

SALVATORE NIEDDU

Proposta di modello di determinazione delle lacune forestali e della loro valutazione di attitudine ad interventi di rinfoltimento della copertura forestale



Introduzione

Il bosco è fonte di servizi ecosistemici (S.E.) classificati in quattro categorie secondo la classificazione fornita dal Millennium Ecosystem Assessment (DE GROOT *et al.*, 2002; MA, 2005; SANTOLINI, 2010; PASTORELLA *et al.*, 2017): servizi di approvvigionamento (CIBO, LEGNAME, ACQUA ECC.), servizi di regolazione (qualità dell'aria, regolazione del clima ecc.), servizi di supporto (habitat, conservazione della biodiversità genetica) e servizi culturali (estetico, valore scenico, ricreativo, turismo ecc.). I S.E. sono un contributo indiretto del capitale naturale alla fornitura di beni e servizi all'umanità (WORLD BANK, 2012; ISPRA, 2017). Affinché i suddetti servizi possano essere erogati in modo ottimale, il bosco deve presentare opportune caratteristiche (SANTOLINI, 2010). In particolare, un bosco con una buona copertura del suolo permette, in prima istanza, una migliore azione regimante delle acque meteoriche, garantendo una efficace protezione del suolo a livello di bacino idrografico (BERNINI, 1990; NIEDDU, 2012). In ambiente mediterraneo, le formazioni boschive naturali e semi-naturali, si presentano generalmente senza una affermata fase di rinnovazione (BERNETTI, 1995; NIEDDU, 2012), per cui la vita stessa del bosco è a rischio.

In questi boschi, le varie cause che riducono la presenza di una affermata rinnovazione e quindi di una stabile copertura nel tempo, sono da ricondurre all'eccesso del pascolo, agli incendi e al taglio incontrollato e irrazionale (GIORDANO, 2002; BAZZOFFI, 2007;

BIANCHI *et al.*, 2011). Nei casi più estremi è stata riscontrata la trasformazione totale d'uso del suolo per cause antropiche (NIEDDU, 2012; NIEDDU, 2017) con la conseguente perdita totale dei S.E..

In Europa, tra le aree che mostrano un eccessivo consumo di suolo a discapito della componente forestale, soprattutto della vegetazione naturale e semi-naturale (NIEDDU, 2012; ISPRA, 2017), sono annoverate le zone costiere mediterranee, con una richiesta elevata di terreni edificabili.

In ambiente mediterraneo si ravvisa quindi la necessità di un miglioramento della copertura forestale, con azioni volte sia a favorire la presenza della rinnovazione, sia a garantire la mera copertura del suolo, utile in prima istanza, in chiave antierosiva (NIEDDU, 2012). Con riferimento alla difficile ricostituzione dei valori del suolo (profondità e evoluzione) che richiede tempi molto lunghi (GIORDANO, 2002; BAZZOFFI, 2007; NIEDDU, 2012), in seguito ad erosione idrica, è necessario e a breve termine provvedere ad operazioni di rinfoltimento del bosco. Il rinfoltimento (<https://www.verdeinvista.it/dizionario-forestale.html>) è una tipologia di intervento volto all'introduzione di specie arboree e/o arbustive per via artificiale al fine di migliorare l'attuale composizione specifica. Il rinfoltimento, nel presente lavoro, deve intendersi sia nell'accezione di infittimento, sia nell'attuazione di interventi atti alla conservazione dei valori esistenti nei soprassuoli esaminati con l'applicazione di tecniche a basso impatto ambientale. Pertanto è cruciale la scelta delle specie da introdurre nel rinfoltimento, con particolare

attenzione ai valori del suolo.

Nell'ambito dei potenziali interventi volti a perpetuare, ripristinare la copertura forestale, si deve prestare opportuna attenzione alle peculiarità del territorio in analisi. Al di là delle problematiche di carattere finanziario ed economico legate alla realizzazione dei potenziali interventi forestali, i fattori che incidono sulla riuscita sono vari e raggruppabili in almeno 4 tipi (PRUSSI, 1994; GIORDANO, 2002): il suolo, la morfologia con i caratteri di pendenza ed esposizione, l'accesso ai terreni e le funzioni forestali dei soprassuoli esistenti.

Quindi conoscere il territorio e le sue proprietà permette di poter meglio definire ogni intervento volto al miglioramento delle funzioni svolte e dei servizi ecosistemici erogati.

In ultima analisi, prescindendo da qualunque e specifica altra operazione selvicolturale, è importante intervenire razionalmente sui caratteri della copertura forestale, con un arricchimento della stessa. Allo stesso tempo è necessario contestualizzare le operazioni di rinfoltimento, considerando gli eventuali limiti esistenti, soprattutto per garantire un'efficace azione nel tempo e da garantire esternalità positive. Il riferimento è sempre relativo al miglioramento dei potenziali S.E. della specifica area di intervento. Considerando la problematica esposta, si pongono due essenziali quesiti generali, oggetto del presente lavoro: definire le zone di intervento, in particolare modo quelle prive di copertura forestale e attribuire alle stesse un diverso grado di attitudine all'intervento, volto ad evidenziare sia i limiti oggettivi, difficilmente superabili (es. rocciosità diffusa), sia quelli facilmente praticabili (zone con vuoto temporaneo).

Obiettivi

Scopo del presente lavoro è stato definire una metodologia generale utile a rintracciare la presenza di lacune forestali, qui intese come aree di superficie minima di 1 m² non aventi copertura forestale, e associare alle stesse superfici un grado di attitudine al rin-

foltimento.

L'applicazione della suddetta metodologia ha consentito di:

- costruire la zonizzazione dei potenziali interventi di rinfoltimento, considerando successivamente i caratteri pedologici, morfologici, di accesso, quindi logistici e di categoria di vegetazione preesistente;

- definire la differenza tra interventi non attuabili per limiti oggettivi, per i quali le lacune resteranno tali (es. elevata pendenza, rocciosità) e interventi attuabili, ove la lacuna è temporanea e facilmente colmabile.

Il presente contributo presenta un modello per l'individuazione delle superfici di lacuna forestale che possono essere sottoposte ad interventi di rinfoltimento, in quanto con la presenza di un bosco efficiente e una rinnovazione adeguata, è possibile sfruttarne al meglio i servizi ecosistemici attuali e potenziali, in primis quelli legati alla protezione del suolo.

Si è cercato di utilizzare un approccio generale e comunque ragionato sugli interventi attuabili, in modo da selezionare adeguatamente le zone che maggiormente si prestavano all'infittimento con esito positivo, così da evitare interventi fallimentari

I risultati finali possono fornire informazioni utili sia a livello tecnico selvicolturale, sia per i pianificatori e gestori delle foreste o più in generale del territorio.

Il lavoro è stato effettuato prendendo in esame come area test una fascia costiera della Sardegna centro orientale, nel Comune di Dorgali, (Figura 1 e Figura 2), e con Cala Gonone quale centrale località di interesse.



Figura 1 - Area di studio

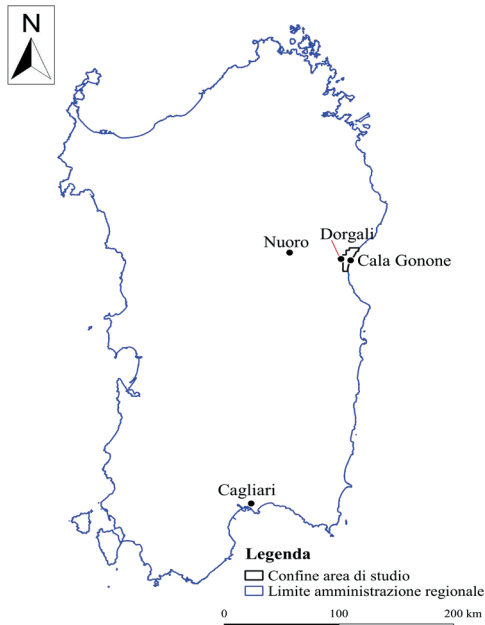


Figura 2 - Inquadramento generale

Materiali e metodi

Area di studio

L'area di studio (Figura 2), con una superficie di 3945,26 ha, ricade per la maggior parte nel Comune di Dorgali (96,28%) e in minima parte (3,72%) per una ristretta fascia nella zona Nord, nel Comune di Orosei. Centrale al territorio in analisi è la frazione marina di Cala Gonone, situata al centro del golfo di Orosei e sita a 25 m s.l.m.

L'area in esame è costituita da due porzioni di due rispettivi bacini idrografici separati nella zona settentrionale dai monti Irveri (616 m s.l.m.), Bardia (882 m s.l.m.) e Tului (917 m s.l.m.). L'area è delimitata ad Est dal mare Tirreno.

Nell'area di studio, la morfologia è costituita da una conca che rapidamente si abbassa verso la linea di costa e caratterizzata da falesie calcaree e da colate basaltiche affacciate sul mare.

Tranne il Riu Osalla, sito nella zona setten-

trionale, non è presente un reticolo idrografico di rilievo, in quanto prevale la presenza di modesti rii stagionali di tipo torrentizio (es. codule).

Il clima dell'area è di tipo mediterraneo, con piogge concentrate nei mesi invernali e assenti nei mesi estivi (R.A.S., 1998). Gli inverni sono comunque miti per la vicinanza del mare che permette una forte azione di riduzione dell'escursione termica. La temperatura media (R.A.S., 1998) (riferimento al periodo compreso tra il 1922 e il 1990) è 18,2° C, con il valore massimo nel mese di agosto, 25,9° C e il valore minimo nel mese di gennaio, 11,8° C. Le precipitazioni medie annue (R.A.S., 1998) sono comprese tra i 600 e i 700 mm. I venti dominanti sono il maestrale, il ponente, e lo scirocco.

La classificazione fitoclimatica del PAVARI (PAVARI, 1916; PIUSSI, 1994) classifica l'area di studio nella Zona e Sottozona "Lauretum-Calda". Il fattore limitante è l'acqua, per via della sua scarsità. Nella classificazione bioclimatica d'Europa effettuata da RIVAS-MARTINEZ *et al.* (2004) l'area di studio rientra nella macroregione climatica Mediterranea (inframediterranean) e, in particolare modo, nella Mediterranean pluviseasonal oceanic (Mpo).

Il territorio in esame (CARMIGNANI ET AL., 2001) è inserito nel complesso geologico delle coperture Post-Erciniche, con unità sviluppate sia su coperture sedimentarie sia vulcaniche, con le successioni marine e transizionali del Triassico Medio - Cretacico Inferiore (205-66,7 Ma.). La roccia più frequentemente riscontrabile è l'arenaria dolomitica. Nella superficie costituita dai calcari del periodo Giurassico sono presenti alcune effusioni basaltiche, caratterizzanti i tipici ripiani da spandimento di rocce basiche. Il risultato del contatto è la formazione di metamorfismi per contatto delle rocce calcaree con la lava basaltica. La presenza di rocce calcaree sensibili all'erosione idrica ed eolica ha comportato la formazione di un paesaggio prevalentemente di tipo carsico.

Nella Figura 3 sono rappresentate le pendenze dell'area. E' stata utilizzata una classificazione in valori dal 10% fino al 50%.

Le zone a maggiore pendenza sono quelle centro settentrionali e meridionali, talaltro le zone più tipicamente coperte dai maggiori rilievi montuosi dell'area.

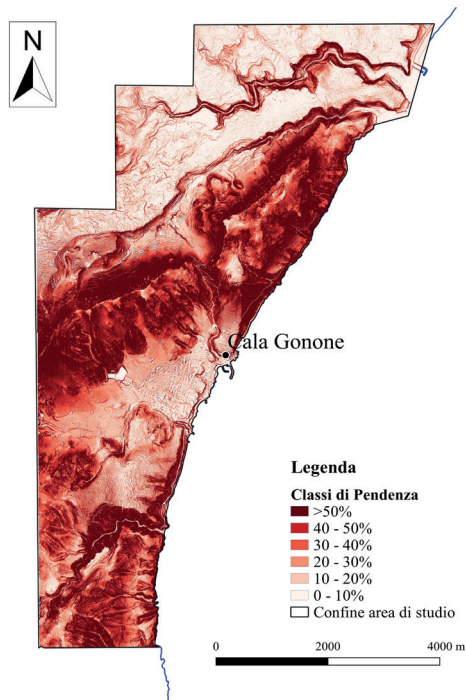


Figura 3 - Carta delle pendenze

Nella Tabella 1 si evince che la classe di pendenza più rappresentata è quella maggiore, superiore al 50%, con il 29,86%, pari a circa 1179 ha. Segue, di contro, la classe a minore pendenza (0 – 10%) con il 20,63% dell'area, pari a circa 814 ha. La classe 10 – 20% è presente con il 15,48%, mentre le classi centrali sono equamente rappresentate, con valori di poco superiori all'11%.

Classe di pendenza (%)	Superficie (ha)	%
0-10	813,97	20,63
10-20	610,62	15,48
20-30	465,61	11,80
30-40	434,88	11,02
40-50	441,98	11,20
>50	1178,23	29,86
Totali	3945,29	100,00

Tabella 1 - Ripartizione in classi di pendenza

Nella Figura 4 è rappresentata l'esposizione definita rispetto ai vari punti cardinali. Prevengono (Tabella 2) le esposizioni Nord e Nord-Ovest, con rispettivamente il 22,56% e il 21,62%. Seguono le esposizioni Est e Sud (totale di 17,07%), Nord-Est (14,06%) e Ovest (11,13%). Le restanti classi di esposizione, Sud-Est e Sud-Ovest, presentano valori inferiori al 10%.

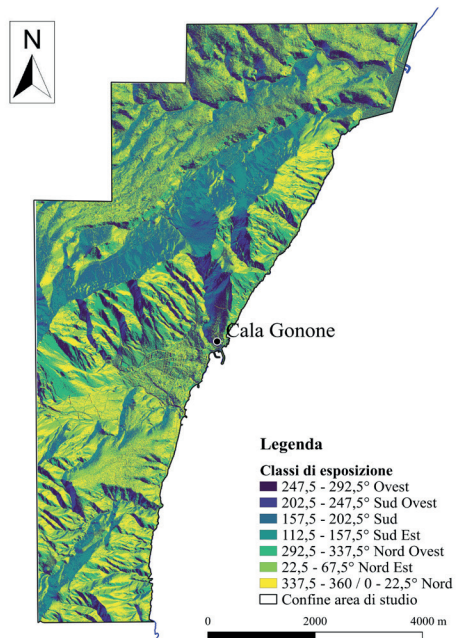


Figura 4 - Carta delle esposizioni

Esposizione	Superficie (ha)	%
Nord	890,25	22,56
Nord-Est	554,59	14,06
Nord-Ovest	852,93	21,62
Sud-Est	334,64	8,48
Est, Sud	673,41	17,07
Sud-Ovest	200,48	5,08
Ovest	438,99	11,13
Totali	3945,29	100,00

Tabella 2 - Ripartizione in classi di esposizione

Nella Figura 5 sono invece rappresentate le unità di suolo definite dalla Carta dei Suoli della Sardegna (ARU *et al.*, 1991). Le unità di suolo presenti sono la 1, 2, 18, 19 e 34.

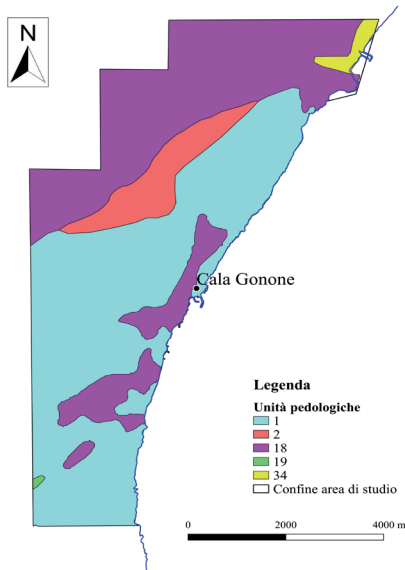


Figura 5 - Unità pedologiche (Aru *et al.*, 1991).

L'unità 1 e 2 sono presenti su paesaggi di Calcarei, Dolomie e Calcarei dolomitici e del Mesozoico e relativi depositi di versante. l'unità 18 e 19, sono situati su paesaggi di rocce effusive basiche (basalti) del Pliocene superiore e del Pleistocene con i relativi depositi di versante e colluviali. Infine, l'unità 34, è caratterizzata da paesaggi su sedimenti litoranei dell'olocene.

I suoli presenti nell'unità 1 mostrano: tessitura argillosa, permeabilità ridotta, reazione neutra, sostanza organica (S.O.) scarsa, ridotta profondità (0 – 25 cm), prevalgono gli entisuoli.

I suoli presenti nell'unità 2 sono caratterizzati da: tessitura franco – sabbioso - argillosa, permeabilità variabile, reazione neutra, S.O. media-elevata, media profondità (25 – 75 cm), prevalgono gli entisuoli e subordinati gli alfisuoli. I principali limiti delle uni-

tà 1 e 2 sono la rocciosità e pietrosità elevate e il forte pericolo di erosione.

I suoli nell'unità 18 presentano: tessitura franco - argillosa, permeabilità buona, reazione neutra, S.O. scarsa media, ridotta profondità (0 – 25 cm), prevalgono gli entisuoli. I suoli presenti nell'unità 19 mostrano: tessitura franco - argillosa, permeabilità buona, reazione neutra, S.O. media - elevata, media profondità (25 – 75 cm), prevalgono gli inceptisuoli e subordinati gli entisuoli. I principali limiti delle unità 18 e 19 sono la rocciosità e pietrosità elevate e a tratti l'idromorfia, per via del substrato impermeabile.

I suoli nell'unità 34 presentano: tessitura argillosa, ridotta permeabilità, reazione sub alcalina - alcalina, S.O. scarsa, elevata profondità (> 75 cm), rocciosità e pietrosità minima o assente, minimo pericolo di erosione. I principali limiti sono costituiti dal lento drenaggio, dalla salinità elevata e dal pericolo di inondazione. In questi suoli, domina la vegetazione degli ambienti umidi. Rispetto alla Classificazione Americana (U.S.D.A., 1999), elaborata dall'UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (U.S.D.A.), nell'area oggetto di studio prevalgono 4 ordini di suoli: Entisuoli, Inceptisuoli, Molli-suoli e Alfisuoli.

Nell'area di studio (Tabella 3), circa la metà, il 51,54%, ricade nell'unità 1, il 39,34% nell'unità 18, mentre le altre unità sono molto meno rappresentate: il 7,07% per l'unità 2, mentre le unità 34 e 19 sono pari rispettivamente al 1,95% e al 0,11%.

Unità pedologiche	Superficie (ha)	%
1	2033,32	51,54
2	278,86	7,07
18	1551,94	39,34
19	4,20	0,11
34	76,96	1,95
Totali	3945,29	100,00

Tabella 3 - Ripartizione delle unità pedologiche

Categorie forestali

La vegetazione del territorio in analisi (CORRIAS, 1974; NIEDDU, 2012), sia nelle aree dominate da substrati calcarei, sia in quelli basaltici, è costituita da formazioni estese di boschi dominati da sclerofille sempreverdi mediterranee. Il leccio (*Quercus ilex L.*) è la specie arborea dominante, mentre il sottobosco è estremamente povero per via di una copertura arborea pressoché continua e colma. Di un certo rilievo è la presenza di formazioni sostanzialmente pure di boschi e boscaglie ad olivastro, che dominano le esposizioni più calde, più pianeggianti e con substrato basaltico.

La macchia mediterranea si presenta sia con le forme più evolute sia con le forme regressive. Le prime sono costituite da formazioni miste con il Corbezzolo (*Arbutus unedo L.*) l'Erica (*Erica spp.*) con presenza sporadica della Fillirea (*Phillyrea spp.*) e del Lentisco (*Pistacia lentiscus L.*). Nelle formazioni regressive sono presenti la macchia a cisti (*Cistus monspeliensis L.*, *Cistus creticum L. ecc.*), l'Euforbia arborea (*Euphorbia dendroides L.*), il Rosmarino (*Rosmarinus officinalis L.*), fino alla degradazione totale della copertura arborea/arbustiva con una vegetazione di tipo erbaceo discontinuo con diffusa roccia affiorante. Nelle valli fluviali e nelle codule la vegetazione dominante è rappresentata soprattutto dall'Oleandro (*Nerium oleander L.*), mentre nelle parti sommitali della zona sono presenti vaste superfici di gariga e arbusteti prostrati (CORRIAS, 1974; NIEDDU, 2012).

In ultima analisi, la copertura vegetale dell'area è notevole e dovuta sostanzialmente, nel caso dei boschi di leccio, alla tendenza alla formazione di boschi chiusi con elevata copertura (>80%) mentre nelle diverse formazioni a macchia mediterranea, con diversa altezza e varia composizione specifica, la copertura del suolo è assicurata da una notevole densità e di ramificazione laterale delle singole piante.

Nel caso invece delle garighe e arbusteti prostrati, trattandosi di formazioni steppiche d'interludio alla roccia nuda, priva di suolo, con forme estreme di degradazione, la relativa presenza è legata alla resistenza della vegetazione alle alte temperature, alla mancanza d'acqua e di suolo. In queste formazioni le condizioni di crescita sono legate esclusivamente all'evoluzione naturale.

Nel presente lavoro non è stata infatti presa in esame la categoria delle Garighe e degli arbusteti prostrati, presenti nell'area in esame, dove un potenziale intervento di rinfoltimento, anche se a basso impatto, potrebbe essere altamente lesivo della vegetazione esistente, colpendo i suoi valori funzionali e comportando la perdita totale del suolo (NIEDDU, 2012). Si tratta infatti di zone dove ancora le formazioni vegetali sono legate all'evoluzione naturale e dove le pendenze sono molto elevate e il suolo è fortemente ridotto, quindi un intervento di infittimento potrebbe comportarne la perdita irreversibile (scavi, lavorazioni).

La somma totale delle superfici delle categorie forestali esaminate è pari a 2176,99 ha. Come da Figura 6 e da Tabella 4, dominano i boschi di leccio, con circa la metà della copertura esaminata (51,74%) e rispettivi 1126,47 ha. La seconda categoria di interesse è la macchia termo xerofila di degradazione con il 25,93% (564,45 ha), seguita dai boschi di olivastro con circa il 13,37% e 291,05 ha. Segue la macchia evoluta e pre-forestale con l'8,07% e 175,78 ha. Molto più ridotta la presenza di boschi di conifere mediterranee con circa 20 ha, pari allo 0,88%.

Categorie forestali	Superficie (ha)	%
Boschi di Leccio	1126,47	51,74
Boschi di Olivastro	291,05	13,37
Macchia evoluta e pre-forestale	175,78	8,07
Macchia termo xerofila di degradazione	564,45	25,93
Boschi di conifere mediterranee (origine artificiale)	19,23	0,88
Totali	2176,99	100,00

Tabella 4 - Ripartizione delle categorie forestali.

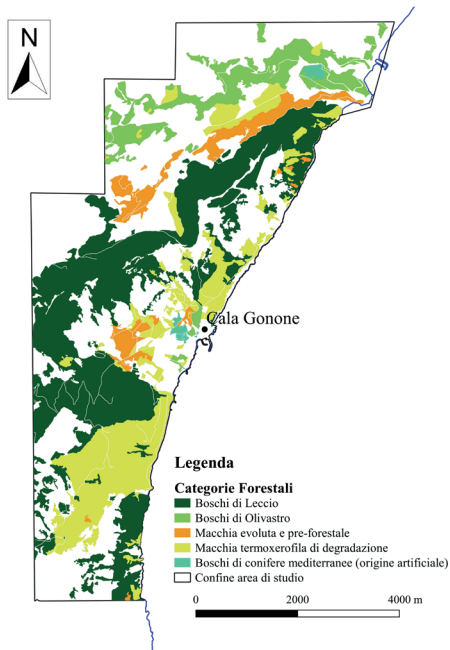


Figura 6 - Carta delle Categorie forestali esaminate.

Viabilità carrabile

Nella Figura 7 è rappresentata la viabilità carrabile presente nell'area.

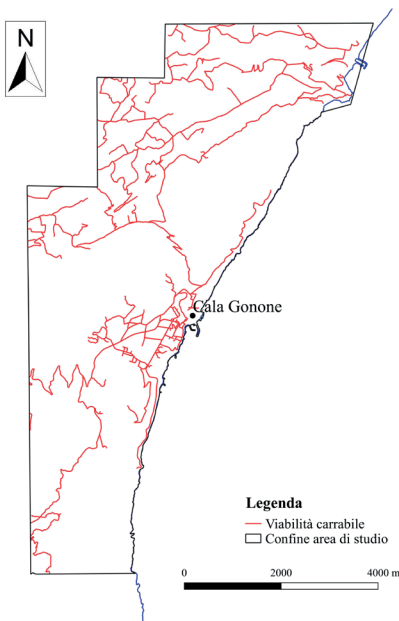


Figura 7 - Carta della viabilità carrabile

E' costituita da strade sia asfaltate (es. strada di collegamento tra Dorgali e Cala Gonone) sia con fondo di battuto di cemento (es. strada di collegamento tra Cala Gonone e Cala Cartoe), sia naturale (es. zona Ghivine in direzione Sud-Ovest), principalmente su substrato carbonatico, ma con buona larghezza e percorribilità. La viabilità si presenta con un totale di 101,73 km.

Metodologia

Il presente studio ha richiesto la predisposizione di materiale cartografico digitale relativo a:

- caratteri morfologici: pendenza ed esposizione;
- tipo di suoli;
- viabilità carrabile;
- categorie di vegetazione forestale.

Per la realizzazione e la gestione della suddetta cartografia è stato fatto ricorso all'uso del G.I.S. (Geographic Information System). Sono stati utilizzati esclusivamente software di tipo open source, in particolare QGIS (versione 3.4.4) e la sua suite con i programmi Grass, Saga e Gdal, GvSIG (versione 2.4.0 2850) (licenza GNU GPL) e AdB-Toolbox (versione 1.6.0_05).

Le cartografie, digitali, sono state realizzate sia in formato vettoriale (categorie di vegetazione forestale, viabilità e suoli), sia in formato raster (pendenza ed esposizione).

Il suddetto materiale cartografico ha permesso di descrivere le caratteristiche pedoclimatiche e vegetazionali dell'area in analisi e di "alimentare" i due distinti modelli di determinazione dei vuoti forestali e di valutazione dell'attitudine totale al rinfoltimento. Sono state, infine, condotte analisi raster nell'ambito dell'applicazione dei modelli anzidetti mediante operazioni di raster calculator.

Per lo svolgimento dello studio, considerando l'elevata risoluzione geometrica (1 m),

è stato utilizzato il Lidar (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging).

Per l'area in esame, è stato reperito, presso il portale cartografico ufficiale della Regione Autonoma Della Sardegna (<http://www.sardegnaeoportale.it/aretematiche/modellidigitalidielevazione/>), il dato Lidar relativo all'anno 2008, l'unico finora disponibile e realizzato per il monitoraggio costiero. In particolare, sono stati reperiti sia il DTM (Digital Terrain Model), sia il DSM della vegetazione (Digital Surface Model) con risoluzione geometrica a 1 m. Per il rilievo è stato utilizzato il sensore Gemini con 4 ritorni.

Sia il DTM sia il DSM sono forniti per il download in tavolette di dimensioni di circa 1450 x 1150 m. Le tavolette sono state successivamente mosaicate per l'ottenimento di un file unico come visibile in Figura 8.

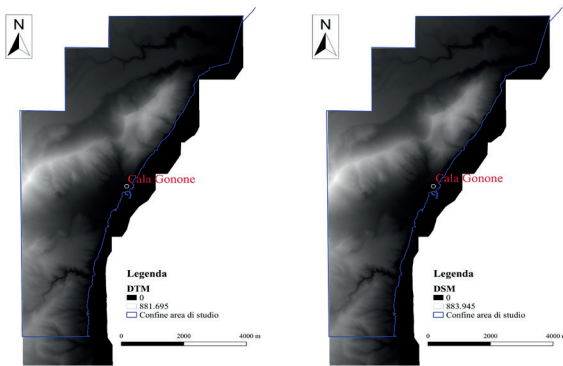


Figura 8 - DTM e DSM

E' stato necessario effettuare una operazione di correzione per eliminare i valori negativi presenti sia nel DTM sia nel DSM. Pertanto, considerando che il dato Lidar è riferito ad una determinata annata, il 2008, tutte le cartografie sono state reperite e/o costruite con riferimento alla stessa. In particolare modo, la definizione delle categorie vegetali e della viabilità carrabile è stata, nell'ambito del presente lavoro, ricostruita ex-novo e con riferimento all'ortofoto dell'anno più pros-

simo a quello dei suddetti dati Lidar, nella fattispecie il 2006 (<http://www.sardegnaeoportale.it/>).

Per l'ottenimento dei caratteri morfologici, pendenza e esposizione, è stato utilizzato il DTM del Lidar conservando l'originaria risoluzione geometrica di 1 m. Gli output sono stati ottenuti con operazioni di geoprocess by pixel. Per i caratteri dei suoli dell'area di studio è stata utilizzata la classificazione della Carta dei Suoli della Sardegna (ARU *et al.*, 1991) e l'esperienza condotta in studi pedologici più specifici condotti in situ (DE RISO, 2008; NIEDDU, 2012).

In particolar modo, la carta dei suoli, esistente in formato cartaceo è stata scansionata, digitalizzata e restituita in formato vettoriale. Successivamente sono stati attribuiti, per ogni singola unità pedologica, i principali caratteri di interesse.

La viabilità carrabile è stata ottenuta mediante la foto interpretazione delle principali strade carrabili rintracciate nell'area di studio. Più precisamente è stata effettuata la digitalizzazione polilineare in mezzeria delle viabilità, per poi ricostruire un ingombro totale medio con il geoprocesso del buffer, con una larghezza costante di 4 m (per lato). Gli ingombri e i caratteri del fondo stradale sono stati verificati in loco mediante analisi diretta nei casi principali (NIEDDU, 2012).

Per la definizione delle categorie forestali, è stato effettuata la foto interpretazione utilizzando la legenda impiegata nella realizzazione della cartografia del Piano Forestale Ambientale Regionale (P.F.A.R.) della REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA (R.A.S., 2007). Nel P.F.A.R. è stata applicata la determinazione della categoria forestale intesa come una unità spesso eterogenea, per raggruppare unità aventi in comune o la specie dominante o l'area generale di distribuzione. Pertanto alle categoria corrispondono le grandi unità vegetazionali utilizzate normalmente in campo forestale, come ad es. leccete, sugherete, pinete, etc. (R.A.S., 2007) che presentino la minima % di copertura

vegetale (Area di insidenza) corrispondente a quanto indicato nella definizione di Bosco del D.Lgs. 227/2001 (20% di copertura su una superficie minima di 2000 m²). La foto interpretazione è stata svolta adottando una scala 1:3.500 (restituzione scala 1:10.000) su foto aeree del 2006 ed è stata verificata in loco mediante analisi diretta (NIEDDU, 2012). L'altitudine, quale fattore di attitudine al rinfoltimento, nell'ambito del presente lavoro, non è stata presa in esame, in quanto il range tra il valore massimo (circa 881,7 m s.l.m.) e minimo (0 m, s.l.m.) si può ritenere non significativo rispetto agli altri fattori analizzati. Ad avvalorare la scelta anzidetta, si è notato che le diverse categorie di vegetazione si trovano indistintamente alle varie quote del territorio in esame (NIEDDU, 2012).

Modello di determinazione delle lacune forestali

Il modello per la zonizzazione delle lacune forestali è rappresentato in Figura 9.

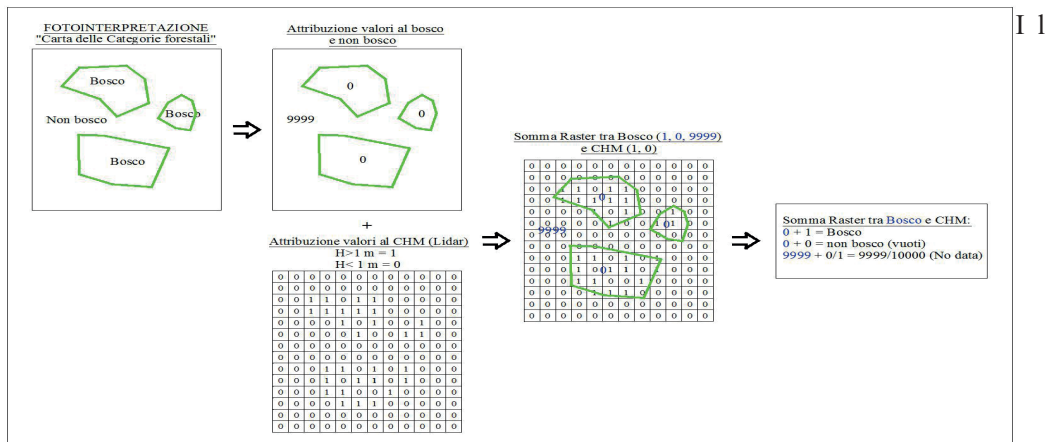


Figura 9 - Modello di determinazione delle lacune forestali

Per la sua implementazione sono stati necessari il prodotto della foto interpretazione (Figura 6) delle principali categorie forestali di interesse e il CHM (Canopy Height Mo

del), del territorio in esame e rappresentato in Figura 10.

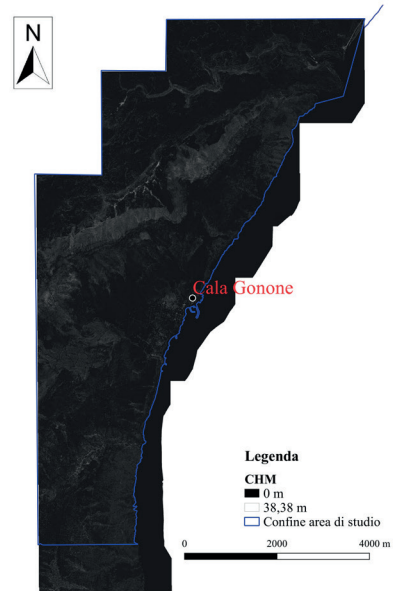


Figura 10 - CHM

CHM è stato ottenuto dalla differenza tra il DSM della vegetazione e il DTM e conserva l'originaria risoluzione geometrica dei file di partenza (1 m). Il CHM nell'area in esame mostra un range di altezze variabili tra 0 e 38,38 m.

Con riferimento alla Figura 9, il tematismo delle categorie forestali, essendo agli effet-

ti di legge (D.Lgs. 227/2001) definito tutto come bosco, prescindendo dalle diverse categorie forestali rilevate, è stato oggetto di riclassificazione. In un apposito campo dello stesso shapefile è stato infatti attribuito il valore numerico "0" alle zone di bosco, mentre con la conversione dello stesso shapefile in formato raster, è stato attribuito il valore convenzionale 9999 alle zone di non bosco.

Parallelamente, sul raster del CHM è stata effettuata una riclassificazione dei valori di altezza, considerando 2 distinte ipotesi: il valore convenzionale "0" per le altezze inferiori a 1 m, mentre "1" ai valori superiori a 1 m. Anche per il CHM è stata quindi fissata la soglia tra non bosco ("0") e bosco ("1"). Nella Figura 9, a titolo di esempio è mostrata l'artificiosa sovrapposizione (overlay) tra i 2 strati: fotointerpretato e CHM. Con una successiva operazione di raster calculator, è stata effettuata l'operazione di somma pixel by pixel (risoluzione geometrica di entrambi i raster di partenza pari ad 1 m) con l'ottenimento di 3 diverse ipotesi di risultato finale:

- valore "0" dello strato bosco di foto interpretazione + valore "1" del CHM = "1" presenza di "bosco";
- valore "0" dello strato bosco di foto interpretazione + valore "0" del CHM = "0" "non bosco" (lacune);
- valore "9999" dello strato bosco di foto interpretazione + valore "0/1" del CHM =

9999/10.000 NoData.

La procedura enunciata consente di definire la reale copertura del suolo nei limiti sia della risoluzione geometrica del CHM, sia della bontà e della scala di dettaglio utilizzate nella foto interpretazione. Per l'elaborazione necessaria al presente lavoro è stato considerato il solo "non bosco", costituito dalle lacune forestali.

Modello di determinazione dell'attitudine totale al rinfoltimento

In Figura 11 è rappresentato il modello utilizzato per la valutazione dell'attitudine totale delle lacune forestali al rinfoltimento.

I vari parametri (morfologia, suolo, viabilità e vegetazione) sono stati opportunamente riclassificati, in modo da attribuire un maggiore o minore indice utile a rappresentare la maggiore o minore attitudine all'intervento. Il modello di valutazione dell'attitudine al rinfoltimento è stato costruito con caratteri simili a quelli espressi dalla FAO (FAO, 1976) che ha in tal senso fornito alcuni indirizzi generali di valutazione delle terre e, in parte, applicato in condizioni e scopi simili, in un'altra area della Sardegna (CARIA *et al.*, 2000).

E' stata usata, per ogni fattore, una scala di

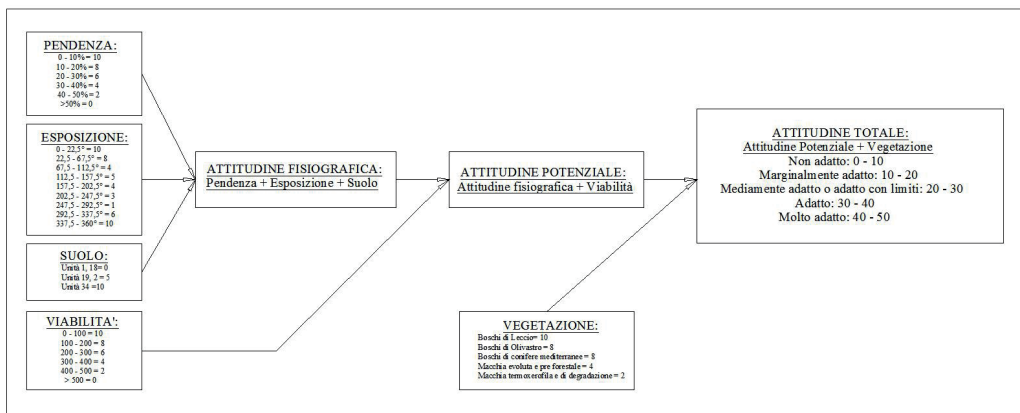


Figura 11 - Modello di determinazione dell'attitudine totale delle lacune forestali

attribuzione di attitudine dei valori compresa tra 0, valore nullo e 10, valore massimo. La pendenza, quale indice morfologico utile sia per la facilità di intervento, sia per le lavorazioni del suolo, sia per evidenziare i problemi erosivi, è stata valutata considerando la classe più bassa, 0 – 10% come quella maggiormente adatta, con l'attribuzione del valore massimo (10). All'aumentare dei valori di pendenza, i valori di attitudine gradatamente si riducono fino a 2, con pendenze comprese tra il 40 – 50%, mentre il valore è nullo con pendenze superiori al 50%.

Unità	Substrato	Tessitura	Punteggio	Profondità (cm)	Punteggio	Roccosità - pietrosità (%)	Punteggio	Totale punteggio	Punteggi Rapportati a 10
1	Calcarei	A-R	0	<25	0	>10	0	0	0
2	Calcarei	A-R; FSA-A	1	25-75	0,5			1,5	5
18	Basalti	A-R; FA	0	<25	0			0	0
19	Basalti	FA; A-Bw-R; A-R	1	25-75	0,5			1,5	5
34	Sedimenti litoranei	A-C; A, AL	1	>75	1	<10	1	3	10

Tabella 5 - Caratteri del suolo utili per l'attribuzione degli indici sintetici di attitudine al rinfoltimento.

L'esposizione, quale fattore ecologico importante per l'affermazione vegetale, è stata valutata attribuendo alle posizioni più fresche (Nord) il valore più elevato (10), con una riduzione a 8 per il Nord-Est e ancora più basso, 6 per il Nord-Ovest. I valori più bassi sono stati attribuiti a posizioni decisamente più calde: 5 a Sud-Est, 4 a Est e Sud, 3 a Sud-Ovest. Infine il valore 1 all'esposizione Ovest.

Rispetto al suolo, i valori di attitudine sono stati attribuiti come rappresentato nella Tabella 5, ove sono stati presi in esame alcuni parametri pedologici di interesse per ogni singola unità pedologica (ARU *et al.*, 1991). Per ogni fattore è stato definito un indice, dapprima 0 – 1, per poi definire un totale per unità di suolo da rapportare alla scala 1 – 10. I parametri pedologici utilizzati sono stati: la tessitura, la profondità e la rocciosità/pietrosità. Nell'ambito della tessitura è stato attribuito un valore più alto alle tessiture più articolate e con carattere franco, il valore 0 alle tessiture con rimando alla roccia nuda. Rispetto alla profondità, sono stati

attribuiti i seguenti valori: il valore 0 per i suoli meno profondi (0 – 25 cm), il valore 0,5 per i suoli con profondità intermedie (25 – 75 cm), infine il valore massimo, 1, alle potenze più elevate (> 75 cm). La rocciosità e la pietrosità è per tutte le unità, tranne la 34, superiore al 10%, con valori anche molto elevati (>80%, DE RISO, 2008; NIEDDU, 2012). Pertanto è stato attribuito il valore 0 alle unità 1, 2, 18, 19 e 1 per l'unità 34.

L'attitudine della viabilità carrabile, costruita con fasce buffer di larghezza di 100 m ciascuna, a partire da un ingombro stradale totale di 8 m, è stata definita maggiore con

la vicinanza alle reti stradali rilevate. Pertanto, il valore 10 è stato attribuito alla fascia prossima di 100 m dalle strade per poi ridursi

a 8, 6, 4, 2 con rispettive fasce di 200, 300, 400 e 500 m. Il valore di distanza superiore ai 500 m comporta l'attribuzione del valore 0. Alla viabilità è stata associata pertanto una indiretta valutazione dell'accidentalità del territorio rispetto alla logistica di potenziale intervento. E' evidente che, soprattutto in territori con prevalente roccia nuda, come quello esaminato, con una rete stradale di penetrazione agraria non sempre adatta, maggiore è la distanza delle zone di potenziale rinfoltimento rispetto alla viabilità principale, maggiore è la difficoltà di intervento. Come da Figura 11, l'unione mediante l'operazione somma con raster calculator dei parametri pendenza, esposizione e suolo definisce l'attitudine fisiografica. Sommando l'attitudine della viabilità all'attitudine fisiografica, si può definire un'attitudine potenziale che prescinde da ogni tipologia di vegetazione preesistente, quindi dalle già create condizioni di struttura e micro-pedoclima. Considerando invece i caratteri della vegetazione esistente, si definisce una attitudine totale al rinfoltimento.

L'attribuzione degli indici di attitudine alla vegetazione è stata effettuata in Tabella 6.

Categoria Vegetale	Funzioni					Totale punteggio	Punteggi Rapportati a 10
	Protettiva Punteggio	Produttiva Punteggio	Paesaggistica Punteggio	Igienica Punteggio	Ricreativa Punteggio		
Boschi di Leccio	1	1	1	1	1	5	10
Boschi di Olivastro	0,5	0,5	1	1	1	4	8
Boschi di conifere mediterranee	0,5	1	1	0,5	1	4	8
Macchia evoluta e pre forestale	0,5	0,5	0,5	0,5	0	2	4
Macchia termoxerofila e di degradazione	0	0	0,5	0,5	0	1	2

Tabella 6 - Caratteri delle categorie forestali utili per l'attribuzione degli indici sintetici di attitudine al rinfoltimento

Nella stessa si evince che ad ogni categoria vegetale analizzata nell'area di studio, è stato attribuito un indice relativo alle funzioni espletabili dalle diverse coperture in ordine alla protezione, alla produzione, al paesaggio, all'igiene (salubrità ambientale) e alla ricreazione. I valori sono stati attribuiti da un minimo di 0 ad un massimo di 1, per poi ottenere un valore totale di attitudine funzionale rapportato a 10. Il valore massimo è stato attribuito al bosco di leccio, ove tutte le predette funzioni si svolgono al meglio. Di poco inferiore, 8, il valore attribuito ai boschi di olivastro e ai boschi di conifere mediterranee. Il valore totale 4 è stato invece attribuito alla macchia evoluta e pre-forestale, mentre il minimo, 2, è stato attribuito alla macchia termo xerofila di degradazione. Mentre la pendenza e l'esposizione erano già presenti su dato raster, il suolo, la viabilità e la vegetazione forestale sono stati sottoposti a conversione da shapefile vettoriale in formato raster utilizzando quale fattore di rasterizzazione, il valore indice di attitudine specifico (Figura 11). I 5 strati raster, essendo sovrapponibili (overlay), ritagliati sui confini delle lacune forestali definite dal relativo modello, sono stati sottoposti ad una operazione di raster calculator, con l'operazione somma pixel by pixel (risoluzione geometrica dei raster di partenza pari ad 1 m). Come da Figura 11, il prodotto finale è un raster che esprime l'attitudine totale al rinfoltimento con valori compresi nel range 0 – 50, con chiaramente

0 valore minimo e 50 valore massimo. I valori finali sono stati riclassificati in 5 classi di sintesi: con range di 10 per ogni singola classe, è stato possibile definire l'attitudine totale "Non adatto", "Marginalmente adatto", "Mediamente adatto o adatto con limiti", "Adatto" e "Molto adatto".

Risultati

Il prodotto del modello di determinazione delle lacune forestali è raffigurato nella Figura 12. I vuoti sono rappresentati a prescindere dalla categoria forestale di appartenenza, ma con lo sfondo della totale copertura forestale esaminata.

I vuoti si riscontrano in tutta l'area di studio, sia nella zona settentrionale, sia nella zona centrale e meridionale. Si nota una notevole diffusione sia di vuoti di piccole dimensioni sia di superfici notevoli, distribuite in tutta l'area. Il totale dei vuoti assomma a 916,87 ha, con una superficie media di 21,11 m², con il valore massimo pari a 107,89 ha, il valore minimo di 1 m² e una deviazione standard di 1981,89 m². Il numero totale di superfici di vuoto è 434.246. Il totale dei vuoti rappresenta il 42,11% del totale della vegetazione forestale esaminata e il 23,23% dell'area. Nelle superfici di vuoto forestale, le relative categorie forestali sono costituite da: macchia termo xerofila di degradazione con il 39,87%, seguita dai boschi di leccio con il 35,81%, seguita dal 14,52% dei boschi ad olivastro, dalla macchia evoluta e pre-forestale con il 9,12%, infine i boschi di conifere mediterranee con lo 0,67%. Per l'applicazione del modello di attitudine al rinfoltimento si è scelto di escludere le su-

perfici di vuoto inferiori ai 10 m², superfici considerate di ridotta importanza pratica. Pertanto si è operato su un totale di 836,82 ha, pari al 91,26% del totale dei vuoti, il 38,43% del totale della vegetazione forestale esaminata e il 21,21% dell'area.

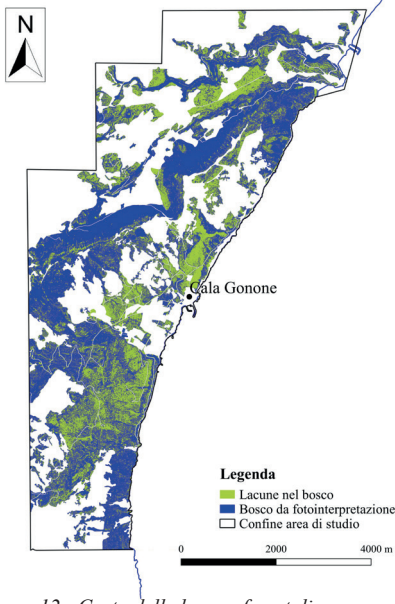


Figura 12 - Carta delle lacune forestali

L'applicazione delle superfici di vuoto al Modello di determinazione dell'attitudine totale al rinfoltimento, ha permesso la creazione della carta di attitudine delle lacune forestali al rinfoltimento. La stessa è rappresentata in Figura 13.

Si nota come le grandi superfici di lacuna forestale, presenti soprattutto nella zona settentrionale e centrale e presentano sostanzialmente valori molto alti di attitudine al rinfoltimento. Si tratta, ad una prima analisi, delle superfici a minore pendenza e meglio esposte. Le altre superfici, più ridotte, presentano una attitudine con valori più sfumati.

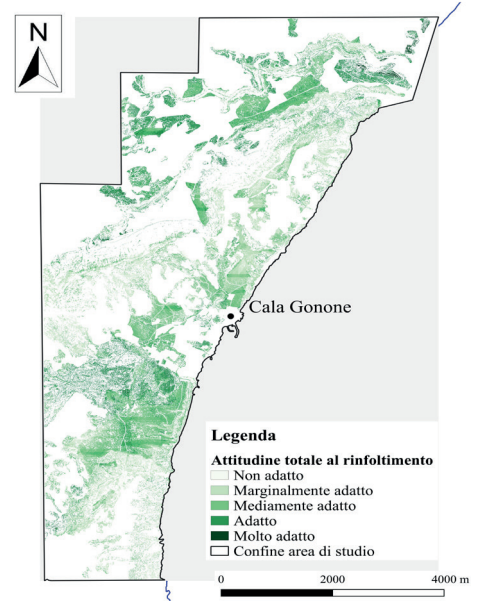


Figura 13 - Carta dell'attitudine totale delle lacune forestali al rinfoltimento

Nella Tabella 7 è elencata la suddivisione di superficie per classe di attitudine totale rispetto alla categoria forestale di appartenenza.

I risultati ottenuti sono in linea con quanto espresso in uno studio analogo effettuato in Sardegna (CARIA *et al.*, 2000).

Si nota che la classe di attitudine maggiormente rappresentata in termini di superficie è la centrale, "Mediamente adatto", con il 48,17% e relativi 403,12 ha. Sono in esso presenti tutte le categorie forestali analizzate, con netta prevalenza della macchia termo xerofila di degradazione (179,81 ha) pari al 21,48% del totale, seguita dai boschi di leccio con circa 132 ha e il 15,8% di superficie. Non è trascurabile la presenza dei boschi di olivastro e della macchia evoluta e preforestale (rispettivamente con il 5,31% e il 5,46% del totale).

Seguono le classi "Marginalmente adatto" e "Adatto", sostanzialmente equivalenti in termini di superficie, 210,57 ha (25,16%) la prima, 204,40 ha (24,43%) la seconda.

Anche in queste 2 classi sono presenti le 5 categorie forestali studiate. Nella classe “Marginalmente adatto” ancora domina la presenza della macchia termo xerofila di degradazione con 114,66 ha e 13,7%, seguita dai boschi di leccio con circa 80 ha (9,66%) e da superfici molto più ridotte delle altre categorie.

La classe “Adatto” presenta una prevalenza dei boschi di leccio con circa 85 ha (10,08%) seguita dai boschi di olivastro con circa 68 ha (8,1%). Le altre categorie mostrano superfici più ridotte, con la prevalenza della macchia termo xerofila rispetto a quella evoluta (27,88 ha rispetto ai 19,96 ha),

La classe “Non adatto” è presente su una ridotta superficie, 11,33 ha, pari all’1,35% del totale e ricade esclusivamente nelle categorie di macchia, con una netta prevalenza della macchia termo xerofila (11,31 ha).

La classe a maggiore attitudine, “Molto adatto”, è presente su una superficie di 7,40 ha pari allo 0,88% e ricade nelle formazioni di bosco ad alto fusto presenti nella zona. In particolare modo, prevale il bosco ad olivastro con 4,65 ha, seguito dal bosco di leccio con 2,36 ha, infine i boschi di conifere mediterranee con 0,39 ha.

Dai dati emersi si evidenzia che, utilizzando un criterio prudenziale, quindi limitando eventuali azioni di rinfoltimento alle classi “Adatto” e “Molto adatto”, le superfici sono limitate a circa il 25% dei vuoti forestali e il 5,36% del totale dell’area. Altro aspetto rilevante è il fatto che sono soprattutto le categorie di bosco d’alto fusto (leccio, olivastro e pino) ad emergere quali categorie d’interesse all’aumentare dell’attitudine, sia per un maggiore peso nel modello delle diverse funzioni, sia soprattutto per le migliori posizioni e condizioni di suolo. Pertanto si confermano i risultati espressi nello studio di CARIA *et al.* (CARIA *et al.*, 2000).

Conclusioni

Questo lavoro ha permesso di poter definire, mediante l’applicazione di due successivi modelli, il primo con criterio oggettivo, il secondo con maggiore grado di soggettività, sia la presenza di lacune forestali sia la loro maggiore o minore attitudine al rinfoltimento, prendendo in esame i principali fattori morfologici, pedologici, logistici e vegetazionali.

Una successiva analisi di sensitività dell’attitudine totale al rinfoltimento, rispetto ai vari fattori che la costituiscono, evidenzerebbe sicuramente il peso o l’incidenza dei principali limiti di intervento nel bosco in analisi, rivelando volta per volta, per ogni singola superficie, la potenzialità o meno di recupero

Attitudine totale	Tipo vegetazione	Superficie (ha)	%	Totale superficie per classe di Attitudine totale (ha)	Totale superficie per classe di Attitudine totale (%)
Non adatto	Macchia evoluta e pre forestale	0,02	0,002	11,33	1,35
	Macchia termoxerofila di degradazione	11,31	1,35		
Marginalmente adatto	Boschi di Leccio	80,86	9,66	210,57	25,16
	Boschi di Olivastro	4,37	0,52		
	Macchia evoluta e pre forestale	10,66	1,27		
	Macchia termoxerofila di degradazione	114,66	13,70		
	Boschi di conifere mediterranee (origine artificiale)	0,01	0,002		
Mediamente adatto o adatto con notevoli limiti	Boschi di Leccio	132,09	15,78	403,12	48,17
	Boschi di Olivastro	44,49	5,32		
	Macchia evoluta e pre forestale	45,70	5,46		
	Macchia termoxerofila di degradazione	179,81	21,49		
	Boschi di conifere mediterranee (origine artificiale)	1,02	0,12		
Adatto	Boschi di Leccio	84,39	10,08	204,40	24,43
	Boschi di Olivastro	67,98	8,12		
	Macchia evoluta e pre forestale	19,96	2,39		
	Macchia termoxerofila di degradazione	27,88	3,33		
	Boschi di conifere mediterranee (origine artificiale)	4,18	0,50		
Molto adatto	Boschi di Leccio	2,36	0,28	7,40	0,88
	Boschi di Olivastro	4,65	0,56		
	Boschi di conifere mediterranee (origine artificiale)	0,39	0,05		
Totale		836,82	100	836,82	100,00

Tabella 7 - Ripartizione per classi di attitudine totale al rinfoltimento rispetto alle diverse categorie forestali

dei vuoti forestali.

Il modello in esame non può tenere conto in toto delle condizioni microstazionali, e questo nonostante sia costituito da buona parte di tematismi (pendenza, esposizione, vuoti) elaborati su Lidar con risoluzione geometrica di 1 m. Il limite principale insiste nella minore risoluzione della carta dei suoli della Sardegna (ARU *et al.*, 1991), carta realizzata ad una scala territoriale, quindi con un dettaglio molto ridotto. In una carta pedologica, è comunque noto che i caratteri sono generalmente espressi in un range ampio con difficile contestualizzazione. Ad esempio, la variazione della tessitura, della pietrosità, della rocciosità e della profondità sono variabili da punto a punto in modo pressoché continuo.

Pertanto, essendo il suolo in tale modello l'anello debole, la teoria deve essere confortata da rilievi in situ che meglio esprimono, con maggiore precisione, i valori del suolo nelle sue varie proprietà microstazionali.

E' doveroso affermare che le superfici di vuoto a diversa attitudine, specialmente quelle che lo stesso modello ha riconosciuto come "Adatte" e "Molto Adatte", devono essere considerate come un primo aiuto nella scelta delle zone ove ipotizzare gli interventi. Nessun modello, per quanto raffinato, può definire quanto il rilievo diretto di campagna sulle reali e specifiche condizioni in cui si può procedere. Pertanto, la proposta di modello presentata in questo lavoro, deve essere intesa con tutti i limiti di una proposta teorica che può, nel campo pratico, comunque essere di ausilio per effettuare una scelta valida sia dal punto di vista tecnico sia economico - finanziario, ed orientare opportunamente la decisione in ambito politico - organizzativo.

Certamente, con l'uso del modello è possibile poter escludere dal campo degli interventi le superfici ricadenti in determinate classi di attitudine, per meglio concentrare le analisi di dettaglio alle restanti classi.

I possibili step successivi utili alla decisione su quali lacune forestali rinfoltire e quali

invece evitare, possono essere valutati ad esempio per ordine di attitudine, privilegiando le classi "Adatto" e "Molto adatto", in secondo luogo l'ordine di superficie (dalle più grandi lacune a quelle con superficie più ridotta) e per singola categoria forestale, valutando nelle stesse le specificità del suolo e le sue variazioni.

Considerando l'attualità, l'applicazione dei due modelli esposti può trovare applicazione non solo per il recupero ambientale di aree degradate, ma anche per la valutazione delle superfici di intervento in seguito a eventi meteo climatici estremi. Con l'ausilio di cartografie ad elevato dettaglio, in particolare modo Lidar pre e post evento e del bosco, è possibile poter valutare in modo anche speditivo le superfici recuperabili e stimare l'entità dei finanziamenti necessari. Disponendo inoltre di una cartografia di dettaglio dei suoli, è possibile contestualizzare con una maggiore o minore attitudine il grado di intervento realizzabile, orientando le scelte finanziarie in modo ancora più oculato.

BIBLIOGRAFIA

- ARU A., BALDACCINI P., VACCA A., VACCA S., MADRAU S., 1991 - *Nota illustrativa alla carta dei suoli della Sardegna*. REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, Assessorato della Programmazione, Bilancio e Assetto del territorio. Centro Regionale di Programmazione; Università degli Studi di Cagliari, Dipartimento di Scienze della Terra. Cagliari.
- BAZZOFFI P., 2007 - *Erosione del suolo e sviluppo rurale*. Edagricole, Bologna.
- BERNETTI G., 1995 - *Selvicoltura speciale*. U.T.E.T., Torino
- BERNINI G., 1990 - *Sistemazioni idraulico-forestali*. U.T.E.T., Torino.
- BIANCHI L., CALAMINI G., SIONI S., 2011. *Osservazioni sulla rinnovazione naturale in boschi di leccio dell'Ogliastra (Sardegna) soggetti a pascolo*. Forest@ Rivista di selvicoltura ed ecologia forestale. vol. 8, no. 4, pp. 103-112
- CARIA C., D'ANGELO M., ZUCCA C., 2000 - *Valutazione dell'attitudine ad interventi di ricostituzione della copertura forestale*. Atti della IV Conferenza Nazionale ASITA, 489-494
- CARMIGNANI L., OGGIANO G., BARCA S., CONTI P., SALVADORI I., ELTRUDIS A., FUNEDDA A., PASCIS S., 2001 - *Geologia della Sardegna, Note Illustrative della Carta Geologica della*

Sardegna a scala 1:200.000. Mem. Descr. carta Geologica d'Italia. 60: 283 pp., Serv. Geol., Roma.

CORRIAS A., 1974 - *Aspetti floristici e vegetazionali del territorio di Dorgali (Cala Gonone)*. Tesi di Laurea Università degli Studi di Sassari Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali – Dipartimento di Botanica ed ecologia vegetale, Corso di Laurea in Scienze Naturali. Anno Accademico 1973-1974.

DE GROOT R.S., WILSON M., BOUMANS R., 2002 - *A typology for the description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services*. Ecological Economics 41 (3), 393–408.

DE RISO S., 2008 - *Studio della genesi ed evoluzione dei suoli su substrati carbonatici*. Tesi di Dottorato, Corso “Difesa e conservazione del suolo, vulnerabilità ambientale e protezione idrogeologica”, Ciclo XXI, Università di studi di Cagliari.

FAO, 1976 - *A frame work for Land Evaluation*, FAO, Roma.

GIORDANO A., 2002 - *Pedologia Forestale e Conservazione del Suolo*. U.T.E.T., Torino.

<http://www.sardegneageoportale.it> (ultima visita: 15 febbraio 2019)

<http://www.sardegneageoportale.it/areetematiche/modellidigitalidielevezione/> (ultima visita: 15 febbraio 2019)

<https://www.verdeinvista.it/dizionario-forestale.html> (ultima visita: 25 marzo 2019)

ISPRA, 2017 - *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Rapporti 266/2017.

MA, 2005 - *Millennium ecosystem assessment synthesis report*. Island Press, Washington, DC, USA.

NIEDDU S., 2012 - *Condizioni di conservazione dei suoli su substrati carbonatici assoggettati ad intensa pressione antropica*. Tesi di Dottorato, Corso “Difesa e conservazione del suolo, vulnerabilità ambientale e protezione idrogeologica”, Ciclo XXIII, Università di studi di Cagliari.

NIEDDU S., 2017 - *Consumo di suolo e perdita di servizi ecosistemici in ambiente costiero mediterraneo*. Dendronatura, Numero 2: 54 – 74.

PASTORELLA F., MAESANO M., PALETTO A., GIACOVELLI G., VIVONA S., VELTRI A., PELLICONE G., MATTEUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G., 2017 - *Servizi ecosistemi delle foreste calabresi: la percezione degli stakeholders*. Forest@. 14: 143-161.

PAVARI A., 1916 - *Studio preliminare sulle colture di specie forestali esotiche in Italia*. Annali del Regio Istituto Superiore Forestale Nazionale, Vol. 1, 159-379.

PIUSSI P., 1994 - *Selvicoltura generale*. U.T.E.T., Torino.

R.A.S., REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, 1998 - *Studio sull'Idrologia Superficiale della Sardegna*. Elaborato dalla Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato della Programmazione, Bilancio ed Assetto del Territorio.

R.A.S., REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL'AMBIENTE, 2007 - *Piano Forestale Ambientale Regionale, Relazione Generale*, Cagliari.

RIVAS-MARTINEZ S., PENAS A., DIAZ T.E., 2004 - *Biogeographic map of Europe*. Cartographic Service, University of Léon.

SANTOLINI R., 2010 - *Servizi Ecosistemici e Sostenibilità*. Ecoscienza, N. 3.

Salvatore Nieddu

Dottore di ricerca in Difesa e conservazione del suolo, vulnerabilità ambientale e protezione idrogeologica,
E-mail: salvatorenieddu@yahoo.it

PAROLE CHIAVE: *Bosco, lacune forestali, rinfoltimenti, Lidar, modello, attitudine, Cala Gonone (Sardegna).*

RIASSUNTO

Il presente lavoro ha permesso di definire con una procedura modellistica mediante l'uso del GIS e su base Lidar, l'entità delle lacune forestali presenti in un'area boschiva del mediterraneo. Sulle stesse lacune del bosco è stato poi applicato un modello per la determinazione dell'attitudine ad interventi di rinfoltimento considerando i fattori pedologici, morfologici (pendenza ed esposizione), la viabilità carrabile e le caratteristiche funzionali della vegetazione preesistente. Le superfici di lacuna forestale aventi diversa classe di attitudine sono state correlate alle diverse categorie di vegetazione forestale pre-esistente. Le classi con media attitudine di intervento, o intervento con limiti, sono quelle maggiormente rappresentate con il 48,17% della superficie, mentre sia le classi con valori marginali sia del tipo adatto, sono presenti con una superficie pari a circa ¼ dell'area. Le superfici a migliore attitudine sono quelle con copertura ad alto fusto (0,88%), mentre quelle con i valori più bassi sono rappresentate dalla macchia mediterranea (1,35%).

KEY WORDS: *Forest, woodland voids, forest thickening, Lidar, model, aptitude, Cala Gonone (Sardegna).*

ABSTRACT

The present work has enabled the extent of the forest gaps in a Mediterranean forest area to be defined with a modeling procedure using the GIS and on a Lidar basis. On the same gaps in the forest, a model was then applied to determine the aptitude for thickening interventions considering the pedological, morphological (slope and exposure) factors, the roads and the functional characteristics of the pre-existing vegetation. Forest gap areas with different aptitude classes have been related to the different categories of pre-existing forest vegetation. Classes with a medium aptitude for intervention, or intervention with limits, are those most represented with 48,17% of the surfaces, while both the classes with marginal values and the suitable type are present with both a surface equal to about ¼ of the area. The surfaces with the best aptitude are those with high trunk cover (0,88%), while those with the lowest values are represented by the Mediterranean scrub (1,35%).