

1 INTRODUZIONE

L'antropizzazione sta causando profonde modifiche sugli ambienti naturali, tanto che specie animali e vegetali si estinguono a causa del formarsi di condizioni ambientali critiche.

Le aree umide, come le lagune, le paludi, gli stagni, i laghi e gli estuari, essendo zone di transizione, risentono più di altre di modificazioni soprattutto antropiche e le lagune, ambienti destinati a scomparire naturalmente per diventare terraferma o mare, sono in balia di situazioni comandate dall'uomo che talvolta cerca di tenerle in vita per sfruttarne le risorse. Così a Venezia aumentano il turismo, la pesca, gli scarichi industriali e domestici, il moto ondoso e l'inquinamento di vario genere.

Va detto che in conseguenza del problema "acque alte", la laguna di Venezia, è osservata, con più interesse di altre, nell'intento di trovare una soluzione soddisfacente per salvare il centro storico. Se ne studiano quindi i caratteri morfologici, climatici, nonché gli organismi che la popolano. Recentemente l'attenzione è stata rivolta alla vegetazione di barena che influisce sulla morfologia lagunare e contemporaneamente subisce le modifiche idrodinamiche e chimiche dell'ambiente lagunare.

Nel tentativo di conservare questi ambienti, e di ricavare informazioni sulle vicende lagunari sono in corso studi sui popolamenti vegetali delle barene usando il telerilevamento che ha come prerogative fondamentali di:

- informare sulla distribuzione spaziale (oltre che temporale) delle specie e delle loro aggregazioni;
- richiedere ridotti sopralluoghi in campo, limitando i danni degli interventi diretti.

L'area di studio è stata scelta nella laguna Nord dove i funzionamenti sono ancora prossimi a quelli naturali e comunque non hanno ancora ricevuto le accelerazioni osservate in altre zone.

L'area scelta per la nostra analisi, è prossima all'aeroporto Marco Polo, le cui piste costituiscono un riferimento ottico per la calibrazione da immagini del satellite.

1.1 LA LAGUNA DI VENEZIA E LA SUA MORFOLOGIA

La laguna di Venezia è costituita da specchi d'acqua sottratti al mare chiusi da lembi di terra costruiti naturalmente dai sedimenti fluviali e dai detriti marini. I lembi di terra sono intervallati da tre varchi o bocche di porto (di Lido, Malamocco e Chioggia), che le permettono la comunicazione con il mare aperto.

La laguna di Venezia è la più grande laguna d'Italia con i suoi 540 km² ricoperti prevalentemente da acqua con caratteristiche particolari di salinità, temperatura e ossigeno disciolto a seconda della posizione e dei fondali. Il livello medio d'acqua nella laguna di Venezia è di circa un metro ed il fondo è generalmente costituito da materiali a granulometria da fine a finissima, come sabbia, limi e fanghi.



Figura 1.1: la laguna di Venezia

L'area lagunare comprende (figura 1.2) il *sistema suolo*, costituito dall'insieme delle terre emerse, di natura artificiale o naturale (litorali, casse di colmata, isole, argini) e che rappresenta circa l'8% di tutta la superficie della laguna; il *sistema acqua* (restante 92%), che comprende i canali (12% circa), i fondali, le velme e le barene (80%). Le barene sono considerate parte del sistema acqua in quanto una delle loro principali funzioni è quella di regolare l'idrodinamica lagunare senza opporsi all'espansione delle maree.

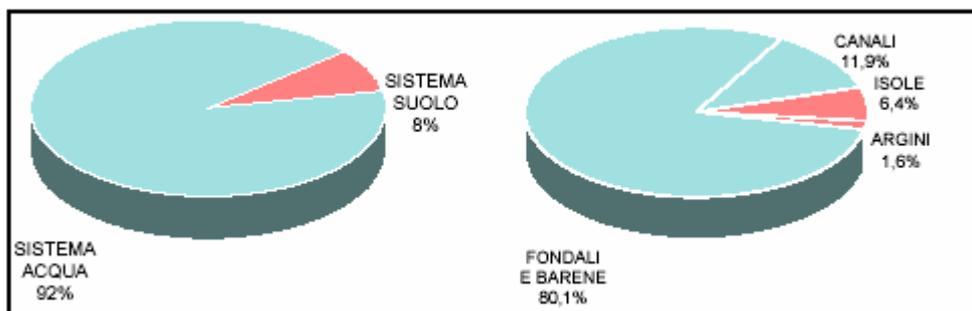


Figura 1.2 : percentuali di acque e suoli nella laguna di Venezia

In base alla più o meno diretta influenza dell'azione marina attraverso le tre bocche di porto, la laguna può essere anche suddivisa in due categorie.

- La laguna viva corrisponde allo specchio acqueo aperto all'espansione di marea, comprese le velme e le barene, ma escluse le isole e le casse di colmata. Ha una superficie di circa 420 km² e comprende le bocche di porto. Si estende all'interno della laguna in modo irregolare, secondo il percorso dei principali canali ed in dipendenza della presenza di isole, barene e paludi, fino al confine con la cosiddetta laguna morta. L'azione della marea si manifesta soprattutto in fondali con alta presenza di componenti sabbiose; i valori di ossigenazione sono buoni in conseguenza degli scambi con il mare aperto, e la salinità si mantiene elevata e relativamente costante.
- La laguna morta (superficie totale di circa 85 km²) è costituita dall'insieme delle valli da pesca, comprese le loro isole interne le velme e le barene, ma esclusi gli argini di delimitazione (che occupano una superficie di 7,5 km²). Questa parte di laguna è caratterizzata dall'estrema variabilità di alcune proprietà delle acque. Notevoli possono essere le oscillazioni di temperatura, salinità e concentrazione di ossigeno disciolto.

I principali elementi costitutivi delle lagune e in particolare della laguna veneta, sono i seguenti:

- le velme (figura 1.3) che sono vasti bassifondi di sedimento molle privi di vegetazione. Sono collocate grossomodo tra il livello medio delle basse maree di quadratura ed il livello medio delle basse maree di sizigie, spesso quindi emergono.



Figura 1.3: velme

- Le valli da pesca; caratteristiche della laguna di Venezia, sono bacini poco profondi di acque salse e salmastre e costituiscono ambienti molto particolari che, fin da tempi antichissimi, sono stati attrezzati per l'itticoltura e talvolta per la caccia. Al loro interno, racchiudono specchi d'acqua, canali artificiali o naturali, barene e strutture funzionali per gestire gli apporti di acqua dolce e salata. Le valli da pesca rappresentano 1/6 dell'intera area.

- I canali (figura 1.4) (principali e secondari) con una superficie di circa 67 km²; si dipartono dalle tre bocche di porto e si inseriscono con un percorso meandriforme nella laguna, provvedendo a buona parte del ricambio idrico. La profondità dei canali varia tra 15m (canale Malamocco-Marghera) e 1 m. Dai canali principali si ramificano a sezioni sempre più ridotte ed



Figura 1.4: un canale

a tracciato sempre più tortuoso, fino a formare i ghebi che attraversano le barene, ed alimentano i chiari (figura 1.5), sono specchi d'acqua a ridotta circolazione. Ai canali naturali, con andamento tortuoso, si sono aggiunti negli anni i canali artificiali, ad andamento rettilineo.



Figura 1.5: un chiaro

- Il cordone litoraneo si estende per un totale di circa 60 km². Si tratta di una striscia di terra che separa la laguna dal mare, la cui evoluzione è regolata dalla competizione delle forze distruttive (fenomeni erosivi dovuti all'azione disagregatrice delle correnti e del moto ondoso) o di quelle costruttive (il ripascimento con nuova sabbia);

- Le isole, escluse Lido, Pellestrina e Treporti (che costituiscono parte del cordone litoraneo) e comprese le casse di colmata, per una superficie complessiva di circa 29 km² costituiscono l'8% della superficie totale della laguna e sono di origine naturale o artificiale. Le isole naturali sono relitti di dune, cioè residui degli antichi cordoni litoranei come nel caso delle Vignole o di Sant'Erasmo, oppure sono dovute all'opera di deposizione e accumulo di materiali solidi trasportati dai fiumi, come nel caso di Burano o Torcello. Un consistente numero di isole è artificiale ed a partire dal XIX secolo, ha trasformato il panorama della laguna. Nel corso dei

secoli gli abitanti della laguna hanno attribuito alle isole funzioni diverse e articolate: sono state sedi militari, conventuali, ospedaliere. Parte di esse sono oggi completamente abbandonate.

- Le casse di colmata, sono isole artificiali, formate negli anni '60 con il materiale proveniente dallo scavo del canale dei petroli, realizzato per consentire l'accesso delle navi al porto industriale di Marghera. Furono realizzate in previsione di un'ulteriore espansione, mai avvenuta, della zona industriale. Hanno forme geometriche semplici e si estendono su una superficie complessiva di 11 km², in precedenza occupata da barene. La costruzione delle casse di colmata ha provocato una drastica riduzione del ricambio idrico tra la "laguna viva" e gli specchi d'acqua alle spalle delle casse di colmata. Recentemente una serie di interventi in alcune zone delle casse di colmata hanno consentito il ripristino della circolazione idrica e la rinaturalizzazione delle casse stesse

- le barene (figura 1.6) sono zone di terra emerse che vengo periodicamente inondate dalla marea. Si sviluppano in seguito all'apporto di materiale solido sopra un bassofondo melmoso con conseguente aumento della quota. L'innalzamento dei fondali, che dà il via alla genesi delle barene, fa variare l'azione della marea sull'area che risente meno dell'erosione e maggiormente della sedimentazione. Questa finisce per essere più elevata del livello medio della marea e può venir popolata prima da macroinvertebrati e alghe, poi da vegetazione terrestre.

La presenza di una elevata salinità, dovuta all'acqua marina, permette la crescita solo a particolari specie vegetali dette alofile.

Il terreno è fondamentalmente anossico per la scarsa porosità e la presenza di abbondanti solfuri.

La vegetazione non ha apparati radicali particolarmente evoluti a causa del terreno ostile e le piante non si sviluppano in altezza.



Figura 1.6: una barena

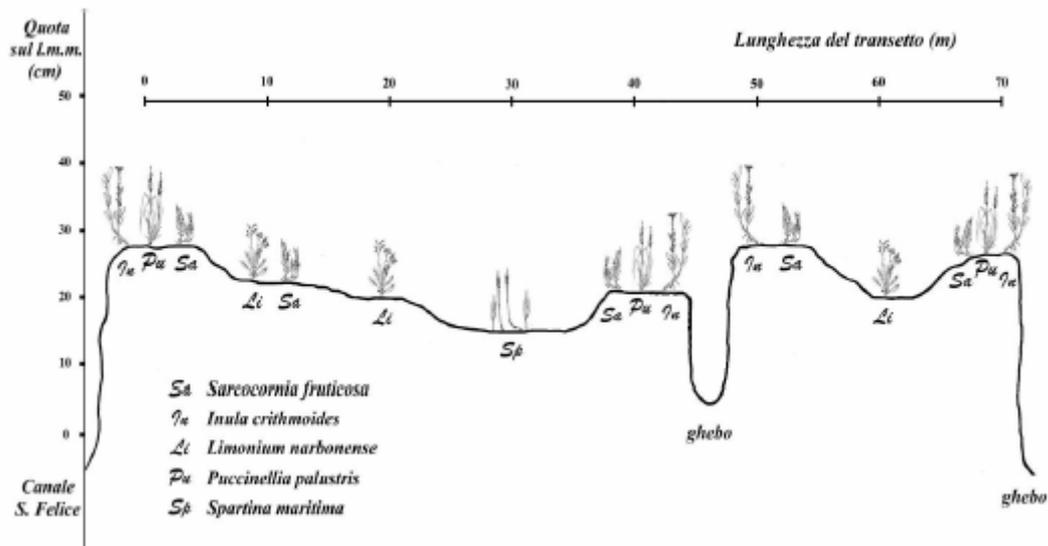


Figura 1.7: dinamica di una barena.

La barena si forma da bassifondi che cominciano ad emergere. Con il tempo il profilo della superficie emergente cambia elevandosi dove l'accumulo dei sedimenti è maggiore ed inizia la colonizzazione delle piante (figura 1.7). Le foglie e i fusti riducono la velocità dell'acqua e favoriscono la sedimentazione e inoltre fungono da superficie per il deposito dei sedimenti. Contemporaneamente le radici trattengono i sedimenti e quindi contrastano l'erosione.

La marea raggiunge la superficie della barena anche attraverso i ghebi e questo spiega perché i loro argini sono rialzati.

La barena cambia la sua forma durante tutto l'anno, ma soprattutto in primavera ed in inverno.

In primavera, l'attività biologica cresce e la deposizione delle sostanze organiche è massima. In questa situazione l'altezza della barena tende ad aumentare soprattutto nella parte interna dove vi è la maggiore produzione primaria. In inverno invece le più abbondanti piogge fanno diminuire la salinità e soprattutto l'attività biologica. Correnti più forti, piogge più intense e onde più robuste disgregano la barena trasportando i sedimenti dalla zona interna a quella più a contatto con la marea.

1.2 VEGETAZIONE DI BARENA

Le barene cambiano in maniera alquanto evidente a seconda della loro estensione e della loro età: quelle più giovani sono le più depresse e risentono maggiormente dei cambiamenti degli effetti di marea.

Gli insediamenti vegetali che per primi hanno luogo sono di due specie:

la *Spartina maritima*, una graminacea, molto resistente alla velocità della corrente, alla salinità, ai periodi in cui si trova sommersa e alla torbidità; e la *Salicornia veneta* (figure 1,9 particolare 1.8), della famiglia della Chenopodiacee. Quest'ultima è una pianta annuale, alta 30-50 cm, con



Figura 1.9: Salicornia

fusto eretto e carnoso, ramificato, piramidato e articolato di color verde che diventa con il tempo giallastro.

Fiorisce nei mesi di agosto-settembre. I fiori, quasi invisibili, disposti a tre a tre tutti uguali tra loro.



Figura 1.8: disegni di particolari di Salicornia

La *Spartina* (figure 1.10 e 1.11) è una pianta erbacea perenne con

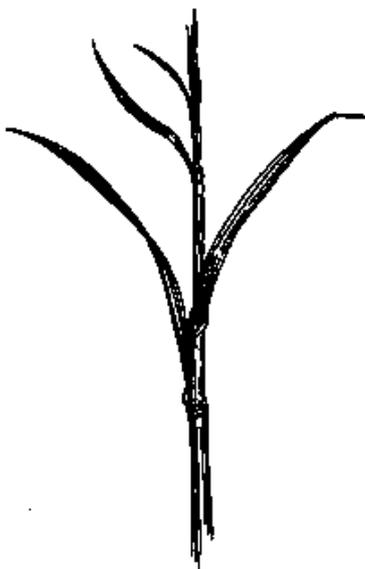


Figura 1.11: disegno di Spartina

culmi eretti, alti 30-80 cm, dotata di brevi rizomi striscianti. Foglie glauche, convolute, in gran parte ridotte alla sola guaina, le superiori con lamina ben sviluppata ed eretta, larga 0,4-0,8 cm. I fiori sono disposti in spighe terminali erette ed appressate l'una all'altra, lunghe 9-12 cm, composte da spiglette quasi sessili su due serie. Il frutto è una



Figura 1.10: area a Spartina

cariosside. Fiorisce da giugno a settembre.

Nella barene mature la vegetazione è a mosaico di *Limonium narbonense*, *Puccinellia palustris*, *Aster tripolium*, esemplari presenti in molte zone.



Il Limonium (figura 1.12) è una pianta erbacea perenne, alta 30-70 cm, con foglie basali lanceolate-spatolate, generalmente mucronate (lunghe 10-15 cm) e disposte a rosetta. I piccoli fiori violacei sono riuniti in una densa pannocchia ramificata corimbosa, assai vistosa durante il periodo di fioritura, che va da giugno a settembre.

Figura 1.12: fiori di Limonium



La Puccinellia (figure 1.13 e 1.14) è una pianta perenne cespugliosa con numerosi fusti eretti e alta 40-60 cm. Foglie un po' glauche, convoluto-giunchiformi (larghe 0,2-0,4 cm). Fiori in pannocchia ampia, piramidata, (lunga 10-20 cm) formata da spighe violacee. Fiorisce da giugno a settembre.



Figura 1.13: pannocchie di Puccinellia

Figura 1.14: disegno di particolare di Puccinellia



L'Aster (figure 1.15 e 1.16) è una pianta biennale, alta 30-120 cm. Fusto eretto o ascendente, ingrossato in basso, striato e ramoso in alto. Le foglie sono abbastanza carnose, quelle basali, disposte a rosetta, sono lanceolato-spatolate (lunghe 12 - 25 cm e larghe 5 cm), quelle superiori invece, sono più piccole e sessili. I fiori sono riuniti in capolini di 2,5 cm con una dozzina di fiori marginali ligulati, azzurro violacei, mentre quelli centrali, che formano il bottone, sono gialli. I capolini sono portati da steli ramificati a formare

Figura 1.15: fiori di Aster

una pannocchia corimbosa. I frutti sono degli acheni allungati e compressi, che portano pappi setolosi. Fiorisce da agosto ad ottobre e sporadicamente nel tardo autunno.



Figura 1.16: particolare di Aster



Figura 1.17: infiorescenze di Juncus

Tra le altre specie che abitano la barena vi è il *Juncus maritimus* (figura 1.17). È una pianta cespugliosa perenne e rizomatosa. I fusti (inseriti su rizomi legnosi orizzontali) e le foglie, di colore verde scuro (con guaine castane o rossastre), sono cilindrici, pieni e rigidi. L'infiorescenza è anch'essa di colore verde, non molto densa, con fiori giallo-verdastri. Il frutto è una capsula, a tre loculi, di colore bruno-oliva. Fiorisce da maggio a settembre.

Un'altra pianta abbastanza diffusa è la *Sarcocornia frutticosa* (figura 1.18 e 1.19); un piccolo cespuglio perenne che può raggiungere l'altezza di 1 metro, di colore verde glauco che d'autunno si tinge di rosso. È una pianta, con una forma che può vagamente ricordare i coralli, dotata di fusto robusto, prostrato od eretto, ramificato, con numerosi rami opposti, lignificati alla base e carnosì all'estremità.



Figura 1.18: fusti di Sarcocornia



Figura 1.19: particolari di Sarcocornia

I fusti e i rami sono formati da una serie di articoli cilindrici lunghi alcuni millimetri.

Le foglie carnose, cilindriche come il fusto, sono inserite su quest'ultimo l'una opposta all'altra e alternate a croce. I fiori, assai modesti e poco visibili, sono disposti a tre a tre con quello centrale più grande degli altri due. Questi sono disposti all'ascella di particolari foglie e sembrano collocati in piccole nicchie; per la loro osservazione è necessaria una buona lente. La fioritura è estivo-autunnale (luglio-settembre).

Concludendo possiamo schematizzare così il susseguirsi delle specie in barena in base all'altezza di questa (figura 1.20): la barena bassa è in genere costituita da un leggero declivio che sale dalle velme e che vede inizialmente insediarsi il salicornieto. Questo, costituito essenzialmente da *Salicornia*, inizia a consolidare i sedimenti su cui si impianterà poi una duratura fascia di *Spartina* che con i suoi rizomi consoliderà ulteriormente il terreno.

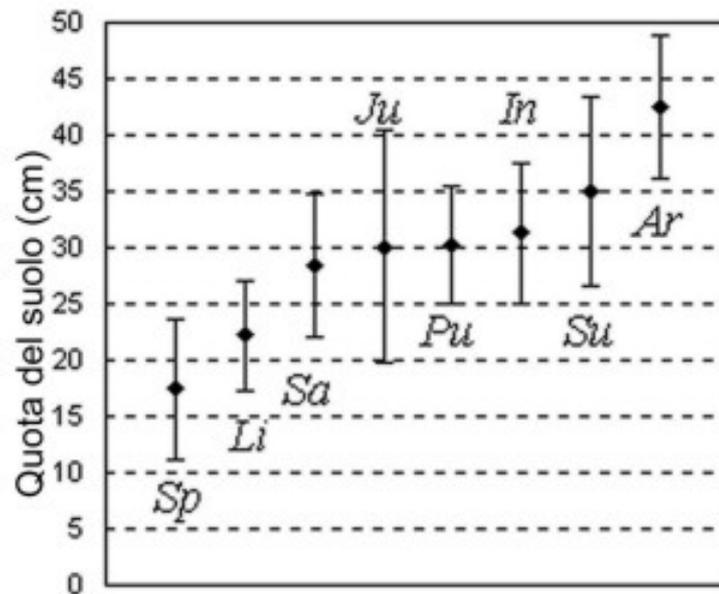


Figura 1.20: Vegetazione in relazione alla quota

La barena bassa viene sommersa almeno una volta al giorno dalla marea trovandosi attorno al livello medio del mare.

Alla barena bassa succede la barena media dove l'associazione caratteristica è il limonieto che vede come pianta dominante il *Limonium*, detto "lavanda di mare" che colora di lilla le barene sul finire dell'estate.

Ciuffi di *Puccinellia* inframmezzandosi al *Limonium* preludono alla barena alta, dominata dal puccinellieto, che le conferisce l'aspetto di una prateria. La *Puccinellia* veniva sfalciata un tempo per nutrire gli animali domestici.

Queste fasce si modificano ogni qual volta vi sia una variazione dell'altimetria del terreno.

1.3 LA BARENA DI SAN FELICE

La barena di San Felice è situata nella zona sud Est della laguna Nord, di fronte all'abitato di Treporti. E' delimita a nord ed ad ovest dal canale di San Lorenzo e dal canale Gaggian, a sud dal canale di San Felice ed ad est dalla Palude del Tralo. La morfologia di questa barena è caratterizzata da bordi rialzati presso i canali alimentatori e da una superficie debolmente immergente verso le velme che occupano la parte più interna.

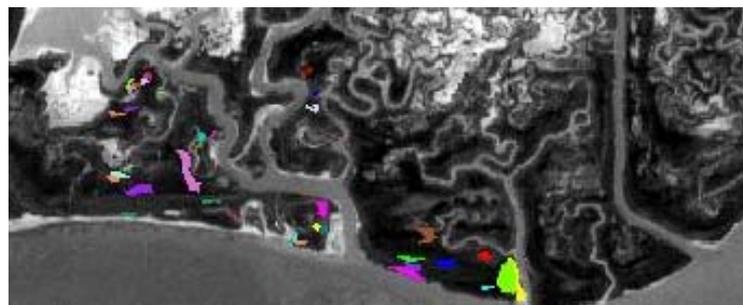


figura 1.21: barena di San Felice: sopra tutta l'area; sotto particolare con le aree colorate che corrispondono alle meta-popolazioni identificate (rilevate in maggio 2002) in figura 1.22

L'estensione dell'area è di circa 0.60 km^2 ed ha una quota media di circa 20 cm sul livello medio del mare. La vegetazione presente sulla barena di S. Felice è in prevalenza costituita da Juncus, Limonium, Sarcocornia e Spartina, piante che si combinano a formare popolamenti diversi.

In figura 1.22 sono indicate le percentuali delle popolazioni prevalenti e ciascuna di esse è contrassegnata con i colori che in figura 1.21 individuano le aree utilizzate come riferimento per la classificazione delle immagini satellitari. Queste aree sono state selezionate operando: in campo, con ispezioni dirette e con analisi di immagini iperspettrali del sensore MIVIS effettuate in precedenza (18 settembre '98) e fornite dal Consorzio Venezia Nuova.

I perimetri delle aree usate come “verità a terra “ sono stati definiti utilizzando un GPS differenziale che garantisce errori inferiori di $\pm 3\text{cm}$, mentre la loro composizione è stata stimata valutando visivamente le percentuali di copertura vegetale e di suolo.

Generalmente le diverse piante si distribuiscono sulla superficie barenale formando ampie macchie riconoscibili nelle immagini, anche se la composizione di specie vegetali, nella stessa area, riduce l'accuratezza della classificazione.

In alcuni casi le “macchie” hanno forme allungate e quando sono più sottili di un pixel (4 m) diventano difficilmente individuabili. Ciò si verifica nei popolamenti di bordo dei canali e dei ghebi che sono costituiti da aggregati di Puccinellia, Suaeda, Inula e Aster.

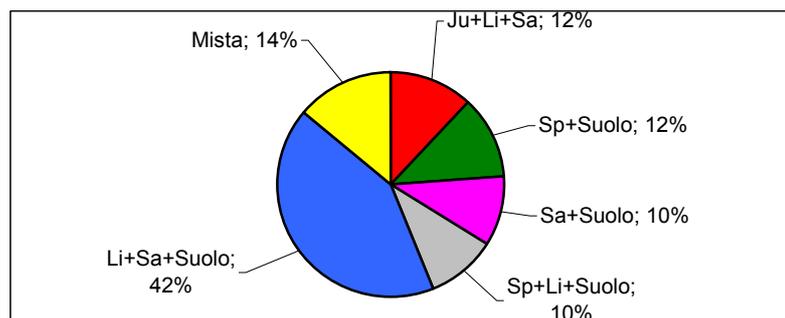


Figura 1.22: percentuale di copertura di vegetazione mista nella barena di San Felice