi dai fusti prostrati e radicanti. Talli di circa 60 cm, più o meno legnosi alla base, prostrato-ascendenti con foglie caduche. Rinnovi sterili fogliosi, sempre più corti dei fusti fertili. **Foglie** (10-25 x 2-8 mm) ovato-lanceolate o ellittiche, carnose, piane nella pagina superiore, acute o mucronate, quelle dei talli sterili embricate. **Infiorescenza** terminale



cimoso-corimbosa senza brattee, eretta prima dell'antesi. **Fiori** da pentameri a ottameri, su peduncoli di 0,5-2 mm. **Sepali** (2-3 mm) saldati al ricettacolo, glabri da ovati, ottusi o subacuti. **Petali** (3,5-9,5 mm) liberi, giallo pallido. Stami in numero doppio rispetto i petali con filamenti con papille ialine nella metà inferiore e nella porzione interna. **Follicoli** di grandezza molto variabile, eretti, con stilo di 1-3 mm, persistente. **Semi** oblungi con apice acuto.

**Distribuzione geografica** – L'areale della specie interessa principalmente la Regione Mediterranea, estendendosi anche ad alcuni territori europei, quali: Portogallo, Spagna settentrionale e parte centrale della Francia. Nel territorio nazionale l'entità è nota in quasi tutta la penisola e nelle due grandi isole, mentre, è estremamente rara in Piemonte. Nel territorio regionale *S. sediforme* in particolare è molto comune sia in Sicilia, sia in diverse isole circumsiciliane quali: Lampedusa, Linosa, Is. Egadi (Favignana, Levanzo e Marettimo), Malta e Gozo. La specie è inoltre presente come *spontaneizzata* nei pressi delle abitazioni di alcune isole vulcaniche (Lipari, Vulcano, Salina, Panarea, ed Ustica).

**Ecologia** – *S. sediforme* è una specie molto plastica dal punto di vista ecologico che in Sicilia si rinviene dal livello del mare sino ad oltre i 1300 m s.l.m. L'entità si insedia su rocce, pietraie, ghiaie (litosuoli e regosuoli di natura calcareo-dolomitica o calcareo-marnosa), ed in generale, in ambienti rupestri e semirupestri, nel contesto di aspetti di vegetazione camefitica riferibili all'alleanza *Sedion micrantho-sediformis* (classe *Sedo-Scleranthetea* cfr. scheda *S. album*). Tali aspetti manifestano talora contatti catenali con le formazioni più strettamente rupicole della classe *Asplenietea trichomanis*, nell'ambito dei quali *S. sediforme* si rinviene frequentemente come specie compagna.

**Fase vegetativa** – Questo *Sedum* attraversa la fase vegetativa dalla metà di febbraio fino alla prima decade di aprile

**Fioritura** - Il *Sedum sediforme* fiorisce dalla prima decade di giugno fino alla fine di agosto.

La maturazione dei semi ha luogo dalla metà di settembre.

*Sedum amplexicaule* subsp. *tenuifolium* (Sm.) Greuter

Sinonimi – *Sedum tenuifolium* (Sm.) Strobl.; *Sempervivum tenuifolium* Sibth. & Sm.; *Petrosedum tenuifolium* (Sm.) Grulich; *Petrosedum amplexicaule* (DC.) Velayos subsp. *tenuifolium* (Sm.) Velayos;

Nome comune – Borracina guainata

**Morfologia** – Pianta perenne, generalmente di colore paglierino. Talli di 10-30 cm, eretti, glabri, con foglie caduche; fusti sterili con foglie carnose che appassiscono nella stagione estiva (divenendo amplexicauli), trasformando il rinnovo in un propagulo di 10-30 x 1-3 mm, eretto o patente su un peduncolo (0,5-200 mm) che si spezza e permette al frammento di



disperdersi ed emettere radici. **Foglie** dei talli di 8-12 x 1-3 mm, erette, acute con base rotondata; quelle dei propaguli, amplexicauli con base ialina e lamina filiforme, secca, persistente ed appressata. **Infiorescenza** cimosa unilaterale, bratteata e poco densa, curvata in basso prima dell'antesi, eretta alla fruttificazione. **Fiori** da pentameri a ottameri, su peduncoli di 0,5-5 mm. **Sepali** glabri (3-6 mm) saldati al ricettacolo, ovato-triangolari, acuti. **Petali** (5-11 mm) saldati alla base, gialli con il nervo mediano bruno-rossiccio. Stami 10(16) in numero doppio dei petali, con filamento ricoperto di papille ialine alla base. **Follicoli** (5-7 mm) eretti con stilo persistente di 1,5-2,5 mm. **Semi** oblungi con apici apiculati.

**Distribuzione geografica** – *S. amplexicaule* subsp. *tenuifolium* ha areale Mediterraneo (dal carattere Montano) che si estende anche ad alcuni territori atlantici (Portogallo e Spagna settentrionale) ed alla Bulgaria. In Italia l'entità è nota per la parte centro-meridionale della penisola, Sicilia e Sardegna. La distribuzione regionale siciliana interessa per lo più le aree collinari e montane della Sicilia settentrionale, oltre che l'isola di Alicudi (BRULLO ET AL.1989).

**Ecologia** – Entità dal carattere mesofilo e xerofilo, presente in Sicilia nelle fasce collinari e montane, a quote generalmente superiori ai 500 m s.l.m. *S. amplexicaule* subsp. *tenuifolium* colonizza rocce, ghiaie, e talvolta anche il sottobosco arido, nel contesto di aspetti di vegetazione camefitica riferibili all'alleanza *Sedion micrantho-sediformis* (classe *Sedo-Scleranthetea* cfr. scheda *S. album*) in cui l'entità risulta spesso associata ad altre crassulacee perenni e/o annue (*Sedum sediforme*, *S. hispanicum*, *S. album*, *S. stellatum*, *S. rubens* ecc.).

**Fase vegetativa** – Il *Sedum . amplexicaule* subsp. *tenuifolium* svolge la fase vegetativa a partire dalla metà di gennaio fino alla fine di marzo.

**Fioritura** – La fioritura inizia nella prima decade di maggio e si conclude nella metà di luglio.

La maturazione dei semi ha luogo dalla prima decade di agosto.

## *Sedum ochroleucum* Chaix

Sinonimi – “*Sedum reflexum*” sensu Guss. (1827) et auct. Fl. Sic. non L. (1755); “*Sedum rupestre*” sensu auct. Fl. Sic. non L.; *Sedum anopetalum* DC.; *Petrosedum anopetalum* (DC.) Grulich.

Nome comune – Borracina biancastra

**Morfologia** – Pianta perenne cespitosa (di circa 15-30 cm), glabra, glauca o grigio-verde, con radici sottili formantesi dai fusti prostrati e radicante. Talli di circa 15-40 cm, più o meno legnosi alla base, prostrato-ascendenti con foglie caduche. Rinnovi sterili fogliosi, sempre più corti dei fusti fertili. **Foglie** (10-18 mm) carnose lineari-cilindriche, acimunate, suberette, piane nella pagina superiore, acute o mucronate, quelle dei talli sterili



embricate. **Infiorescenza** terminale cimoso-corimbosa senza brattee, eretta prima dell'antesi. **Fiori** da pentameri a ottameri, su peduncoli di 0,5-2 mm. **Sepali** (2-3 mm) saldati al ricettacolo, glabri da ovati, ottusi o subacuti. **Petali** (3,5-9,5 mm) liberi, giallo pallido. Stami in numero doppio rispetto i petali con filamenti con papille ialine nella metà inferiore e nella porzione interna. **Follicoli** di grandezza molto variabile, eretti, con stilo di 1-3 mm, persistente. **Semi** oblungi con apice acuto.

**Distribuzione geografica** – *S. ochroleucum* è un'entità a distribuzione Mediterranea con baricentro settentrionale. In Italia la presenza della specie è nota per Piemonte, Lombardia, Liguria, Emilia Romagna e per la parte centro-meridionale della penisola (dal Lazio ed Abruzzo sino alla Calabria). Nel territorio siciliano, sebbene le principali flore regionali e sovra regionali abbiano spesso riportato notizie contrastanti sulla sua presenza nell'isola, *S. ochroleucum* è tuttavia attualmente noto per i substrati gessosi di diverse località del settore centrale e meridionale del territorio, mentre, è assente dalle piccole isole circumsiciliane (MINISSALE E SPAMPINATO G., 1989). La specie in particolare è segnalata per l'agrigentino (Raffadali, Casteltermeni, Comitini, Girgenti, Montallegro), il palermitano (Serre di Ciminna, Rocca di Entella), il nisseno (a Milena) e per l'ennese a Nicosia (GIANGUZZI ET AL., 2007).

**Ecologia** – *S. ochroleucum* colonizza i litosuoli e regosuoli di natura gessosa (rupi, grossi massi ecc.). In Sicilia in particolare, le popolazioni naturali della specie si localizzano tra i 50 e i 600 m s.l.m. (per lo più con esposizioni settentrionali) e risultano fedeli ai substrati della Serie gessoso-solfifera. In tali contesti, *S. ochroleucum* si inserisce in formazioni camefitiche costituiti da crassulacee perenni (*S. album*, *S. gypsicola*, *S. sediforme*, *S. dasyphyllum*) cui si associano varie terofite effimere (*S. caeruleum*, *S. rubens*, ecc.). Si tratta di aspetti di vegetazione riferibili all'alleanza *Sedion micrantho-sediformis* (classe *Sedo-Scleranthetea*) diffusi nel Mediterraneo occidentale (GIANGUZZI ET AL., 2010).

**Fase vegetativa** – In *Sedum ochroleucum* la fase vegetativa inizia nella metà di gennaio e si conclude alla fine di marzo.

**Fioritura** - La fioritura di questo Sedum inizia i primi di maggio e termina nella seconda decade di luglio. La maturazione dei semi ha luogo dalla fine di agosto.

## *Sedum stellatum* L.

Sinonimi – *Phedimus stellatus* (L.) Raf.

Nome comune – Borracina spinosa

**Morfologia** – Pianta annua glabra, con fusto eretto o ascendente di 3-15 cm.

**Foglie** (10-15 mm), brevemente picciolate, con lamina piana, da obovata a suborbicolare, crenata o con denti ottusi; le basali spesso opposte, le superiori alterne.

**Infiorescenza** terminale corimbosa con rami patenti.

**Fiori** pentameri (raram. 4-meri), sessili.

**Sepali** largamente lineari, papilloso all'apice. **Petali** (4-5 mm), acuti, bianchi

o rosei. Stami 8-10. Follicoli stellato-patenti con stilo molto corto.

**Distribuzione geografica** – *Sedum stellatum* ha un areale strettamente Mediterraneo (che comprende in particolare: Algeria, Francia, Isole Baleari, Italia, Corsica, Sardegna, Sicilia, Malta, ex-Jugoslavia, Albania, Grecia). Nel Territorio nazionale la specie è piuttosto comune e nota per le coste occidentali (dalla Liguria alla Calabria) ed orientali (dal Molise alla Puglia) della penisola, oltre che per Molise, Sicilia e Sardegna. In Sicilia l'entità è comune in tutto il territorio, incluse le isole circumsiciliane.

**Ecologia** – *S. stellatum* si insedia su regosuoli di differente natura (calcari, dolomie, vulcaniti, ecc.) e sottili strati muscinali, a quote comprese tra il livello del mare e gli 800-1000 m di quota.

L'entità si inserisce in aspetti di vegetazione riferibili all'alleanza *Valantio-Galion muralis* (cl. *Geranio-Cardaminetea hirsutae*), che include le comunità sciafilo-nitrofile a microfite effimere che si insediano suoli ricchi in sostanza organica nei territori centro-mediterranei (GIANGUZZI ET AL., 2007).

. Nell'ambito di tali formazioni, dominate da *S. stellatum*, si associano anche *Sedum litoreum*, *S. cepaea*, *Arabis verna*, *Arenaria leptoclados*, ecc.

**Fase vegetativa** – Il *Sedum stellatum* svolge la fase vegetativa dalla metà di gennaio fino alla fine di febbraio.

**Fioritura** – La fioritura ha luogo dalla metà di aprile fino alla fine di maggio.

La maturazione dei semi inizia a fine giugno.



*Sedum litoreum* Guss.

Nome comune – Borracina litorale

**Morfologia** – Pianta glabra annuale con fusto (4-15 cm) semplice o ramoso alla base. Fiori 10-20 mm, alterne, obovato-spatolate, e brevemente speronate alla base. **Infiorescenza** corimbosa. **Fiori** pentameri, subsessili. **Petali** giallo pallidi (2,5-4 mm), lunghi quanto i sepali o poco più, lanceolati, acuti o acuminati. **Stami** 5, raramente 10. **Follicoli** eretto-patenti bruni con stilo breve.



**Distribuzione geografica** – *S. litoreum* ha areale Mediterraneo centro-orientale. Nel territorio nazionale, l'entità è frammentariamente presente nella parte centro-meridionale della penisola ed in Sicilia, dove è poco comune e nota per alcune località (Catalfano, Nicolosi, Porto Empedocle, Caccamo, ecc.) oltre che per diverse isole circumsiciliane (Ustica, Arcipelago delle Egadi, Linosa e Lampedusa).

**Ecologia** – *S. litoreum* è una specie prevalentemente costiera che colonizza i sottili accumuli di suolo su rocce, ghiaie e muri. L'entità si inserisce in aspetti di vegetazione termoxerofila effimera di tipo subalofilo, diffusa negli ambienti costieri tirrenici e riferibile all'alleanza *Plantagini-Catapodium marini* (cl. *Stipo-Trachynietea distachyae*). Questo tipo di vegetazione si localizza su superfici piuttosto rocciose, caratterizzata da suoli superficiali o comunque poco evoluti. In questi contesti *S. litoreum* risulta associato a diverse microfite subalofile (*Catapodium marinum*, *Plantago coronopus*, ecc.), oltre che ad alcune emicriptofite e camefite (*Plantago macrorhiza*), che evidenziano i contatti catenali di queste comunità con le formazioni alofile dei *Crithmo-Limonietea* e *Sarcocornietea* (Raimondo *et al.*, 1994)

*S. litoreum* prende parte anche ad aspetti di vegetazione effimera annuale riferibili all'alleanza *Valantio-Galion muralis* (cl. *Geranio-Cardaminetea hirsutae* cfr. scheda *S. stellatum*), dove si associa ad altre microfite (*Sedum stellatum*, *S. cepaea*, *Arabis verna*, *Arenaria leptoclados*, ecc.).

**Fase vegetativa** – La fase di accrescimento vegetativo del *Sedum litoreum* si colloca tra la fine di gennaio e la fine di febbraio.

**Fioritura.** La fioritura del *Sedum litoreum* ha inizia a metà marzo e si conclude alla fine di maggio.

La maturazione dei semi inizia a fine giugno.

*Sedum caeruleum* L.

Sinonimi – *Sedum heptapetalum* Guss. non Poir.

Nome comune – Borracina azzurra

**Morfologia** – Pianta annua (5-20 cm), spesso arrossata su fusto e foglie. Fusti ascendenti, ramosi e spesso pubescenti in alto. **Foglie** alterne, da erette ad eretto-patenti, oblungo-lineari (1,5 x 4-10 mm). **Infiorescenza** in pannocchia lassa. **Fiori** usualmente 7-meri su peduncoli brevi. **Sepali** (0,7-1 mm). **Petali** lanceolati (2,5 mm), azzurro-viola, bianchi alla base.



Stami in numero doppio rispetto i petali, con antere azzurre. **Follicoli** eretto-patenti, progressivamente ristretti in un lungo stilo.

**Distribuzione geografica** – *S. caeruleum* è specie esclusiva del Mediterraneo sud-occidentale. La sua distribuzione comprende le coste mediterranee dell’Africa settentrionale (dalla Tunisia al Marocco), le grandi isole (Sicilia, Sardegna e Corsica) e l’Arcipelago Maltese (LOJACONO-POJERO M., 1907). In Sicilia *S. caeruleum* è comune in tutto il territorio regionale, incluse le isole circumsiciliane.

**Ecologia** – *S. caeruleum* è un’entità fortemente pioniera che colonizza superfici rocciose e suoli superficiali poco evoluti, dal livello del mare sino a circa 800 m di quota. La specie si inserisce in aspetti di vegetazione termoxerofila effimera annuale (cl. *Stipo-Trachynietea distachyae*) caratterizzata dalla dominanza di un ricco contingente di terofite (*Arenaria leptoclados*, *Bromus rubens*, *Euphorbia exigua*, *Evax pygmaea*, *Hypochoeris achyrophorus* ecc.).

**Fase vegetativa** – La fase vegetativa del *Sedum caeruleum* inizia a fine gennaio e termina alla fine di febbraio.

**Fioritura** - Il *S. caeruleum* inizia a fiorire nella prima decade di marzo e termina alla fine di giugno.

La maturazione dei semi ha luogo dalla metà di luglio.

## *Sedum hispanicum* L.

Sinonimi – *Sedum eriocarpum* Sm.; *Sedum glaucum* Waldst. & Kit.

Nome comune – Borracina glauca

**Morfologia** – Pianta annua, talvolta bienne o perenne; glabra o con peli ghiandolari. Fusti (7-15 cm), fragili ed ascendenti. Foglie alterne cilindriche (1,5 x 8mm) generalmente glabre.

**Infiorescenza** cimosa unilaterale con brattee fogliacee. **Fiori** sessili 6-meri o 7-meri (più raramente 9-meri). **Sepali** ovato-lanceolati (1,5 mm), patenti a stella. **Petali** (1,5-2 x 6-7 mm) lanceolato-acuminati, bianchi con nervo centrale roseo. **Follicoli** stellato-patenti,



lisci o con peli ghiandolari, e progressivamente ristretti nello stilo.

**Distribuzione geografica** – Specie ad areale Europeo sud-orientale, con distribuzione compresa, a nord tra la Svizzera e l'Ucraina (Carpazi orientali), e che a sud si estende dalla Sicilia sino ai territori più orientali del bacino del Mediterraneo (Turchia, Giordania e Siria). In Italia *S. hispanicum* è presente in tutto il territorio nazionale, incluse le due grandi isole. In Sicilia in particolare, la specie è nota per tutto il territorio, soprattutto nelle aree collinari e submontane dove tende a divenire più comune (TROÌA ET AL, 1998).

**Ecologia** – *Sedum hispanicum* è una specie pioniera che colonizza i sottili accumuli di suolo su rocce calcaree e ghiaie, dal livello del mare sino a 1800-1900 m di quota. L'entità si inserisce in aspetti di vegetazione effimera dove risulta associata a varie terofite, oltre che ad altre crassulacee annuali (*Sedum caeruleum*, *S. stellatum*, *S. rubens*) e talvolta perenni (*Sedum tenuifolium* ssp. *amplexicaule*).

**Fase vegetativa** – Il *Sedum hispanicum* attraversa la fase di accrescimento vegetativo dalla fine di gennaio alla fine di febbraio.

**Fioritura** – La fioritura di questo *Sedum* si colloca tra la fine di maggio e la seconda decade di luglio.

La maturazione dei semi ha luogo dalla fine di luglio.

## *Sedum rubens* L.

Sinonimi – *Crassula rubens* L.

Nome comune – Borracina arrossata

**Morfologia** – Pianta annua eretta e ramosa (2-15 cm), talvolta glaucescente, più spesso rossiccia e ghiandolosa-pubescente in alto. **Foglie** semicilindriche alterne (2x10-20 mm), le inferiori riunite in fascetto denso.

**Infiorescenza** corimbosa, fogliosa. **Fiori** pentameri, sessili con **sepali** (0.5-1 mm), **petali** (1.5x4 mm) bianchi con nervatura violetta, debolmente acuti, carenati e ghiandolosi sul margine. **Stami** 5(10); **stilo** lungo e stretto. **Follicoli** (1.5x4 mm) ghiandoloso tuberculati.



Variabilità: popolazioni di Pantelleria sono state descritte come *S. rubens* var. *cosyrensis* Sommier

**Distribuzione geografica** – *Sedum rubens* è una entità ad areale Mediterraneo e Macaronese. Nel territorio nazionale è comune in tutta la penisola, e nelle due grandi isole, mentre è piuttosto raro nell'Italia continentale. In Sicilia è segnalato per tutto il territorio. Nell'isola di Pantelleria è segnalata la subsp. *cosyrense*

**Ecologia** – *Sedum rubens* è una specie pioniera che colonizza i sottili accumuli di suolo su rocce, ghiaie e muri. L'entità si inserisce in aspetti di vegetazione termoxerofila effimera, talora di tipo subalofilo, diffusa nei territori mediterranei e riferibile alla classe *Stipo-Trachynietea distachyae*. In questi contesti *S. rubens* si associa a diverse terofite effimere (*Arenaria leptoclados*, *Bromus rubens*, *Evax pygmaea*, *Hypochoeris achyrophorus*, *Sideritis romana*, *Stipa capensis*, ecc.), tra cui anche diverse crassulacee annue (*Sedum litoreum*, *S. caeruleum*, *Tillaea campestris*, *Tillaea alata* ecc.)

**Fase vegetativa** – La fase vegetativa di *Sedum rubens* si svolge dalla fine di gennaio alla fine di febbraio.

Fioritura – La fioritura inizia nella metà di aprile e termina nella prima decade di luglio. La maturazione dei semi ha luogo dalla fine di luglio.

## 6.1.2. Screening varietale di *Sedum* spp.

### 6.1.2.1. Valutazione dell'attecchimento di specie perenni di *Sedum*.

Dalle prove preliminari di propagazione sono emersi i dati riportati in tabella 6, relativi alla percentuale di attecchimento delle talee di specie perenni di *Sedum*, rilevata 15 e 30 giorni dopo la messa a dimora. Già quindici giorni dopo la messa a dimora *Sedum album*, *S. sediforme* e *S. hispanicum* mostravano percentuali di attecchimento vicine all'80%. Trenta giorni dopo il trapianto, le stesse specie, insieme a *Sedum ochroleucum*, si attestavano su valori percentuali tra il 95 ed il 100% di attecchimento. Il *Sedum amplexicaule* subsp. *tenuifolium* ha fatto registrare valori percentuali molto bassi di attecchimento.

**Tabella 6. Percentuale di attecchimento di talee di *Sedum* spp.**

| Specie                                              | Giorni dal trapianto |      |
|-----------------------------------------------------|----------------------|------|
|                                                     | 15                   | 30   |
| <i>Sedum album</i> subsp. <i>album</i>              | 78,5                 | 97,8 |
| <i>Sedum gypsicola</i>                              | 72,6                 | 93,0 |
| <i>Sedum dasyphyllum</i> var. <i>dasyphyllum</i>    | 70,5                 | 89,2 |
| <i>Sedum sediforme</i>                              | 81,2                 | 98,8 |
| <i>Sedum amplexicaule</i> subsp. <i>tenuifolium</i> | 12,8                 | 37,5 |
| <i>Sedum ochroleucum</i>                            | 72,8                 | 95,5 |
| <i>Sedum hispanicum</i>                             | 79,6                 | 96,3 |

### 6.1.2.2. Valutazione della capacità di copertura di specie perenni di *Sedum* spp.

Attraverso il rilievo periodico del diametro delle piante e della loro altezza, sono risultati i dati riportati in tabella 7. *Sedum album*, *S. sediforme*, *S. amplexicaule* e *S. ochroleucum*, 120 giorni dopo il trapianto, hanno sviluppato il maggiore diametro, compreso tra 16,0 cm di *S. amplexicaule* e i 19,0 cm di *S. sediforme*.

Circa l'altezza delle piante, dopo 120 giorni dal trapianto, i dati più elevati sono stati rilevati in *S. sediforme*, *S. ochroleucum* e *S. amplexicaule*. Per quest'ultima specie, è da rilevare che, pur raggiungendo una taglia elevata, il suo portamento prostrato e la scarsa consistenza dei fusti, non la rendono idonea per la prosecuzione delle osservazioni.

La figura 7 mostra alcune specie alla fine della prova.

**Tabella 7. Capacità di copertura di *Sedum* spp.**

|                                                        | Diametro (cm)        |      |      |             | Altezza (cm)         |      |     |            |
|--------------------------------------------------------|----------------------|------|------|-------------|----------------------|------|-----|------------|
|                                                        | Giorni dal trapianto |      |      |             | Giorni dal trapianto |      |     |            |
|                                                        | 30                   | 60   | 90   | 120         | 30                   | 60   | 90  | 120        |
| <i>Sedum album</i><br>subsp. <i>album</i>              | 10                   | 11,8 | 14,8 | <b>18,5</b> | 3                    | 3,6  | 3,8 | 4,5        |
| <i>Sedum gypsicola</i>                                 | 9,0                  | 10,2 | 12,6 | 15,3        | 2,7                  | 3,0  | 3,3 | 4,2        |
| <i>Sedum dasyphyllum</i>                               | 10,2                 | 12,2 | 13,7 | 14,8        | 2,8                  | 3,5  | 3,8 | 4,3        |
| <i>Sedum sediforme</i>                                 | 12,5                 | 14,0 | 15,0 | <b>19,0</b> | 6,2                  | 7,2  | 8,0 | <b>8,6</b> |
| <i>Sedum amplexicaule</i><br>subsp. <i>tenuifolium</i> | 11,6                 | 13,5 | 14,5 | <b>16,0</b> | 7,3                  | 7,6- | 8,0 | <b>8,0</b> |
| <i>Sedum ochroleucum</i>                               | 12,0                 | 13,5 | 15,0 | <b>17,8</b> | 6,4                  | 7,0  | 7,8 | <b>8,4</b> |
| <i>Sedum hispanicum</i>                                | 6,8                  | 8,3  | 11,2 | 15,6        | 3,5                  | 3,8  | 4,2 | 4,8        |

**Figura 7. In senso orario: *Sedum ochroleucum*, *S. album*, *S. gypsicola* e *S. hispanicum***



## 6. RISULTATI

### 6.1. INDAGINI PRELIMINARI SUI *SEDUM* SICILIANI

## 6.2 PROVA A - MOLTIPLICAZIONE DI *SEDUM SPP.*

### 6.2.1 Moltiplicazione di *Sedum sediforme* e *S. ochroleucum*

#### *Sedum sediforme*

La tabella 8 mostra l'effetto dell'epoca di prelievo, della lunghezza della talea e del tipo di substrato sulla percentuale di radicazione di talee di *Sedum sediforme* e sul tempo che impiegano per radicare. L'epoca di prelievo delle talee non ha influenza apprezzabile sulla percentuale di radicazione, che si attesta su valori molto elevati, compresi tra il 96,4% ed il 97,9%. Rispetto al tempo necessario alla radicazione, l'epoca di prelievo delle talee mostra una certa significatività: operando con talee primaverili il tempo di radicazione si accorcia di circa 5 giorni (19,11) rispetto al numero di giorni impiegati dalle talee prelevate in autunno (24,6).

La lunghezza della talea non influenza significativamente né la loro percentuale di radicazione, che risulta compresa tra il 96,9% per le talee di 4 cm e il 97,4% per quelle lunghe 8 cm, né la durata di radicazione, attestandosi a circa 20 giorni.

Il tipo di substrato impiegato nella radicazione del *Sedum sediforme* non ha effetto significativo sulle *performance* di moltiplicazione della specie.

Analizzando gli effetti combinati dei tre fattori sulla percentuale di radicazione delle talee di *Sedum sediforme* (Figura 7) emerge una certa significatività, legata ai valori medi (entrambi circa 98%) espressi dalle tesi T7 e T8. Queste sono rappresentate da talee prelevate in primavera, lunghe 8 cm e poste a radicare con Agriperlite e terriccio Technic in rapporto 1:1, v/v (T7) e 1:0,6, v/v (T8).

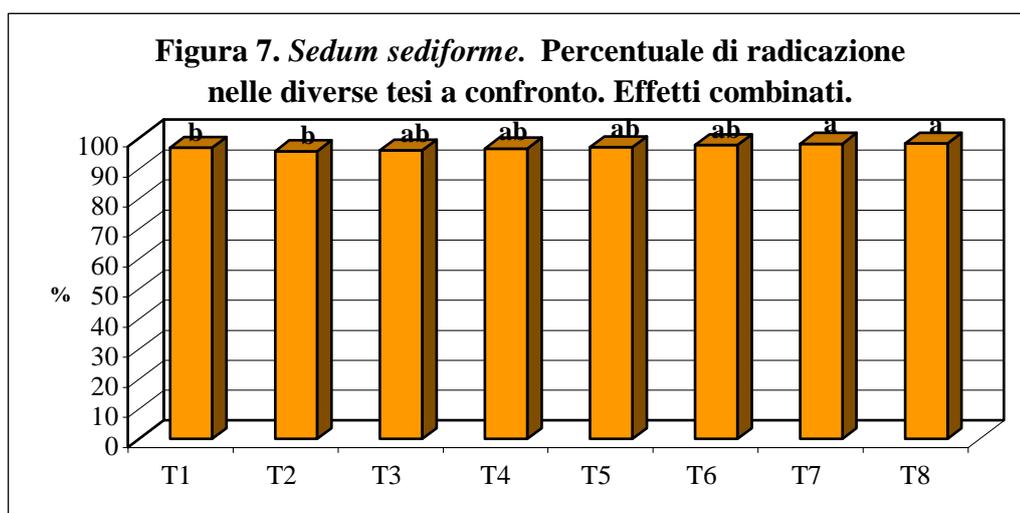
I valori più bassi sono riscontrabili nelle tesi T2 (95,8%) e T1 (96,1%), riconducibili a talee autunnali lunghe 4 cm, rispettivamente in substrato 1:1, v/v e 1:0,6, v/v. Le altre tesi si sono attestate su valori intermedi.

**Tabella 8. *Sedum sediforme*. Percentuale e durata della radicazione.**

**Effetti semplici**

|                        |                                                    | <b>% media radicazione</b> | <b>Durata radicazione (num. gg.)</b> |
|------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| <b>Epoca prelievo</b>  | Primavera                                          | 97,9 a                     | 19,11 b                              |
|                        | Autunno                                            | 96,4 a                     | 24,6 a                               |
| <b>Lunghezza talea</b> | 4 cm                                               | 96,9 a                     | 23,5 a                               |
|                        | 8 cm                                               | 97,4 a                     | 20,3 b                               |
| <b>Tipo substrato</b>  | Agriperlite e Technic 3 <sup>®</sup><br>1:1, v/v   | 97,1 a                     | 21,3 a                               |
|                        | Agriperlite e Technic 3 <sup>®</sup><br>1:0,6, v/v | 97,2 a                     | 22,4 a                               |

p ≤ 0,05 (LSD test)



p ≤ 0,05 (LSD test)

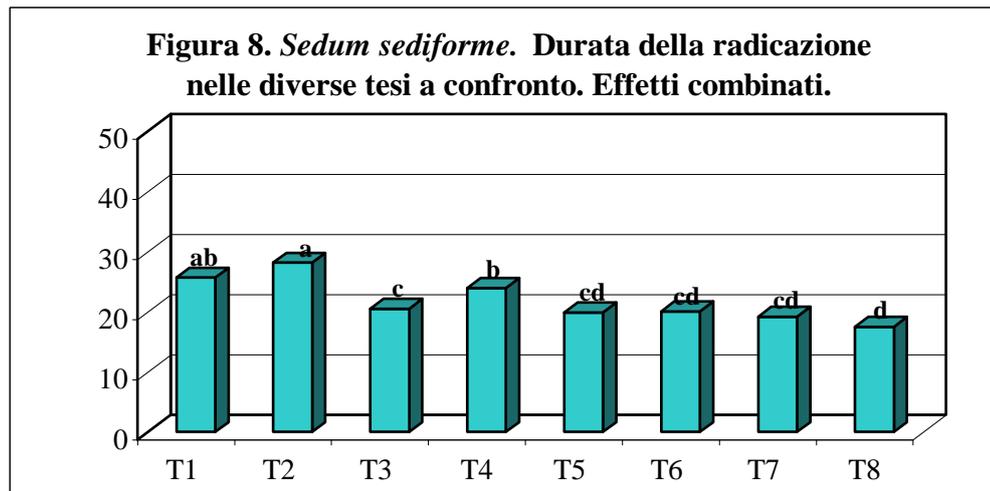
Esaminando gli effetti combinati dei tre fattori sul tempo impiegato dalle talee a radicare (Figura 8) emerge la significatività, compresa tra i valori medi di T8 ( 17,5 giorni) e T2 (28,2 giorni). La T8 è rappresentata da talee prelevate in primavera, lunghe

6. RISULTATI

6.2. PROVA A - MOLTIPLICAZIONE DI *SEDUM SPP.*

8 cm e poste a radicare in un substrato composto da Agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:0,6, v/v; la T2 è riconducibile all'uso di talee autunnali lunghe 4 cm con il medesimo substrato. Oltre la T8, le migliori *performance* sono espresse dalle altre tesi riferite a talee primaverili (T5, T6, T7).

I valori più bassi sono riscontrabili, oltre che nella tesi T2, in altre tesi riferite a talee autunnali (T1, T4).



$p \leq 0,05$  (LSD test)

Dai risultati ottenuti finora, emerge (Tabella 12) che la migliore combinazione di fattori per una più efficace moltiplicazione del *Sedum sediforme* è espressa dalla tesi T8 con cui è stata ottenuta la migliore percentuale di radicazione (98,4%) nel minor tempo (17,5 giorni).

### *Sedum ochroleucum*

La tabella 9 mostra l'effetto dei vari fattori – epoca di prelievo, lunghezza talea e substrato- sulla percentuale di radicazione di talee di *Sedum ochroleucum* e sul tempo che queste impiegano per radicare.

L'epoca di prelievo delle talee mostra un'influenza significativa sia sui valori medi della percentuale di radicazione delle talee, che sul numero di giorni impiegati per radicare. Infatti il valore medio più elevato di percentuale di radicazione (97,9%)

insieme al minor numero di giorni (21,1) sono riscontrabili nelle talee primaverili, mentre, opposto è il comportamento delle talee autunnali con valori medi più bassi di percentuale di radicazione e più elevati in numero di giorni.

La lunghezza della talea non mostra influenza significativa sulla percentuale di radicazione mentre la rivela sul numero di giorni impiegati a radicare. Operando, infatti, con talee di 8 cm il numero di giorni diminuisce di circa 5 unità (22,7), rispetto a quanto avviene con le talee lunghe 4 cm (27,2).

Il tipo di substrato impiegato nella radicazione del *Sedum ochroleucum* non mostra effetto apprezzabile sui parametri della moltiplicazione presi in esame.

**Tabella 9. *Sedum ochroleucum* . Percentuale e durata della radicazione.**

**Effetti semplici**

|                        |                                                    | <b>% media radicazione</b> | <b>Num. medio gg.</b> |
|------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| <b>Epoca prelievo</b>  | Primavera                                          | 97,9 a                     | 21,1 b                |
|                        | Autunno                                            | 95,8 b                     | 28,8 a                |
| <b>Lunghezza Talea</b> | 4 cm                                               | 96,9 a                     | 27,2 a                |
|                        | 8 cm                                               | 96,8 a                     | 22,7 b                |
| <b>Tipo substrato</b>  | Agriperlite e Technic 3 <sup>®</sup><br>1:1, v/v   | 96,4 a                     | 25,5 a                |
|                        | Agriperlite e Technic 3 <sup>®</sup><br>1:0,6, v/v | 97,2 a                     | 24,4 a                |

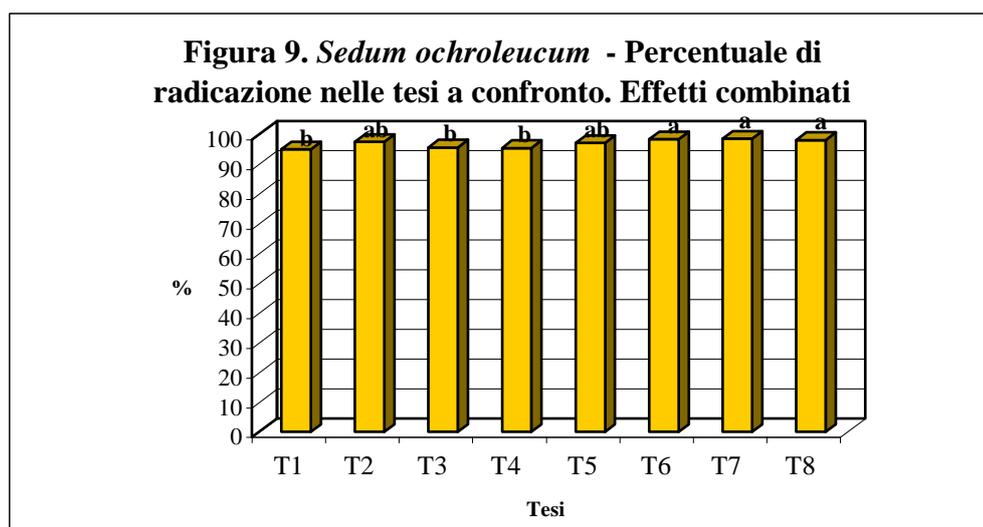
p ≤ 0,05 (LSD test)

Analizzando gli effetti combinati dei tre fattori, espressi in 8 tesi (T1-T8) sulla percentuale media di radicazione delle talee di *Sedum ochroleucum* (Figura 9) emerge una certa significatività, legata ai valori espressi dalle tesi T6, T7, T8, tutti vicini al 98%. Queste tesi sono rappresentate da talee prelevate in primavera, con diversa combinazione degli altri fattori. Le percentuali più basse sono riscontrabili nelle tesi T1,

T3 e T4 (vicine al 95%), tutte riferite a talee autunnali con diversa combinazione degli altri fattori.

La figura 10 mostra gli effetti combinati dei tre fattori considerati sul tempo impiegato dalle talee a radicare. Emerge una certa significatività, compresa tra i valori medi di T8 ( 17,7 giorni) e T1 (31,7 giorni). La T8 è rappresentata da talee prelevate in primavera, lunghe 8 cm e poste a radicare in un substrato composto da Agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:0,6, v/v; la T1 invece è riconducibile all'uso di talee autunnali lunghe 4 cm con substrato Agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:1, v/v. Oltre la T8, le migliori *performance* sono espresse dalle altre tesi riferite a talee primaverili (T6, T7) con diversa combinazione degli altri fattori.

I valori più bassi sono riscontrabili, oltre che nella tesi T1, in altre tesi riferite a talee autunnali (T2 e T4).

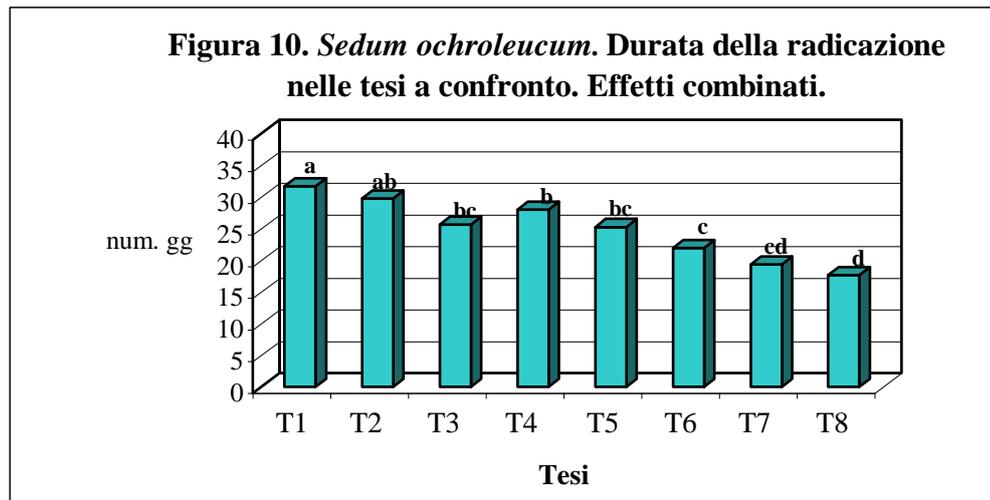


$p \leq 0,05$  (LSD test)

Infine, dai risultati finora ottenuti, emerge la migliore combinazione di fattori per la più efficace moltiplicazione del *Sedum ochroleucum* che è espressa dalla tesi T8 (Tabella 12) con una elevata percentuale di radicazione (98,0%) in 17,7 giorni.

## 6. RISULTATI

### 6.2. PROVA A - MOLTIPLICAZIONE DI *SEDUM SPP.*



$p \leq 0,05$  (LSD test)

## 6.2.2 Moltiplicazione di *S.album* subsp. *album* e *Sedum hispanicum*

### *S.album* subsp. *album*

La tabella 10 mostra l'effetto di vari fattori sulla percentuale di radicazione di talee di *Sedum album* e sul tempo che queste impiegano per radicare.

L'epoca di prelievo delle talee non mostra un'influenza significativa sulla percentuale media di radicazione delle talee, che è compresa tra il 98,2% delle primaverili e il 96,0% delle autunnali. L'epoca di prelievo, invece, rivela la sua influenza significativa sul numero di giorni impiegati per la radicazione, mostrando una differenza di circa 10 giorni tra le talee primaverili infatti (21,7 gg.) e quelle autunnali (30 gg.).

Il tipo di substrato impiegato nella radicazione non mostra alcuna significatività sui valori medi della percentuale di moltiplicazione, che rimane piuttosto alta, e sulla durata della radicazione (24-28 giorni).

**Tabella 10. *Sedum .album* subsp. album. Percentuale e durata della radicazione. Effetti semplici**

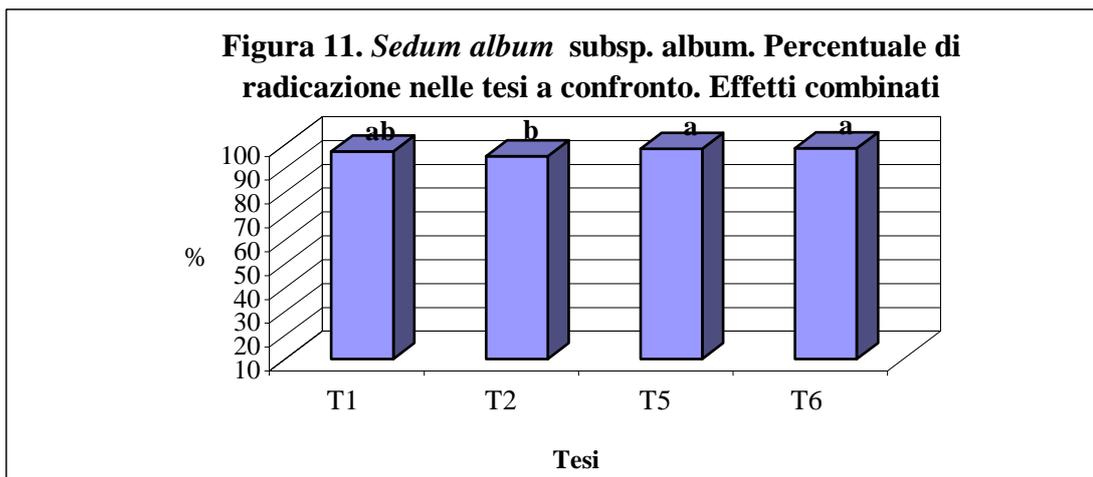
|                       |                                                    | <b>% media radicazione</b> | <b>Num. medio gg.</b> |
|-----------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| <b>Epoca prelievo</b> | Primavera                                          | 98,2 a                     | 21,7 b                |
|                       | Autunno                                            | 96,0 a                     | 29,9 a                |
| <b>Tipo substrato</b> | Agriperlite e Technic 3 <sup>®</sup><br>1:1, v/v   | 97,5 a                     | 23,8 a                |
|                       | Agriperlite e Technic 3 <sup>®</sup><br>1:0,6, v/v | 96,7 a                     | 27,7 a                |

$p \leq 0,05$  (LSD test)

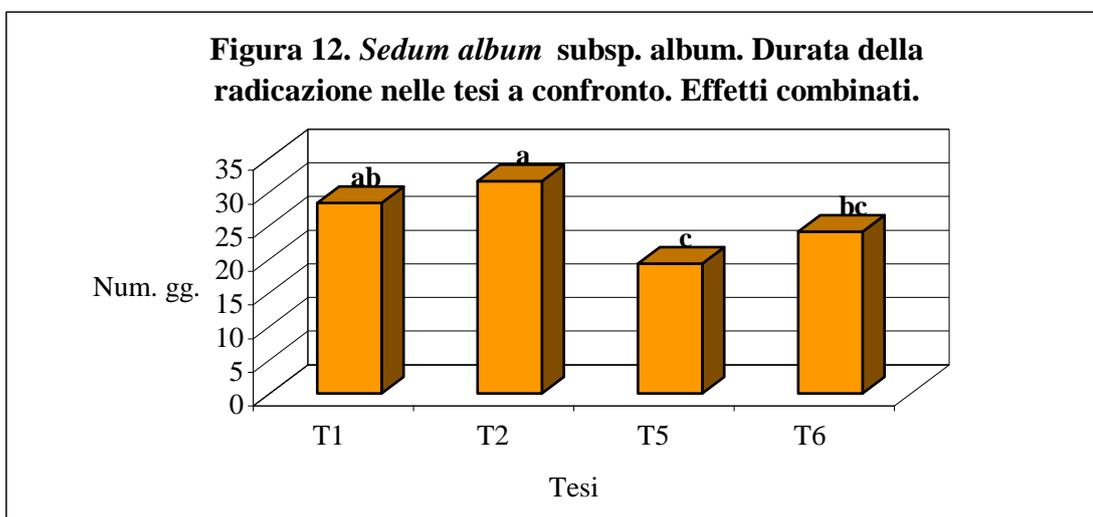
Dall'analisi degli effetti combinati dell'epoca di prelievo e del tipo di substrato sulla percentuale di radicazione delle talee di *Sedum album* Figura 11 emerge una certa significatività, legata ai valori medi espressi dalle tesi T5 e T6; queste sono riferite a talee prelevate in primavera e poste a radicare con Agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> in rapporto rispettivamente di 1:1, v/v e 1:0,6,v/v. Il valore percentuale più basso è riscontrabile nella tesi T2 ( 95,0%) riconducibile a talee autunnali poste a radicare in un substrato costituito da Agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:0,6, v/v.

Esaminando gli effetti combinati degli stessi due fattori sul tempo impiegato dalle talee a radicare (Figura 12), emerge la significatività compresa tra i valori medi di T5 (19,3 giorni) e T2 (31,5 giorni). La tesi T5 esprime la combinazione di talee prelevate in primavera poste a radicare in un substrato composto da Agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:0,6, v/v; la T2 è riconducibile all'uso di talee autunnali con il medesimo substrato di radicazione. Le altre tesi esprimono valori intermedi.

Infine, dai risultati finora ottenuti emerge (Tabella 12) che la migliore combinazione di fattori per una più efficace moltiplicazione del *Sedum album* è espressa dalla T5 con una elevata percentuale media di radicazione (98,0%) nei tempi più brevi (19,3 giorni).



$p \leq 0,05$  (LSD test)



$p \leq 0,05$  (LSD test)

### *Sedum hispanicum*

La tabella 11 mostra l'effetto dell'epoca di prelievo delle talee e del tipo di substrato sulla percentuale di radicazione di talee di *Sedum hispanicum* e sul tempo che queste impiegano per radicare.

L'epoca di prelievo delle talee non mostra un'influenza significativa sulla percentuale media di radicazione delle talee, che tra le primaverili e le autunnali è compresa tra il

## 6. RISULTATI

### 6.2. PROVA A - MOLTIPLICAZIONE DI *SEDUM SPP.*

95,7% ed il 92,9%. Il numero di giorni necessari alla radicazione, invece, rivela l'influenza significativa dell'epoca di prelievo: le talee prelevate in primavera radicano in 16,2 giorni e nei quasi 20 giorni quelle autunnali.

Il tipo di substrato impiegato nella radicazione del *Sedum album* non mostra alcuna influenza sulle *performance* di moltiplicazione della specie che rimangono elevate in termini di percentuale di radicazione (circa 93-96%) e con tempi contenuti (circa 18 giorni).

**Tabella 11. *Sedum hispanicum*. Percentuale e durata della radicazione. Effetti semplici**

|                       |                                                    | <b>% media radicazione</b> | <b>Num. medio gg.</b> |
|-----------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| <b>Epoca</b>          | Primavera                                          | 95,7 a                     | 16,2 b                |
|                       | Autunno                                            | 92,9 a                     | 19,6 a                |
| <b>Tipo substrato</b> | Agriperlite e Technic 3 <sup>®</sup><br>1:1, v/v   | 95,7 a                     | 17,0 a                |
|                       | Agriperlite e Technic 3 <sup>®</sup><br>1:0,6, v/v | 92,8 a                     | 18,8 a                |

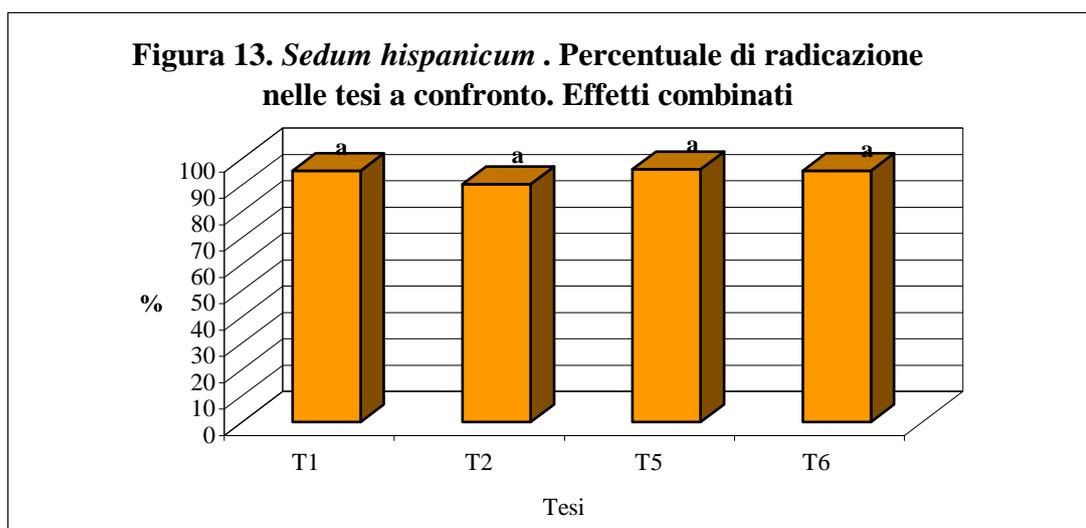
p ≤ 0,05 (LSD test)

Dall'analisi degli effetti combinati dell'epoca di prelievo e del substrato utilizzato sulla percentuale di radicazione delle talee di *Sedum hispanicum* (Figura 13) non emerge alcuna significatività tra i valori espressi dalle tesi a confronto. Questi sono compresi tra il 96% di T5 (talee primaverili poste a radicare in un substrato composto da Agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:1, v/v) ed il 90% di T2 che è riferita a talee prelevate in autunno poste a radicare con un substrato composto da Agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:0,6, v/v.

Infine, dai risultati finora ottenuti risulta (Tabella 12) che la migliore combinazione di fattori per la più efficace moltiplicazione del *Sedum hispanicum* è espressa dalla tesi T5 con una percentuale di radicazione (96,0%) in 14,3 giorni.

Gli effetti combinati dei due fattori sul tempo impiegato dalle talee a radicare è visualizzato in Figura 14, da cui emerge una certa significatività, compresa tra i valori medi della tesi T5 (14,6 giorni) e della T2 (circa 20 giorni).

La T5 esprime la combinazione di talee prelevate in primavera poste a radicare in un substrato composto da Agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:0,6, v/v; la T2 è riferita all'uso di talee autunnali con il medesimo substrato di radicazione. Le altre tesi esprimono valori intermedi.



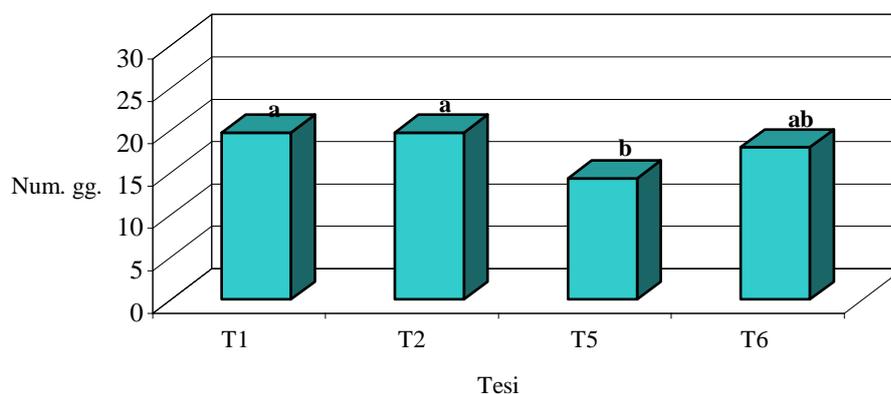
$p \leq 0,05$  (LSD test)

Questa tesi è riferita a talee primaverili poste a radicare in un substrato composto da Agriperlite e terriccio Technic 3<sup>®</sup> 1:1, v/v.

Dunque, la tabella 12 riassume le migliori *performance* moltiplicative ottenute nelle specie oggetto di studio dalle prove svolte.

In tutte le specie le percentuali di radicazione delle talee sono molto alte, prossime al 100% con tempi di radicazione, compresi tra circa 18 e 22 giorni.

**Figura 14. *Sedum hispanicum*. Durata della radicazione nelle tesi a confronto. Effetti combinati.**



$p \leq 0,05$  (LSD test)

**Tabella 12. Sintesi delle *performance* di moltiplicazione delle specie esaminate**

| Specie                | % media radicazione | Num. medio gg. |
|-----------------------|---------------------|----------------|
| <i>Sedum album</i>    | 98,0                | 19,3           |
| <i>S. hispanicum</i>  | 96,0                | 14,6           |
| <i>S. ochroleucum</i> | 98,0                | 17,7           |
| <i>S. sediforme</i>   | 98,4                | 17,5           |

### 6.3. PROVA B - “SEMINA” DI UN TAPPETO DI *SEDUM* *SEDIFORME* A DIVERSA DENSITÀ D’IMPIANTO

#### 6.3.1 FASE 1: Valutazione della percentuale di radicazione in funzione del tipo di talea

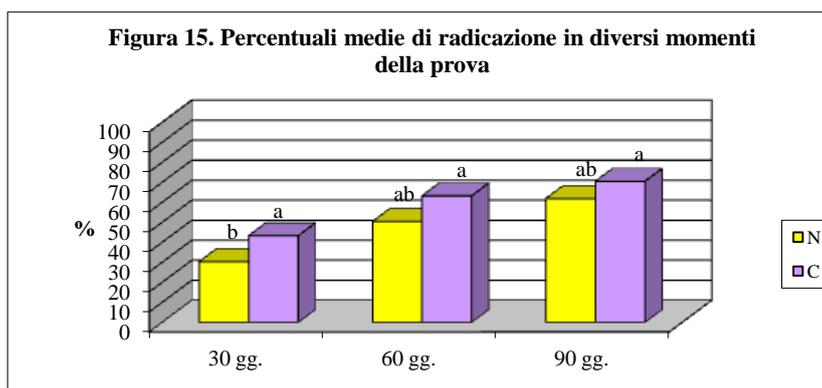
La tabella 13 mostra i valori medi della percentuale di radicazione di talee di nodo (64,8 %) e di cima (74,9 %) di *Sedum sediforme* novanta giorni dopo la “semina. Tali valori esprimono una certa significatività al test delle differenze minime significative (LSD).

**Tabella 13. Percentuale media di radicazione media nei due tipi di talee**

| Tipo talea | Percentuale di radicazione media (%) |
|------------|--------------------------------------|
| Nodo       | 64,8 b                               |
| Cima       | 74,9 a                               |

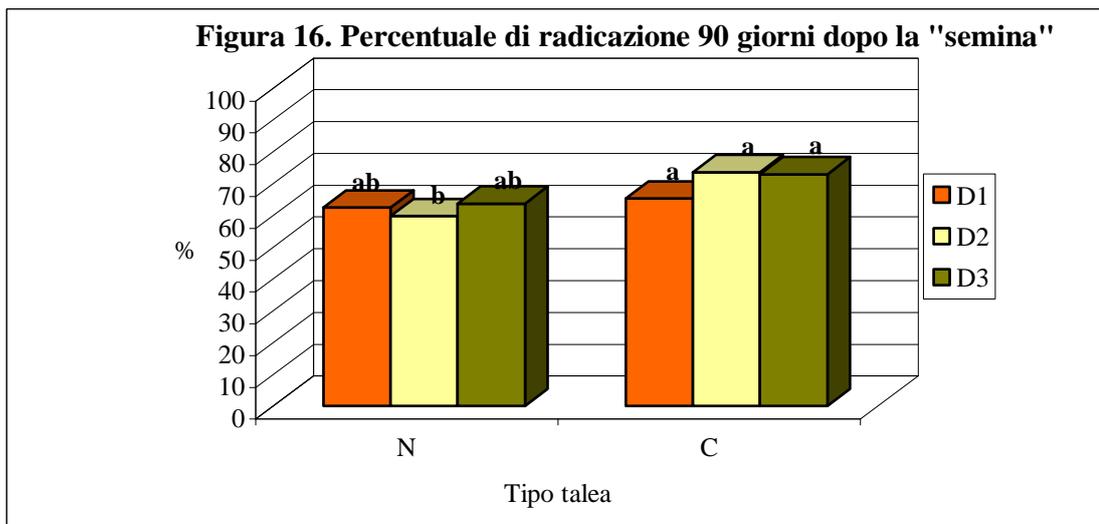
$p \leq 0,05$  (LSD test)

Come mostra la figura 15, durante il corso della prova, le talee di cima hanno fatto registrare valori medi di radicazione costantemente superiori a quelli riferiti alle talee di nodo.



$p \leq 0,05$  (LSD test)

In particolare, ponendo in relazione il tipo di talea con le densità di “semina” D1, D2 e D3, (Figura 16) si evince che queste non hanno influenza significativa sulla percentuale di radicazione delle talee di cima, che raggiungono il massimo valore (73,53%) alla densità di 100 g/m<sup>2</sup> (D2). Diversamente emerge per le talee di nodo, per cui la percentuale media di radicazione si abbassa a valori significativamente di 4-5 punti “seminando” ad una densità di 100 g/m<sup>2</sup> (D2) rispetto a 50 g/m<sup>2</sup> (D1) e 200 g/m<sup>2</sup> (D3).



$p \leq 0,05$  (LSD test)

### 6.3.2 FASE 2: Valutazione della percentuale di superficie coperta da *Sedum sediforme* in funzione della densità di “semina”

Questa fase sperimentale, che ha avuto inizio 90 giorni dopo la “semina del tappeto di *Sedum*”, ha messo in evidenza la percentuale media di copertura del terreno al variare delle tre densità d’impianto. La tabella 14 esprime i valori medi percentuali riferiti alle tre densità a confronto. Tali valori sono compresi tra il 61,7% e il 77,0% caratterizzati dalla significatività espressa in tabella.

**Tabella 14. Percentuale di copertura del terreno 330 giorni dopo la "semina" al variare della densità di semina**

| <b>Tipo densità</b> | <b>Percentuale di copertura del terreno (%)</b> |
|---------------------|-------------------------------------------------|
| D1                  | 61,7 b                                          |
| D2                  | 77,0 a                                          |
| D3                  | 71,3 ab                                         |

$p \leq 0,05$  (LSD test)

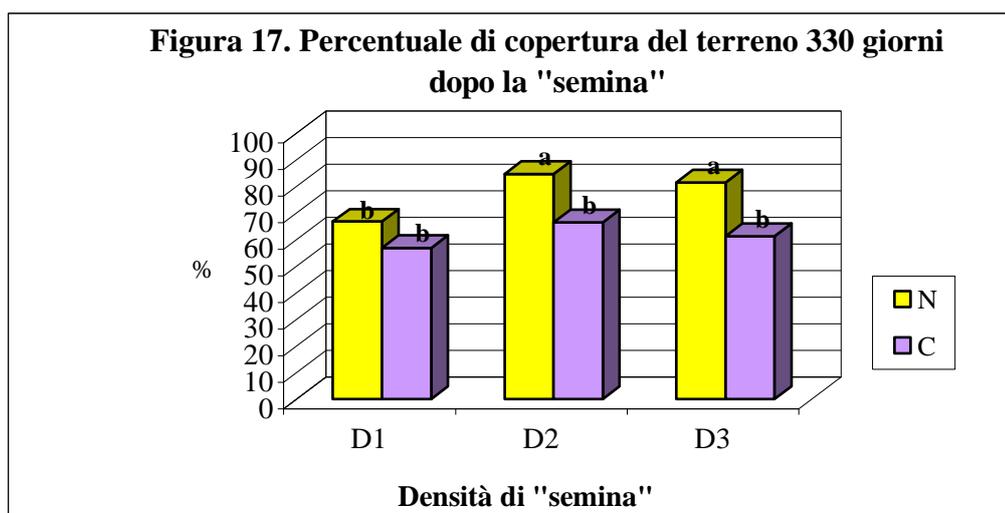
In riferimento al tipo di talea utilizzato, la percentuale media di copertura, espressa in tabella 15 mostra differenze significative tra i valori medi ottenuti con le talee di nodo (78,6%) e con quelle di cima (61,5%).

**Tabella 15. Percentuale di copertura del terreno 330 giorni dopo la "semina" in relazione al tipo di talea utilizzato**

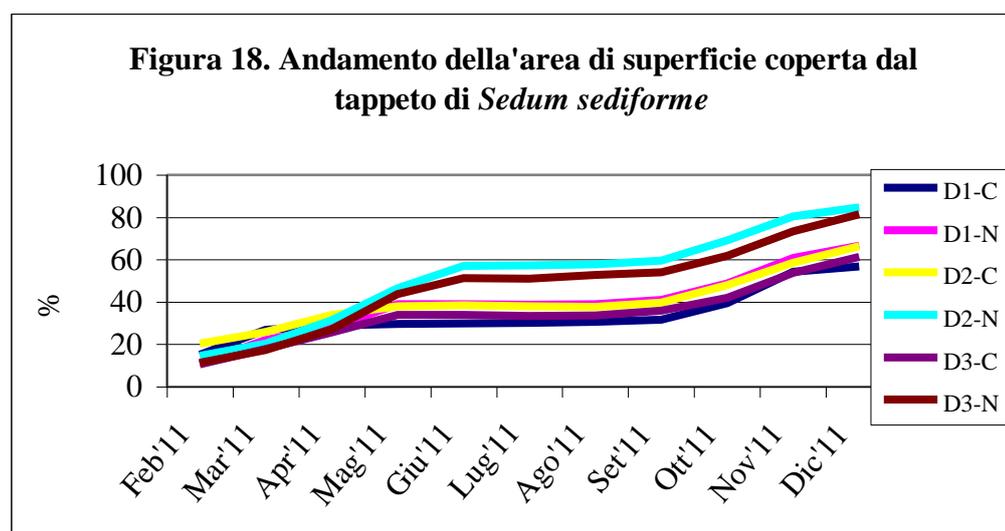
| <b>Densità di "semina"</b> | <b>Percentuale di copertura media (%)</b> |
|----------------------------|-------------------------------------------|
| N                          | 78,6 a                                    |
| C                          | 61,5 b                                    |

$p \leq 0,05$  (LSD test)

In particolare, ponendo in relazione le densità di "semina" con i tipi di talea utilizzate figura 17 emergono differenze statisticamente significative sulla percentuale media di copertura. Nello specifico, con le talee di nodo sono stati ottenuti i valori medi più elevati (84,63% e 81,37%) seminando 100 g di talee/m<sup>2</sup> (D2) e 200 g di talee/m<sup>2</sup> (D3). La figura 18 mostra l'andamento medio dell'area di copertura durante il periodo della prova. Tale andamento rispecchia i ritmi di crescita dei *Sedum* osservati in natura e riscontrati in bibliografia, caratterizzati da una fase di accrescimento nel periodo primaverile, una di stasi nel periodo estivo ed una nuova fase di accrescimento nel periodo autunno-vernino.



$p \leq 0,05$  (LSD test)

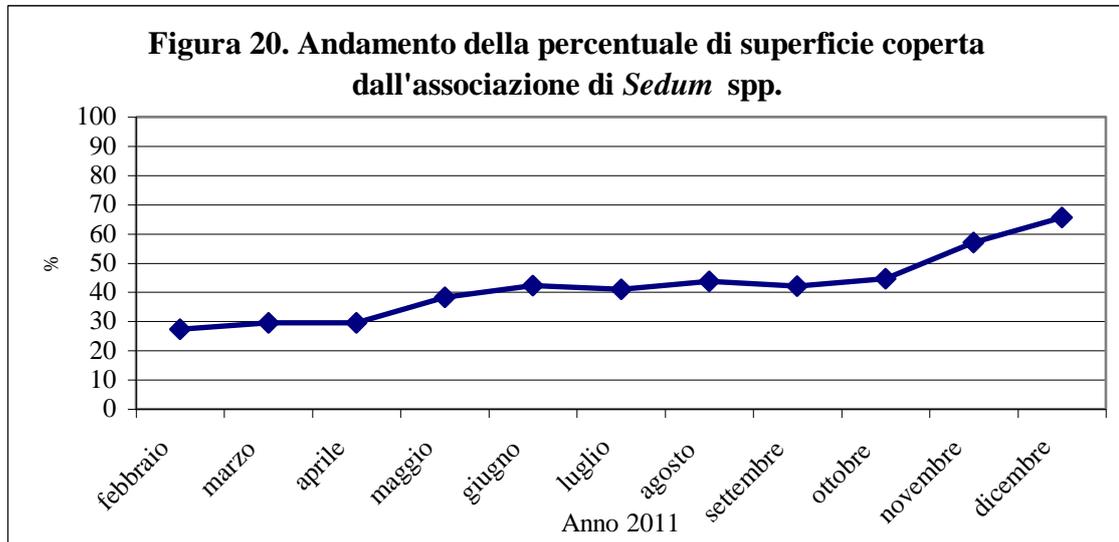


In particolare, quando sono iniziate le osservazioni, tre mesi dopo la “semina”, le piante afferenti alle diverse tesi mostravano un andamento delle percentuali di copertura simile, mentre dopo il periodo primaverile le tesi D2N e D3N si sono distinte per le migliori *performance*, mantenendole fino alla fine delle osservazioni che, ai fini del presente lavoro, sono riferite alla prima decade di dicembre 2011 (15 mesi dopo l’impianto). In questo periodo nessuna tesi ha raggiunto il 100% di copertura del substrato come mette in evidenza la Figura 19.

**Figura 19. Il tappeto di *Sedum sediforme* 15 mesi dopo l'impianto.**



## 6.4 PROVA C - APPLICAZIONE DI *SEDUM* SPP. NEL VERDE PENSILE



La figura 20 mostra la percentuale di copertura delle piante di *Sedum* spp. nei bancali di simulazione del verde pensile, nell'arco di circa 330 giorni. Tale andamento è legato allo sviluppo della superficie aerea delle piante rilevato nel corso del periodo di osservazione, che è iniziato tre mesi dopo l'impianto. Come mostra il grafico in figura 20, in febbraio, all'inizio delle osservazioni, la percentuale di copertura dei *Sedum* era del 27% per arrivare, nella prima decade di dicembre a oltre il 65%. Dal grafico, inoltre, è possibile notare come le piante abbiano avuto i maggiori incrementi di sviluppo durante la primavera inoltrata (15 punti percentuali) e nel periodo autunno-vernino (11 punti percentuali).

La stagione estiva ha rappresentato un momento di arresto della crescita delle piante e la percentuale di copertura, tra giugno e settembre, si è mantenuta stabile, attorno al 42% per poi risalire da ottobre a dicembre.

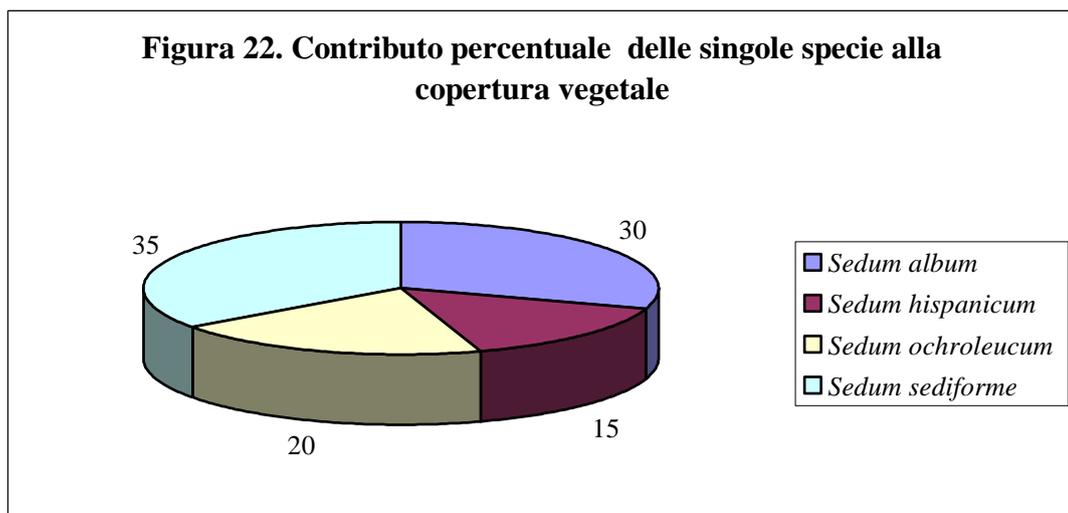
Inoltre, in relazione all'epoca di impianto (ottobre 2010) e alle condizioni di progetto e gestione della copertura scelte per l'applicazione, dalla figura 21, emerge che

l'associazione di *Sedum*, in più di un anno dall'impianto (15 mesi), non ha coperto il totale (100%) della superficie di riferimento.

**Figura 21. La copertura di *Sedum* 15 mesi dopo l'impianto**



La figura 22 mostra il contributo percentuale delle diverse specie alla copertura vegetale.



Circa i consumi idrici del sistema a verde pensile realizzato, la tabella 16 mostra il volume idrico trattenuto dal sistema a fronte dei volumi di pioggia caduta e acqua irrigua somministrata nei quindici mesi di applicazione.

**Tabella 16. Consumi idrici del sistema a verde pensile realizzato con *Sedum* spp.**

| <b>Vol. acqua piovana (l/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Vol. acqua irrigua (l/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Vol. acqua piovana + irrigua (l/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Vol. acqua percolata (l/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Vol. idrico trattenuto dal sistema (l/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Vol. idrico trattenuto dal sistema (%)</b> |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 336,1                                       | 72,7                                        | 409,1                                                 | 199,8                                         | 209,0                                                       | 51,2                                          |

La pioggia caduta dalla prima decade di ottobre 2010 alla prima decade di dicembre 2011, trasformata in litri/m<sup>2</sup> di superficie del bancale è stata sommata ai volumi d'acqua irrigua forniti, ottenendo un valore di 409,1 l/m<sup>2</sup> di acqua che hanno avuto i bancali. Sottraendo a questo valore i litri di percolato raccolti nel periodo di riferimento, emerge che il sistema ha mediamente trattenuto 209 l/m<sup>2</sup> in quindici mesi, pari al 51,2% dell'acqua ricevuta dalle diverse fonti.

Per tutte le specie di *Sedum* impiegate, nel periodo di riferimento sono state rilevate le date di inizio e fine fioritura (Tabella 17) e la sua durata.

Utilizzate nel verde pensile, le specie di *Sedum* siciliane, hanno fatto registrare date di inizio e fine fioritura simili a quelle rilevate in natura e dalla bibliografia consultata, tipiche del proprio ciclo biologico.

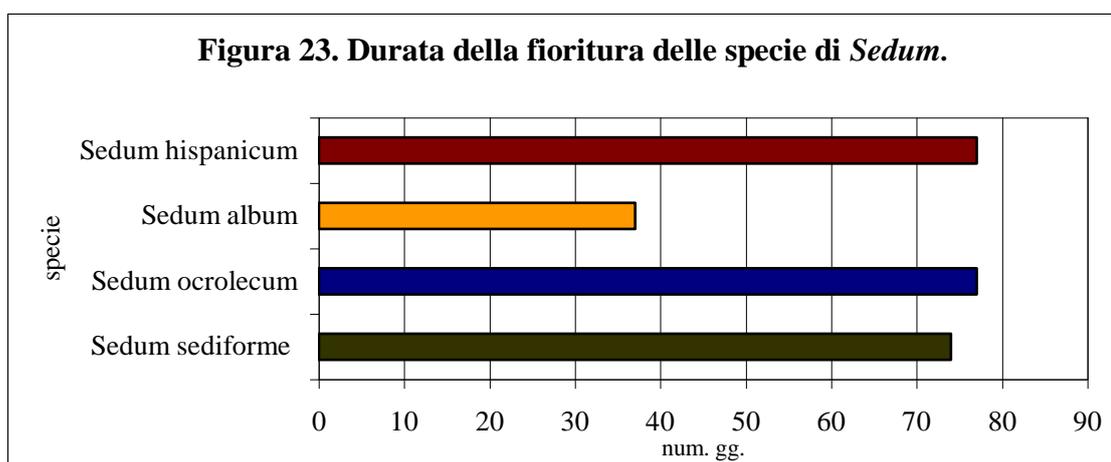
Nell'ambito dell'associazione vegetale applicata, la specie che inizia a fiorire per prima è il *Sedum ochroleucum*, in cui già nella seconda decade di aprile si apprezza l'emissione dell'infiorescenza che si schiude ai primi di maggio. Il *Sedum sediforme* è la specie che inizia a fiorire più tardivamente, dalla metà di giugno, protraendo la sua fioritura fino alla fine di agosto. Nelle altre specie la fioritura ha luogo dalla seconda decade di maggio, per concludersi dopo circa un mese nel *Sedum album* e nella seconda

decade di luglio nel *S. hispanicum*. La figura 23 mostra, in particolare, la durata della fioritura espressa in numero di giorni per le specie utilizzate nell'applicazione.

**Tabella 17. Date di inizio e fine fioritura nelle specie di *Sedum* in bancali per il verde pensile.**

| <b>Specie</b>            | <b>INIZIO FIORITURA</b> | <b>FINE FIORITURA</b> |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <i>Sedum sediforme</i>   | 15-giu                  | 29-ago                |
| <i>Sedum ocrholeucum</i> | 02-mag                  | 18-lug                |
| <i>Sedum album</i>       | 24-mag                  | 30-giu                |
| <i>Sedum hispanicum</i>  | 20-mag                  | 18-lug                |

Le fioriture più durature, circa 80 giorni, sono presenti nei *Sedum hispanicum* e *S. ocrholeucum*. Nel *Sedum album* è stata registrata la fioritura di durata minore (circa 40 giorni).



**Figura 24. Particolare della fioritura in *Sedum ochroleucum***



## 6. RISULTATI

### 6.4. PROVA C- APPLICAZIONE DI *SEDUM* SPP. NEL VERDE PENSILE

## **7. CONCLUSIONI**

### **7.1. INDAGINI PRELIMINARI SUI SEDUM SICILIANI**

Le attività di studio preliminare hanno consentito di approfondire la conoscenza dei *Sedum* siciliani in natura in ordine all'ecologia, fenologia e morfologia e di osservare, in via preliminare, la capacità di attecchimento e sviluppo delle piante di diverse specie.

Dalle indagini svolte emerge, innanzitutto, la capacità delle specie di moltiplicarsi e svilupparsi lontano dal loro ambiente di origine e vengono messe in evidenza le potenzialità di alcune di esse per un loro inserimento nelle attività di ricerca sperimentale. *Sedum album*, *S. sediforme*, *S. ochroleucum* e *S. hispanicum*, sulla base delle osservazioni preliminari condotte vengono individuati per approfondire le loro *performance* nella filiera del verde pensile.

### **7.2. PROVA A - MOLTIPLICAZIONE DI SEDUM SPP.**

Dai risultati relativi alla PROVA A – Moltiplicazione di *Sedum* siciliani – emerge che i *Sedum* osservati presentano ottime *performance* di moltiplicazione. Utilizzando talee primaverili, della lunghezza di circa 8 cm, nella specie che lo consentono, la percentuale di radicazione è prossima al 100% e i tempi per ottenere talee radicate abbastanza brevi, nell'ordine di 15-20 giorni, a seconda della specie.

L'indagine su questi parametri porta a concludere che i *Sedum* oggetto di indagine ben si confanno ad entrare nella filiera produttiva del verde pensile, dove l'attività vivaistica è caratterizzata da grande dinamicità. Tali aziende, infatti hanno necessità di condurre contemporaneamente più cicli produttivi di piante di piccole dimensioni

### **7.3. PROVA B - “SEMINA” DI UN TAPPETO DI *SEDUM* *SEDIFORME* A DIVERSA DENSITÀ D’IMPIANTO**

Dall’analisi dei risultati relativi alla PROVA B - “Semina” di un tappeto di *Sedum sediforme* a diversa densità d’impianto – si deduce che è possibile realizzare un tappeto di *Sedum sediforme* a partire dalla “semina” di talee nei nostri ambienti.

Per ottenere il miglior risultato finale, cioè la maggiore copertura del substrato di coltivazione da parte delle piante, nell’impianto, è bene utilizzare talee di nodo, “seminate” ad una densità di 100 g/m<sup>2</sup>. Se, inizialmente, le talee tarderanno a radicare, dopo la radicazione, le numerose gemme latenti della talea di nodo daranno vita ad una cespo ben compatto.

E’ bene sottolineare che, in circa 15 mesi dall’impianto, alle condizioni (interventi irrigui, concimazioni, scerbature) della prova, il “tappeto” di *Sedum* ha raggiunto circa l’85% di copertura. Tale esito può essere messo in relazione con il comportamento delle xerofite e delle Crassulaceae, in particolare che, come adattamento ai nostri ambienti, limitano il ciclo vegetativo alla stagione più umida, con ripercussioni sullo sviluppo finale della pianta.

Questo tipo di valutazioni, per l’ambiente mediterraneo, ricorrono tra studiosi ed esperti del settore. Infatti esiste un dibattito su alcuni punti della Norma UNI 11235:2007, con particolare riferimento, per esempio, ai tempi di collaudo dello strato vegetale di un tetto verde estensivo, che, la norma attribuisce ugualmente per tutto il territorio nazionale, pari ad un anno.

### **7.4. PROVA C - APPLICAZIONE DI *SEDUM* SPP. NEL VERDE PENSILE**

L’interessante applicazione di *Sedum* spp. su bancali di simulazione di un tetto verde dà spunto a diversi elementi di valutazione.

Le specie di *Sedum* utilizzate mostrano capacità di vivere ed accrescersi nelle difficili condizioni di un tetto verde.

Alle condizioni applicative realizzate, le piante mostrano un ritmo di accrescimento tipico del genere in natura, cioè principalmente concentrato nel periodo autunno-vernino. Il sopraggiungere della stagione arida, così come i picchi di freddo, rallentano la crescita della pianta fino a farla cessare.

Dagli esiti dell'applicazione, risulta che l'associazione di *Sedum* scelta, in circa 15 mesi dall'impianto, ha espresso una percentuale di copertura vegetale pari a 70% circa.

Le fioriture dei *Sedum* utilizzati sono iniziate nella primavera inoltrata e la durata è risultata variabile da 1 a 4 mesi a seconda della specie. Nel periodo della fioritura i bancali avevano un aspetto attraente e le piante erano visitate da diversi insetti, senza subirne danno.

Alle condizioni climatiche della prova, è stato necessario intervenire con irrigazioni periodiche concentrate nel periodo estivo, mettendo in evidenza la eventualità di dotare l'impianto a verde pensile di un impianto di irrigazione a micro portata da utilizzare quando le stagioni decorrono secche.

E' stata segnalata anche la presenza di ebre infestanti che, soprattutto nei primi mesi dopo l'impianto, può ostacolare il normale sviluppo delle piantine di *Sedum*. Scerbature, anche manuali, potranno essere praticate durante i primi 12-15 mesi dall'impianto.

Dalle ricerche condotte per un triennio, dunque, emerge, innanzitutto, l'idoneità dei *Sedum* siciliani indagati ad essere impiegati nel verde pensile, mettendo in evidenza anche l'importanza di tali studi, basilari per mettere a punto un sistema di verde pensile per l'ambiente mediterraneo.

## BIBLIOGRAFIA

- AALL C., GROVEN K., G. LINDSETH, 2007 The scope of Action for Local Climate Policy: The case of study of Neorway". Global Enviromental Politics, Vol. 22 N. 4
- AA.VV., 2003. Aree di collegamento ecologico funzionale. Indirizzi e modalità operative per l'adeguamento degli strumenti di pianificazione del territorio in funzione della costruzione di reti ecologiche a scala locale. Rapporto ISPRA 26/2003.
- AMENDOLA G., 2009. Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia. Consultazione da:www.dirittoambiente.net
- BEIER C. ET AL., 2004. Novel approaches to study climate change effects on terrestrial ecosystems in the field: drought and passive night time warming. *Ecosystems*, 7(6), p.583-597.
- BOOS WILLIAM R., 2011. "Climate: Cold Winters from Warm Oceans." *Nature* 471: 584-86
- BOTKIN D.B. ET AL., 2007. Forecasting the effects of global warming on biodiversity. *BioScience*, 57(3), p.227-236.
- BROWN J.H. WHITHAM, T.G. ERNEST, S.K.M. & GEHRING, C.A., 2001. Complex species interactions and the dynamics of ecological systems: long-term experiments. *Science*, 293(5530), p.643-650.
- BRULLO S., LO GIUDICE R., PRIVITERA M., 1989. *La classe Adiantetea in Sicilia*. *Arch. Bot. Ital.* 65: 81-89.
- BRULLO S., GUARINO R. 1998. *Syntaxonomy of the Parietarietea judaicae class in Europe*. *Ann. Bot.* 56 (1): 109-146.
- BRULLO S., GUARINO R., 2002. *La classe Parietarietea judaicae in Italia*. *Fitosociologia* 22: 5-27.
- BRULLO S. & MARCENÒ C., 1979 – *Dianthion rupicolae nouvelle alliance sudtyrrhenienne des Asplenetalia glandulosi*. *Doc. Phytosoc.*, n. s., 4: 131-146.
- BRULLO S., SCELSI F., SPAMPINATO G. 2001. *La vegetazione dell'Aspromonte. Studio Fitosociologico*. Laruffa Editore, pp. 372.
- BRULLO S., SPAMPINATO G. 2003. La classe *Asplenetea trichomanis* in Calabria (Italia meridionale). *Fitosociologia* 40(1): 5-22.
- BULTRINI M., COLAIEZZI M., FATICANTI M., PANTALEONI M., TAURINO E., SERAFINI C., LEONARDI, CIRILLO M.C., 2006. Le emissioni in atmosfera degli inquinanti nelle 24 principali città italiane. In "III Rapporto APAT Qualità dell'ambiente urbano – Edizione 2006"
- BULKELEY H.; BETSILL M., 2003 *Cities And Climate Change: Urban Sustainability And Global Environmental Governance*. 237p Cemt
- BULKELEY H.; BETSILL, M., 2005. *Cities and climate change: urban sustainability and global environmental governance*. Routledge. ISBN: 0 415 35916 3

- BURKETT, V.R. *ET AL.*, 2005. Nonlinear dynamics in ecosystem response to climatic change: case studies and policy implications. *Ecological Complexity*, 2(4), p.357-394.
- CASTROVIEJO S. & VELAYOS M., 1997. *Sedum* L. in: CASTROVIEJO S., AEDO C., LAÍNZ, MORALES R., MUÑOZ GARMENDIA F., NIETO FELINER G. & PAIVA J. (eds.), *Flora Iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Vol. V, Ebenaceae-Saxifragaceae. Real Jardín Botánico, Madrid.
- CHIESURA A., MIRABILE M., BRINI S., BELLAFFIORE G., 2009. Il verde urbano. In “V Rapporto Paul
- COMMISSIONE EUROPEA, 1999. Iniziativa "Verso un profilo di Sostenibilità Urbana - Indicatori Comuni Europei" DGXI - UE.
- CONTI F., ABBATE G., ALESSANDRINI A. & BLASI C., 2005 – *An annotated Checklist of Italian Vascular Flora*. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio (Direzione per la Protezione della Natura) e Dipartimento di Biologia Vegetale dell’Università degli Studi di Roma “La Sapienza”. Palombi Editori, pp 420.
- CONTI F. *et al.* 2006. – *Integrazioni alla checklist della flora vascolare italiana*. *Natura Vicentina* 10: 5-74.
- CRUTZEN P., 2005 Benvenuti nell'Antropocene. L'uomo ha cambiato il clima, la Terra entra in una nuova era, Mondadori, 2005. ISBN 88-04-53730-2
- DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006, n. 152. "Norme in materia ambientale" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96
- DECRETO LEGISLATIVO 13 agosto 2010, n. 155. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relative alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa. SO n.217 alla Gazzetta Ufficiale n. 216, del 15 settembre 2010.
- DE LAURETIS R. E TAURINO E., 2010 “VII Rapporto ISPRA Qualità dell’ambiente urbano - Edizione 2011”,
- DIAP POLITECNICO DI MILANO - LEGAMBIENTE - I.N.U., OSSERVATORIO NAZIONALE SUL CONSUMO DI SUOLO, 2009. Primo rapporto nazionale sui consumi di suolo. Ed. Maggioli, Rimini.
- DIRETTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO. Gazzetta ufficiale delle Comunità europee del 23 ottobre 2000.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2009. Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS).
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 2010. Environmental Signals - Biodiversity, climate change and you.

- FANIZZI L., MISCEO. S., 2009. Ambiente urbano sostenibile. Le coperture biofiltranti nella regimazione e depurazione delle acque meteoriche. *Scienza e Inquinamento*, 8 – 12.
- FANIZZI L., MISCEO, S., 2010. Il drenaggio delle acque meteoriche negli agglomerati urbani. La metodologia delle invarianze idrauliche ed inquinanti nelle trasformazioni urbanistiche. *Scienza e Inquinamento*, 18 – 22.
- FUMANTI F., 2009. Il suolo e le acque meteoriche. In: Focus su “Il suolo, il sottosuolo e la città” V Rapporto ISPRA “Qualità dell’ambiente urbano”, pag. 33.
- GIANGUZZI L., D’AMICO A., CALDARELLA O. 2007 – *La flora vascolare dei Monti di Palermo*. Collana Sicilia Foreste, 36: pp. 360. Azienda Foreste Demaniali della Regione Siciliana, Palermo.
- GIANGUZZI L., D’AMICO A., CALDARELLA O., 2007. *Habitat e specie d’interesse prioritario nel SIC ITA020042 Rocche di Entella (Sicilia occidentale)*. In: L’Applicazione della Direttiva Habitat in Italia ed in Europa. 43° Congresso della Società Italiana di Scienza della Vegetazione (Ancona 25-27 Giugno 2007). *Fitosociologia* 44 (2) suppl.1: 201-205.
- GIANGUZZI L., D’AMICO A., CALDARELLA O., ROMANO S. 2010 – *Note distributive ed ecologiche su alcune rare entità della flora vascolare siciliana*. *Naturalista siciliano* 34: 227-244.
- GODREJ D. 2003. Cambiamenti climatici, Carocci, Roma.
- GREUTER W., BURDETH M. & LONG G. (eds.), 1986. *Med-Checklist. Vol. 3, Dicotyledones (Convolvulaceae-Labiatae)*. Editions Conserv. et Jard. Bot. Ville de Genève, Genève, XIV + 395 pp.
- ISPRA, 2008. Qualità dell’ambiente urbano DECISIONE 1411/2001/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, concernente un quadro comunitario di cooperazione per lo sviluppo sostenibile in ambiente urbano.
- ISPRA, 2009. Rapporto rifiuti
- ISTAT, 2010. Atlante statistico dei comuni.
- ISTAT, 2010. Indicatori ambientali urbani.
- ISTAT, 2011. Bilancio demografico.
- LAWSON N., 2008. An appeal to reason: a cool look at Global Warming, 149 cent.
- LEGGE 27 DICEMBRE 2006, n. 296"Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2007)" pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 299 del 27 dicembre 2006 - Supplemento ordinario n. 244.
- LOJACONO-POJERO M., 1989-1909 – *Flora Sicula o descrizione delle piante spontanee o indigenate in Sicilia*. Vol. 1-3, Palermo, Stab. Tipografico Virzì.

- MAKARA P.A., GRAVELB S., CHIRKOV V., STRAWBRIDGED K.B., FROUDED F., ARNOLDA J. AND J. BROOKA, 2006. Heat flux, urban properties, and regional weather, *Atmospheric Environment* 40, 2750–2766.
- MENTENS, J., D. RAES, AND M. HERMY, 2006. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning* 77:217-226.
- OKE T.R., JOHNSON G.T., D.G. STEYN AND I.D. WATSON, 1991. Simulation of surface urban heat islands under ‘ideal’ conditions at night—Part 2: Diagnosis and causation, *Boundary Layer Meteorol.* 56, 339–358.
- OKE T.R., 1973. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* 7, 769–779.
- PACHAURI R.K. AND REISINGER A., 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. IPCC
- MINISSALE P., SPAMPINATO G., 1989. *Sedum gypsicola* Boiss. & Reuter nuovo reperto per la flora italiana. Population Division of Department of Economic and Social Affairs - ONU, 2009
- Population distribution, urbanization, internal migration and development: an international prespective. ESA/P/WP/223
- RAIMONDO F.M. GIANGUZZI L., ILARDI V. 1994 – *Inventario delle specie “a rischio” nella flora vascolare nativa della Sicilia*. *Quad. Bot. Ambientale Appl.* 3[1992]: 65-132.
- SESTO PROGRAMMA DI AZIONE PER L'AMBIENTE UE, 2001.
- SPERLING, FRANK . Poverty and climate change : reducing the vulnerability of the poor through adaptation. World Bank 2004 <http://siteresources.worldbank.org>.
- THOMPSON, W. 1998. Grass-roofs movement in landscape architecture. *The Magazine of the American Society of Landscape Architects.* 88:47-51.
- TREVISIOL E. R., 2002. *Ciclo delle acque e ambiente costruito : progettazione dei sistemi idrici, approvvigionamento, circolazione, depurazione con tecniche non convenzionali. Il sole-24 ore, Milano.*
- TRIGILA A., 2007. *Rapporto sulle frane in Italia. Il Progetto IFFI – Metodologia, risultati e rapporti regionali (Rapporti APAT 78/2007), APAT, Roma*
- TROÌA A., PASTA S., CAMPO G., ROMANO S. 1998. *Indagini tassonomiche e corologiche sul genere Sedum L. Serie Rupestris Berger (Crassulaceae) in Sicilia*. *Naturalista Siciliano* 22: 73-85.
- TUTIN T.G., HEYWOOD V.H., BURGESS N.A., CHATER A.O., EDMONSON J.R., HEYWOOD V.H., MOORE D.M., VALENTINE D.H., WALTERS S. M. & WEBB D.A. (eds.), 1993 – *Flora Europaea*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, London, New York, Melbourne, 2th Ed., Vol. 1.
- UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME, 2007. *Annual Report, 2007*