



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea Magistrale
RISCHIO AMBIENTALE E PROTEZIONE CIVILE

**Carta del rischio di incendio boschivo del territorio di Costa d'Amalfi
(Parco Regionale dei Monti Lattari - Italia)**

**Forest fire risk mapping - the example of the "Amalfi Coast" site
(Monti Lattari Regional Park - Italy)**

Tesi di Laurea Magistrale
di:

Francesco Oleandro

Relatore
Chiar.mo Professore

Eugenio Michelangelo Barisano

Correlatore:
Mariateresa Sperti

Sessione di Laurea Estiva
Anno Accademico 2019/2020

I. CAPITOLO	
1.1 Premessa.....	3
1.2 Introduzione.....	4
1.3 Obiettivo e finalità del lavoro di tesi.....	7
II. CAPITOLO – Precedenti conoscenze	
2.1 Il fenomeno degli incendi.....	10
2.2 Cause d’innescio degli incendi.....	12
2.3 Fattori di innescio predisponenti.....	14
2.4 Tipologie d’incendio.....	15
2.5 Luogo di sviluppo degli incendi.....	17
2.6 Danni all’ecosistema boschivo.....	19
2.7 Interventi antincendio.....	22
III. CAPITOLO - Metodi e strumenti	
3.1 Valutazione del rischio incendi.....	24
3.2 La prevenzione dal rischio.....	26
3.3 La cartografia tematica.....	29
3.4 Fotointerpretazione storica per individuare gli eventi passati degli incendi.....	30
3.5 Il ruolo dei sistemi GIS per il controllo degli eventi calamitosi (incendi).....	33
IV. CAPITOLO – Elaborazione e interpretazione dei dati e della carta di rischio innescio	
4.1 Presentazione del territorio in studio.....	38
4.2 Aspetti climatici del territorio in studio	41
4.3 Presentazioni dati utilizzati per la realizzazione della mappa.....	44
4.4 Procedura per l’elaborazione della Carta del rischio d’innescio incendi boschivi.....	47
_ Spiegazione del metodo r.reclass in QGIS	
_ Procedura di r.reclass	
_ Calcolatore raster per la carta del rischio innescio incendi boschivi	
4.5 Focus sulle zone di maggiormente a rischio innescio.....	57
_ Osservazioni sulle aree già incendiate negli ultimi 5 anni	
_ Osservazioni sull’uso del suolo	
_ Osservazioni su una futura carta della gravità	
4.6 Attività di monitoraggio, pattugliamento e avvistamento (Regione Campania).....	64
_ Il monitoraggio sulla sentieristica dei Monti Lattari	
V. Conclusioni	
_ Focus sul risultato del lavoro di tesi.....	69
_ Conclusioni.....	71
Bibliografia.....	73

Capitolo I

1.1 Premessa

Con questo lavoro di tesi si intende fornire una conoscenza, se pur di base, della prevenzione e protezione verso gli incendi boschivi, considerando una porzione del territorio italiano caratterizzata da un forte sviluppo turistico ed economico, ovvero, la Costiera Amalfitana, caratterizzata da numerose abitazioni circondate ed immerse nella natura da cui deriva il rischio primario, una zona poco praticabile date le poche connessioni stradali che rendono difficoltosi interventi attivi. Nonostante l'aumento costante degli investimenti volti a prevenire e a combattere il fenomeno, In questi ultimi tempi il problema degli incendi boschivi ha raggiunto una tale gravità da assumere proporzioni rilevanti.

Questo lavoro, nello specifico, ha il fine di testare e validare un modello per la valutazione del rischio da incendi boschivi, zonazione delle aree vulnerabili, mediante l'utilizzo di un Sistema Informativo Geografico.



Fig.1 *Vista sulla costiera Amalfitana*

1.2 Introduzione

La legge quadro in materia di incendi boschivi è la 353 del 21 novembre 2000, definisce un incendio boschivo come un “fuoco con suscettività a espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate poste all’interno delle predette aree, oppure sui terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree”.

La protezione dagli incendi boschivi impone l’analisi di un elevato numero di fattori, ad esempio: buona parte di essi partono su terreni coltivati o incolti e poi si estendono al bosco, infatti la riduzione del danno causato da un incendio dipende non solo dalla tempestività dell’intervento ma anche da un’attenta previsione del rischio con l’individuazione delle aree a maggior rischio.

Attraverso questa tesi si cercherà di creare una zonazione del territorio in funzione del rischio per l’ottimizzazione nell’allocazione e per l’uso delle risorse disponibili; con la conoscenza del pericolo, e quindi la sua previsione, per rendere possibile organizzare in modo ottimale tutte le azioni di prevenzione ed estinzione.

Ciò premesso, si è scelto di analizzare il territorio della Costiera Amalfitana in quanto soggetto ad ingenti incendi durante buona parte delle ultime stagioni estive (foto 1, 2 , 3 e 4), i quali hanno coinvolto l’unica via di collegamento tra i vari comuni, bloccando i centri turistici ed economici, i trasporti pubblici e causando uno stress delle vie di comunicazione via mare. La Costiera Amalfitana sorge in una tipologia di contesto geografico denominato “coste alte”, ossia un’ interfaccia tra la fascia marina e la fascia montana caratterizzata dall’assenza di una fascia collinare, lì dove sono presenti zone depresse e vallive sono stati costruiti i pochi insediamenti; nelle restanti zone data la litologia calcarea molto carsica e le forti pendenze, la costruzione di vie di comunicazione tra gli insediamenti è stata resa molto complessa, praticamente una sola strada non particolarmente larga, che convoglia il traffico totale di tutti gli insediamenti della Costiera Amalfitana costringendo in stagioni estive, a causa dell’interruzione della strada stessa, strada statale 163, un intensificarsi dell’utilizzo dei mezzi marittimi anche per spostarsi semplicemente tra comuni adiacenti, utilizzando i regolari traghetti di linea, sottraendo posti ai turisti o mezzi privati causando un “traffico marittimo” in prossimità dei piccoli porticcioli della costiera.

Un ulteriore danno causato dagli incendi nella Costiera Amalfitana, è nei confronti della circolazione ferroviaria, ovvero, si vuole ricordare l’evento dell’agosto 2012, quando fu sospesa tra il 21 agosto 2012 e il 25 agosto 2012, la circolazione dei treni lungo la linea Nocera-Salerno via Cava de’ Tirreni

proprio a causa di un incendio divampato in prossimità della ferrovia a Vietri sul Mare. L'interruzione fu disposta dai Vigili del fuoco, che si trovano sul posto per controlli sulla fiancata del costone interessato dall'incendio. Questo evento causò un grande disagio a tutti i lavoratori, nonché ai turisti, essendo la fermata di Vietri sul Mare, l'unica fermata ferroviaria di tutta la Costiera Amalfitana e permette il collegamento sia con Calabria, passando per Salerno, sia con Napoli e quindi l'aeroporto Napoletano.

Va ricordato che la Costiera Amalfitana ricade all'interno dell'Ente Parco Regionale dei Monti Lattari; formatasi durante il Triassico e possiede notevoli patrimoni culturali, paesaggistici, storici ed ecologici. Ospita circa 50000 persone divise in 16 comuni, senza contare il massiccio afflusso di vacanzieri che soggiornano dal periodo primaverile fino a quello autunnale, con le sue vette più alte: Sant'Angelo a Tre Pizzi e Monte Faito; si sottolinea che questi incendi hanno distrutto buona parte dei molteplici sentieri montani che l'attraversano la Costa.



Foto1 : vista sulla Costiera Amalfitana (SA)



Foto 2: incendio notturno che convolve il tratto della strada statale 163 "Amalfitana", tra il km 10 ed il km 11,500 – Luglio 2018 vista da Positano (SA)



Foto 3: Vista su Capo d'Orso (SA) 17 July, 2017



Foto 4: tra la Grotta dello Smeraldo e il Fiordo di Furore, le fiamme salgono verso la stradina di Punta Tavola (13 luglio 2017).

1.3 Obiettivo e finalità del lavoro di tesi

Gli incendi boschivi nell'area di studio si verificano con maggiore frequenza da inizio estate ad inizio autunno rappresentando, quindi, una calamità stagionale influenzata da una serie di fattori quali le condizioni meteorologiche, le caratteristiche dei combustibili vegetali, interventi antropici e la topografia.

Si avverte pertanto l'esigenza di fornire mediante apposita cartografia tematica un'informazione puntuale e dinamica circa la distribuzione spaziale delle aree suscettibili agli incendi, attraverso una zonazione del territorio, ciò allo scopo anche di facilitare le eventuali e future predisposizioni dei Piani antincendio, il cui obiettivo deve mirare non solo al mantenimento ed alla salvaguardia delle risorse, ma anche a stimolare la cultura della prevenzione.

L'obiettivo principale di un Piano antincendio è la riduzione della superficie percorsa dal fuoco e del numero di eventi, in particolare nelle aree a più alto valore naturalistico. A tal fine, l'attenzione va concentrata principalmente sul controllo e sulla gestione dei fattori predisponenti che, nel loro complesso, concorrono a condizionare il comportamento del fuoco e quindi la forza distruttiva e i danni che esso può causare.

Detto ciò, andremo a ricostruire ed identificare le tipologie di vegetazione presenti attraverso i moderni mezzi per la fotointerpretazione (GoogleEarth), verrà svolto uno studio sull'inquadramento geologico e geografico dell'area, sulla morfologia del terreno in GIS partendo da dati raster (DEM); si farà attenzione alla distribuzione dell'ubicazione demografica ed infine si prenderà in esame l'ubicazione dei precedenti e conosciuti dati degli incendi avvenuti, concessi dal Comando Provinciale dei Vigili del fuoco di Salerno, ovviamente il tutto verrà integrato con studi bibliografici.

Attraverso questi dati si cercherà di ricostruire le aree più vulnerabili per i fenomeni d'ignizione e le aree più sensibili data la presenza della popolazione; si è scelto di utilizzare il software Gis che ci permetterà di procedere ad una valutazione multi-criteriale, tale modello si basa sulla valutazione di una serie di variabili considerate come "fattori predisponenti" per il rischio di incendio.

Di seguito viene illustrato il modello logico seguito per la realizzazione del lavoro.

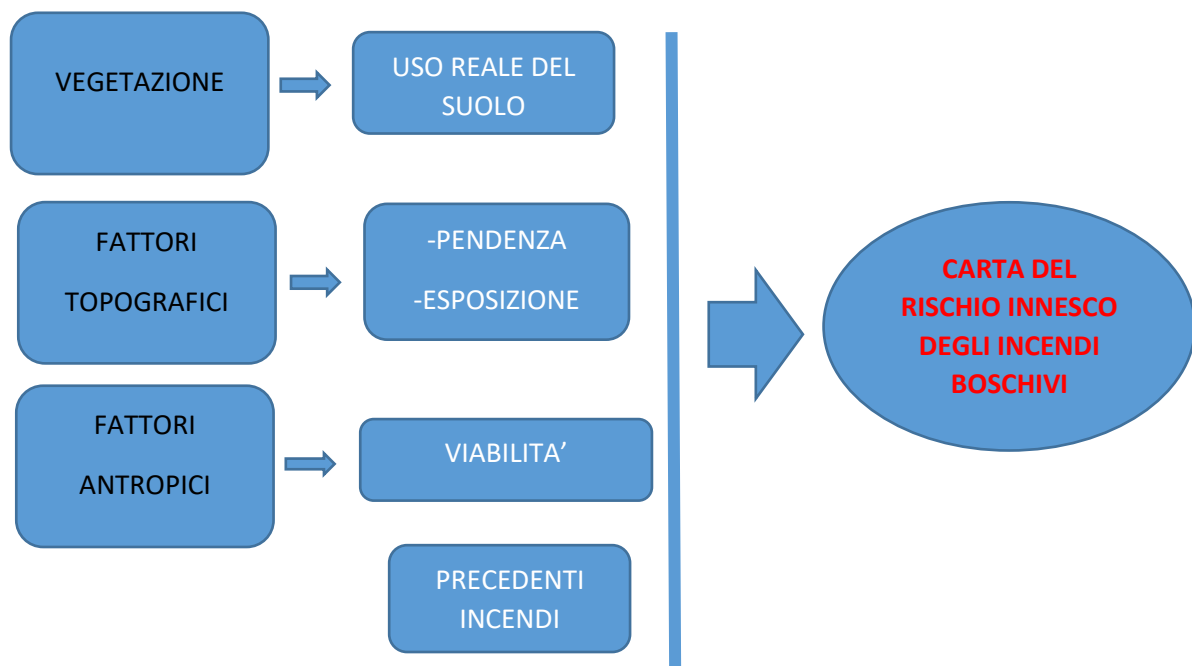


Diagramma di flusso della metodologia della tesi

Capitolo II

Precedenti conoscenze

2.1 Il fenomeno degli incendi

La combustione per poter avvenire e continuare nel tempo ha bisogno di tre elementi base:

- Combustibile
- Comburente
- Innesco

Per combustibile in questo caso si parla dell'insieme delle sostanze vegetali, il comburente ossia l'ossigeno atmosferico, innesco qualsiasi energia di accensione fornita da un apporto esterno generalmente una scintilla od una fiamma.

Questi tre fattori costituiscono il cosiddetto triangolo del fuoco, diminuendo uno dei lati del triangolo, e quindi uno degli elementi sopra descritti, si diminuisce l'intensità della fiamma e con essa il calore sviluppato dal fuoco

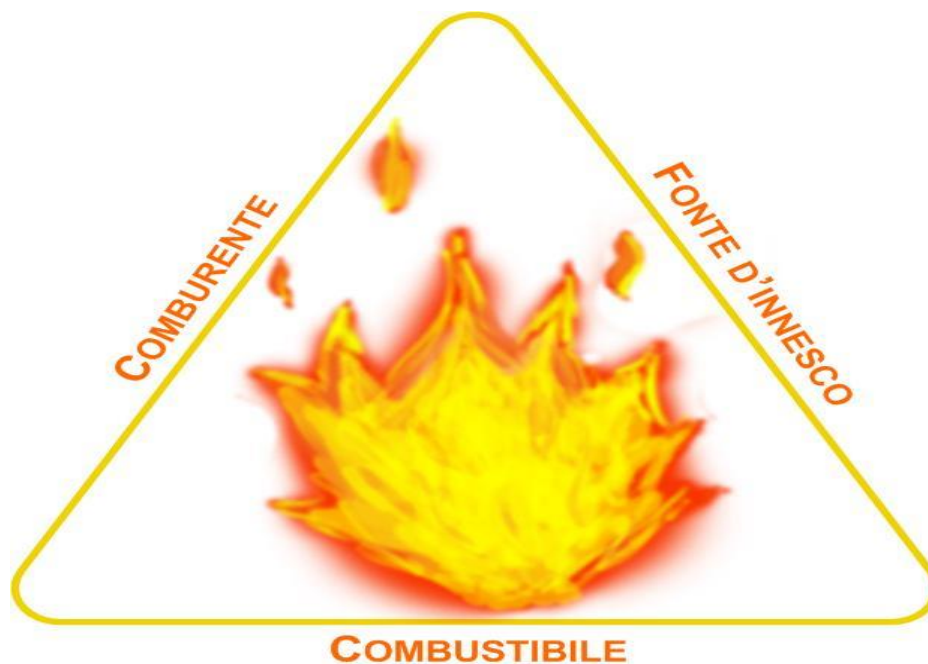


Fig.2 *Triangolo del fuoco*

Generalmente l'incendio boschivo avviene con la combustione di sostanze vegetali leggere e di piccole dimensioni, se l'incendio non viene domato in tempo il calore irradiato fa aumentare la temperatura e l'energia tali da potersi propagare anche a biomasse di maggiori dimensioni od oggetti distanti dal focolaio iniziale che iniziano a bruciare quasi istantaneamente.

In questo momento ci troviamo nel flashover, ossia "incendio generalizzato" o "conclamato": rappresenta un brusco innalzamento della temperatura e un aumento massiccio della quantità di

materiale che partecipa alla combustione, il calore rilasciato per irraggiamento dal layer di fumi raggiunge un'intensità sufficiente per l'auto-ignizione della totalità dei materiali combustibili presenti nell'ambiente confinante, l'incendio non è più circoscritto e ha fronti attivi in espansione.

Le modalità di propagazione degli incendi avviene secondo diversi fattori, tra cui alcuni assumono una rilevanza particolare: le caratteristiche della copertura vegetale, lo stato dei combustibili, l'esposizione dei versanti ed infine le condizioni climatiche.

2.2 Cause d'innescio degli incendi

Lo spopolamento del territorio montano ed il conseguente deterioramento dello stato colturale dei boschi ha contribuito all'aumento della frequenza con cui si presentano le condizioni favorevoli allo sviluppo del fuoco, soprattutto se si aggiunge l'azione dell'uomo come causa principale di incendio.

Oltre queste cause le probabilità che un suolo sia interessato da un incendio dipendono da due categorie di fattori, raggruppabili in:

- **Predisponenti**
- **Determinanti**

I primi sono dovuti alle caratteristiche intrinseche come la copertura vegetale, la giacitura, i fattori climatici ed in casi stocastici estremamente rari quali autocombustione o caduta di fulmini mentre i secondi sono dovuti a fattori naturali od antropici, quest'ultimi possono ulteriormente dividersi in fattori colposi o dolosi.

Infatti il maggior numero di incendi ha frequenza maggiore nei periodi di riordino delle colture, quando vengono bruciati gli scarti o i residui secondo metodi ancora radicati nelle tradizioni, pratica attualmente vietata nel periodo di maggior pericolosità per incendi boschivi. Frequentemente queste pratiche sono abituali nelle aree ad agricoltura meno avanzata, di collina o di montagna, in cui gli appezzamenti di terreno lavorato sono spesso contigui a boschi ed incolti che costituiscono facile preda del fuoco. Gli incendi colposi, o involontari, sono provocati da comportamenti umani non finalizzati alla specifica volontà di arrecare il danno. Tali incendi si originano quando si opera con negligenza, imprudenza o imperizia, spesso in violazione di norme e regolamenti. Gli incendi colposi sono riconducibili ad una diversificata serie di comportamenti che attengono all'uso del territorio, quale sede di attività produttive e di rilevanza economica, come l'agricoltura e la pastorizia, cui si unisce un'altra casistica di eventi, legati alla frequentazione dei contesti rurali e boscati da parte di turisti, escursionisti, automobilisti ed altri, che con le loro azioni possono determinare l'insorgere di incendi. Con l'aumento della rete viaria e sentieristica all'interno dei complessi forestali e con l'accresciuta esigenza di trascorrere il tempo libero nei boschi e nelle aree naturali si è elevata notevolmente la pressione antropica sulle aree boscate per scopi ricreativi e turistici. Cerini e mozziconi di sigarette abbandonati o lanciati imprudentemente lungo i sentieri e le reti viarie e ferroviarie possono dare fuoco all'erba secca e ad altri residui vegetali presenti, anche per effetto degli spostamenti d'aria provocati dai veicoli o dal vento.

Gli incendi dolosi sono riconducibili alla deliberata volontà di appiccare il fuoco per recare danno all'ambiente e alle cose. L'uomo si muove tra i boschi spesso senza la necessaria prudenza e talvolta con volontà di provocazioni mirate o di distruzioni spettacolari. Altre cause di incendio, connaturate all'origine dolosa, si verificano nella previsione errata che le aree boscate distrutte dal fuoco possano essere utilizzate successivamente a vantaggio di interessi privati o a beneficio della maggiore coltivazione agraria. Un elemento da sottolineare nel rapporto tra cause ed effetti degli incendi è la correlazione tra superfici percorse da incendio e incendi dolosi: la scelta di tempo, luogo, tecnica di accensione è finalizzata a massimizzare il danno arrecato e ciò si traduce in superfici percorse maggiori rispetto a quelle percorse da incendi colposi. A volte invece viene evidenziato, inoltre, il problema degli operai degli Enti locali impiegati nel comparto forestale che sono indicati come possibili responsabili di incendi boschivi provocati per esercitare pressioni sulle Autorità regionali al fine di anticipare i tempi di assunzione, aumentare il numero delle ore lavorative per lo spegnimento degli incendi o per predisporre le necessarie opere di ricostruzione del soprassuolo boschivo distrutto dal fuoco. Sussistendo il dolo o la colpa grave, la mano armata dalla furia incendiaria si identifica in quei fenomeni criminali che derivano da un comportamento subdolo e volontario o comunque fortemente imprudente, da parte di soggetti che erroneamente vengono denominati "piromani" (termine che denota una malattia), ma che invece devono essere qualificati "incendiari", ovvero dediti al delitto di incendio doloso o colposo previsto dal codice penale.

2.3 Fattori di innesco predisponenti

I principali caratteri sono l'infiammabilità, dovuta ad una maggiore o minore prontezza a sprigionare le fiamme, e la combustibilità, che consiste nell'attitudine a sopportare un processo di combustione più o meno rapido e durevole nel tempo. Entrambi i fattori dipendono da fattori biologici quali la copertura vegetale e la sua composizione, ad esempio le faggete sono dette fuoco-resistenti non perché resistano in caso di passaggio di incendi, ma perché le loro caratteristiche rendono poco probabile l'innesco del fuoco mantenendo al suolo sottochioma, anche in piena estate notevoli livelli di umidità, mentre le conifere hanno un comportamento particolare in caso di incendio, infatti esse sono ricche di resina e il calore porta alla vaporizzazione delle sostanze volatili avvolgendo l'albero di fumi che con l'innalzamento della temperatura possono far incendiare l'albero tutto insieme. Delle conifere fanno parte anche i pini marittimi, molto diffusi in Italia, produttori di pigne molto resistenti al calore e proprio grazie agli incendi si aprono per via del calore e delle sostanze contenute nel fumo, facendo fuoriuscire i pinoli, in tal modo un solo pino in un bosco misto di altre piante, può nel giro di poche generazioni dare vita a una pineta, in cui la sua specie sia prevalente.

La necromassa presente sul suolo può ostacolare o far avanzare l'incendio in base ai contenuti di umidità presenti, in base all'apporto delle precipitazioni stagionali. L'ultimo fattore ma non meno importante è la morfologia del terreno, quindi l'esposizione dei versanti e la loro pendenza, che possono aumentare i livelli di vulnerabilità e di rischio incendio, infatti i versanti esposti a meridione sono colpiti da una maggior quantità di radiazione solare con conseguente aumento delle temperature.

Dei casi stocastici, tra le cause naturali l'unica che ha rilevanza in Italia è il fulmine. La sua incidenza è variabile ma comunque contenuta, gli incendi causati da fulmine si verificano prevalentemente nelle zone montane. Gli alberi conducono con facilità le scariche elettriche, il fulmine appicca il fuoco al legno dell'albero o alla lettiera, spesso in zone impervie, per cui l'avvistamento del focolaio può essere tardivo e gli interventi difficoltosi. Tra le altre cause naturali sono da considerare le eruzioni vulcaniche e le autocombustioni. Le prime sono rare e circoscritte ad aree particolari: gli incendi si originano quando la lava incandescente entra in contatto con la vegetazione del bosco, come è accaduto di recente in Sicilia con il risveglio dell'attività vulcanica dell'Etna. Il fenomeno dell'autocombustione è praticamente impossibile: non si verifica nelle condizioni climatiche che caratterizzano il nostro territorio.

2.4 Tipologie d'incendio

Il fuoco può svilupparsi in diversi modi in funzione della vegetazione e della zona che va a coinvolgere, non è da escludere che durante l'incendio il fuoco non cambi caratteristiche e si evolva da una tipologia ad una diversa.

Il **fuoco radente**, il tipo più comune di incendio e generalmente è anche la modalità di partenza delle altre tipologie di incendi. È caratterizzato da una fiamma bassa in grado di bruciare gli strati erbacei secchi ed arbustivi, lasciando integre le chiome delle piante ed arrecando un danno più o meno esteso solo ai tronchi, il fronte del fuoco può avanzare molto velocemente ma non ha una forte intensità, in dipendenza del vento e dell'acclività del versante. Il danno è proporzionale sia alla dimensione della pianta sia al tempo in cui la pianta è stata in contatto con il fuoco ed esposta al calore. In genere il danno di questo tipo di incendio è piuttosto limitato, può diventare grave se la stessa area è colpita da più incendi nel corso di anni consecutivi o se avviene una propagazione di fiamme alle chiome degli alberi. L'opera di spegnimento può essere apportata direttamente dalle squadre a terra, spesso solo con le attrezzature manuali.

L'incendio della chioma può essere la prosecuzione di un incendio con fuoco radente in un bosco dove la massa vegetale presente nei piani intermedi consente il passaggio della fiamma dal terreno alla chioma, è un evento difficilmente contrastabile con i mezzi ordinari e arreca danni quasi totali. Durante un incendio di chioma potremmo avere fenomeni di spotting, in presenza di vento, ma sono sufficienti anche le sole correnti convettive presenti durante una combustione, materiali incandescenti come frammenti di corteccia e pigne possono essere trasportati a notevole distanza andando poi a ricadere su aree non ancora interessate dal fuoco, se il frammento è ancora incandescente e trova condizioni idonee si possono creare nuovi focolai, oppure, negli incendi particolarmente violenti possono verificarsi dei vortici generati da movimenti rotatori dell'aria.

Un altro tipo di incendio è quello sotterraneo, che può durare parecchio tempo e si sviluppa in periodi particolarmente siccitosi quindi in presenza di umidità del terreno molto bassa. Si sviluppa sotto la superficie del suolo bruciando radici ed altro materiale organico, è caratterizzato dall'assenza di fiamma viva, poca emissione di fumo, bassissima intensità di combustione che risulta lenta per la scarsa presenza di comburente, la velocità di avanzamento è al massimo di 10 cm/h.

Solitamente l'incendio sotterraneo è un'evoluzione di un precedente incendio radente e può a sua volta ricomparire in superficie anche a giorni di distanza.

Esiste un'ulteriore tipologia d'incendio, quando la vegetazione incontra strutture create dall'uomo denominato **incendio di interfaccia**, creando condizioni di pericolosità particolari e mettendo a repentaglio un elevato numero di vite umane.

2.5 Luogo di sviluppo degli incendi

In genere gli incendi boschivi non si sviluppano nel bosco ma si originano nei terreni limitrofi e successivamente si estendono al bosco, pertanto se si interviene in tempo ed efficacemente l'incendio può essere domato prima che le piante arboree vengano interessate.

I fattori che influenzano il comportamento del fuoco sono la topografia, il tipo di combustibile ed il clima.

L'influenza della topografia sul comportamento del fuoco si esplica principalmente per effetto della pendenza del terreno e della presenza di ostacoli, su terreni in pendenza si ha un incendio ascendente che condiziona la velocità di avanzamento perché il combustibile a monte si trova più vicino alla fiamma e subisce un maggior irraggiamento e un più rapido preriscaldamento rispetto alla condizione di terreno pianeggiante, a questo può essere aggiunta l'azione del vento che spesso lungo i versanti il vento è indotto dallo stesso incendio, con esaltazione degli impluvi con un effetto camino, e ciò favorisce l'evoluzione dell'incendio, l'aria calda asporta l'umidità dal terreno, inutile quindi bagnare il terreno con i mezzi aerei e a monte del fronte del fuoco, salti di faville (spotting) possono anticipare ed ampliare il fronte del fuoco. Inoltre l'esposizione di un terreno influenza la quantità di radiazione solare che viene recepita localmente, e quindi l'umidità e la temperatura dell'aria e del suolo. I versanti esposti al sole hanno temperature più elevate, e umidità relativa più bassa. Le esposizioni sud sono quelle più sottoposte alle radiazioni solari e perciò a più alto grado di rischio.

Il combustibile in base alla sua distribuzione nello spazio boscato è raggruppato in tre grandi gruppi: aereo, di superficie, di terra. A loro volta questi gruppi possono essere divisi in combustibili leggeri o rapidi come aghi di conifere, foglie ed arbusti che hanno la caratteristica di bruciare con grande rapidità ed elevata velocità di propagazione ma di bassa intensità, oppure combustibili pesanti o lenti come tronchi, rami e radici sono caratterizzati da un processo di combustione e velocità di propagazione bassi ma di elevata intensità.

Il clima svolge una duplice azione: influenza direttamente il tipo e la quantità di vegetazione e determina l'umidità dell'aria, e conseguentemente anche quella del combustibile. La probabilità di ignizione è strettamente correlata a due parametri fondamentali del clima: temperatura ed umidità. Com'è noto, le zone più colpite dal fuoco sono quelle caratterizzate da lunghi periodi di siccità. Secondo gli scienziati il riscaldamento del pianeta causato da attività umane ha causato un aumento

dell'evaporazione terrestre del 10% dalla fine del 1800. Tale effetto è destinato a raddoppiare entro il 2060, con incendi ben più devastanti di quelli, pur estremi, finora provocati da una variazione di solo un decimo. Temperature più calde significano infatti terreni più asciutti, un'atmosfera più arida, boschi e sottoboschi più secchi, cioè più facilmente infiammabili e con molto più "carburante" naturale a portata di vampa da bruciare. Le temperature primaverili ed estive più calde, il manto nevoso ridotto e il disgelo primaverile anticipato generano stagioni secche più lunghe e più intensamente calde che aumentano lo stress idrico sulla vegetazione e rendono le foreste più suscettibili a gravi incendi. Un altro fattore di cambiamento climatico che potrebbe avere contribuito ad alimentare gli incendi è quello legato al vento. Il vento aumenta l'apporto di ossigeno, provocando incendi più rapidi, rimuove anche l'umidità superficiale, aumentando l'essiccazione della sterpaglia.

2.6 Danni all'ecosistema boschivo

Esiste tutta una serie di effetti negativi del fenomeno incendio di tipo ecologico e di tipo pubblico/sociale che coinvolgono in modo diretto od indiretto l'uomo e le sue attività. Da un lato si ha la perdita del materiale legnoso e dei prodotti del sottobosco come funghi o piccoli frutti nonché della selvaggina, dall'altro tutti quei servizi che il bosco svolge e che in linguaggio economico sono definiti "prodotti senza prezzo" per le difficoltà che si incontrano ad esprimere in termini monetari il loro valore. Ci si può riferire alla perdita di servizi di tipo turistico o ricreativo, per scopi didattici o culturali, per la raccolta dei prodotti o della caccia, per il ruolo che il suolo boschivo svolge a livello estetico e nei confronti con il paesaggio o alla protezione che esso esercita su abitanti ed infrastrutture in genere. L'acqua potabile proveniente dal bosco è di qualità eccellente e contiene molti meno inquinanti rispetto a quella che proviene dalle zone agricole grazie alla capacità di infiltrazione e filtrazione del terreno. Ma l'acqua fornita dal bosco non è solo buona, è anche abbondante, il suolo boschivo ne può infatti immagazzinare circa due milioni di litri per ettaro (Rapporto forestale 2005 –Governo Svizzero). Un'altra importante funzione del bosco è la protezione degli insediamenti e delle vie di comunicazione contro i pericoli naturali. Il bosco di protezione funge infatti da scudo contro le valanghe, la caduta di massi, le frane o le colate di detriti, assicurando una tutela efficace e a lungo termine.

Il bilancio dei danni provocati dal fuoco si può riassumere in danni di ordine monetario anche se l'approccio di stima classico non è in grado di quantificare i danni ecologici e quelli che coinvolgono le funzioni estetiche e fruttive del bosco. A concorrere alla quantificazione del danno monetario in genere intervengono:

- Il valore intrinseco del bene distrutto
- Il costo degli interventi di spegnimento
- Il costo delle opere di riforestazione
- Eventuali danni alle infrastrutture

Per quanto riguarda gli effetti sul popolamento arboreo si possono considerare le risposte dei fusti al fuoco in termini di danni ricevuti, probabilità di morte e processi di cicatrizzazione. Queste risposte vengono verificate sia a livello dei tessuti che hanno subito l'azione del fuoco sia a livello dell'intero individuo: a livello dei tessuti, la probabilità di danneggiamento può essere correlata ad alcuni parametri fondamentali, quali la differenza tra la temperatura ambientale e quella letale per i tessuti ed il tempo di persistenza delle fiamme.

A livello di individuo si devono invece considerare molti fattori ecologici che interagiscono, tra i quali predomina la dinamica e l'intensità dell'incendio, che crea specifiche condizioni ambientali durante l'evento. Gli effetti dipendono dalla natura e dalla distribuzione dei tessuti vitali, dallo spessore della corteccia. Unico segno certo e misurabile per quantificare il danno sugli individui arborei è la valutazione delle scottature che permangono sul fusto e l'analisi della presenza di foglie vive e ricacci, che a seconda del periodo in cui è avvenuto l'incendio, deve essere effettuata nell'anno stesso o in quello successivo.

Ad aggravare il quadro può presentarsi un'infestazione di parassiti che si sviluppano a spese della frazione lignea degli individui sottoposti allo stress da incendio, quindi se la calamità non ha distrutto completamente il popolamento, l'intervento di tali insetti potrebbe portare alla morte gli esemplari sopravvissuti che potrebbero a loro volta costituire un pericoloso serbatoio per i popolamenti arborei limitrofi all'area incendiata.

Analogo discorso può essere fatto per lo strato arbustivo ed erbaceo, ricordando che in genere la probabilità di subire danni totali è generalmente superiore per queste componenti che non per la componente arborea, anche se sono caratterizzate da una maggior velocità di ricrescita.

Una forte influenza alle caratteristiche assunte dalla vegetazione del sottobosco, dopo il passaggio dell'incendio, è esercitata dalle variazioni che avvengono a livello del terreno e che quindi si riflettono sulla fertilità.

A livello biologico, in genere, si verifica una sorta di sterilizzazione temporanea a carico degli organismi fungini o animali che fungono da bioriduttori delle sostanze organiche cadute al suolo, a livello chimico invece si assiste ad un innalzamento del pH degli strati superficiali del terreno a causa dell'accumulo di ceneri da combustione della lettiera, della biomassa sovrastante e della demolizione degli acidi organici derivanti dall'umidificazione. Anche le caratteristiche fisiche del terreno peggiorano in funzione della distruzione della sostanza organica con riduzione della porosità e destrutturazione del complesso, con conseguenze sulla capacità di trattenimento dell'acqua, sulla parziale impermeabilizzazione del suolo sottostante le ceneri e sul temporaneo inaridimento.

Questo è uno dei principali motivi per cui agli incendi vengono attribuiti ingenti danni dal punto di vista idrogeologico e della difesa del suolo, il fenomeno sopra ricordato favorisce l'innescarsi di processi erosivi per allontanamento della parte superficiale del terreno, processi favoriti dall'aumento del ruscellamento a causa dell'assenza di sottobosco e dell'inefficacia del suolo

bruciato a smorzare la forza erosiva della pioggia, a prevenire il distacco di valanghe o a rallentare la loro avanzata.

Per completare il seppure parziale quadro relativo ai danni ecologici, naturalistici, idrogeologici non bisogna dimenticare gli effetti indiretti e diretti sulla fauna: dalla mortalità subita dalla popolazione animale, alla perdita di nicchie e habitat tipici. Spesso si assiste alla distruzione di importanti siti di riproduzione, di svernamento, di alimentazione ed anche di particolare interesse ecologico.

2.7 Interventi antincendio

Il rischio associato ad un incendio dipende sia dal suo innesco che dal suo successivo sviluppo e si possono attuare misure di prevenzione tese a ridurre la probabilità di innesco e misure di protezione atte a ridurre, qualora l'incendio si verifichi, i danni da esso prodotti.

Durante un incendio la fase che viene affrontata con lo scopo di spegnerlo viene definita fase di attacco e può avvenire secondo due modalità: attacco indiretto che può avvenire sia da terra con la creazione di linee di difesa, sia con un attacco aereo indiretto per contenere l'incendio, in relazione dello scenario di avanzamento del fronte del fuoco. In pratica su una linea non ancora raggiunta dal fronte si elimina il combustibile che può alimentare le fiamme tagliando la vegetazione o anche bruciando preventivamente le piante. Una volta effettuata, la linea di difesa può divenire un fronte di attacco diretto dove si attende l'arrivo dell'incendio per estinguerlo.

L'attacco diretto può anch'esso avvenire sia via terra che via aerea utilizzando acqua ed altri mezzi.

Successivamente al passaggio delle fiamme o allo spegnimento delle stesse, vengono effettuati interventi tesi ad evitare che, dalle braci ancora presenti, scaturiscano di nuovo delle fiamme con ripresa dell'incendio, tali eventi sono detti di bonifica o di controllo.

Essi seguono le attività di spegnimento e non possono essere effettuati solo dai mezzi aerei, occorre infatti che la bonifica venga posta in essere da parte di personale a terra. Ispezionare lungo i versanti tutte le aree dove materiali ancora incandescenti possono essere rotolati o arrivati, con il rischio di dar vita a focolai secondari.

In genere, durante la notte, per l'aumento dell'umidità dovuto al calo delle temperature, si spegne del tutto. Solo in alcuni anni, nei quali le temperature notturne si conservano alte un incendio estivo considerato spento di sera, può accadere che riprenda in qualche punto del suo perimetro con il nuovo giorno, a causa dell'irraggiamento solare. In tali circostanze, diventa fondamentale ispezionare il perimetro dell'incendio fin dalle prime luci dell'alba, prima che le temperature aumentino.

Il rischio maggiore degli incendi è dovuto all'inalazione dei fumi prodotti, sono questi che determinano il maggior numero di vittime.

Capitolo III

Metodi e strumenti

3.1 Valutazione del rischio

Nell'ambito della protezione civile e nella difesa dagli incendi boschivi il rischio che un probabile evento o un incendio si verifichi è dato dal prodotto tra la frequenza e la magnitudo

$$R = F \times M$$

la frequenza è la probabilità che l'evento si verifichi in un intervallo di tempo, la magnitudo è l'entità delle possibili perdite umane e dei danni conseguenti al verificarsi dell'evento.

Il presente lavoro ha per oggetto la valutazione del rischio, diversi sono gli approcci che possono essere applicati per la valutazione di quest'ultimo, come per esempio la bibliografia degli eventi passati. In funzione degli obiettivi della valutazione e del punto di vista variano infatti le variabili considerate, nonché la scala temporale dell'uso e l'aggiornamento della conseguente mappa del rischio prodotta. La determinazione del rischio presuppone in generale la conoscenza delle condizioni del combustibile, rappresentato dalla vegetazione e dai residui dei vegetali morti.

Alla variazione di queste condizioni concorrono fattori di natura diversa: condizioni climatiche, precipitazioni atmosferiche, velocità e durata del vento, radiazione solare; caratteri stagionali come pendenza ed esposizione; condizioni del combustibile, specie presenti, tipo di trattamento, quantità e grado di decomposizione della lettiera.

Molteplici sono le variabili in grado di influire sul fenomeno incendi: alcune di esse possono derivare da fattori ambientali che non cambiano nel breve periodo altre invece appaiono collegate a fattori che presentano un'elevata variabilità temporale.

Nel primo caso si parla di indici strutturali, determinata dalle componenti che non cambiano o cambiano molto lentamente nel tempo, relativi ad esempio alle condizioni morfologiche, alle tipologie di vegetazione, alle infrastrutture antropiche ed uso del suolo e copertura vegetale. La probabilità di incidenza del fuoco e la vulnerabilità delle diverse formazioni forestali al danno da incendio sono esempi di indici di questo tipo. La composizione chimica del legno è pressoché uguale per ogni specie, mentre quelle fisiche, come la porosità, possono essere anche molto diverse. Lo stadio di sviluppo e lo stato vitale delle piante determinano inoltre contenuti di acqua e disponibilità di ossigeno diversi nell'ambiente del fuoco. Di conseguenza tempi e modi del processo di combustione sono influenzati notevolmente dalle caratteristiche fisiche del combustibile. Infatti la compattezza o porosità del combustibile ha una forte influenza sulla facilità di accensione di un

fuoco ed una bassa o alta velocità di diffusione del fuoco. Le mappe di rischio basate su questi indici hanno una scala temporale di aggiornamento di un anno e vengono impiegate nelle attività di pianificazione territoriale finalizzate alla prevenzione ed alla previsione degli incendi boschivi.

Nel secondo caso si parla di indici dinamici, che considera i parametri legati all'innesco del fuoco che variano rapidamente nel tempo, come ad esempio lo stato della vegetazione e le condizioni meteorologiche. Secondo questo approccio il rischio viene calcolato a seconda dei dati disponibili ogni 10-15 giorni e l'indice meteorologico anche giornalmente.

Esistono possibilità di controllare e gestire il rischio di incendio attraverso l'adozione di misure di tipo preventivo o di tipo protettivo tendenti a ridurre rispettivamente la frequenza e la magnitudo.

3.2 Prevenzione del rischio

Il crescente numero di incendi richiede una organizzazione difensiva più attenta alla prevenzione, affidando un ruolo fondamentale agli strumenti di conoscenza territoriale, che possono aiutare ad individuare linee di tendenza e concentrazione del fenomeno, a interpretarne la dinamica e le motivazioni e ad impostare efficaci azioni di previsione del rischio. Fondamentale appare il ruolo degli strumenti di informazione geografica, che consentono di definire la distribuzione spaziale degli eventi sul territorio, agevolando l'interpretazione del fenomeno.

La cartografia del Rischio di Incendio identifica le zone critiche e costituisce la base informativa utile sia per pianificare le azioni di prevenzione, sia per programmare le risorse indispensabili alle attività di estinzione. La possibilità di poter individuare le zone a diverso rischio è quindi il primo passo per realizzare un'efficace attività di protezione del patrimonio boschivo dal fuoco, e quindi un presupposto necessario per una corretta gestione del territorio. A tal fine è necessario ottenere un quadro della situazione ed acquisire informazioni sul sistema ambientale e sulla pianificazione territoriale, agraria e forestale.

Nella regione mediterranea esiste una forte correlazione tra le tipologie di copertura del suolo ed il carico di combustibile ad esse associato, ciò implica che la struttura del paesaggio controlla in larga misura la probabilità di innesco e di propagazione degli incendi. Pertanto, differenti combinazioni di regime degli incendi e struttura del paesaggio determineranno differenti pattern di incidenza del fuoco. Il fuoco viene paragonato ad un erbivoro che seleziona in maniera preferenziale le differenti categorie vegetazionali: il consumo della risorsa da parte del fuoco può essere definito selettivo, poiché le differenti categorie di copertura del suolo non sono ugualmente predisposte al passaggio del fuoco, in termini sia di probabilità di innesco che di combustibilità, gli incendi si verificherebbero secondo uno schema casuale in realtà alcune unità territoriali sono più soggette agli incendi rispetto ad altre e ciò significa che in un certo senso esse sono preferite dal fuoco, il quale opera nei loro confronti una selezione positiva.

L'insorgenza degli incendi è prevalentemente legata a fattori socioeconomici, come lo spopolamento di vaste aree, l'abbandono dell'agricoltura, la distribuzione di nuovi insediamenti in ambiente rurale e la diffusione di infrastrutture di trasporto. L'obiettivo che si vuole raggiungere con il piano antincendio nelle aree protette è di limitare i danni, mirando alla diminuzione degli eventi e alla riduzione delle superfici percorse. Pur non trascurando le cause determinanti più difficili

da contrastare, l'intervento di prevenzione va maggiormente focalizzato sul controllo e gestione delle cause predisponenti, Ciò si ottiene con il diradamento della copertura forestale, rimuovendo cespugli, arbusti, ramaglie e riducendo il carico di combustibile. La presenza di sottobosco e di necromassa aumenta l'altezza delle fiamme e può provocare l'evoluzione ad incendio di chioma, infatti la spalcatura dei rami fino a 2 metri è un'altra importante attività di prevenzione degli incendi boschivi, che riduce il rischio di evoluzione dell'incendio in chioma. Essa va accompagnata dalla eliminazione della legna morta a terra, il materiale legnoso derivante dai tagli boschivi, se lasciato in loco, alimenterebbe le fiamme in caso di incendio.

In tali aree la prevenzione diretta deve essere realizzata con metodi di basso impatto ambientale, accettando anche il fatto che la conservazione non contrasta con gli interventi mentre il non intervenire può contrastare con la possibilità di contenere incendi ad elevata intensità. Deve essere inoltre sottolineato che le realizzazioni di prevenzione diretta non deve essere traumatica per il territorio e non deve causare trasformazioni irreversibili.

Anche le aree di interfaccia richiedono interventi pianificatori particolari. Infatti in questa zona il bosco può essere il veicolo per un incendio che potrebbe danneggiare insediamenti civili. Si verifica anche la situazione contraria, divenendo il bosco oggetto di trauma da parte di incendi originati dalle attività in ambienti urbanizzati. Per tali motivi si ritiene opportuno disporre di un'indagine che evidenzi la distribuzione e la concentrazione dell'interfaccia. In linea generale tale interfaccia deve assolutamente privilegiare la riduzione del rischio.

Sulla base della valutazione del rischio di incendio devono essere intraprese specifiche misure di mitigazione quali la gestione del combustibile vegetale e il miglioramento del comportamento delle case nei confronti del fuoco. Una zona di trattamento intensivo include un pesante diradamento degli alberi nei primi metri dalle case o dai terreni privati. Lo scopo della zona di trattamento intensivo è di ridurre l'intensità di un incendio in avvicinamento, diminuendo preferibilmente la superficie dello stesso. Tale zona può servire come "spazio difendibile", un'interruzione della copertura vegetale, e come potenziale striscia tagliafuoco. Queste misure implicano un diradamento relativamente pesante dato che lo scopo principale è ridurre i combustibili e assicurare protezione dall'incendio. Creare uno spazio difendibile significa predisporre un'area tra le abitazioni e la vegetazione circostante che permetta ai vigili del fuoco di contrastare un incendio che sta avanzando prima che raggiunga le case oppure di fermarlo prima che attacchi la vegetazione forestale. Lo spazio difendibile può essere semplice, come 10 m di radura tra le case e la vegetazione

infiammabile. L'obiettivo degli interventi nella zona estensiva è ridurre la capacità del bosco, di sostenere o iniziare un incendio di chioma.

3.3 La cartografia tematica

Le carte tematiche forniscono informazioni che riguardano le peculiarità di un dato territorio ed i processi di trasformazione che l'hanno interessato. Le carte tematiche sono costituite da immagini grafiche, redatte su base cartografica, che mediante campiture, simboli, colori, figure convenzionali, diagrammi, ecc. consentono legami geografici e valutazioni statistiche, qualitative e quantitative, riguardanti i diversi fenomeni specifici dei luoghi considerati. Esse comprendono una vasta gamma di elaborati assai diversificati, sia per le modalità di rappresentazione connessa alla natura degli argomenti trattati, sia come pure per la scala di rappresentazione e per l'ampiezza delle aree rappresentate. Ci sono carte che studiano la natura del territorio (carte geologiche, geomorfologiche, litologiche, del dissesto, della vegetazione, ecc.), altre che analizzano temi legati alla presenza antropica (carta dell'inquinamento, carte archeologiche, ecc.). Ci sono anche carte relative ad aspetti della pianificazione e dell'utilizzazione reale del suolo (carta dei suoli, dell'uso reale del suolo, della capacità d'uso dei suoli, ecc.). Le carte tematiche possono essere carte di base e carte di sintesi, a seconda che siano basate su parametri rintracciabili direttamente sul terreno oppure siano il risultato dell'elaborazione delle carte di base a scopo di ricerca o di pianificazione territoriale.

La carta del rischio incendio boschivo

La carta del rischio incendio boschivo è una carta di sintesi ed indicizza e mappa il territorio, classificandolo in base al rischio di incendio boschivo. La classificazione tiene conto della probabilità che un incendio boschivo si verifichi e causi danni rilevanti nello specifico ambito territoriale.

La carta viene definita dal prodotto delle seguenti variabili: pericolosità, vulnerabilità e danno potenziale. La pericolosità indica la probabilità che un incendio boschivo si verifichi. La vulnerabilità indica grado di perdita prodotto alle persone, alle cose e alla vegetazione in genere. Il danno potenziale rappresenta il valore del bene distrutto da un eventuale incendio boschivo.

La carta viene definita dall'associazione di alcuni parametri, come ad esempio: vegetazione presente, pendenza, esposizione, quota, rete stradale e abitati.

3.4 Foto interpretazione

Gli strumenti per l'osservazione della Terra, ossia i sensori per il telerilevamento, mettono a disposizione dell'uomo un'innumerabile quantità di immagini raffiguranti l'intera superficie terrestre ai più svariati livelli di dettaglio, fornendo così una visione completa e differenziata del nostro pianeta.

Le immagini, di per sé hanno poca utilità se da esse non viene ricavata alcuna informazione utile alla vita. Per questo motivo è necessario che avvenga una trasformazione da immagine, ossia da dato grezzo, a informazione tematica, ossia un livello di conoscenza elaborata e ciò può avvenire attraverso l'applicazione di un insieme di tecniche analitiche che vanno sotto il nome di *fotointerpretazione*.

Nonostante la fotointerpretazione abbia preso campo negli anni '40 del secolo scorso, l'uomo ha iniziato a osservare immagini della superficie terrestre riprese dall'alto già dal XIX secolo, quando i pionieri di questa disciplina scattavano fotografie di Parigi e Boston da palloni aerostatici ancorati a qualche centinaio di metri da terra. Da allora sono cambiate le caratteristiche delle immagini: da bianco e nero a colori, da supporti cartacei a quelli digitali, da colori naturali ai cosiddetti falsi colori.

L'interpretazione fotografica è l'atto di esaminare immagini fotografiche allo scopo di identificare oggetti e giudicarne il loro significato. Il processo interpretativo può essere suddiviso in due fasi:

- La prima comporta l'osservazione degli elementi presenti nell'immagine stessa, attraverso il loro esame, riconoscimento e, a volte, la loro misurazione;
- La seconda fase, interpretativa, consiste nel formulare ragionamenti deduttivi e induttivi basati sulle osservazioni effettuate, allo scopo di dare un significato a quanto rappresentato nell'immagine (di solito in riferimento al tematismo studiato).

Il successo di entrambe le fasi dipende da più fattori, uno di questi, definito *fattore umano*; esso è direttamente correlato all'esperienza, al livello di addestramento e al *background* culturale nonché alle capacità intrinseche di analisi dell'interprete.

La strumentazione a disposizione del fotointerprete ha lo scopo di facilitare il processo interpretativo. Ad esempio, gli strumenti atti alla visione stereoscopica delle foto aeree, sia che si tratti di stereoscopi tradizionali sia di apparati per osservare in tre dimensioni sul monitor del

computer, incrementano la quantità di informazioni che può essere estratta dall'immagine, con l'introduzione della terza dimensione.

I parametri foto-interpretativi utilizzati per cartografare gli incendi, sono stati i seguenti:

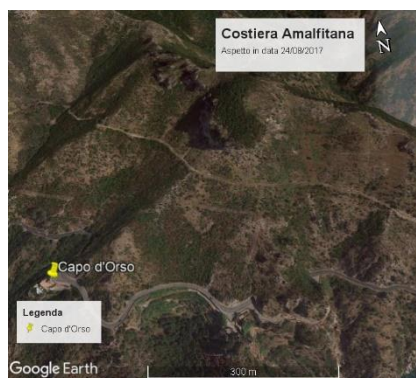
- **Tono e colore:** tali parametri possono essere comunque influenzati da diversi fattori quali la morfologia, che modifica le condizioni di illuminazione e le ombre, le condizioni atmosferiche e ovviamente i periodi orari e stagionali di acquisizione. Nonostante i toni e colori assunti dai diversi oggetti dipendano quindi da numerosi fattori, si possono fornire alcune indicazioni sistematiche generali, i toni di grigio (per un'immagine pancromatica B/N) o al colore ed alle sue sfumature (per immagini multispettrali) assunti dai vari elementi che si stanno indagando.
- **Forma, dimensione e tessitura:** la forma e la dimensione di un oggetto costituiscono un punto di partenza molto valido per l'identificazione dell'oggetto stesso: rispetto alle forme dei vari oggetti da interpretare, quelle molto irregolari sono quasi sempre associate a forme naturali del territorio, mentre le superfici agricole o urbane (semi-naturali e artificiali) sono caratterizzate da forme geometriche solitamente regolari. La tessitura di un oggetto in un'immagine è definita dai micro cambiamenti nella distribuzione dei toni/cromatismi associati ai singoli elementi. In genere, è possibile distinguere zone in cui il tono/colore presenta notevoli variazioni fra pixel contigui e zone in cui questo è quasi costante. Le varie tipologie di tessitura vengono di solito descritte con i seguenti termini: piatta o uniforme, fine, liscia o levigata, media, scabra, grossolana, eterogenea, irregolare, striata, chiazzata.
- **Localizzazione:** la localizzazione di un oggetto è data dalla sua posizione assoluta nello spazio geografico (descritta da coordinate x,y,z) e relativa rispetto agli elementi che determinano la conformazione topografica e ad altri oggetti.
- **Variabilità nel tempo:** gli elementi temporali sono dati essenzialmente dalla variabilità nel tempo degli oggetti da identificare, per cui è di fondamentale importanza la scelta del momento della ripresa per rilevare un loro sviluppo.

Nel presente lavoro, per la realizzazione della cartografazione degli incendi, sono state utilizzate immagini digitali, attraverso programmi GIS (Geographical Information System), che con le loro interfacce per la visualizzazione e l'editing dei dati, aiutano l'interprete nell'osservazione dell'immagine permettendo la rappresentazione a diversi livelli di zoom (quindi a diverse scale), ed inoltre, permettendo il confronto diretto di immagini di periodo diversi, permettendo di fermare il

tempo in momenti di particolare importanza, come, ad esempio, subito prima e subito dopo gli incendi (sequenza III-1/2).

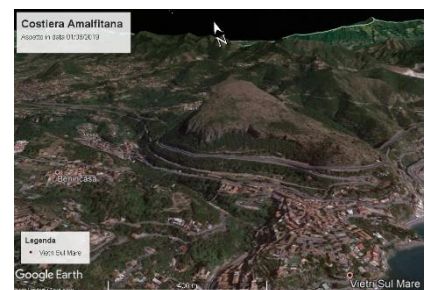


anno 2016 – 2017 (anno



incendi) - 2019

Sequenza III-1: Capo d'Orso



Sequenza III-2: Vietri Sul Mare anno 2016 – 2017 (anno incendi) – 2019

Google Earth è stato il primo strumento su piattaforma GIS utilizzato per l'individuazione e la cartografazione degli incendi; Google Earth rappresenta un'applicazione gratuita di grafica tridimensionale che crea immagini virtuali della Terra, sulle quali è possibile mappare forme poligonali e puntuali con coordinate sulla superficie terrestre nel sistema di riferimento geografico basato sull'ellissoide WGS84, caratteristica che lo rende facilmente esportabile in qualsiasi altra piattaforma GIS. Google Earth ti mostra una rappresentazione tridimensionale del terreno usando un modello di elevazione DEM (*Digital Elevation Model*) proveniente dai data NASA della missione *Shuttle Radar Topography Mission*, integrati da ulteriori altri dati per migliorare la rappresentazione 3D, dal quale prende le quote (m. s.l.m) degli oggetti mappati dall'operatore.

Ad oggi strumenti come Google Earth e altre risolve geografiche disponibili su Internet, che generano immagini digitali della Terra utilizzando immagini satellitari ottenute dal telerilevamento terrestre, fotografie aeree e dati topografici memorizzati in una piattaforma GIS, sono diventati di comune dominio e di quotidiana consultazione.

3.5 Il ruolo dei sistemi GIS per il controllo degli eventi calamitosi (incendi)

I Sistemi Informativi Geografici (GIS) sono uno strumento fondamentale ed molto utilizzato nella gestione delle emergenze. L'utilizzo del GIS trova piena applicazione nella fase di pianificazione e analisi del rischio, pre-evento, nella gestione dei dati informativi e geografici, per le operazioni sul campo, grazie ai dispositivi mobili, e nelle sale operative per il controllo della situazione e dei rischi durante gli eventi. Di seguito si riportano degli esempi dell'uso dei sistemi GIS nel controllo dei rischi di incendio boschivo.

GLI STRUMENTI DI MONITORAGGIO E LA PREVENZIONE DEGLI INCENDI – ESEMPI

a. Esempio della mappatura dell'incendio boschivo nell'area di Pinhel (Portogallo) con il GIS

Un esempio rilevante dell'uso dei sistemi GIS per il controllo e la gestione del fenomeno d'incendio boschivo è dato dall'elaborazione realizzata per la redazione del calcolo e della mappatura dell'incendio boschivo nell'area comunale di Pinhel (Portogallo). L'area estesa 484.5 Km² e divisa in 26 frazioni è stata analizzata secondo differenti aspetti, sia indagando le caratteristiche della popolazione, la sua distribuzione sul territorio e la sua crescita nel tempo e sia, soprattutto le caratteristiche del territorio stesso, a partire dalle aree percorse da incendio nel periodo 1990-2008 (Fig. III-1) . I dati quali l'estensione e la posizione delle aree agricole e forestali, l'idrografia, le attività produttive, e le aree abitate sono state determinate grazie all'ausilio della cartografia CORINE LANDCOVER 2006 distinguendo differenti classi di attributi, poi tradotti in SHAPEFILE utili all'applicazione del modello per il calcolo del rischio incendio.

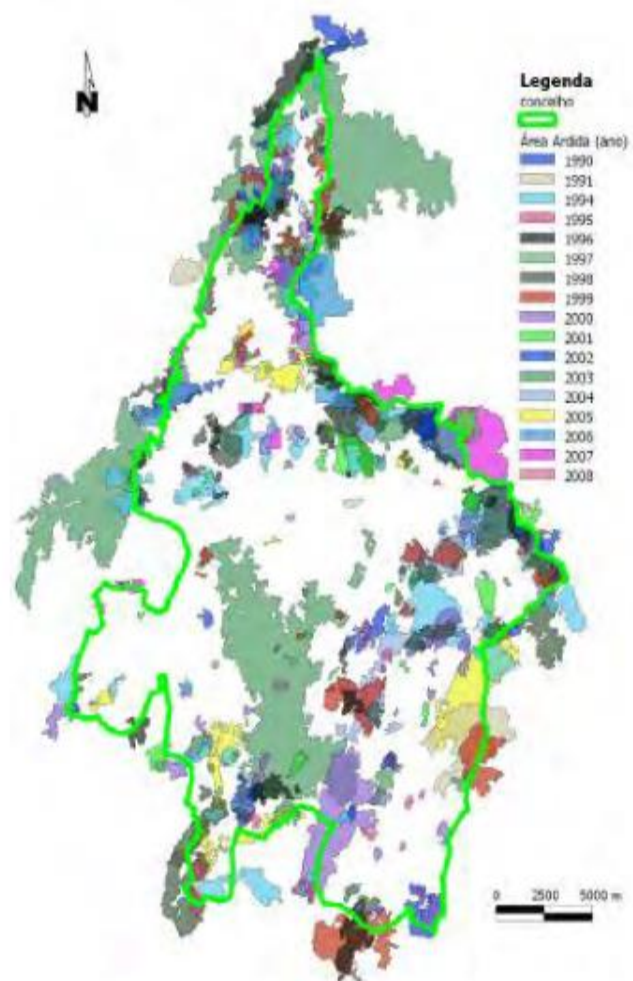


Figura III-1: Cartografia delle Aree Aride nel comune di Pinhel e aree limitrofe anni 1990-2008

Mediante un'analisi dei differenti parametri tra cui: • Focolai d'incendio (negli anni 2001-2009) • Visibilità dell'area • Tempi di percorrenza nella rete comunale e carta delle isocrone • Orografia ed esposizione ai venti • Esposizione (Valore economico)

Il modello ha determinato la carta della pericolosità e della Vulnerabilità suddividendo l'intera area comunale in elementi unitari ed attraverso la stima dell'Esposizione ha determinato in ultimo la carta del rischio di incendio Forestale secondo la formulazione del rischio di incendio sotto riportata (eq. 1 e Fig. III-2):

$$\text{Rischio} = \text{Pericolosità} \times \text{Vulnerabilità} \times \text{Esposizione} \quad (\text{eq.1})$$

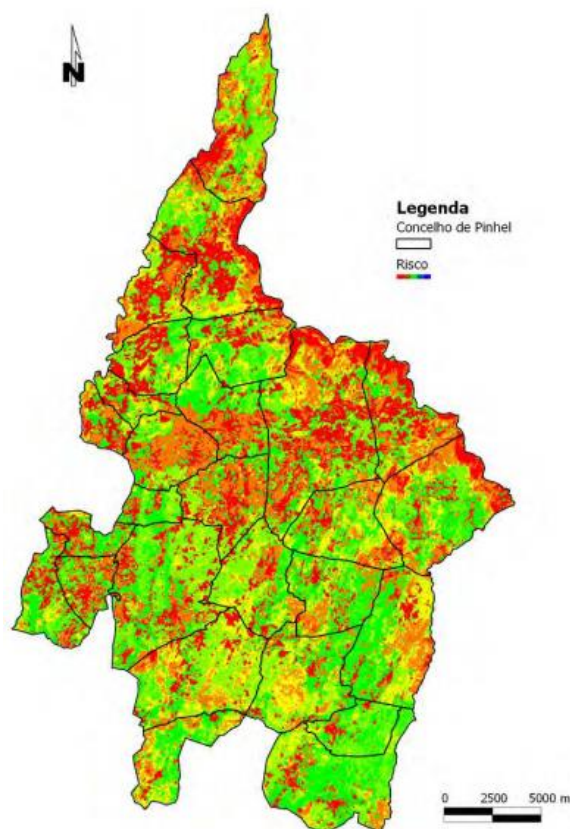


Figura III–2: Carta della Pericolosità e di Rischio di incendio Forestale nel comune di Pinhel (Elaborazione QGIS)

Questa elaborazione è stata poi pubblicata mediante la costruzione di un Geo Server in grado di consentire la visione dei risultati e il download degli stessi in **formato WMS** (Web Map Service) e su Software di rete quali Google Earth.

b. Esempio dell'utilizzo del GIS per la simulazione degli incendi all'interno di una foresta demaniale gestita dall'Ente Foreste (Iglesias, Sardegna).



La facoltà di ingegneria dell'Università di Cagliari e l'Ente Foreste della Sardegna hanno attivato progetti di studio e ricerca, per consentire lo studio di un sistema di simulazione incendi all'interno di una foresta demaniale gestita dall'Ente Foreste. Con questo studio dopo un'analisi approfondita del territorio, si sono rappresentati mediante carte tematiche elaborate con i software specialistici Autocad e

ArcView (supportato da ArcGIS), tutti gli elementi caratterizzanti la lotta antincendio nel cantiere forestale di "Marganai" situato nei pressi di Iglesias, per darne una immediata collocazione nello spazio e una caratterizzazione ben definita. Con lo strumento del GIS si è potuto costruire il modello digitale del terreno (DTM), utile ad elaborare le carte delle quote, delle pendenze e delle giaciture utilizzate nelle simulazioni antincendio.

Successivamente si è cercato di testare l'utilizzo del programma Farsite, un software di produzione americana per la simulazione degli incendi, molto usato negli Stati Uniti. Questo programma, tenendo conto di vari fattori, quali dati climatici, orografici e di combustibilità, è in grado di prevedere quale sarà l'evoluzione dell'incendio nel tempo e di simulare interventi di spegnimento sia aerei che terrestri.

Attualmente la previsione del comportamento del fuoco rappresenta il metodo migliore per stabilire quali siano le zone forestali a maggior rischio di incendio, considerando la tipologia del soprassuolo, le condizioni meteorologiche variabili, le indicazioni sulle caratteristiche dell'evento (intensità lineare, lunghezza di fiamma)

C. Esempio dell'utilizzo del GIS per la mappatura del rischio boschivo nella foresta del Noshahr (Iran)

In questo studio, il processo di rete analitica basato sul GIS è stato impiegato per fornire la mappa del rischio di incendio delle foreste di Noshahr (Iran settentrionale), utilizzando diversi layers di input come la pendenza, l'aspetto della pendenza (curvatura dei versanti), l'altitudine, la copertura del suolo e l'indice di vegetazione. Successivamente, ciascuno di questi fattori utilizzati, sulla base storica e bibliografica dei vecchi incendi boschivi conosciuti dell'area, sono stati standardizzati in base alla loro predisposizione all'incendiarsi, e quindi con l'utilizzo del software GIS tutti questi layers (fattori predisponenti) sono stati sommati tra loro per generare la mappa dei rischi di incendio.

Il risultato della mappa del rischio incendio (Fig. III-3) è il risultato di un processo molto noto in ambito GIS ovvero dell'"overlay mapping" di informazioni territoriali ed overlay di cartografie basate su criteri quantitativi specifici. Questo metodo è ampiamente utilizzato per la realizzazione delle carte di rischio idrogeologiche e verrà successivamente spiegato ed utilizzato anche per la realizzazione della nostra carta di rischio.

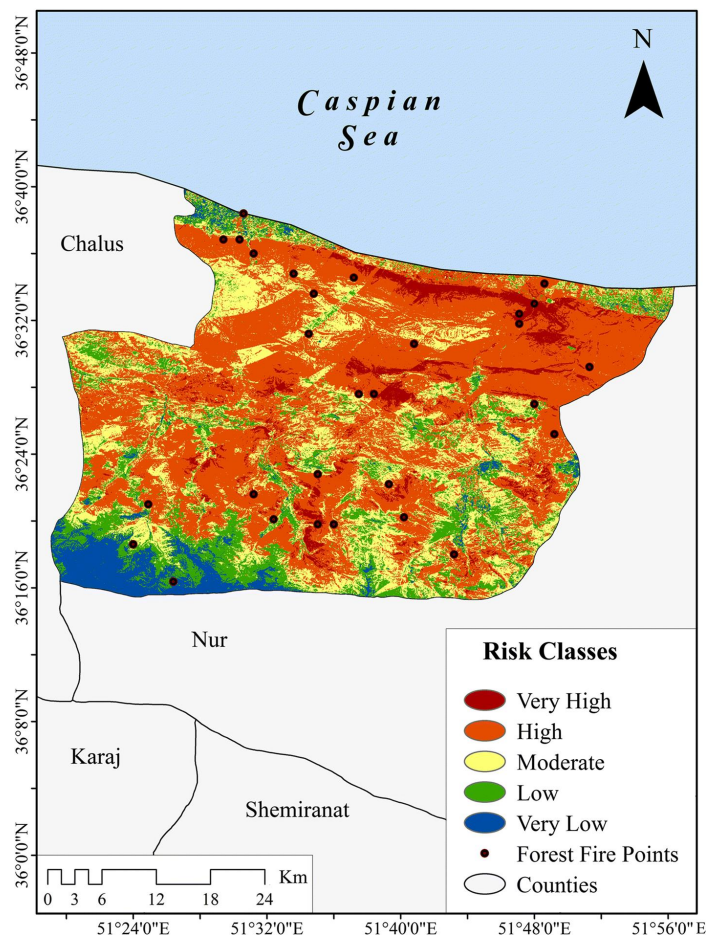


Figura III-3: Carta del Rischio di incendio delle foreste di Noshahr (Iran settentrionale)

Capitolo IV
Elaborazione ed interpretazione
dei dati e della carta di rischio

4.1 Presentazione del territorio studiato

“La Costiera amalfitana è un’importante area culturale in cui lo stile di vita si tramanda di generazione in generazione contribuendo a mantenere intatte le tradizioni. La ricchezza paesaggistica, frutto sia dell’intervento dell’uomo sia della mano benevola della natura, la rende inoltre un luogo ricco di fascino e suggestione dove il mare e la montagna, passando attraverso gli ampi spazi aperti delle coltivazioni, si fondono in perfetta armonia” (Martino Gioacchino, Spinosa Eufemia)

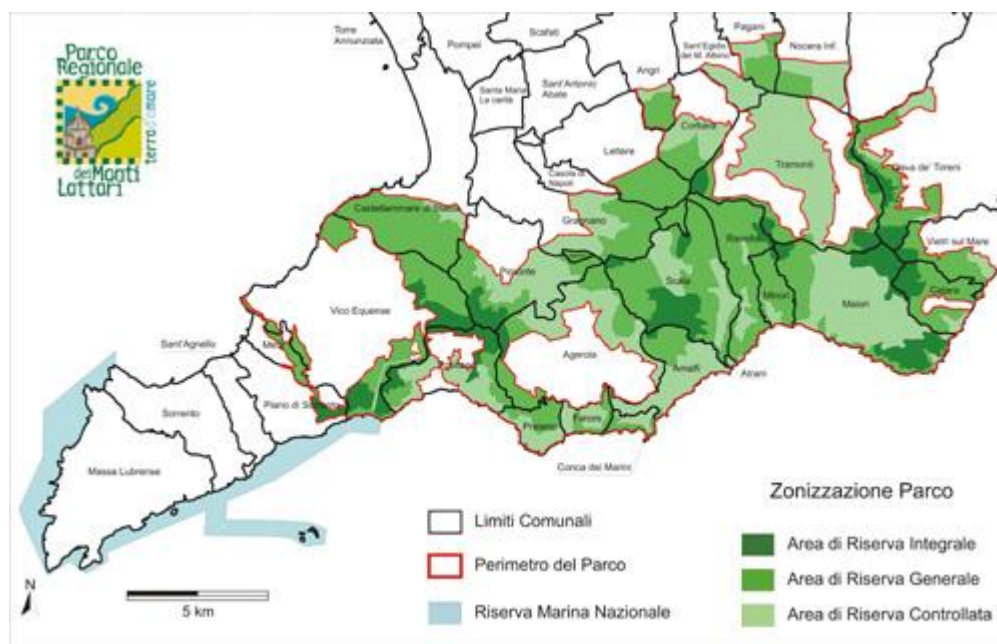


Fig. IV.1: Parco Regionale dei Monti Lattari

Con la seguente motivazione dal 1997 la Costiera amalfitana, la quale rappresenta il versante meridionale della penisola che divide il golfo di Napoli da quello di Salerno, è entrata a far parte dell’UNESCO.

La “Costiera Amalfitana” rappresenta uno dei tratti più suggestivi e conosciuti della costa tirrenica. È resa interessante dall’aspetto selvaggio e imponente che caratterizza le alture calcaree dei Monti Lattari e contemporaneamente dalle morfologie molto aspre, profondamente incise da vivaci torrenti, dalle gigantesche falesie che rendono questo tratto di costa un’attrattiva spettacolare.

L’intera Costa d’Amalfi appartiene ai Monti Lattari (fig. IV.1), che costituiscono in un certo senso il prolungamento occidentale del massiccio dei Picentini e si allungano in direzione nord-sudovest a dividere il golfo di Napoli a nord da quello di Salerno a sud. La porzione centrale del massiccio è segnata dalle cime del M. Finestra (1.145 m), del M. Cerreto (1.316 m), del M. San Michele (1.444 m) e, degradando verso ovest, del M. San Costanzo (497 m), quasi a Punta Campanella. A livello amministrativo il territorio del parco è a cavallo tra le province di Napoli e Salerno. La porzione settentrionale di queste montagne è affacciata sulla piana nocerino-sarnese. I versanti sono in buona parte caratterizzati da acclività elevate, con dirupi che

scendono fino alla piana a nord e che raggiungono direttamente il mare a sud. Queste montagne sono costituite quasi esclusivamente da rocce calcaree, formatesi nel Mesozoico in ambiente di piattaforma carbonatica.

Utilizzando la opensource del Parco Regionale, troviamo una piattaforma WebGis , (fig. IV.2), che ci ha permesso di individuare e raccogliere le informazioni territoriali interattive relative alla zonizzazione del Parco e delle sue aree protette:

(<http://www.parcoregionaledeimontilattari.it/index.php?action=index&p=407>).

Questa zonazione ci permetterà di vedere quali porzioni boschive del parco sono più a rischio dopo aver realizzato la carta del rischio incendi boschivo.

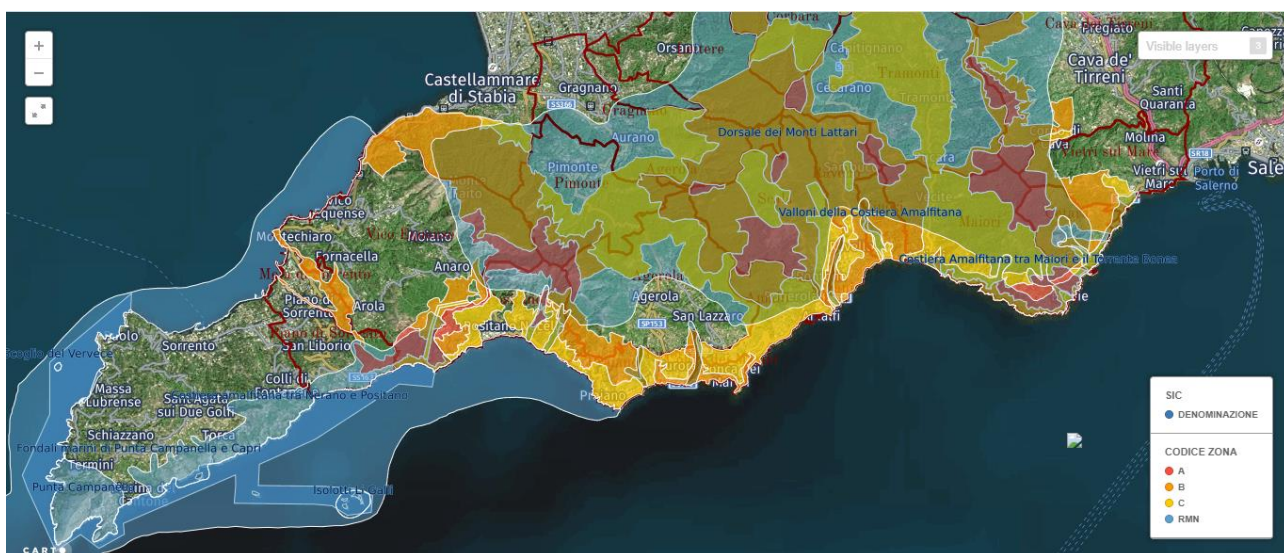


Fig. IV.2: zonazione del Parco Regionale dei Monti Lattari

La zonazione fa fede all' art. 22 della Legge Regionale n.33 del 1-09-1993 – Regione Campania- “ISTITUZIONE DI PARCHI E RISERVE NATURALI IN CAMPANIA”

ART.22. In ciascun Parco regionale deve essere prevista la seguente articolazione:

a) zona di riserva integrale (**zona << A >>**) in cui l'ambiente è conservato nella sua integrità: il suolo, le acque, la fauna e la vegetazione sono protetti e sono consentiti soltanto gli interventi per la protezione dell'ambiente o la ricostituzione di equilibri naturali pregressi da realizzare sotto il controllo dell'Ente Parco. Le zone a riserva integrale debbono essere individuate fra quelle prive di insediamenti permanenti, abitativi o produttivi. È vietata qualsiasi attività che possa compromettere risorse naturali. Le aree destinate a riserva integrale potranno essere acquisite alla proprietà pubblica;

b) zona di riserva generale (**zona << B >>**). Ogni attività deve essere rivolta al mantenimento della integrità ambientale dei luoghi. Sono consentite ed incentivate le attività agricole e silvo - pastorali tradizionali e la manutenzione del patrimonio edilizio esistente, laddove non contrastino con le finalità del Parco;

c) zona di riserva controllata (**zona << C >>**). Vanno incentivate le attività agricole, zootecniche e silvo-colturali tradizionali ed il mantenimento dell'integrità terriera nelle aziende contadine. Sono agevolate, inoltre, le attività socio - economiche e le realizzazioni abitative ed infrastrutturali compatibili con i principi ispiratori del Parco, nonché lo sviluppo delle strutture turistico - ricettive delle attrezzature pubbliche e dei servizi complementari al Parco.

4.2 Aspetti climatici del territorio in studio

L'area di studio ricade all'interno della Regione Campania, che è caratterizzata da una notevole variabilità climatica, determinata dalla notevole complessità morfologica del suo territorio. Tra le variabili meteorologiche più rilevanti ai fini dell'innescò e della propagazione degli incendi v'è la temperatura atmosferica, che influenza direttamente la temperatura della biomassa combustibile. Infatti la quantità di calore necessario per innalzare il combustibile alla temperatura di accensione, tra i 150-200° C, dipende dalla temperatura iniziale del combustibile, anche se l'effetto più importante della temperatura è quello sull'umidità relativa dell'aria e sul contenuto d'acqua nel combustibile morto (vegetale in decomposizione). Altra variabile meteorologica importante è il vento, che condiziona la velocità e la direzione di propagazione del fuoco.

Di seguito si illustrano le caratteristiche climatiche della porzione territoriale di interesse del nostro studio:

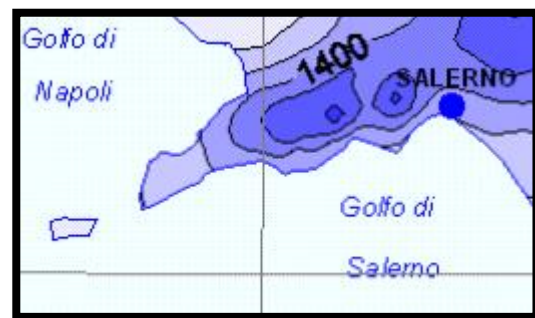
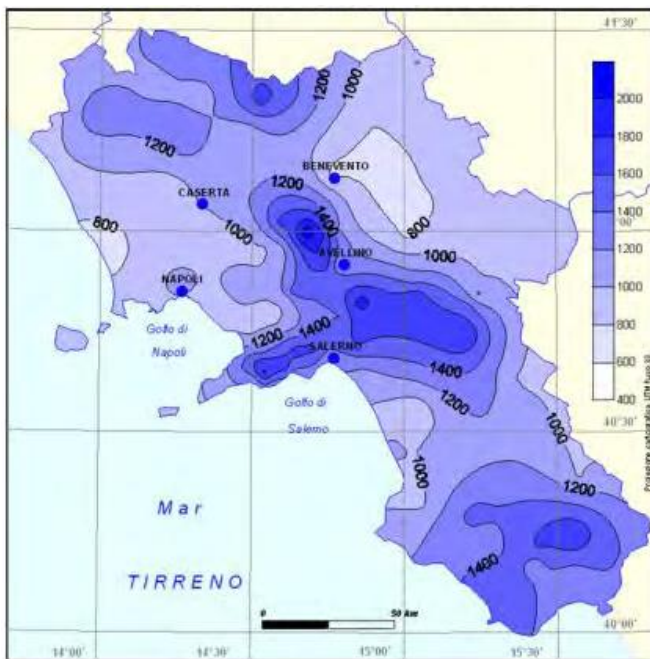
- a. Le porzioni costiere e le inserzioni vallive della Costa Amalfitana, si presentano con una temperatura media annua tra i 16 e 17 °C (media del mese più freddo 8 °C, media del mese più caldo 25 ÷ 26 °C), minime estreme poco al disotto di 0 °C e massime assolute intorno ai 38 °C. Le precipitazioni medie sono per lo più inferiori a 1.000 mm annui, di cui solo 1/3 in estate (dati estratti dal Piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nel triennio Campano triennio 2015-2018);

L'analisi del regime pluviometrico, effettuata prendendo a riferimento il periodo decennale (2008÷2017), corrispettivo del periodo di validazione dei dati disponibili per lo studio, rilevati dalla rete fiduciaria di monitoraggio meteo-pluvio-idrometrico in tempo reale del Centro Funzionale Multirischio di Protezione Civile, è ben rappresentata dalla carta delle isoiete, di seguito riportata e riferita al valore medio delle precipitazioni cumulate annuali. Da tali mappe, ricavate dall'interpolazione dei dati pluviometrici disponibili nel periodo considerato, osservati, per ogni stazione periferica di monitoraggio (a funzionamento automatico e con trasmissione in tempo reale dei dati rilevati), a partire dalla data di entrata in esercizio e analizzati a diversa scala di aggregazione temporale, è stata determinata la superficie territoriale regionale, per ogni prefissata classe dei valori di piovosità media annua, secondo quanto riportato nella tabella seguente:

precipitazione media annua (mm)	superficie del territorio regionale (%)
<800	1.6
tra 800 e 1000	49.5
tra 1000 e 1200	26.3
tra 1200 e 1400	13.7
tra 1400 e 1600	6.3
tra 1600 e 1800	2.6
> 1800	0.1

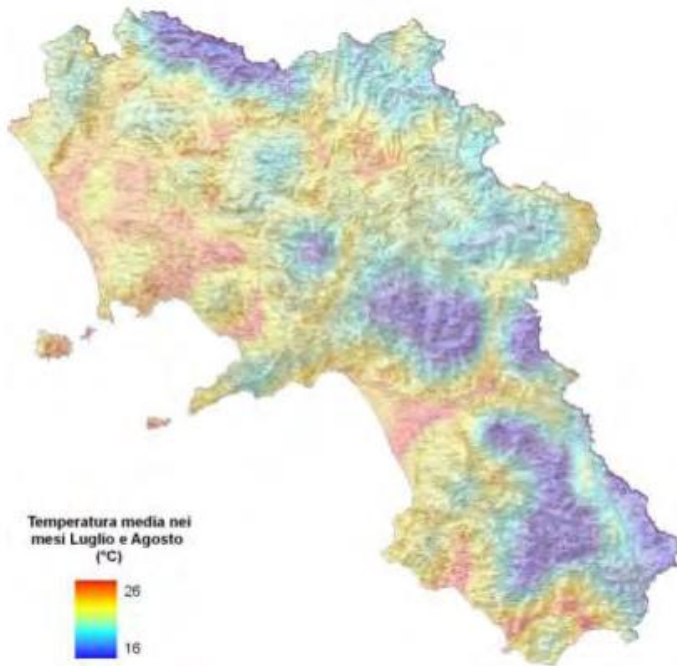
Di particolare rilevanza, ai fini dello studio e dell'analisi del rischio incendi della nostra area di studio, sono le elaborazioni statistiche effettuate sui valori medi mensili delle temperature e delle escursioni termiche giornaliere osservate nei mesi di luglio-agosto, rilevate sempre dalla rete di monitoraggio del Centro Funzionale Multirischio di Protezione Civile negli ultimi venti anni e interpolati con risoluzione spaziale di 1 Km. Ulteriori elaborazioni significative sono quelle effettuate, sempre prendendo a riferimento i dati rilevati negli ultimi venti anni, ai fini della ricostruzione spaziale della precipitazione media osservata nei mesi di luglio e agosto e del valore medio dei giorni umidi negli stessi mesi.

a. CARTA DELLA PRECIPITAZIONE CUMULATA MEDIA ANNUA



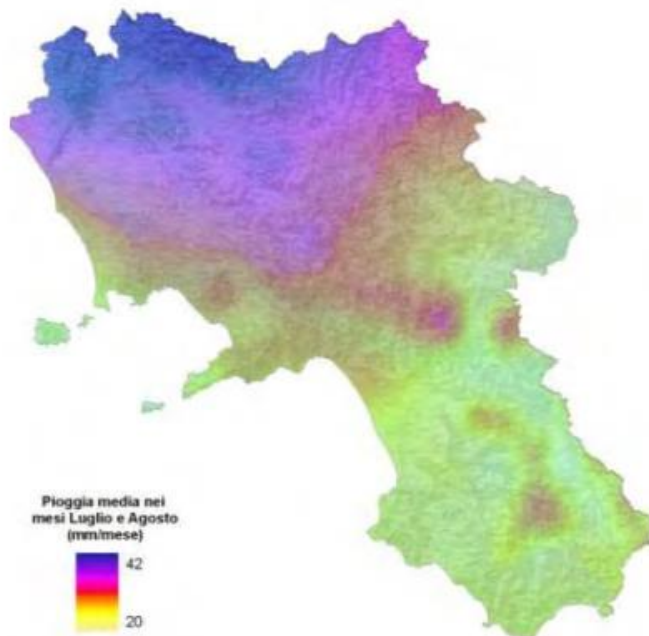
Carta delle precipitazioni medie annue della Campania sulla sinistra e lo zoom sull'area di studio sulla destra (serie storica degli ultimi 10 anni)

b. CARTA DELLE TEMPERATURE MEDIE DEI MESI DI LUGLIO E AGOSTO



Carta delle temperature medie dei mesi di luglio e agosto della Campania sulla sinistra e lo zoom sull'area di studio sulla destra (serie storica degli ultimi 10 anni)

c. CARTA DELLE PIOGGE MEDIE DEI MESI DI LUGLIO E AGOSTO



Carta delle piogge medie dei mesi di luglio e agosto della Campania sulla sinistra e lo zoom sull'area di studio sulla destra (serie storica degli ultimi 10 anni)

4.3 Presentazioni dati utilizzati per la realizzazione della mappa

Per la realizzazione della carta del rischio incendio boschivo sono state utilizzate diversi layers in ambito GIS. Il primo layer di cui parliamo è il DEM della Costa d'Amalfi ricavato dai dati Lidar (acronimo dall'inglese Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) del Ministero dell'Ambiente.

Il Ministero dell'Ambiente e del Territorio ha avviato una campagna di rilievo topografico del territorio nazionale utilizzando proprio questa tecnologia. Ha montato un LIDAR estremamente sofisticato su un aeroplano, l'ha mandato in giro sopra l'Italia ed ha mappato parte del territorio nazionale con risoluzioni davvero notevoli. Sfruttando la tecnologia del primo e dell'ultimo impulso è stato possibile elaborare un accurato DTM (Digital Terrain Model – Modello Digitale del Terreno) di risoluzione 1 m (Figura. IV.3).

Sulla base e sulla conoscenza degli incendi boschivi, si è scelto di elaborare, facilitandone anche l'elaborazione dei dati, la porzione di territorio più interessata dagli incendi, ovvero la porzione della Costiera che va da Vietri sul Mare-Cetara a Praiano-Positano.

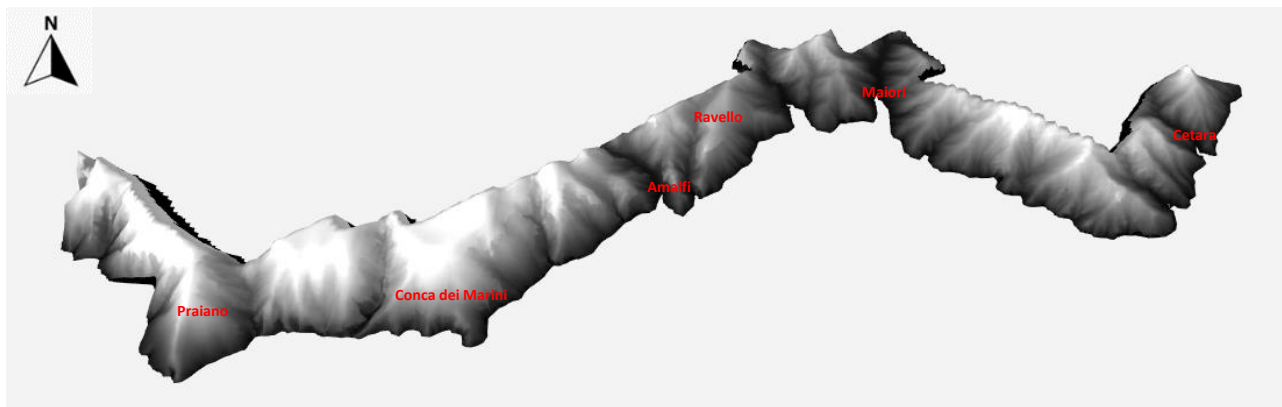



Fig. IV.3: DTM (Digital Terrain Model – Modello Digitale del Terreno)

Grazie alle analisi topografiche condotte in ambito GIS con il plug-in di analisi (simbolo ) del terreno è stato possibile calcolare la pendenza e l'aspect (esposizione), ovvero i fattori topografici della carta di rischio incendio.

- Fattori topografici

Pendenza dei versanti

L'intensità dell'incendio e la velocità di propagazione sono direttamente proporzionali al grado di acclività dei versanti che favoriscono l'azione essiccante delle fiamme ed aumenta lo scambio di calore, considerato che il preriscaldamento del combustibile è più veloce. In letteratura gli studi condotti al fine di valutare la velocità di propagazione del fuoco al variare della pendenza dei versanti sono assai esigui. Normalmente è accettata la proporzionalità diretta tra l'acclività dei versanti e l'intensità della velocità di avanzamento del fronte di fiamma.

Esposizione dei versanti

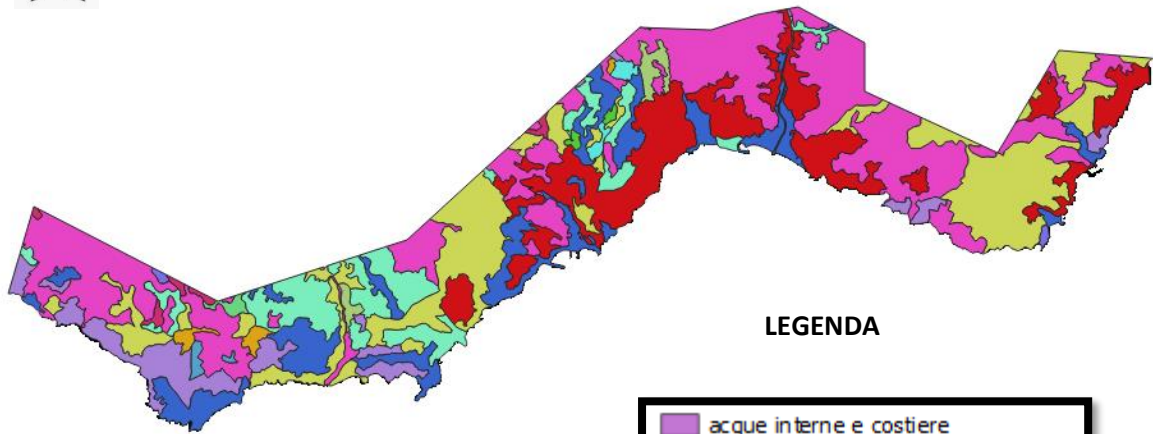
L'esposizione influenza la quantità di calore che una data superficie riceve per irraggiamento solare e quindi l'umidità e la temperatura dell'aria e del suolo. I Versanti esposti nei quadranti meridionali sono quelli in cui le caratteristiche su menzionate si configurano come i fattori maggiormente predisponenti.

Un altro layer importante ed essenziale per l'elaborazione della carta del rischio incendio è la carta dell'uso del suolo, scaricata dal GeoPortale della regione Campania <https://sit2.regione.campania.it/content/carta-utilizzazione-agricola-dei-suoli>; grazie ad essa è stata possibile classificare la vegetazione in base alla suscettibilità ad incendiarsi della vegetazione stessa.

- Fattore vegetazione

Carta dell'uso del suolo

La vegetazione rappresenta il combustibile e di conseguenza è il fattore più rilevante nella determinazione del comportamento del fuoco e dell'intensità del fronte di fiamma. In particolare, oltre ai fattori topografici e climatici, i parametri principali che favoriscono la diffusione del fuoco sono il carico di combustibile presente in una data zona e le sue caratteristiche fisiche e chimiche. In generale, l'energia liberata nel processo di combustione varia secondo le caratteristiche dello strato vegetale; per esempio in relazione al rapporto tra la sostanza viva e quella morta, alle dimensioni delle sostanze oggetto di combustione (foglie, rami ecc) alla presenza di sostanze volatili ed al relativo carico idrico.



LEGENDA
















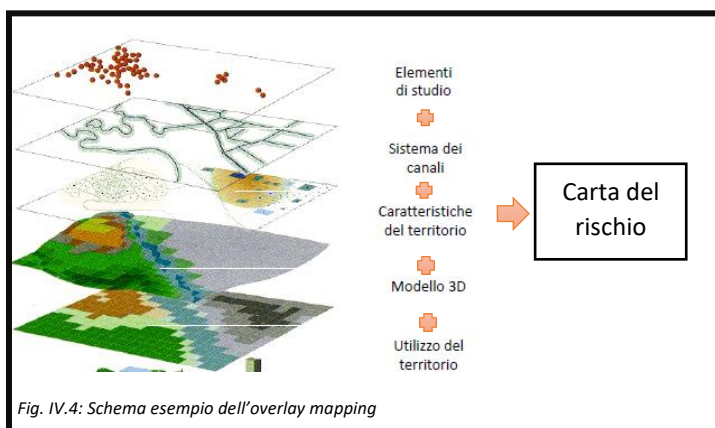
	acque interne e costiere
	agrumeti
	ambiente urbanizzato e superf. arti
	aree a vegetaz. sclerofilla
	aree vegetazione rada
	boschi latifoglie
	cereali granella autunno-vernini
	colture temp.ass. a colture perm.
	erbai
	frutteti e frutti minori
	oliveti
	ortive
	rocce nude e affioramenti
	sistemi colturali complessi
	vigneti

Fig. IV.3-1: Carta uso del suolo

4.4 Procedura per l'elaborazione della Carta del rischio innesco incendi boschivi

In questo paragrafo verranno illustrati i passaggi svolti per ottenere la carta di rischio. Come anticipato nel Capitolo III, verrà utilizzata una tecnica di sovrapposizione di mappature tematiche denominata "overlay mapping". Il metodo consiste nell'identificare i valori (e.s. storici, idrologici, panoramici, ricreativi, residenziali, faunistici, forestali, istituzionali) dell'area interessata e redigere per ciascuno una carta, in questo caso elaborata in GIS, una "scala di classificazione" attraverso sfumature di colore (generalmente dal verde al rosso) dove vengono differenziati i "pesi", o per meglio dire, la maggiore predisposizione al verificarsi dell'evento. Sovrapponendo le diverse carte, riclassificate in base alla predisposizione di ogni sua porzione al verificarsi dell'evento studiato, si ottiene un elaborato che contiene tutti i "pesi" e che consente di vedere dove nel territorio alcuni fenomeni si concentrano (Fig. IV.4). Di seguito verrà tutto chiarito meglio.



Detto ciò il primo passaggio da svolgere è la riclassificazione di tutti i fattori predisponenti; per fare ciò, ci avvaliamo delle riclassificazioni presenti in letteratura oppure nei documenti ufficiali regionali. Di seguito verranno descritte tutte le singole riclassificazioni:

Carta dell'Uso del Suolo

Si è fatto riferimento alla carta Uso del Suolo disponibile sul Geoportale Nazionale, basata sulla classificazione Corine Land Cover IV livello. Ad ogni classe di uso del suolo è stato attribuito un indice di pericolosità, che va da 0 a 100, che ha inevitabilmente tenuto conto delle caratteristiche pirologiche che determinano il comportamento del fuoco durante un incendio.

Si riportano di seguito i valori di pericolosità attribuiti alla carta dell'uso del suolo (tab.1):

codice	nomenclatura	pericolosità
111	Zone residenziali a tessuto continuo	0
112	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0
121	Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	0
122	Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	0
123	Aree portuali	0
124	Aeroporti	0
131	Aree estrattive	0
132	Discariche	50
133	Cantieri	0
141	Aree verdi urbane	0
142	Aree ricreative e sportive	0
212	Seminativi in aree irrigue	0
221	Vigneti	0

codice	nomenclatura	pericolosità
222	Frutteti e frutti minori	10
223	Oliveti	0
224	Arboricoltura da legno	15
231	Prati stabili (foraggiere permanenti)	0
241	Colture temporanee associate a colture permanenti	10
242	Sistemi colturali e particellari complessi	0
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali complessi	25
244	Aree agroforestali	25
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	100
331	Spiagge, dune e sabbie	0
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	0
333	Aree con vegetazione rada	70
334	Aree percorse da incendi	50
411	Paludi interne	0
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	0
512	Bacini d'acqua	0
521	Lagune	0
523	Mari e oceani	0
1211	impianti fotovoltaici	0
2111	Colture intensive	0
2112	Colture estensive	25
3111	Boschi a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (leccio, sughera)	38
3112	Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro, farnetto, rovere, farnia)	60

3113	Boschi a prevalenza di altre latifoglie autoctone (latifoglie mesofile e mesotermofile)	38
3114	Boschi a prevalenza di castagno	38
3115	Boschi a prevalenza di faggio	73
3116	Boschi a prevalenza di igrofile (salici, pioppi, ontani, ecc.)	100
3117	Boschi ed ex piantagioni a prevalenza di latifoglie esotiche (robinia, ailanto, ecc.)	73
3121	Boschi a prevalenza di pini mediterranei e cipressi (pino domestico, marittimo, d'aleppo)	60
3122	Boschi a prevalenza di pini oromediterranei e montani (pino nero e laricio, silvestre, loricato)	60
3211	Praterie continue	100
3212	Praterie discontinue	100
3231	Macchia alta	100
3232	Macchia bassa e garighe	100
3241	Aree a ricolonizzazione naturale	100
31311	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di leccio e/o sughera	60
31312	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie	60
31313	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermofile	60
31314	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di castagno	73
31315	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di faggio	60
31321	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini mediterranei	60
31322	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini montani e oromediterranei	60
31323	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di abete bianco e/o abete rosso	60

TABELLA 1: tratto dal Piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nel triennio 2019-2021

Carte delle pendenze e dell'esposizione

Carta delle Esposizioni e delle Pendenze Sono state entrambe ricavate utilizzando le metodologie note dei pacchetti GIS, attraverso l'impiego del DTM a passo 1 m ottenuto dai dati Lidar 1x1m. Si riportano di seguito i valori di pericolosità attribuiti alle classi di inclinazione ed esposizione (tab.2).

Tab.2

esposizione	indice di pericolosità
Nord	0
Est	40
Sud	100
Ovest	50
Piano	65

È chiaro che un versante esposto a nord è a meno rischio incendio rispetto ad uno esposto a sud a seguito della minore esposizione ai raggi solari; così come, per lo stesso motivo, il versante esposto ad ovest è leggermente più caldo di un versante esposto ad est. Maggiore è la pendenza del suolo (tab.3), più è facile la propagazione del fuoco.

Tab.3

esposizione	indice di pericolosità
0-8	5
9-10	10
11-15	20
16-25	60
> 22	100

TABELLA 2-3: tratte dal Piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nel triennio 2019-2021

- Spiegazione del metodo r.reclass in QGIS

La tecnica utilizzata per la riclassificazione è quella del plugin “r.reclass” presente in QGIS. Questa tecnica permette di attribuire un “peso” ad ogni pixel (dato raster).

Essa è stata ripetuta per ogni singolo layer, ovvero, per lo slope (pendenza) e l’esposizione, per l’uso del suolo la riclassificazione è stata svolta sul dato shapefile (.shp) e successivamente convertito in raster per l’elaborazione della carta del rischio. Le classi con i rispettivi valori, precedentemente chiamati “pesi”, sono state attribuite secondo gli indici di pericolosità indicati dal *Piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva agli incendi boschivi 2019-2021 della Regione Campania. Art.3 Legge 353/2000 (legge quadro in materia di incendi boschivi); art.14 Legge Regionale n.12/2017.*

Riclassificazione della carta delle pendenze:

Azione	Comando	Specifiche	Esempio
Individuare le pendenze max e min dell'area in esame	Menu: Raster → report e statistiche → metadata del raster Comando: r.info	Scheda Richiesto → <i>Input:</i> si sceglie la mappa su cui avere info Scheda Opzionale → stampa esclusivamente l'intervallo	Scheda Richiesto → <i>Input:</i> pendenze Scheda Opzionale → stampa esclusivamente l'intervallo
Riclassificare le pendenze	Menu: Raster → cambia i valori e le etichette delle categorie → riclassifica Comando: r.reclass	Scheda Richiesto → <i>Mappa raster da riclassificare</i> → si sceglie la mappa delle pendenze <i>Nome del raster di output</i> → nome Scheda Opzionale → <i>File contenente le regole di riclassificazione:</i> scegliere con Naviga il file .txt con le regole oppure <i>Inserisci interattivamente i valori</i> → scrivere direttamente le regole Vedi nomenclatura regole di riclassificazione	Scheda Richiesto → <i>Mappa raster da riclassificare</i> → pendenze <i>Nome del raster di output</i> → pendenze_reclass Scheda Opzionale → 0 thru 3=1 < 3 3 thru 6=2 da 3 a 6 6 thru 10=3 da 6 a 10 10 thru 20=4 da 10 a 3120 20 thru 30=5 da 20 a 30 30 thru 2000=6 magg. di 30 *=" nodata end

Riclassificazione della carta di esposizione dei versanti:

Le esposizioni in GRASS vengono calcolate associando ad est il valore 0° e proseguendo in senso antiorario, fino a tornare ad Est con 360°. Per convenzione, le esposizioni vengono espresse secondo "spicchi" di ampiezza pari a 45°. Quindi in G RASS su un angolo giro di 360° con origine in Est, lo "spicchio" Est avrà ampiezza da -22,5° a 22,5°, ecc. Il valore 0 viene assegnato alle aree con pendenza 0 e quindi esposizione nulla. Tramite il comando r.reclass, si assegna una classe, corrispondente ad un'esposizione a ciascun gruppo di valori. Tale comando, tuttavia, funziona solo assegnando come soglia valori interi, ma se si approssimano le classi a numeri interi tutti i valori compresi tra l'estremo superiore di una classe e quello inferiore di quella successiva restano non assegnati, o vengono attribuiti erroneamente. Per ridurre questo errore è conveniente moltiplicare per 100 tutta la mappa delle esposizioni ed eseguire la riclassificazione sulla mappa

risultante (ovviamente moltiplicando per 100 anche i valori soglia di riclassificazione). In questo modo la percentuale dei punti esclusi o attribuiti alla classe sbagliata si riduce a 1/100 e, alla scala di lavoro utilizzata, si può considerare trascurabile.

	Azione	Comando	Opzioni	Esempio
20	Moltiplicare per 100 il valore delle esposizioni	Menu: raster → calcolatore per raster mapalgebra Comando: r.mapcalc	<i>Nome per il nuovo raster da creare: nome</i> <i>Espressione → mappa_esposizioni * 100</i> La mappa può essere selezionata da tendina	<i>Nome per il nuovo raster da creare: espo_100</i> <i>Espressione → esposizioni@DTM * 100</i>
21	Riclassificare la mappa delle esposizioni moltiplicate	Menu: Raster → cambia i valori e le etichette delle categorie → riclassifica Comando: r.reclass	Scheda Richiesto → <i>Mappa raster da riclassificare → mappa esposizioni</i> <i>Nome del raster di output → nome</i> Scheda Opzionale → <i>File contenente le regole di riclassificazione: scegliere con Naviga il file .txt con le regole</i> oppure <i>Inserisci interattivamente i valori → scrivere direttamente le regole</i> Nomenclatura regole di riclassificazione: 0=0 nomeclasse0 descrizione0 x thru y=1 nomeclasse1 descrizione1 *=* nodata End	Scheda Richiesto → <i>Mappa raster da riclassificare → espo_100</i> <i>Nome del raster di output → espo_reclass</i> Scheda Opzionale → 0=0 esposizione nulla 1 thru 2250=1 est 2250 thru 6750=2 nord est 6750 thru 11250=3 nord 11250 thru 15750=4 nord ovest 15750 thru 20250=5 ovest 20250 thru 24750=6 sud ovest 24750 thru 29250=7 sud 29250 thru 33750=8 sud est 33750 thru 36000=1 est *=* nodata end
NOTA: la classe 0 indica le aree senza esposizione in quanto non hanno pendenza. Può essere utile attribuire il valore 0 alle aree con pendenza bassa				

- Procedura di r.reclass

Riclassificazione carta USO SUOLO:

1-> CREAZIONE NELLA TABELLA ATTRIBUTI DEL FILE SHP. DI UNA COLONNA PESI

Ritagliato :: Totale degli elementi: 115, Filtrati: 115, Selezionati: 0

SITRC_CART	PERIMETER	CAMPANIA_	CAMPANIA_I	CLASSE	IRRIGUO	DESCRIZION	SHAPE_AREA	SHAPE_LEN	Peso
1	0,000	1696,237	21828	21807	92	acque interne e...	25654,39112770...	1696,23717435000	NULL
2	0,000	4389,877	22040	22019	92	acque interne e...	40113,31359030...	4389,87652729000	NULL
3	0,000	3168,115	22825	22804	24	agrumeti	181821,9424230...	3168,11439849000	NULL
4	0,000	2263,515	22951	22930	24	agrumeti	158870,9965520...	2263,51453028000	NULL
5	0,000	2951,298	23028	23007	24	agrumeti	325463,2627660...	2951,29844374000	NULL
6	0,000	9282,481	21734	21713	24	agrumeti	531742,7153740...	9282,48025865000	NULL
7	0,000	5122,303	22038	22017	24	agrumeti	395778,4408369...	5122,30250559000	NULL
8	0,000	4364,226	22096	22075	24	agrumeti	172789,3774179...	4364,22563204000	NULL
9	0,000	5077,985	22161	22140	24	agrumeti	472069,9872469...	5077,98626201000	NULL
10	0,000	6378,763	22193	22172	24	agrumeti	606352,8198939...	6378,76538577000	NULL
11	0,000	3411,529	22195	22174	24	agrumeti	240641,0018559...	3411,52847935000	NULL
12	0,000	18629,220	22217	22196	24	agrumeti	2316607,545560...	18629,21945210...	NULL
13	0,000	7641,215	22429	22408	24	agrumeti	791868,8878509...	7641,21369629000	NULL
14	0,000	1365,786	22537	22516	24	agrumeti	51020,00745510...	1365,78543618000	NULL
15	0,000	5676,018	22567	22546	24	agrumeti	249961,8613689...	5676,01892782000	NULL
16	0,000	2038,087	22594	22573	24	agrumeti	107666,8572970...	2038,08651895000	NULL
17	0,000	1368,565	22625	22604	24	agrumeti	63380,11371000...	1368,56569994000	NULL
18	0,000	2391,923	22705	22684	24	agrumeti	107792,9576770...	2391,92302671000	NULL
19	0,000	1395,341	22766	22745	91	ambiente urba...	60320,94152430...	1395,34199225000	NULL
20	0,000	1335,044	22814	22793	91	ambiente urba...	46755,38527910...	1335,04451789000	NULL

Mostra tutti gli elementi

Tabella a: schermata della tabella degli attributi senza i pesi delle classi di uso del suolo.

2-> ATTRIBUZIONE PESI SULLA BASE DELLE INDICAZIONE DEL "Corine Land Cover IV livello"

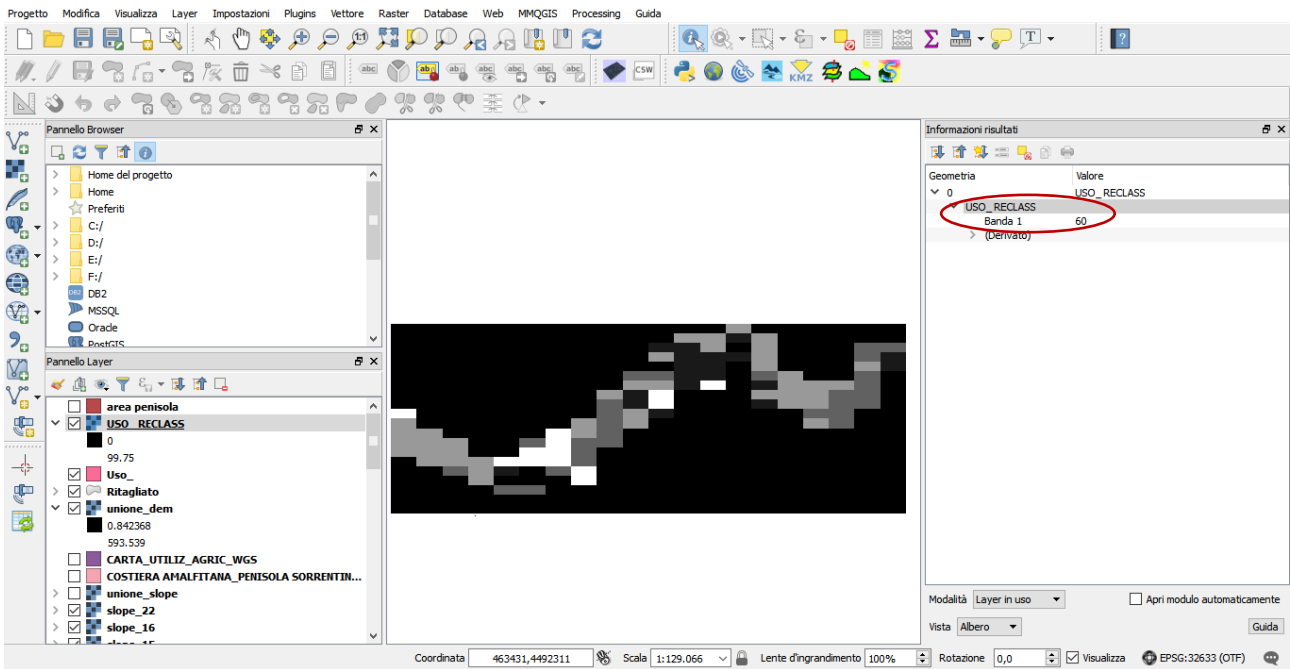
Uso_ :: Totale degli elementi: 115, Filtrati: 115, Selezionati: 0

SITRC_CART	PERIMETER	CAMPANIA_	CAMPANIA_I	CLASSE	IRRIGUO	DESCRIZION	SHAPE_AREA	SHAPE_LEN	Peso
1	0,000	1696,237	21828	21807	92	acque interne e costiere	25654,39112770...	1696,23717435000	0
2	0,000	4389,877	22040	22019	92	acque interne e costiere	40113,31359030...	4389,87652729000	0
3	0,000	3168,115	22825	22804	24	agrumeti	181821,9424230...	3168,11439849000	10
4	0,000	2263,515	22951	22930	24	agrumeti	158870,9965520...	2263,51453028000	10
5	0,000	2951,298	23028	23007	24	agrumeti	325463,2627660...	2951,29844374000	10
6	0,000	9282,481	21734	21713	24	agrumeti	531742,7153740...	9282,48025865000	10
7	0,000	5122,303	22038	22017	24	agrumeti	395778,4408369...	5122,30250559000	10
8	0,000	4364,226	22096	22075	24	agrumeti	172789,3774179...	4364,22563204000	10
9	0,000	5077,985	22161	22140	24	agrumeti	472069,9872469...	5077,98626201000	10
10	0,000	6378,763	22193	22172	24	agrumeti	606352,8198939...	6378,76538577000	10
11	0,000	3411,529	22195	22174	24	agrumeti	240641,0018559...	3411,52847935000	10
12	0,000	18629,220	22217	22196	24	agrumeti	2316607,545560...	18629,21945210...	10
13	0,000	7641,215	22429	22408	24	agrumeti	791868,8878509...	7641,21369629000	10
14	0,000	1365,786	22537	22516	24	agrumeti	51020,00745510...	1365,78543618000	10
15	0,000	5676,018	22567	22546	24	agrumeti	249961,8613689...	5676,01892782000	10
16	0,000	2038,087	22594	22573	24	agrumeti	107666,8572970...	2038,08651895000	10
17	0,000	1368,565	22625	22604	24	agrumeti	63380,11371000...	1368,56569994000	10
18	0,000	2391,923	22705	22684	24	agrumeti	107792,9576770...	2391,92302671000	10
19	0,000	1395,341	22766	22745	91	ambiente urbanizzato e superf....	60320,94152430...	1395,34199225000	0
20	0,000	1335,044	22814	22793	91	ambiente urbanizzato e superf....	46755,38527910...	1335,04451789000	0

Mostra tutti gli elementi

Tabella b: schermata della tabella degli attributi con i pesi delle classi di uso del suolo.

3 -> CONVERSIONE DEL FILE SHP. IN RASTER SULLA BASE DEI PESI ATTRIBUITI



schermata c: file raster ottenuto dalla riclassificazione dell'uso

Riclassificazione carta delle carte delle PENDENZE e dell'ESPOSIZIONE:

1-> CREAZIONE DI UN FILE NOTE. **Pendenze**

```
File Modifica Formato Visualizza ?
0 thru 8 = 1
9 thru 10 = 2
11 thru 15 = 3
16 thru 25 = 4
26 thru 90 = 5
|
Linea 7, colonna 1 100% Windows (CRLF) UTF-8
```

I pesi attribuito sono stati assegnati secondo il *Piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nel triennio 2019-2021*, precedentemente descritto.

(vedi Tab. 3 pag. 44 e pag.46)

1-> CREAZIONE DI UN FILE NOTE. **Esposizione**

```
File Modifica Formato Visualizza ?
1 thru 2250 = 1
6750 thru 11250 = 30
6750 thru 11250= 0
112750 thru 15750 = 30
15750 thru 20250 = 50
20250 thru 24750 = 70
24750 thru 29250 = 100
29250 thru 33750 = 60
33750 thru 3600 = 40
*-* nodata
end
```

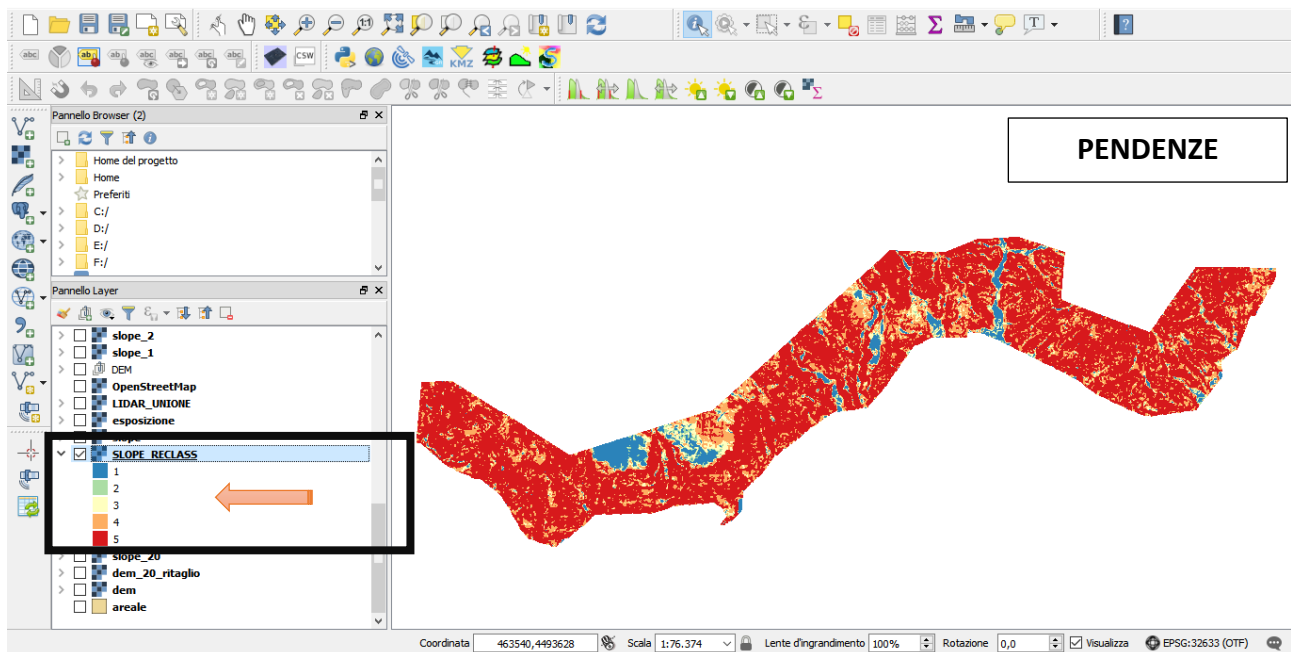
Linea 9, colonna 21 100% Windows (CRLF) UTF-8

I pesi attribuito sono stati assegnati secondo il *Piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nel triennio 2019-2021*, precedentemente descritto.

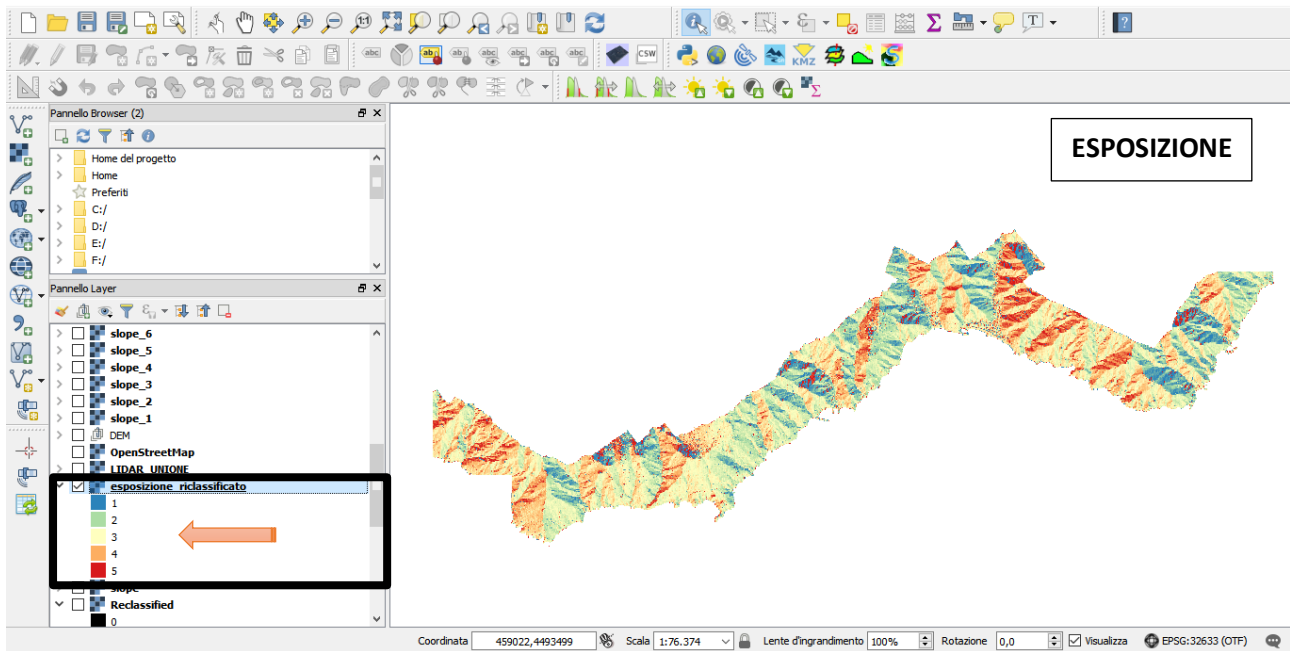
(vedi Tab. 2 pag. 44 e pag.46)

Nota: si sottolinea che il file dell'esposizione è stato preventivamente moltiplicato per il valore 100 (sul calcolatore raster) per ridurre l'errore della mappa, come da spiegazione a pag.44.

L'utilizzo di r.reclass ha permesso di ottenere due file in formato raster riclassificati come si osserva dalle seguenti schermate:



Come si può osservare dal riquadro, evidenziato dalla freccia rossa, il file si presenta riclassificato in 5 classi, (vedi pag.48), con pericolosità di crescente al crescere della numerazione.



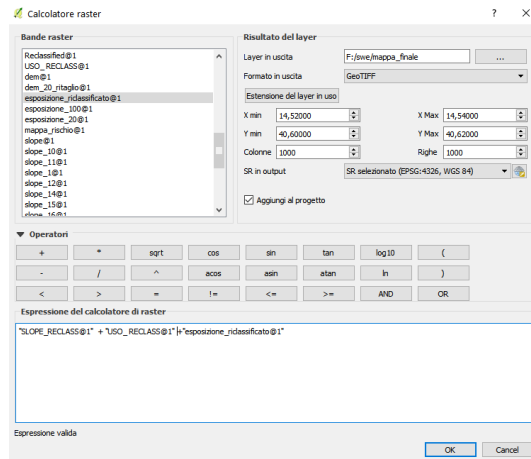
Come si può osservare dal riquadro, evidenziato dalla freccia rossa, il file si presenta riclassificato in 5 classi, non in 8 come evidenziato in precedenza per una questione grafica (vedi pag.48); la suddivisione in 5 classi è stata creata, sempre su base pesata, con il metodo statistico del Natural Break , utilizzato spesso nella mappatura delle pericolosità e/o suscettibilità dei rischi naturali; in questo caso la pericolosità aumenta al crescere della numerazione.

In sintesi, per ciascun fattore predisponente: pendenza, uso del suolo e esposizione; sono state elaborate delle carte tematiche in ambiente GIS. La definizione delle diverse classi è stata ottenuta attribuendo dei valori, definiti pesi, in base alla minore o maggiore incidenza sul rischio incendio, secondo scale già utilizzate e proposte dalla Regione Campania.

I passaggi precedentemente descritti hanno permesso a ciascun pixel (dei vari file raster creati) che compongono i diversi strati tematici (pendenza, esposizione e uso del suolo) di possedere un valore pesato in base all'incidenza di quel fattore in quel punto del territorio, si ricorda che un pixel ha una grandezza di 10x10m (scelta grafica e di facilitazione dell'elaborazione dei dati).

- Calcolatore raster per la carta del rischio innesco incendi

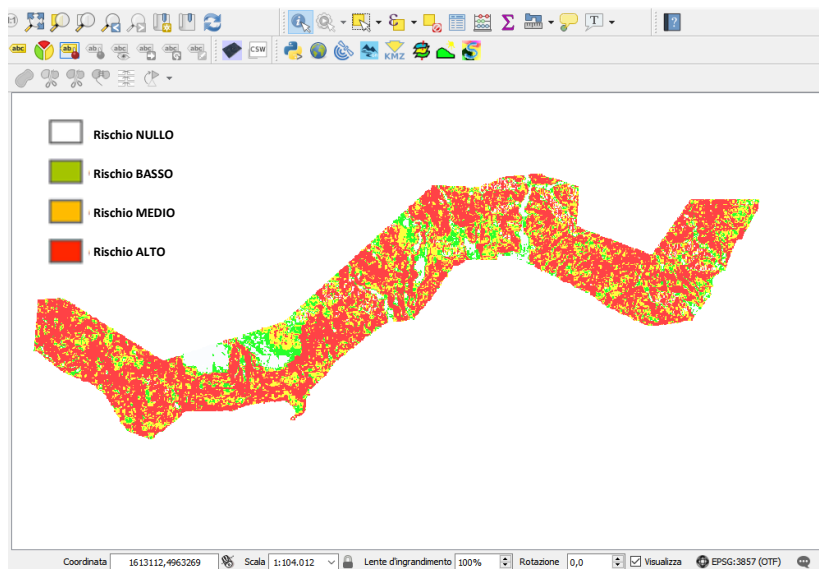
Successivamente a quanto descritto prima, si è proceduto con il metodo del overlay mapping, ovvero di sovrapporre i vari layers che rappresentano i vari fattori di rischio. Il processo ha previsto di sommare i pesi di ogni singolo pixel appartenente a ciascuno dei fattori predisponenti ottenendo una mappa del territorio, zonata in base al suo rischio o meglio predisposizione all' incendio boschivo.



Schermata d: del plugin *Calcolatore raster*

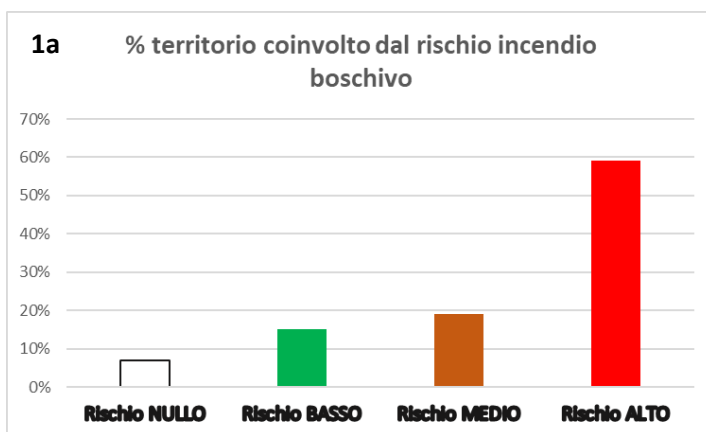
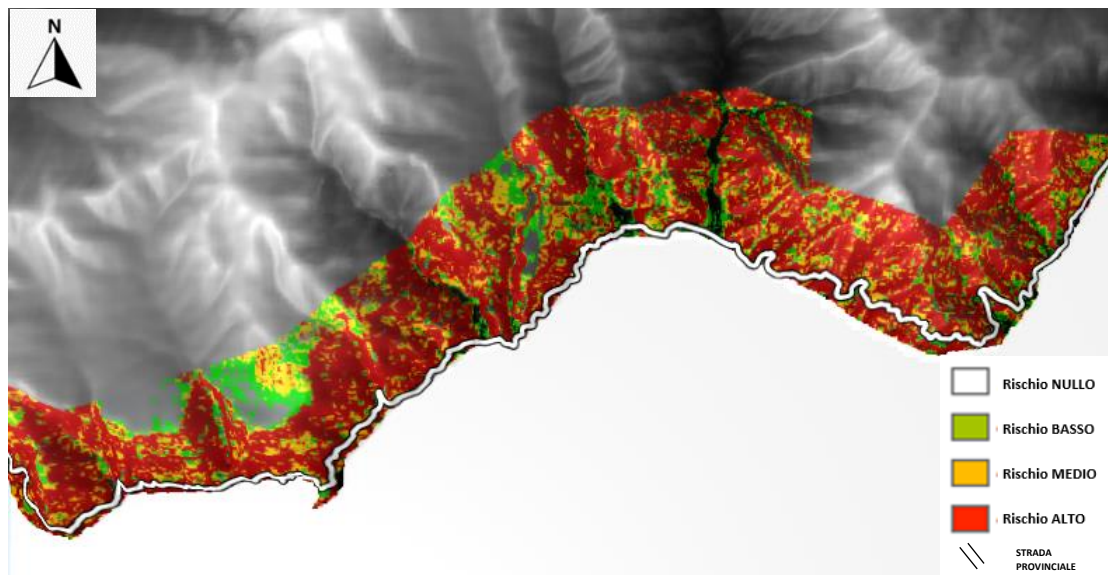
Per la suddivisione in classi di rischio si è scelto di usare una distribuzione di tipo “non normale o uniforme”, *Natural break*, che cerca di individuare punti di discontinuità nella distribuzione, in cui porre i limiti delle classi. Fissato il numero di classi si massimizza la differenza fra la somma degli scarti al quadrato in ogni classe e la somma degli scarti rispetto alla media globale (algoritmo di Jenks). Questo algoritmo è già incorporato in GIS.

L'elaborazione in GIS, visibile nella *schermata d*, ha prodotto la carta del rischio incendi boschivi, dalla quale in pratica si rileva, per ogni zona del territorio, quanto sia elevato il rischio incendi boschivi.



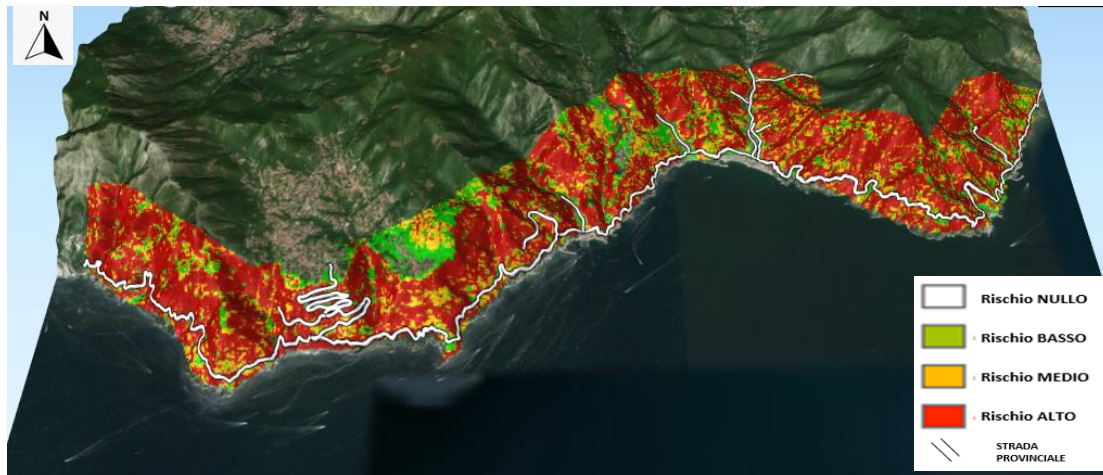
Carta del rischio incendio boschivo.

4.5 Focus sulle zone di maggiormente a rischio di innesco incendi



In base ai fattori ambientali scelti in precedenza, alte pendenze, esposizione e uso del suolo, (fattori predisponenti), ritroviamo una zona particolarmente suscettibile all'innesco di focolai e quindi con un'alta predisposizione al rischio fattore incendio boschivo. Attraverso queste zone passa una carreggiata che taglia, anche se pur in minima parte, le zone che potrebbero essere interessate dal fuoco dando la possibilità di poter

attaccare le fiamme sia dall'alto che dal mare, e fungendo da striscia taglia fuoco per le zone sovrastanti, utile considerazione per via dell'affluenza delle persone sul litorale che potrebbero innescare accidentalmente o volontariamente incendi.



Oltre alla strada principale ne esistono anche altre secondarie più piccole che vergono verso l'entroterra, vedi immagine alla pagina precedente, che possono anch'esse fungere da tagliafuoco e basi d'appoggio per un attacco diretto sul fronte dell'incendio, ma in misura limitata.

Come si evince dal grafico 1a. di pag. 56, la percentuale di territorio caratterizzata da un alto rischio incendio è quasi il 60% dell'area considerata nello studio; la restante parte si distribuisce sulle tre classi (medio, basso e nullo).

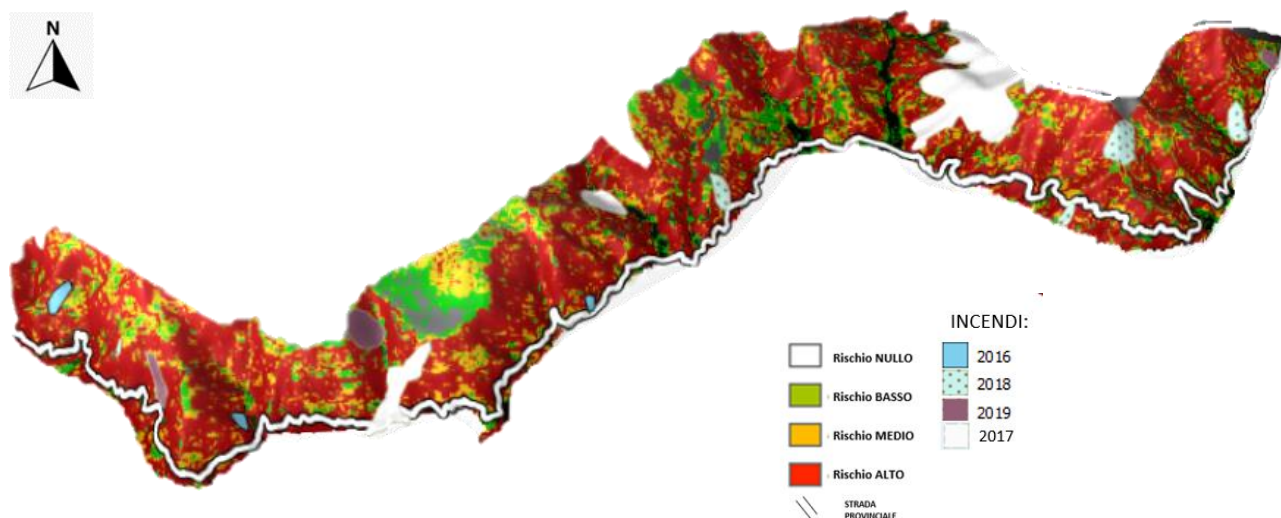
- **Osservazioni sulle aree già incendiate negli ultimi 5 anni**
(integrazione e combinazione dei dati degli incendi del 2017 con la raccolta data da fotointerpretazione da GoogleEarth)

I dati raccolti con la fotointerpretazione, attraverso il metodo spiegato nel paragrafo precedente 3.4, ha permesso di individuare circa 3,000 km² di superficie incendiata negli ultimi 5 anni.

Integrando i dati forniti dai Vigili del Fuoco di Salerno, relativo all'anno 2017, considerato l'anno più significativo con ben 2,8 km², circa, di superficie incendiata solo durante la stagione estiva, abbiamo ottenuto i seguenti dati:

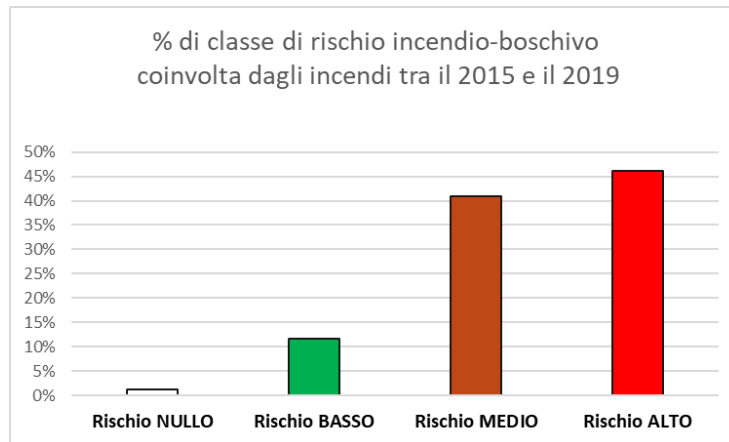
Area incendiata nel 2015 - censimento da GoogleEarth	NULLO (non rilevabile dalla risoluzione del programma)
Area incendiata nel 2016 - censimento da GoogleEarth	0,301 km ²
Area incendiata nel 2017 - censimento Vigili del Fuoco	2,723 km ²
Area incendiata nel 2018 - censimento da GoogleEarth	1,006 Km ²
Area incendiata nel 2019 - censimento da GoogleEarth	1,067 km ²

Attraverso un'analisi di tipo qualitativo e non quantitativo, basata sull'osservazione dell'immagine e sulle considerazioni dell'operatore che vi elabora ed osserva, possiamo osservare che gli incendi si sono sviluppati su versanti SUD-EST e SUD-OVEST su alte pendenze della porzione dei Monti Lattari studiata e che diversi incendi hanno raggiunto la strada provinciale.



Il software GIS permette di calcolare le aree, oltre ad essere un sistema geo-referito conserva anche le misure spaziali reali. Le misurazioni si sono potute svolgere trasformando il file raster della

suscettibilità in file vettoriale, secondo le classi di rischio boschivo: nulla, bassa, media e alta. In questo modo si è potuta calcolare la % di territorio per ogni classe, come evidenziato dal precedente grafico 1a. Grazie al plugin dell'unione presente negli strumenti dei file vettoriali di GIS, sono stati uniti il file vettoriale della suscettibilità con quello degli incendi 2015-2019 e successivamente con lo strumento di misura vettoriale sono state misurate le % di territorio incendiato ricadente in ogni singola classe di rischio incendio boschivo. I dati ottenuti sono i seguenti:



Quello che si evince è che la maggior parte degli incendi tra il 2015 e il 2019, % maggiore al 40%, si sono innescati su classi di rischio MEDIO e/o ALTE, risultato che avvalorava ancora di più la carta del rischio incendi boschivi realizzata.

- Osservazioni sull'uso del suolo

Grazie al calcolo delle aree dei layers trasformati in formato shp. è stato possibile calcolarci l'estensione areale di ogni singola classe del suolo, e combinando il file poligonale in formato shp. ottenuto con il file della suscettibilità convertito in shp., come precedentemente descritto, è stato possibile sovrapporre i layers e calcolarci con una semplice operazione di calcolo delle aree con gli strumenti presenti in GIS, l'estensione in %, per ogni classe di uso del suolo, di territorio coinvolto da un rischio MEDIO ed ALTO.

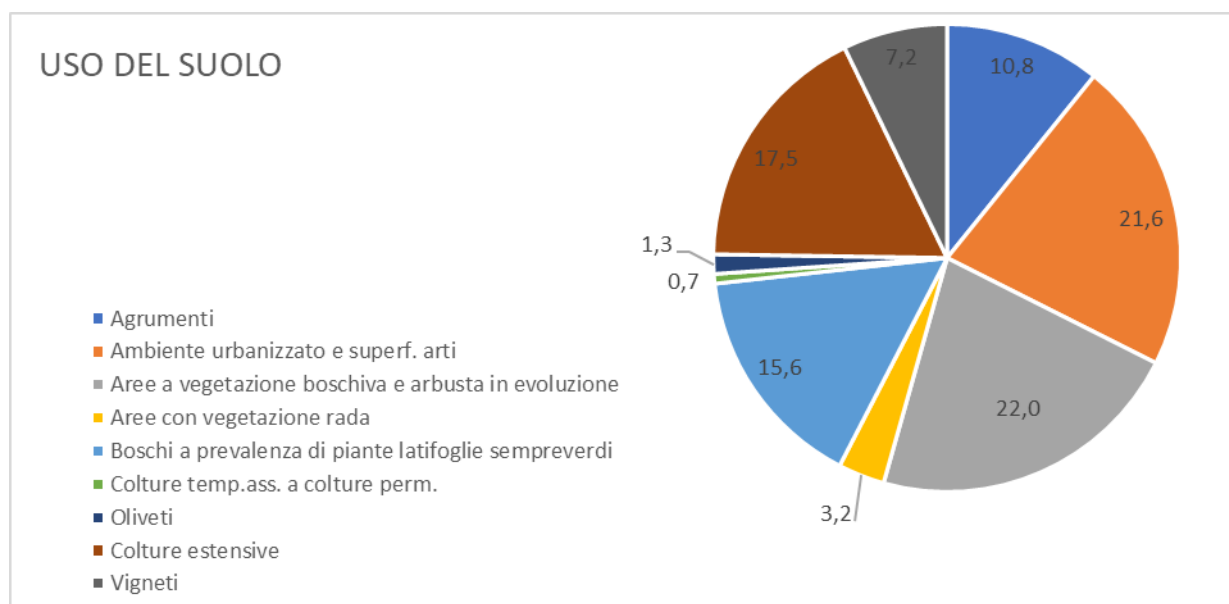


Diagramma a torta relativo alla percentuale di territorio in termini di estensione areale ricoperta da ogni singola classe di uso del suolo.

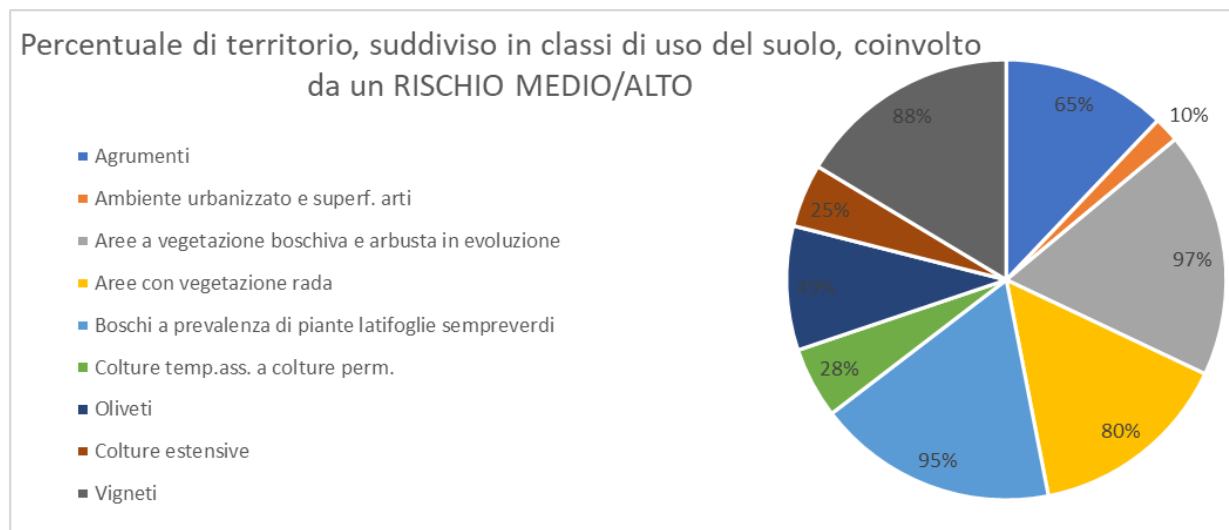


Diagramma a torta relativo alla percentuale di territorio A RISCHIO INCENDIO in termini di estensione areale, appartenente da ogni singola classe di uso del suolo

Dai diagrammi a torta si evince, oltre alla tipologia dell'uso del suolo e la loro estensione in %, la percentuale di pericolo a cui va incontro una determinata categoria, mettendo in evidenza che le aree con la più alta percentuale di pericolo ricadono in zone dove sono presenti alberi ed arbusti,

tra quelle classi ricadono anche i vigneti che se interessati da un evento calamitoso, oltre al danno ecologico, potrebbero subire un danno socio-economico con una perdita di vite umane.

Una osservazione interessante, è la percentuale di territorio di vegetazione rada, che rappresenta solo il 3,2% del territorio in termini di estensione areale, ma è “coperta” e caratterizzata dall’80% del rischio MEDIO/ALTO. Le zone rade sono interessate da un fronte rapido dell’incendio che può espandersi velocemente nelle zone limitrofe.

- Osservazioni su una futura carta della gravità

In regione Campania sono stati istituiti n.2 Parchi Nazionali (del Vesuvio e del Cilento, Vallo di Diano e Alburni) e n.9 Parchi Regionali (Campi Flegrei, Fiume Sarno, Matese, **Monti Lattari**, Monti Picentini, Colline di Napoli, Partenio, Roccamonfina-Foce del Garigliano, Taburno-Camposauro). Sono stati quindi assegnati, per ognuno, indici di gravità variabili da 5 (minimo) a 20 (massimo), secondo la tabella sotto indicata.

Come si evince dalla presente tabella, le zone A -B-C presenti nelle porzioni di territorio da noi studiata, sono quelle con più alto indice di gravità. Questo rappresenta un parametro da poter approfondire in futuro, ovvero, introdurre il peso dell'indice di gravità come fattore da considerare per individuare le porzioni di territorio maggiormente a rischio.

Zonizzazione Parco	indice di gravità
Zona A	20
Zona B	15
Zona C	10
Zona D	5
Zona 1 (se presente)	15
Zona 2 (se presente)	10

Tabella: tratte dal Piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nel triennio 2019-2021

4.6 Attività di monitoraggio, pattugliamento e avvistamento (Regione Campania)

Le attività di avvistamento possono essere considerate sia come misure preventive, cioè che hanno lo scopo di ridurre le cause di incendio determinate dall'uomo, sia come forma di lotta attiva volta a ridurre i danni prodotti dal fuoco quando l'incendio è in atto. L'avvistamento gioca un ruolo strategico per l'efficienza complessiva delle Attività AIB. Quanto più ampia e diffusa è la rete dell'avvistamento e quanto più strette sono le maglie, tanto maggiore è la probabilità di interventi tempestivi e minore il danno conseguente. Occorrono quindi segnalazioni precoci capaci di consentire con il minimo sforzo il massimo del risultato. Solo attraverso l'integrazione di modalità diverse di avvistamento (pattugliamento a terra con squadre, perlustrazione a mezzo aereo e avvistamento a mezzo di sistemi automatici) è possibile tentare di raggiungere un simile obiettivo. Non va comunque dimenticato che la maggior parte delle volte è il comune cittadino il primo avvistatore e che, pertanto grande rilevanza hanno i numeri verdi per la segnalazione degli incendi. A tale proposito, è stata realizzata da SMA Campania una apposita APP di segnalazione degli incendi.

La APP mobile SMA Campania (unica per cittadino, VIP, operatore SMA, operatore Esercito, Vigile del Fuoco, etc.) che è re-implementata attraverso un processo di rifacimento tecnologico, rinnovo della user experience e della user interface seguendo i moderni pattern mobile. Le funzionalità attualmente presenti nella App sono mantenute e verranno integrati sistemi che agevolino la comunicazione fra sala operativa e campo: invio notifiche, upgrade della navigazione delle informazioni di posizione e aggiornamento informazioni direttamente dal campo.



La App mobile SMA Campania utilizzata da qualsiasi cittadino per la segnalazione dell'evento

Le funzioni implementate in particolare per l'attività AIB riguardano:

- a.** segnalazione incendi da parte dei cittadini e/o operatori dedicati alle attività di avvistamento;
- b.** invio delle segnalazioni di incendio dalla SOPI (Sale Operative Provinciali Integrate) alla squadra dedicata all'intervento che potrà anche effettuare una correzione del posizionamento della segnalazione una volta arrivata sul posto;
- c.** navigazione dal punto di partenza al punto di arrivo in cui è avvenuto l'evento.

La vigilanza del territorio, oltre al lavoro utile svolto dai Carabinieri Forestali e dalle altre forze dell'ordine, è svolto dalle squadre di pattugliamento dei diversi enti coinvolti; tali squadre svolgono attività di perlustrazione, finalizzata anche a scoraggiare azioni dolose, ed a vigilare sul comportamento dei cittadini che frequentano i boschi. Le squadre, se abilitate alla lotta attiva, sono

impiegate per un primo tempestivo intervento sul fuoco, e allo scopo sono debitamente attrezzate ed equipaggiate.

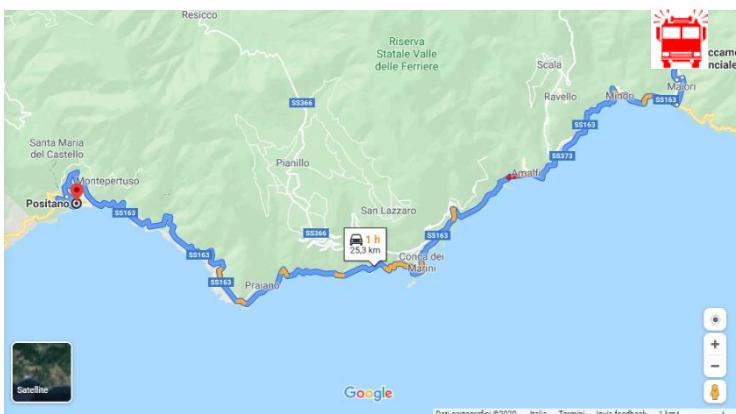
Una doverosa osservazione riferita all'intervento di spegnimento e messa in sicurezza dell'incendio, e la difficoltà a causa di una scarsa viabilità nel territorio studiato.

Come si può osservare dall'immagine sottostante, gli aiuti terrestri possono arrivare da soli due distaccamenti, dei vigili del fuoco, nella zona Maiori e zona Salerno. Questo comporta un intervento necessario della flotta aerea, per velocizzare l'operazione di spegnimento.

Prendendo in esempio, l'incendio di Positano del luglio 2018 (foto 2, pag.6), il distaccamento di Maiori, ovvero il più vicino, distava 25,3 km, cioè un'ora di viaggio in auto, senza considerare il traffico (immagine 1b).



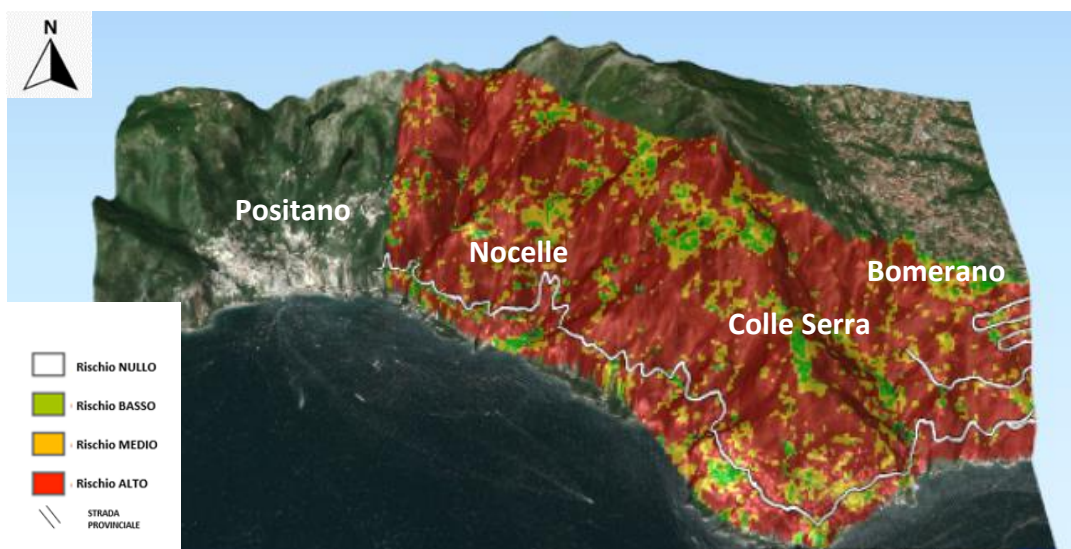
In Alto: collocazione del deposito delle autopompe dei vigili del fuoco.



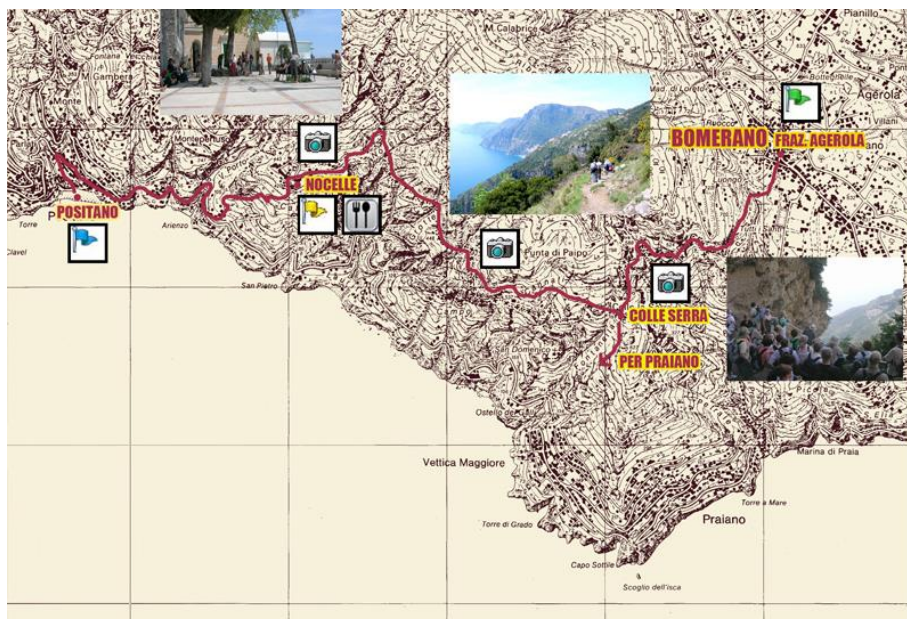
1 b) distanza in km del Distaccamento Provinciale di Maiori in via Madonna Delle Grazie, 84010 Maiori SA dall'incendio di Positano del luglio 2018.

- Il monitoraggio sulla sentieristica dei Monti Lattari

Come è ben noto, i Monti Lattari sono ricchi di sentieri geo-naturalistici, frequentati da turisti ed escursionisti provenienti da tutto il mondo. Tra questi il più noto è “Il sentiero degli Dei”, che attraversa una porzione della nostra carta del rischio, collegando Agerola con Positano, attraversando classi di rischio da MEDIE ad ALTE (immagini sottostanti). Un incendio innescato lungo questi sentieri, oppure un incendio che coinvolge parte del sentiero, causerebbe un immenso danno al turismo e all’economia del luogo, ma soprattutto è un rischio per la messa in sicurezza delle persone presenti sul sentiero, in quanto il sentiero non presenta vie alternative se non il sentiero stesso che attraversa i boschi e le rocce calcaree, e l’unica via di salvezza è per via aeree aspettando gli elicotteri di salvataggio. Si sottolinea che nei mesi estivi il sentiero è frequentato da un migliaio di persone al giorno.



Carta del rischio incendio porzione –Sentiero degli Dei



Sentiero degli Dei (Agerola-Positano) – il sentiero è la linea ROSSA.

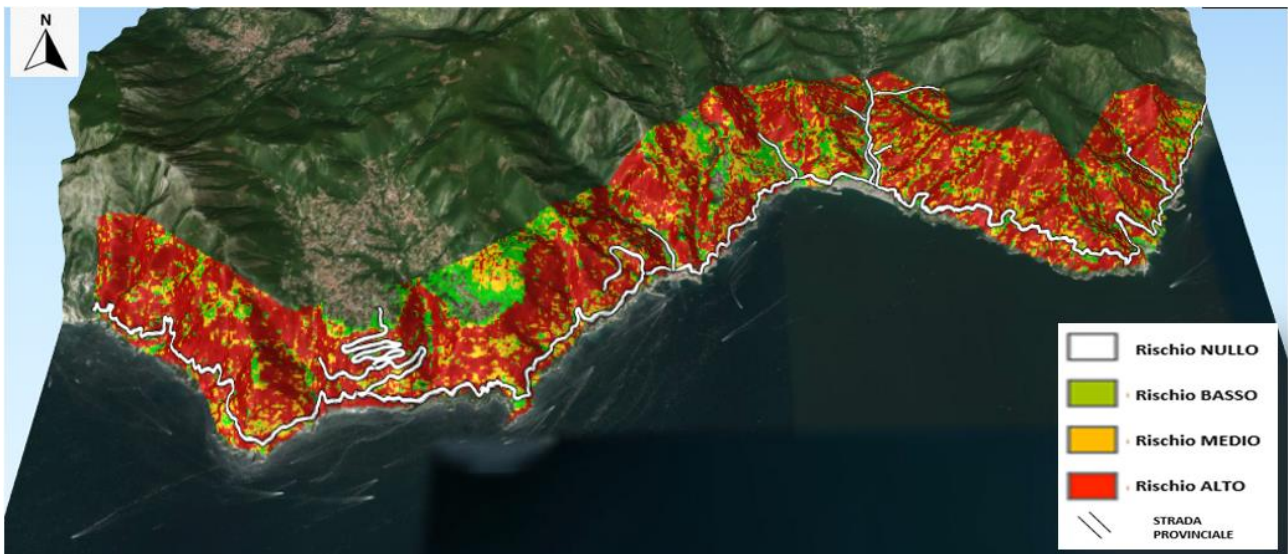
Di seguito si propongono delle norme che potrebbero essere pubblicizzate lungo il sentiero per invogliare gli escursionisti a rispettare non solo l'ambiente, ma anche per evitare che avvengano possibili incendi:

- **Non accendete falò e fuochi nei boschi** durante le escursioni e servitevi delle apposite aree attrezzate.
- **Non abbandonate rifiuti sul terreno**, perché facilmente infiammabili, riponeteli negli appositi contenitori.
- **Non gettare mai mozziconi di sigaretta** o fiammiferi ancora accesi.
- Nei mesi più caldi **non bruciate le stoppie, la paglia e altri residui vegetali** in modo incontrollato.

Conclusioni

- Focus sui risultati del lavoro di tesi

Carta del Rischio innesco incendi boschivi

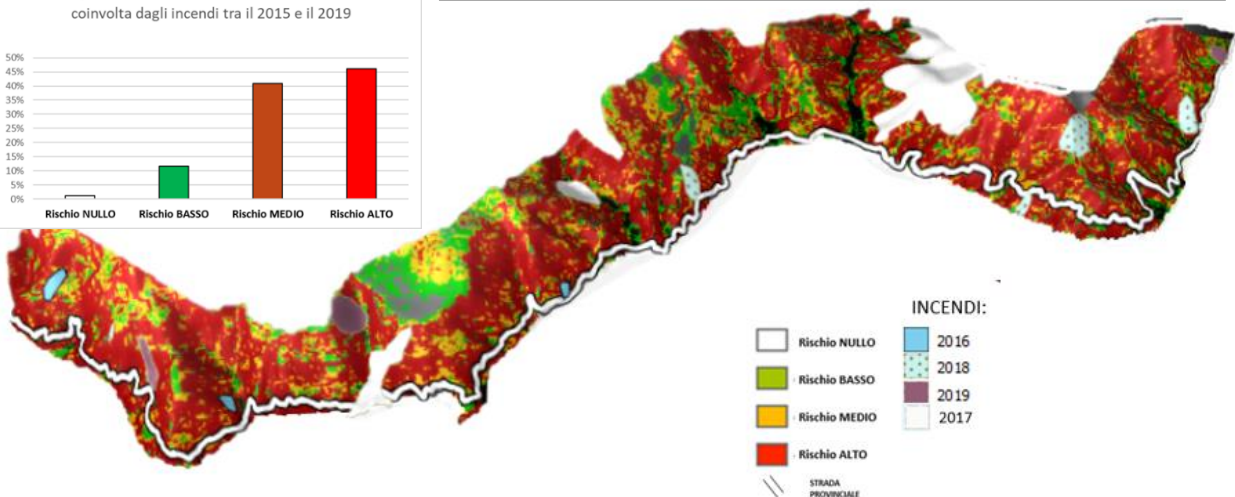
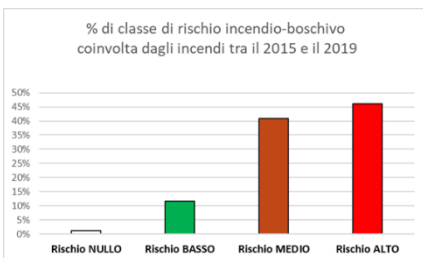


Si riporta il risultato finale ottenuto dal presente lavoro di tesi, frutto dell'elaborazione e dell'analisi dei fattori predisponenti di innesco degli incendi boschivi sul territorio della Costiera Amalfitana. Come già prescritto nel precedente paragrafo 4.5 la maggior parte del territorio ricade in una classe di innesco MEDIO/ALTA (vedi pag. 56).

La carta ha lo scopo di produrre una mappa qualificata del territorio studiato all'interno della quale, per ogni unità cellulare di 20x20 m di lato (riferito al DEM utilizzato per l'elaborazione), venga riportato un valore che esprime la maggiore o minore probabilità che si possa verificare un innesco suddividente in classi di probabilità all'innesco.

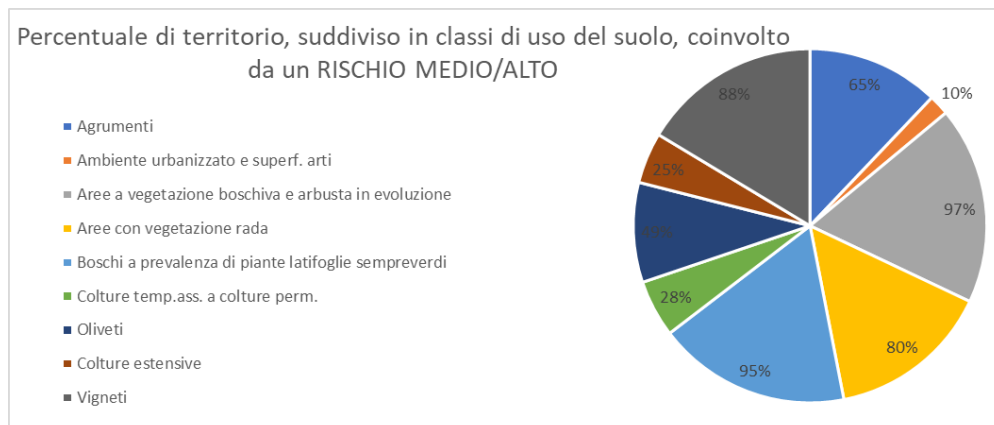
Per avere un riscontro della validazione della carta ottenuta, e nello stesso tempo per perfezionarla, si è svolta una validazione, di natura qualitativa, rispetto ai fenomeni di incendio occorsi nel passato (immagine sottostante).

**Carta degli incendi boschivi dell'ultimo quinquennio
2015-2019**



La validazione è stata svolta sovrapponendo gli incendi, avvenuti nell'ultimo quinquennio nel territorio studiato cartografati in parte con la tecnica della foto-interpretazione digitale su GoogleEarthPro, con la carta del rischio di innesco degli incendi boschivi. Come si può osservare il risultato è da considerarsi più che soddisfacente in quanto una buona percentuale di incendi sono effettivamente ricaduti all'interno delle classi di rischio più sensibili all'innesco.

Alla precedente carta e alla sua validazione con lo studio degli incendi storici, sono seguite ulteriori osservazioni riguardi le classi dell'uso del suolo maggiormente coinvolte dalle classi di innesco MEDIO/ALTE.



Questo grafico a torta (sulla sinistra), oltre ad evidenti osservazioni sulle classi maggiormente coinvolte, come precedentemente commentato nel paragrafo a pag. 60, evidenzia come l'utilizzo di un

sistema geografico riferito (GIS) possa semplificare gli studi dei rischi ai fini della pianificazione del territorio. Il software GIS oltre alla realizzazione della mappa ha permesso di fare osservazioni quantitative, ovvero, studi areali sulla distribuzione delle aree maggiormente a rischio di innesco incendi boschivi e come in questo caso osservazioni "dirette" sulle aree potenzialmente più suscettibili all'innesco.

Inoltre, questo lavoro di tesi ha dimostrato come un sistema GIS semplifica le procedure di sovrapposizione di tematismi cartografici diversi, per cui dalle carte tematiche di base è stato possibile ottenere automaticamente carte di sintesi di tipo numerico, ovvero, ho automatizzato la sovrapposizione dei fattori predisponenti di innesco degli incendi per ottenere la carta finale (pag. 67). Mediante questa tecnica, le classi dei tematismi sono state fatte corrispondere a intervalli di valori numerici, a loro volta risultanti dall'integrazione degli attributi conferiti per i vari tematismi alle singole celle della matrice; per questo lavoro si è scelto di utilizzare le indicazioni del Piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nel triennio 2019-2021, della Regione Campania.

Le basi dei dati che sono state utilizzate per le elaborazioni, costituite da cartografie in formato vettoriale, sono state opportunamente rasterizzate come pixel che coprono 20x20m. I layers ottenuti per ciascun fattore di rischio sono stati incrociati tra loro utilizzando il grado di rischio attribuito ad ogni classe, ottenendo così un indice finale per ogni pixel (maggiore il valore, più alto il rischio) ed è stato successivamente raggruppato in classi di innesco.

Con ciò, ho voluto evidenziare come il risultato raggiunto è stato raggiunto attraverso una combinazione di passaggi in GIS, già descritti nel paragrafo 4.4, utilizzando una banca dati ampia e svolgendo una elaborazione e un'analisi attenta utilizzando diversi tools (paragrafo 4.4)

Conclusioni

Le conseguenze degli incendi sulla funzione protettiva, paesaggistica e ricreativa del bosco sono bene note, producono livelli massimi di attenzione e costituiscono un peso economico rilevante.

Lo studio svolto ha permesso di affrontare il problema degli incendi boschivi da un punto di vista innovativo; l'utilizzazione di un modello basato su analisi multi criteriali sviluppate in ambiente GIS, fornisce un supporto alle decisioni per la pianificazione antincendio.

La precisa mappatura ottenuta nelle varie fasi del lavoro, integrando ai dati degli incendi forniti dai Vigili del Fuoco di Salerno con un nuovo metodo di foto-interpretazione digitale che è servito per cartografare gli incendi passati, ha permesso di individuare con maggiore accuratezza gli ambienti territoriali più a rischio, su cui adottare in maniera efficiente ed efficace le future misure di previsione e pianificazione.

In conclusione si può affermare che:

- La produzione della carta del rischio incendio boschivo in ambiente GIS ha molteplici utilità. Una interrogazione puntuale, effettuata addirittura anche per ogni singolo pixel (area < 20m²), condotta in ambiente GIS o webGIS, permette di definire, ad esempio, le strategie da adoperare per la lotta attiva; oppure consente di stabilire le priorità per gli interventi selvicolturali preventivi, tesi cioè alla riduzione del rischio di incendio;
- L'analisi della carta del rischio del territorio campano, porzione Costa d'Amalfi, è di fondamentale importanza, in quanto, le vie di comunicazione sono minime ed i presidi sono localizzati in zone distanti;
- Grazie all'analisi dei fattori predisponenti e il suo prodotto finale della carta del rischio innesco sarà possibile, nota la collocazione dei futuri incendi, verificare se essi ricadranno all'interno di aree già individuate dalla carta del rischio innesco come porzioni di territorio a rischio MEDIO/ALTO sulla base dei fattori di innesco (pendenza, uso del suolo, esposizione) , oppure, se ricadono fuori da queste classi e la cui causa di innesco potrebbe essere ricercata anche in altri fattori di innesco;
- La morfologia, l'esposizione e l'uso del suolo della costiera Amalfitana presentano caratteristiche fortemente predisponenti al fenomeno dell'incendio;
- L'analisi sulle porzioni di territorio coinvolte dal rischio Medio/Alto ha evidenziato che sono potenzialmente a rischio le coltivazioni d'eccellenza della zona (agrumeti 65% e vigneti 88%); il loro incendiarsi comporterebbe un danno economico quasi irreversibile;
- L'analisi dell'uso del suolo ha evidenziato che nonostante le zone con vegetazione rada presenti nella porzione di territorio studiata rappresentino solo il 3.2%, per l'80% ricadono in classi a rischio MEDIO/ALTO. Questo risultato è importante in termini di pianificazione e

monitoraggio di territorio, in quanto si potrebbe verificare e controllare che in quelle porzioni di territorio non vengano accesi falò e che non vengano gettati rifiuti facilmente infiammabili sul terreno;

- La carta del rischio di innesco potrebbe essere di aiuto anche ai gestori del AIGAE (Guida Ambientale Escursionistica) e del CAI (Club Alpino Italiano), per la sentieristica dei Monti Lattari, in quanto è un mezzo intuitivo e facilmente comprensibile per individuare le zone più sensibile all'incendio ed intervenire con mezzi per sensibilizzare gli escursionisti;
- L'APP mobile SMA della Regione Campania è uno strumento essenziale per gli abitanti della Costiera Amalfitana in quanto permette in tempo reale la segnalazione degli incendi geolocalizzata con l'immediato avviso alle squadre d'intervento; un futuro progetto potrebbe essere quello di sensibilizzare i cittadini al suo utilizzo.

Un obiettivo futuro potrebbe essere quello di realizzare una carta della gravità dell'area, considerando l'immenso patrimonio dei Monti Lattari geo-ambientale e agro-alimentare.

Bibliografia

Accademia Italiana di Scienze Forestali, Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1980 “Terminologia Forestale, scienze forestali, tecnica, pratica e prodotti forestali” versione italiana.

Cona F., Vitelli L., Tecniche GIS per la valutazione d’incendio boschivo nel territorio del Parco Nazionale del Vesuvio.

DOMENICHINI P., CASTIGLIA B., 2005 “Manuale Operativo per la lotta contro gli incendi boschivi” Erga edizioni, Genova.

QGIS and Forest Fire Risk Mapping in Portugal, by Pedro Venancio (2012).

Parco dei Monti Lattari.

<http://www.parcoregionaledeimontilattari.it/index.php?action=index&p=407>.

Piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nel triennio 2019-2021.

Regione Calabria – Assessorato Agricoltura Foreste e Forestazione (2006) Piano forestale regionale 2007 – 2013.