



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN : SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

# ANALISI POST-INCENDIO NELLA PINETA DANNUNZIANA DI PESCARA

*POST-FIRE ANALYSIS IN THE “DANNUNZIANA  
PINEWOOD” IN PESCARA*

Tesi di:  
FEDERICA QUARCHIONI

*Federica Quarchioni*

Relatore:  
PROF. CARLO URBINATI

*Carlo Urbinati*

Correlatori:  
DOTT. FRANCESCO MALANDRA

*Francesco Malandra*

DOTT. MATTEO COLAROSSO

*Matteo Colarossi*

ANNO ACCADEMICO 2020-2021  
SESSIONE DICEMBRE 2021

# INDICE

1. INTRODUZIONE .....	2
1.1. CONTESTUALIZZAZIONE E OBIETTIVI DELLA TESI .....	2
1.2. ECOLOGIA DEL FUOCO E BREVE STORIA DEGLI INCENDI FORESTALI NELL'AREA MEDITERRANEA.....	3
1.3. GLI INCENDI FORESTALI IN ITALIA .....	6
1.3.1 La situazione in Italia .....	6
1.3.2 La situazione in Abruzzo .....	9
1.4. IL SISTEMA ANTI INCENDIO BOSCHIVO IN ITALIA E IN ABRUZZO .....	11
1.4.1 La situazione in Italia .....	11
1.4.2 La situazione in Abruzzo .....	14
2. MATERIALI E METODI .....	16
2.1 AREA DI STUDIO .....	16
2.1.1 Caratteri generali della pineta dannunziana.....	16
2.1.2 Caratteri vegetazionali .....	19
2.1.3 Caratteri climatici .....	21
2.2 L'INCENDIO FORESTALE DELLA PINETA DANNUNZIANA 2021 .....	24
2.2.1 Raccolta delle immagini satellitari .....	26
2.2.2 Verifica dei dati a terra.....	28
3. RISULTATI E DISCUSSIONE .....	31
3.1 CAMBIAMENTI DI COPERTURA DELLA PINETA.....	31
3.2 PERIMETRAZIONE E SEVERITA' DELL'INCENDIO.....	32
3.3 DANNI DA INCENDIO DELLA RISERVA IN UN CONTESTO URBANO .....	37
4. CONCLUSIONI .....	39
5. BIBLIOGRAFIA.....	40
6. SITOGRAFIA .....	41
7. RINGRAZIAMENTI .....	42

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1. CONTESTUALIZZAZIONE E OBIETTIVI DELLA TESI

Gli ecosistemi forestali differiscono tra loro nella struttura, nelle funzioni che svolgono e nella presenza di specie sia vegetali che animali.

Tale eterogeneità di habitat e specie nello spazio e nel tempo viene definita biodiversità, la quale a sua volta è definita come "la variabilità degli organismi viventi di qualsiasi origine comprendente quella degli organismi terrestri, marini e degli ecosistemi acquatici ed i complessi ecologici di cui fanno parte: essa comprende la diversità all'interno di ogni specie, tra le specie e degli ecosistemi" (UNEP, 1992).

I disturbi, siano essi naturali od antropici, sono importanti fattori che influiscono sulla biodiversità, in quanto esercitano un forte controllo su presenza e distribuzione delle specie e sulla struttura del bosco (Frelich 2002; Kuuluvainen 2002).

Tutti gli ambienti sono caratterizzati da disturbi e gli incendi boschivi sono uno dei principali fattori di disturbo nei nostri ecosistemi. In particolare l'effetto principale sulla vegetazione arborea consiste nel danneggiamento, parziale o totale, della copertura forestale, che può interessare nei casi di massima intensità del fronte di fiamma, anche l'intero soprassuolo (Bovio et al. 2001). Quindi il fuoco effettua una selezione sulla vegetazione, favorendo gli individui in grado di proteggersi dalle alte temperature o in grado di rinnovarsi per via gamica o agamica riuscendo quindi ad adattarsi meglio a questa condizione.

Negli ultimi anni il problema degli incendi boschivi ha assunto dimensioni a dir poco drammatiche, tanto da scatenare la preoccupazione dell'opinione pubblica ed associazioni. Certo è che nel bacino del Mediterraneo, dagli anni '60 ad oggi, l'andamento generale del numero di incendi e delle aree bruciate (principalmente penisola iberica, italiana, greca e isole circostanti) sono aumentate in modo esponenziale (Brutti 2017).

Nell'ultimo ventennio gli anni con la maggiore quantità di superficie boschiva percorsa dal fuoco sono stati il 2007, il 2017 e il 2021.

Quest'ultimo è stato un anno particolare per gli incendi dovuti soprattutto alle alte temperature accompagnate da lunghi periodi di siccità estiva, infatti dall'inizio dell'anno 2021 ad oggi in Italia sono andati "in fumo" oltre 140mila ettari di bosco (EFFIS European Forest Information System), numeri talmente alti da superare il primato negativo del 2017.

Gli incendi sono un "fenomeno complesso" che rende molto difficile trovare soluzioni semplici da comunicare. Per non affrontare questa complessità spesso si finisce col parlare solo di dolo, o di inefficienza dei sistemi di sorveglianza anche se l'emergenza criminale, soprattutto in alcune regioni, e l'azione di incendiari è una parte fondamentale della causa degli incendi boschivi. (Legambiente e SISEF-2021).

Secondo i dati del Rapporto Ecomafia 2021 di Legambiente, nel 2020 sono stati percorsi dal fuoco 62.623 ettari (+ 18% rispetto all'anno precedente) con 4.233 reati accertati (in crescita del 8,1% rispetto al 2019) con 552 persone denunciate per reati di incendio doloso e colposo (+ 25,2% rispetto al 2019).

Tuttavia ricondurre il fenomeno incendi alla sola criminalità o agli atti di incendiari o di piromani, non deve essere una semplificazione del problema che è molto più ampio e comprende tutta la filiera della prevenzione in cui il governo del territorio, la gestione del

nostro patrimonio forestale e la prevenzione devono essere considerati insieme per comprendere il fenomeno e trovare le soluzioni per gestirlo. (Legambiente/SISEF 2021).

La drammatica occorrenza di un incendio che il 1° agosto 2021 ha colpito la riserva naturale di interesse provinciale “Pineta Dannunziana” di Pescara ha fornito l’occasione all’area Sistemi Forestali del D3A in collaborazione con il gruppo di geomatica del DICEA di analizzare gli effetti del fuoco sulla vegetazione arboreo-arbustiva in un’area protetta (L.R. 18 maggio 2000 n.96) localizzata di fatto all’interno del tessuto urbano della città di Pescara. Gli obiettivi del progetto sono quelli di valutare la severità dell’incendio avvenuto, monitorare le dinamiche vegetazionali a seguito dell’incendio, nonché fornire alcune indicazioni per la gestione sostenibile dell’area. L’evento ha creato un’accesa discussione non solo sull’adeguatezza della gestione preventiva del rischio incendio in tale ambito, ma anche sull’opportunità di mantenere aree a riserva integrale in un ambiente urbano. In questa tesi gli obiettivi posti sono i seguenti:

- Perimetrare mediante immagini telerilevate l’incendio avvenuto,
- Calcolare la severità dell’incendio da remoto subito dopo l’evento e dopo un mese da esso,
- Calibrare i dati telerilevati con campionamenti a terra,
- Discutere su alcune criticità rilevate nel Piano di Assetto Naturalistico (PAN) in merito alla gestione della pineta.

## 1.2. ECOLOGIA DEL FUOCO E BREVE STORIA DEGLI INCENDI FORESTALI NELL’AREA MEDITERRANEA

Per comprendere il fuoco come processo intrinseco degli ecosistemi forestali dobbiamo procedere a ritroso fino a trecento milioni di anni fa. All’epoca, la concentrazione dell’ossigeno in atmosfera era più alta, e la vegetazione ricopriva i continenti; fulmini e vulcani fungevano da innesco per gli incendi. (boschi vi <https://sisef.org/2021/06/17/>).

Tutto ciò ci è noto grazie alla pedo-antracologia, una disciplina che, studiando i carboni vegetali estratti da scavi archeologici, ha permesso di capire che i boschi sono sempre bruciati quando nessuno si adoperava nello spegnimento delle fiamme. Di conseguenza incendi vastissimi percorrevano i continenti per mesi modellando gli ecosistemi.

Nella macchia mediterranea, ad esempio, sono presenti numerose associazioni di piante che mostrano vari gradi di sclerofillia (foglie piccole, stomi protetti, cuticole ispessite, cere...) e una diffusa presenza di oli, resine e sostanze volatili facilmente infiammabili. Questi adattamenti, motivati dalle necessità del clima in cui tali piante si sviluppano, espongono le piante al rischio di incendio donandogli una maggiore infiammabilità. (<http://www.regione.piemonte>).

Tuttavia, i boschi sono ampiamente presenti, infatti le piante sono riuscite ad adattarsi al disturbo da fuoco e in milioni di anni hanno sviluppato meccanismi efficienti per resistere al

calore e riprodursi. (<https://sisef.org/2021/06/17>). Tra questi sistemi troviamo la riproduzione vegetativa attraverso polloni radicali e la riproduzione da seme favorita dal fuoco.

E' utile precisare che:

- I polloni radicali sono dei getti che la pianta emette dalle radici quando la parte esterna dal suolo viene danneggiata, ad esempio dal fuoco. Tuttavia non tutte le piante hanno una vigoria e una forza tale da consentirgli un efficiente ricaccio pollonifero, si riproducono bene in questo modo, il leccio (*Quercus ilex*), l'olivo (*Olea europaea*) e la ginestra (*Spartium junceum*).
- I semi di diverse specie come *Avena sterilis* e varie specie di *Cistus* germinano più facilmente se esposti al calore il quale rompe i tegumenti interni del seme favorendone l'imbibizione e la successiva germinazione.
- Altre piante come Il pino di Aleppo (*Pinus halepensis*), reagiscono in maniera favorevole alla presenza di carbone nel suolo.
- In alcune specie di conifere sono presenti strobili serotini la cui disseminazione avviene solo al raggiungimento di temperature molto elevate (tra i 120° e i 140°C) le quali distruggendo il rivestimento di resina, rendono possibile l'apertura delle squame e quindi la disseminazione. Ne sono un esempio alcune specie appartenenti ai generi *Pinus*, *Cupressus* e *Picea*.

Le specie che, con gli anni, hanno sviluppato tali adattamenti sono dette pirofite e possono essere distinte in passive o attive secondo la seguente tipologia:

- *pirofite passive*: mostrano adattamenti che consentono la sopravvivenza dell'individuo (es. la corteccia ispessita e suberizzata come in *Quercus suber*);
- *pirofite attive*: possono subire anche numerosi danni fino alla totale distruzione della parte aerea, ma sono comunque in grado di riprendersi dopo il trauma. Ad esempio piante erbacee con bulbi o rizomi o piante arbustive e arboree con buona capacità pollonifera.  
Queste, inoltre, sono in molti casi dotate di semi piuttosto leggeri, provvisti di ampie ali come in alcuni pini, facilmente trasportabili dal vento e quindi in grado di colonizzare le aree bruciate.

In realtà tutte le piante possono bruciare: carbonio, idrogeno e ossigeno contenuti nella cellulosa e lignina, se riscaldati, attivano a reazioni che producono gas infiammabili. Tuttavia, perché il fuoco si propaghi, i tessuti vegetali devono disidratarsi e riscaldarsi velocemente e produrre molto calore, altrimenti il fuoco si spegne. (boschivi<https://sisef.org/2021/06/17/>). Si dovranno quindi adottare delle misure che permettano di ridurre l'infiammabilità di una cenosi vegetale rendendo di conseguenza più sicura anche la lotta attiva.

Per quanto riguarda l'intera penisola italiana, il dal report del WWF "Il Mediterraneo brucia" pubblicato nel 2021, indica una superficie bruciata media annua di 72.945 ettari, con la quale l'Italia si posiziona al di sopra della media dei paesi del bacino del Mediterraneo (poco più di 62.000 ettari) ed è terza dietro a Portogallo e Spagna (Tabella 1.1).

Tuttavia negli ultimi anni globalmente, si è assistito ad una diminuzione numerica degli incendi, ma ad un aumento dell'estensione delle superfici percorse dal fuoco e i costi che le amministrazioni devono investire nello spegnimento. Considerando solo il passato 2020 si sono verificati 7 incendi che hanno coinvolto aree estese oltre i 500 ettari, il più grande dei quali ha bruciato oltre 3.000 ettari di bosco.

	N° of fires	Area Burnt	% n° of fires per forest area	% forest area of the country burned each year
Spain	12,174	96,406	0.05	0.35
France	1,645	7,032	0.04	0.18
Greece	9,222	50,202	0.14	0.77
Italy	7,855	72,945	0.07	0.66
Portugal	22,693	139,672	0.46	2.84
Turkey	2,397	6,665	0.01	0.03

*Tabella 1.1: Numero medio di incendi e aree colpite del fuoco negli anni tra 2009 e 2018 (Fonte: WWF dalle serie statistiche ufficiali dei paesi mediterranei e il sistema europeo di informazione sugli incendi boschivi)*

Il progressivo abbandono, sociale e colturale, delle aree rurali negli ultimi 60 anni e il conseguente avanzamento della vegetazione spontanea hanno creato condizioni estremamente favorevoli all'aumento del rischio incendio. Determinante è inoltre l'aumento significativo delle temperature medie globali provocate dal cambiamento climatico; la siccità, i venti caldi, le temperature elevate raggiunte nelle stagioni estive diventano quindi vettori che facilitano la diffusione e la propagazione del fuoco (<https://www.greenpeace.org>).

Nei Paesi del Mediterraneo settentrionale continua la pericolosa tendenza dei grandi incendi forestali (Figura 1.1 e 1.2), cioè quelli con superfici agro-forestali superiori a 500. Tra il 2009 e il 2018, questi hanno rappresentato appena lo 0,15% all'anno del totale degli incendi, ma hanno prodotto gli effetti più drammatici, poiché hanno distrutto il 35% della superficie totale colpita dal fuoco. (WWF – il Mediterraneo brucia).

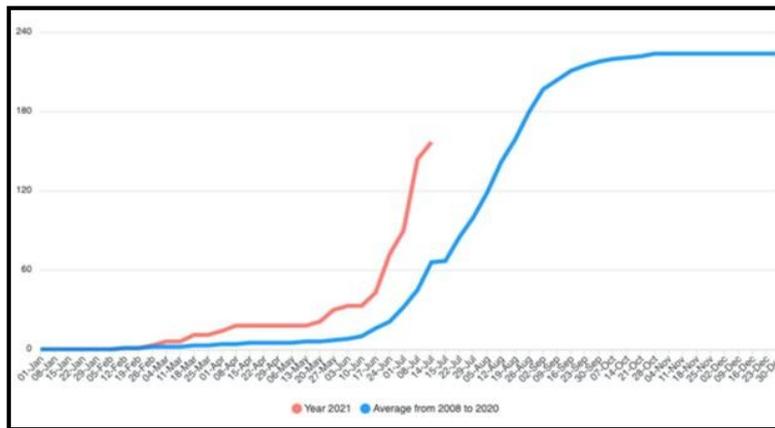


Figura 1.1: Numero di incendi nell'area mediterranea fino al 14/7/ 2021 in relazione alla media del periodo 2008-2020 (Fonte: EFFIS)

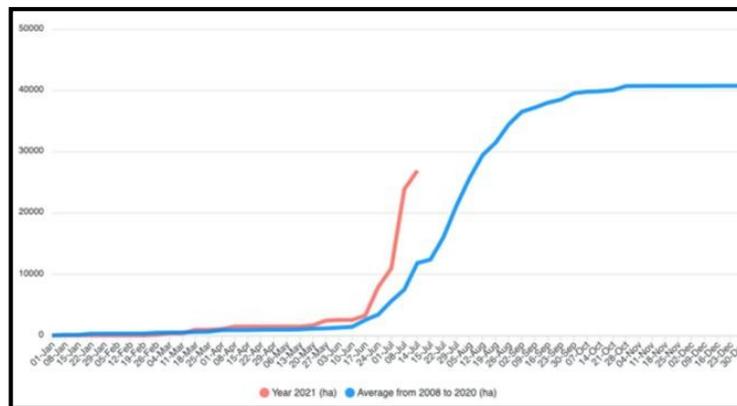


Figura 1.2: Superficie bruciata (ha) nell'area mediterranea fino al 14/7/2021 in relazione alla media del periodo 2008-2020 (Fonte: EFFIS)

Di conseguenza sarà utile definire la tipologia dell'evento in relazione alla sua intensità, diffusione e gravità al fine di fornire informazioni di natura operativa da adottare nella fase di estinzione dell'incendio, oltre che per supportare decisioni in merito alla operatività ed efficacia di interventi di lotta diretta o indiretta.

Uno degli indici qualitativi più utilizzati per quantificare gli effetti del fuoco sulla vegetazione e sul suolo è l'indice di severità. Esistono diverse definizioni della severità di un incendio ma in generale essa è collegata alla misura in cui un ecosistema è modificato dal fuoco o al tipo di risposta dell'ecosistema in seguito all'incendio stesso (Key et al., 2005).

### 1.3. GLI INCENDI FORESTALI IN ITALIA

#### 1.3.1 La situazione in Italia

Dal 1° gennaio al 14 luglio 2021 l'EFFIS ha registrato in Italia in totale 157 incendi di superficie maggiore di 30 ha, mentre la media annua tra il 2008 e il 2020 si attesta a 66 incendi. Inoltre, nello stesso arco di tempo la superficie totale incendiata ammonta a 26.931 ha, oltre il 125% della media del periodo 2008-2020, fino a quella data.

In Italia nel 2020 il pericolo medio di incendio durante la stagione degli incendi è stato leggermente inferiore alla media, anche se in realtà, tali eventi altalenanti intorno alla media sono presenti molto spesso nel corso degli anni. (Figura 1.3 – 1.4).

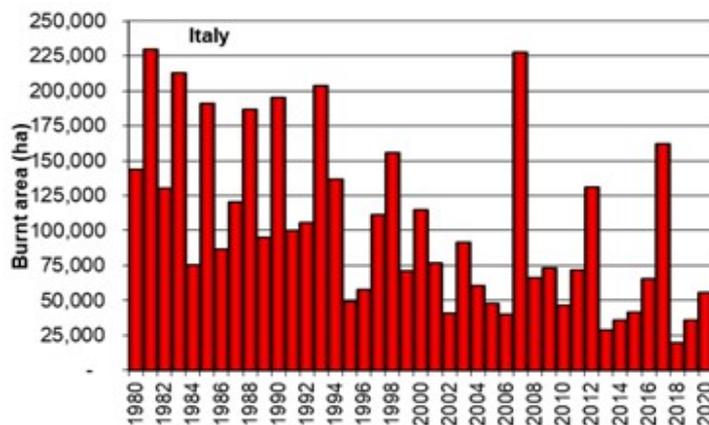


Figura 1.3: Aree bruciate in Italia dal 1980 al 2020 (Fonte EFFIS 2020)

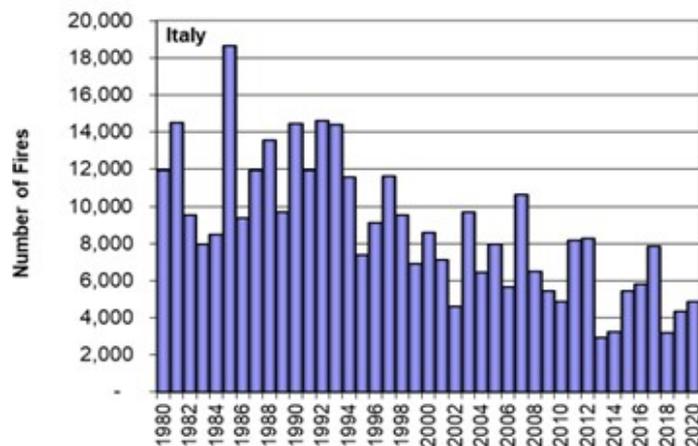


Figura 1.4: Numero di incendi in Italia dal 1980 al 2020 (Fonte EFFIS 2020)

Sebbene gli incendi boschivi siano un fenomeno ciclico e ricorrente all'interno di ogni ecosistema, i comprovati scenari del cambiamento climatico, insieme alla continua trasformazione sociale, economica e ambientale del territorio, indicano situazioni di emergenza più complesse.

È infatti atteso l'incremento della pericolosità di incendio, lo spostamento altitudinale delle zone vulnerabili, l'allungamento della stagione degli incendi (in Italia nel passato si stimava tra giugno ed agosto, ma oggi si è arrivati a comprendere anche tutto il mese di settembre) e l'aumento delle giornate con pericolosità estrema che, a loro volta, si potranno tradurre in un aumento delle superfici percorse con conseguente incremento nelle emissioni di gas a effetto serra e particolato.

Il 2021 è stato per la penisola italiana uno dei peggiori anni per gli incendi boschivi, il fuoco infatti ha facilmente raggiunto estensioni importanti in Sardegna (Montiferru oltre 10.000 ettari), Sicilia e Calabria ma anche in Abruzzo, dove gli incendi hanno percorso soprattutto i boschi delle province di L'Aquila e Pescara.

Tra questi ritroviamo l'incendio di Pescara che lo scorso 1° agosto ha interessato la Riserva Dannunziana e l'area urbana limitrofa, spingendo le persone a fuggire sulla spiaggia (dinamica che spesso è risultata fatale come nel caso dell'incendio di Peschici nel 2007, o in Grecia nel 2018).

Tali eventi vengono definiti "estremi", in quanto superano la capacità di controllo, con una intensità superiore ai 10.000 kW/m ed una velocità di propagazione oltre i 3 km/h, e sono caratterizzati da elevati impatti e rischi. (Legambiente 2021).

I numeri sono preoccupanti: rispetto al 2020, gli interventi dei vigili del fuoco per incendi boschivi nel periodo che va dal 15 giugno all'8 agosto 2021 sono quasi raddoppiati, 44.442 contro 26.158 dello stesso periodo: il livello risultava essere già lo stesso di quello del 2017, quando furono 45.704. (<https://www.today.it/cronaca/incendi>).

In Italia, a differenza di quanto già avvenuto in Grecia, Spagna e Portogallo, i grandi incendi che hanno provocato danni ambientali ed economici ingenti non sono stati finora accompagnati da significative perdite di vite umane. Considerando però il contesto climatico e territoriale del nostro paese, il rischio che una situazione di questo tipo si verifichi in un prossimo futuro è molto alto.

Tuttavia, possediamo già tutte le conoscenze e le competenze necessarie a pianificare e applicare corrette politiche di prevenzione e di gestione del fenomeno degli incendi boschivi bisogna quindi farsi trovare preparati, affinché le conseguenze del cambiamento climatico non si trasformino in prevedibili "fatalità". (<https://sisef.org/2021/08/04/>).

Nel 2020 nella penisola italiana risultano essere la Sardegna e la Campania le regioni più colpite dagli incendi in ambito numerico, seguite con un distacco netto dalla Calabria, Sicilia e Puglia. (Tabella 1.2)

	Num. fires	% share of fires	Forest	Non-forest	Total
ABRUZZO	62	1.3	1299.3	405.9	1705.2
BASILICATA	184	3.8	816.3	466.6	1282.8
BOLZANO	20	0.4	2.2	0.4	2.6
CALABRIA	593	12.2	3666.4	898.4	4564.8
CAMPANIA	704	14.5	4498.8	610.3	5109.1
EMILIAR.	82	1.7	49.6	14.2	63.7
FRIULI	66	1.4	17.2	52.2	69.5
LAZIO	303	6.2	3129.5	753.1	3882.6
LIGURIA	106	2.2	90.3	26.7	117.0
LOMBARDIA	143	2.9	1195.0	136.7	1331.7
MARCHE	30	0.6	32.9	37.8	70.8
MOLISE	67	1.4	268.0	761.2	1029.1
PIEMONTE	134	2.8	439.5	287.3	726.8
PUGLIA	395	8.1	1472.3	2119.2	3591.5
SARDEGNA	1008	20.7	2043.1	5941.9	7985.0
SICILIA	575	11.8	11627.0	11820.0	23447.0
TOSCANA	242	5.0	209.2	151.2	360.4
TRENTO	12	0.3	2.1	1.0	3.1
UMBRIA	51	1.1	143.3	55.8	199.1
VALLE D'AOSTA	43	0.9	1.3	1.4	2.8
VENETO	45	0.9	57.0	55.0	112.0
TOTAL	4865	1.00	31060.3	24596.2	55656.5

Tabella 1.2: Numero di incendi e superficie bruciata in Italia suddivisi per regioni nel 2020 (Fonte: EFFIS 2020)

### 1.3.2 La situazione in Abruzzo

La regione Abruzzo, ha una superficie forestale di quasi 400.000 ettari, divisa tra formazioni forestali montane situate al di sopra dei 1000 m.s.l.m. e da boschi collinari e rimboschimenti realizzati nel corso del secolo scorso (Tabella 1.3-1.4) (Fonte: protezione civile Abruzzo).

<b>Categoria Forestale</b>	<b>Superficie (Ha)</b>
Faggete	122.402
Boschi a rovere, roverella e farnia	81.779
Cerrete, boschi di farnetto	30.741
Castagneti	5.068
Orto-ostrieti	46.145
Boschi igrofilii	20.270
Leccete	48.760
Altri boschi di caducifoglie	8.687
<b>Totale latifoglie</b>	<b>363.852</b>

Tabella 1.3: Formazioni vegetali di latifoglie regione Abruzzo (Fonte: Aree forestali protezione civile regione Abruzzo)

<b>Categoria Forestale</b>	<b>Superficie (Ha)</b>
Boschi di abete rosso	362
Boschi di abete bianco	724
Pinete di pino silvestre e montano	1.086
Pinete di pino nero, laricio e loricato	19.158
Pinete di pini mediterranei	2.534
Alti boschi di conifere	1.448
<b>Totale conifere</b>	<b>25.312</b>

Tabella 2: Tabella 1.4: Formazioni vegetali di conifere regione Abruzzo (Fonte: Aree forestali protezione civile regione Abruzzo)

Circa il 30% del territorio regionale è occupato da aree protette, fattore che favorisce una maggiore vigilanza di tali aree e in alcuni casi una maggiore possibilità di interventi di conservazione e manutenzione soprattutto a carico dei soprassuoli forestali.

Un'altra parte del territorio risulta essere occupato da aree agricole o adibite all'uso zootecnico; tuttavia, una rapida diminuzione di tali attività causata in gran parte degli elevati costi di utilizzazione e delle caratteristiche dei soprassuoli forestali abruzzesi (morfologia,

qualità dei prodotti, etc.), ha favorito una graduale estensione delle superfici boscate, che con il tempo hanno gradualmente rioccupato le superfici sottratte.

A tale fenomeno si è aggiunta, a una progressiva diminuzione dell'utilizzo produttivo delle superfici forestali che ha comportato un accumulo sempre maggiore di necromassa al suolo e una chiusura del bosco.

Ciò ha determinato uno stato dei soprassuoli forestali caratterizzato dalla mancanza di operazioni selvicolturali, da disordine strutturale e dalla progressiva riduzione della distanza tra le aree urbane dei centri montani e le aree forestali di neoformazione che favorisce il pericolo degli incendi di interfaccia bosco-abitati (Protezione civile Abruzzo).

Nel 2007 l'Abruzzo ha visto 117 amministrazioni comunali alle prese con l'emergenza incendi. In particolare dal 2004 al 2007 ha visto quadruplicare non solo gli incendi ma anche i territori comunali distrutti dalle fiamme (Tabella 1.5) (Legambiente 2008).

Regione Abruzzo	2004		2005		2006		2007	
	incendi	ha bruciati	incendi	ha bruciati	incendi	ha bruciati	incendi	ha bruciati
Pescara	4	42	4	23	6	66	43	3.817
Teramo	17	51	4	11	19	34	64	354
L'Aquila	16	378	23	219	10	45	59	10.390
Chieti	17	135	9	94	21	195	108	6.606
TOTALE	54	606	40	347	56	340	274	21.167

Tabella 1.5: Incendi ed ettari percorsi dal fuoco nel quadriennio 2004-2007 (Fonte: Corpo forestale dello Stato - Elaborazione Legambiente 2008)

Grazie poi ad un monitoraggio svolto da Legambiente e dal Dipartimento della Protezione Civile, è stato possibile concentrarsi su tutti i Comuni abruzzesi che hanno subito incendi di estensione pari o superiore a dieci ettari nel quadriennio 2007-2010 (Tabella 1.6).

Regione Abruzzo	2007		2008		2009		2010	
	incendi	ha bruciati	incendi	ha bruciati	incendi	ha bruciati	incendi	ha bruciati
Pescara	43	3.817	6	66	1	2	6	63
Teramo	64	354	11	18	9	12	12	77
L'Aquila	59	10.390	39	165	9	106	11	18
Chieti	108	6.606	39	190	15	39	35	221
TOTALE	274	21.167	95	439	34	159	64	379

Tabella 1.6: Incendi e ettari di superficie percorsa dal fuoco nel quadriennio 2007-2010 in Abruzzo (Fonte: Corpo forestale dello Stato – Elaborazione Legambiente 2011)

In un'analisi svolta da Legambiente nel 2017 l'Abruzzo si colloca al 10° posto nella classifica regionale, con un totale di 366 ettari bruciati considerando le provincie di Pescara e L'Aquila (315 ettari nell'incendio del 11/07/2017 di Pescara e 51 ettari in quello del 19/07/2017 dell'Aquila).

Nel 2020 il numero di incendi non è aumentato di molto rispetto agli anni precedenti.

Infatti sono stati riscontrati 62 incendi, ma la differenza più importante con gli anni passati sta nella superficie bruciata che ha raggiunto un totale di 1705,17 ettari, di cui 1299,31 ettari sono di vegetazione boscata e i restanti 405,86 di superficie non boscata (Fonte: Comando Carabinieri Forestali Abruzzo e Molise).

#### 1.4. IL SISTEMA ANTI INCENDIO BOSCHIVO IN ITALIA E IN ABRUZZO

##### 1.4.1 La situazione in Italia

Per anni, nell'immaginario collettivo ha prevalso la convinzione che investire risorse nello spegnere le fiamme fosse l'unico modo per contrastare in maniera efficace gli incendi.

Oggi finalmente, grazie alle numerose conoscenze scientifiche acquisite e a una maggiore capacità comunicativa del mondo della ricerca, si fa strada nell'opinione pubblica la consapevolezza che la strada dell'estinzione è sì un ingrediente fondamentale del governo degli incendi ma, deve essere sempre abbinato ad un'efficiente attività di pianificazione e prevenzione.

La prevenzione può essere interpretata in diversi modi, tra cui poter contare su personale qualificato dotato di attrezzature idonee e organizzato in una struttura pronta a risposte immediate, organizzare il territorio a rischio incendi con una viabilità interna e dotarlo di infrastrutture di supporto alla lotta attiva (es. viali tagliafuoco), gestire il "combustibile" in modo da ridurre l'intensità e la velocità del fronte di fiamma e, nello stesso tempo, ridurre il rischio per chi vive nell'area o si impegna nelle operazioni di estinzione.

La Legge Quadro n. 353 del 21 Novembre 2000 attribuisce alle regioni la responsabilità delle operazioni di prevenzione e pianificazione del rischio, la programmazione della lotta attiva tramite il coordinamento delle proprie strutture antincendio con quelle statali, e l'istituzione sale operative unificate permanenti (SOUP). (Protezione civile Abruzzo)

Questa definì per la prima volta l'incendio boschivo come *"un fuoco con suscettività ad espandersi su aree boscate, cespugliate o erborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate poste all'interno delle predette aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree"* (Parlamento italiano s.d.).

Ad oggi alle regioni spetta unicamente il compito di approvare il piano (con revisione annuale) all'interno del quale si vadano ad individuare:

- le aree più interessate dal fenomeno,
- le cause determinanti allo sviluppo del fuoco,
- le aree percorse dal fuoco nella stagione precedente.

Tale piano viene redatto per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi (Piano AIB), sulla base delle linee guida e delle direttive emanate.

Alle regioni spetta anche il compito di controllare e tutelare, tramite la Sala Operativa Unificata Permanente (S.O.U.P), la gestione e il coordinamento dei mezzi aerei e delle squadre antincendio a terra, il coordinamento con le squadre antincendio boschivo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco il cui personale svolge la funzione di Direzione delle Operazioni di

Spegnimento (DOS), delle squadre antincendio boschivo delle associazioni di volontariato e, laddove la situazione di particolare pericolo lo richiedesse, anche l'intervento delle Forze militari e della Polizia di Stato. (dossier incendi- Legambiente 2017).

Questo prevede quindi che la Regione abbia innanzitutto un sistema di intervento a terra, dotato di mezzi e operatori antincendio idoneo. È inoltre esclusivamente la Regione, tramite la SOUP, che può chiedere a livello nazionale, al COAU (Centro Operativo Aereo Unificato), l'intervento della flotta aerea dello Stato laddove la situazione fosse di particolare gravità o pericolo (Legambiente 2017).

Inoltre a seguito dell'emanazione del Decreto Legislativo 19 agosto 2016 n. 177 si è assistito ad una distinzione delle funzioni in capo all'ex Corpo Forestale dello Stato assegnando quelle investigative e repressive dei reati di incendio boschivo e per la perimetrazione ufficiale delle aree percorse dal fuoco all'Arma dei Carabinieri, in cui sono transitati 6.754 tra dirigenti e ex agenti del Corpo forestale, e le attività di contrasto, con l'ausilio di mezzi da terra e aerei, degli incendi boschivi e il coordinamento degli spegnimenti, d'intesa con le Regioni, al Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco. (Legambiente 2017)

Il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, a differenza dell'ex Corpo forestale, si trova solitamente nei principali centri urbani e quindi molto distante dalle aree dove si trova gran parte del patrimonio boschivo dove gli incendi si possono sviluppare e propagare con maggiore facilità.

I piani regionali di antincendio boschivo (AIB) comprendono numerose misure di prevenzione selvicolturale, ovvero che puntano a far diminuire l'impatto dell'eventuale passaggio del fuoco su un soprassuolo boschivo o a ridurne le probabilità di innesco. Le più importanti sono:

- Viali tagliafuoco: consistono in strade o piste create per impedire il propagarsi degli incendi nelle zone boschive. Vengono realizzati con mezzi specifici sia all'interno dei boschi sia all'esterno. Un sistema di viali tagliafuoco rappresenta un efficace intervento preventivo, soprattutto se collocato in boschi frequentemente percorsi dal fuoco o dove, a causa dell'elevata complessità della topografia, l'azione di estinzione può risultare molto pericolosa. Possono poi essere distinti in attivi, i quali non prevedono l'eliminazione completa delle vegetazione arborea ma solo diradamento e spalcatore, riuscendo così a rallentare la propagazione del fronte di fiamma e facilitare l'intervento delle squadre di spegnimento e passivi, ovvero corridoi molto ampi all'interno della vegetazione privi o quasi di copertura vegetale, questo tipo di viali consentono l'arresto spontaneo del fronte di fiamma producendo però un negativo impatto ambientale e paesaggistico, instabilità geologica e polverizzazione della superficie fondiaria forestale. (Figura 1.5).
- Fasce parafuoco in aree boscate: sono zone a minor densità di vegetazione tra il bosco ed aree a diversa destinazione, il cui scopo è ridurre il rischio di incendio boschivo e consentire, allo stesso tempo, un intervento di estinzione in condizioni di sicurezza e in tempi brevi (dimensioni comprese tra 10 e 20 metri). Le fasce parafuoco possono essere realizzate, dove sia presente un elevato rischio di incendio come in zone di transizione tra bosco e coltivi e zone di transizione tra bosco e incolti o pascoli.

- Fasce parafuoco di sicurezza: esse sono aree boscate a minor densità di vegetazione, realizzate in zone adiacenti a strutture viarie (esclusa la viabilità antincendio) ed in zone circostanti insediamenti civili e industriali o strutture ricettive dove sia alto il rischio di incendi boschivi. La presenza della fascia di protezione deve realizzare condizioni di sicurezza per gli eventuali insediamenti presenti. L'ampiezza delle fasce deve essere compresa tra 10 e 20 m sempre in relazione al rischio di incendio.
- Zone di rifornimento idrico: la rete di rifornimento idrico è composta da bacini di grandi dimensioni e da punti di prelievo, sia naturali (corsi d'acqua, laghi) che artificiali (invasi artificiali, idranti, condotte).
- Viabilità forestale: essa ha lo scopo di permettere l'accesso degli operatori e degli automezzi AIB nei complessi boscati. La viabilità è solitamente costituita da una rete carrozzabile principale su cui è possibile il transito di autocarri o trattori, ed una rete secondaria data da piste a fondo naturale e sentieri. Nel caso della lotta agli incendi boschivi, la rete principale può essere utilizzata per un avvicinamento al luogo dell'incendio o, più raramente, può essere percorsa da mezzi pesanti per il trasporto di acqua; invece la rete viaria minore deve consentire il passaggio rapido dei mezzi leggeri oppure il transito a piedi per avvicinarsi o allontanarsi dall'incendio per ragioni di sicurezza. Infine, la realizzazione di nuova viabilità forestale, la manutenzione e il ripristino di quella esistente si configurano come interventi prioritari, ai quali devono provvedere i singoli Enti competenti, i quali a loro volta dovranno mettere a disposizione di tutti i soggetti interessati all'attività AIB tutto il materiale da loro prodotto (cartografie inerenti la localizzazione dei sentieri e viabilità forestale).
- Piazzole per elicotteri: per incrementare la capacità operativa del servizio elicotteri nella prevenzione antincendio boschivo è necessario che i tempi di intervento siano i più ridotti possibile tramite la localizzazione di piazzole di atterraggio nelle aree in cui è probabile lo sviluppo del fuoco.

Un ulteriore metodo consolidato in altri paesi, ma ad oggi in Italia limitato a solo in qualche regione italiana è il fuoco prescritto.

E' una tecnica che prevede l'applicazione consapevole del fuoco su superfici limitate e all'interno di definiti comparti ambientali. Tale operazione viene svolta in periodi a basso rischio di sviluppo di incendi, in modo tale da ottenere una situazione più facilmente gestibile in condizioni di reale incendio e facilitarne l'estinzione.

L'obiettivo di applicazione del fuoco prescritto è quindi diminuire la frequenza e l'estensione degli incendi incontrollati attraverso una riduzione del carico di combustibile in siti strategici, al fine di creare una discontinuità del combustibile.



Figura 1.5: Schema di realizzazione di un viale tagliafuoco (Fonte: Luca Tonarelli 2021)

#### 1.4.2 La situazione in Abruzzo

La Regione Abruzzo, nel corso del 2011 si è dotata del primo Piano Antincendio Boschivo regionale. Nell'ambito di tale piano è stata effettuata un'analisi del territorio regionale che comportò l'individuazione delle aree maggiormente a rischio e la descrizione delle attività di intervento regionale finalizzate alla prevenzione ed alla lotta attiva. (Protezione civile Abruzzo).

Con l'emanazione dell'OPCM 3624/2007, ai comuni venne assegnata la redazione dei piani comunali di emergenza (PCE), i quali dovevano essere redatti dopo 45 giorni dall'emanazione del piano AIB.

All'interno del PCE i Comuni dovevano riportare le procedure di emergenza in caso di incendi boschivi di interfaccia. All'attualità 306 comuni su 308 si sono dotati di un piano di emergenza comunale e si stanno effettuando gli aggiornamenti per alcune tipologie di rischio.

Inoltre, nel periodo che va dal 1° giugno al 30 settembre (periodo di massima allerta dovuto all'aumento di temperatura e diminuzione di precipitazioni) è stato attivato, utilizzando il personale volontario delle Associazioni di Protezione Civile iscritte all'albo regionale, un servizio di pattugliamento-avvistamento incendi sul territorio regionale. Viene in aggiunta diramato un bollettino relativo al rischio incendi boschivi nella regione giorno per giorno.

Tuttavia, attualmente la direzione non partecipa all'esecuzione e programmazione di interventi diretti alla reale prevenzione degli incendi (diradamenti o sfoltimenti) a causa principalmente della carenza di risorse finanziarie da dedicare a tale scopo.

L'attuazione di misure di tipo preventivo, quali ad esempio interventi selvicolturali di rimboschimenti regionali, è curata direttamente dal Dipartimento Politiche agricole che attua le misure di prevenzione degli incendi boschivi previste nei Piani di Sviluppo Rurale.

La probabilità che un incendio si inneschi non è solo legata alla mancata attività di prevenzione o al solo innalzamento delle temperature medie, ma è legata a un alto numero di fattori che interagiscono tra loro e che devono necessariamente essere considerati contemporaneamente al fine di definire un indice di rischio affidabile e rappresentativo dividendo il territorio in classi di rischio.

Le classi di rischio in cui il territorio regionale è suddiviso, permettono di dare preziose indicazioni sulle priorità di intervento in quanto sono espresse secondo una scala ordinale, la

quale pone unicamente in evidenza le zone dove sarà maggiore la probabilità che si verifichino incendi e quindi di conseguenza interventi di estinzione e fornisce informazioni sulle modalità di spegnimento degli incendi.

Una volta note le zone più a rischio bisognerà cercare di perseguire gli obiettivi AIB sopra citati al fine di attuare una trasformazione ambientale che il pianificatore ritiene di poter realizzare sul territorio per renderlo più stabile ed in grado di sostenere i danni da incendio, ed essa ingloba la programmazione delle attività di prevenzione e previsione quali fulcro della lotta attiva AIB (Figura 1.6).

E' inoltre importante specificare che gli incendi si evolvono e cambiano di regime in pochissimo tempo e di conseguenza le organizzazioni regionali come personale AIB e vigili del fuoco devono adattarsi a tale cambiamento, tenendo bene in mente che non avremo mai la capacità di spegnere tutti gli incendi boschivi esistenti e il limite per eccellenza ci è dato dal fattore vento.

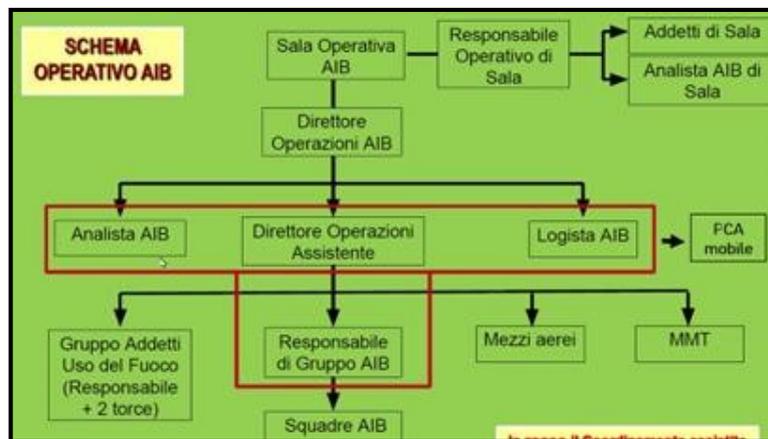


Figura 1.6: Schema lotta attiva adottato in Abruzzo (Fonte: Luca Tonarelli 2021)

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 AREA DI STUDIO

#### 2.1.1 Caratteri generali della pineta Dannunziana

La riserva naturale di interesse provinciale pineta Dannunziana, anche conosciuta come la Pineta Dannunziana o pineta d'Avalos, è un'area naturale protetta situata nella zona meridionale del comune di Pescara e completamente immersa nell'ambito urbano. (Figura 2.1) La Riserva ha una superficie di oltre 52 ha e si colloca al margine meridionale del territorio urbano della città di Pescara, situata tra la zona costiera ed i primi rilievi collinari, al confine fra i territori della Provincia di Pescara e quella di Chieti. (42°45'28" N 14°23'58" E e altitudine media di 15 m.s.l.m.).

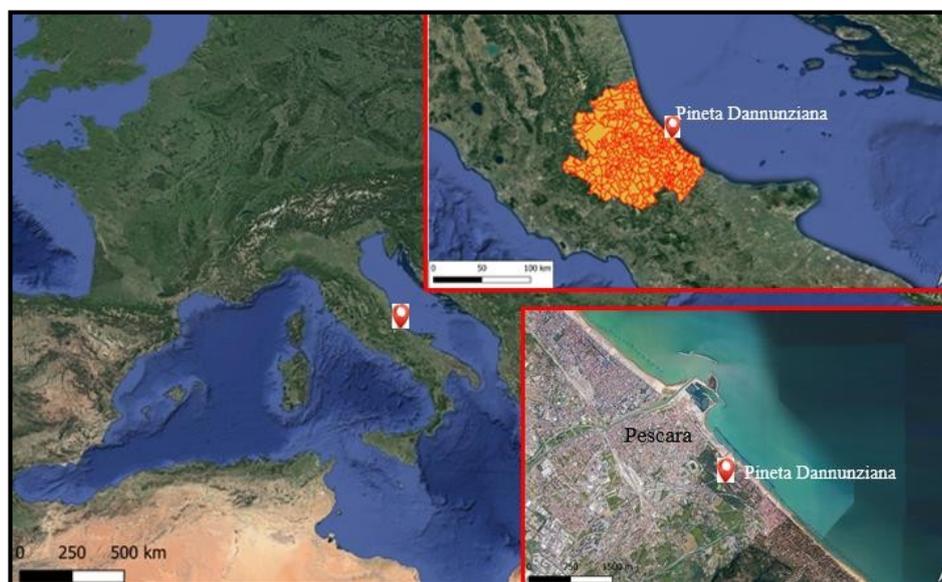


Figura 2.1: Posizione della Pineta Dannunziana in relazione alla penisola italiana, alla regione Abruzzo e alla città di Pescara (Elaborazione Qgis)

La pineta nel maggio 2000 fu sottoposta a tutela con la L.R. 18 maggio 2000, n. 96, su B.U.R.A. n. 18 del 28 giugno 2000, recante “Istituzione della riserva naturale di interesse provinciale “Pineta Dannunziana”, e la gestione venne dapprima affidata alla Provincia di Pescara per poi passare al comune di Pescara stesso nell’anno successivo.

Tale località differisce da altre aree naturali protette perché, a fronte di una estensione relativamente piccola, è immersa in un contesto urbano, caratterizzato da una densità media di popolazione di oltre 510 abitanti/km<sup>2</sup> (una tra le più alte d’Italia) e una diffusa presenza di complessi residenziali e industriali.

La Riserva è stata divisa in cinque comparti differenziati (Figura 2.2).

La ripartizione trae spunto dall'esigenza di individuare delle porzioni di territorio protetto, delimitato da "confini" naturali e infrastrutturali, ciascuno dei quali caratterizzato da evidenze di biodiversità floristica e forestale.

Tale classificazione, tuttavia, non consentiva una pianificazione armonica dell'intero perimetro della Riserva in considerazione del fatto che l'insieme dei comparti non aveva corrispondenza con l'intero perimetro dell'area protetta.

Da qui la necessità di individuare un criterio di ripartizione per "ambiti" (Figura 2.3), ovvero una porzione del perimetro vincolato che per caratteristiche di omogeneità, permeabilità con il tessuto urbano, infrastrutture materiali/immateriali e caratteristiche naturali costituisca uno spazio fisico su cui calibrare l'attuazione di politiche attive di conservazione e valorizzazione. (Fonte: PAN Pescara)



Figura 2.2: Divisione in comparti della Riserva dannunziana (Fonte: PAN Pescara)

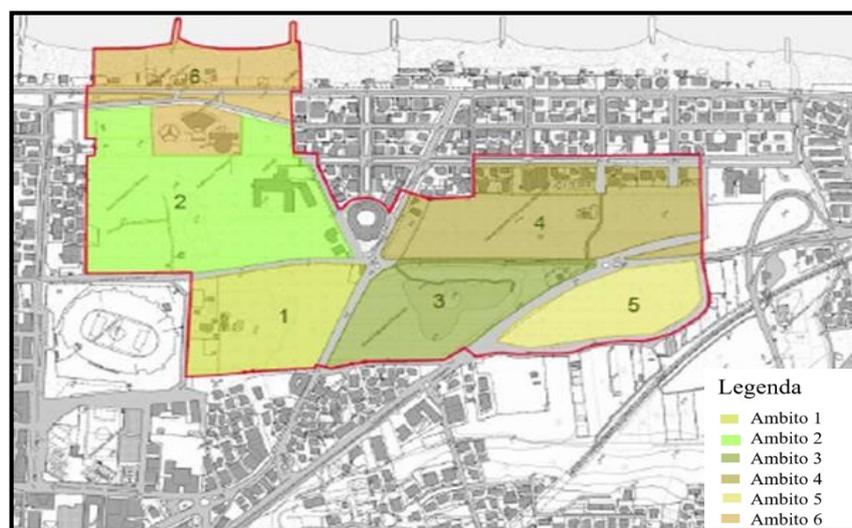


Figura 2.3: Divisione in ambiti della Riserva Dannunziana (Fonte PAN Pescara)

La necessità della creazione di tale riserva in un contesto del tutto estraneo a tali procedure fu quella di cercare di mantenere inalterato una formazione forestale presumibilmente residuale e autoctona che nel corso degli anni stava andando a diminuire.

Il primo intervento che causò un ingente perdita di superficie vegetata fu la costruzione, nel 1860, della ferrovia che comportò quindi il primo passo verso una massiccia diminuzione dell'estensione della pineta stessa (Figura 2.4). Fino ad arrivare agli inizi del 1900 quando la pineta toccò il suo minimo storico essendo ridotta ad un piccolo nucleo di pini d'Aleppo (17,5 ha totali). Ci furono poi numerosi interventi di ripopolamento sia con specie già presenti come il pino d'Aleppo sia di specie nuove come il pino marittimo e il pino domestico. Tuttavia, questo non fu abbastanza in quanto negli anni successivi a causa di una spinta urbanizzazione, un'ampia area fu completamente asfaltata



*Figura 2.4: Vecchia immagine che attraversava la pineta (1910), a sinistra il comparto 5 e a destra il comparto 4 (Fonte: raccolta effettuata per i 150 anni della ferrovia Pescara-Ancona)*

Come già citato precedentemente la riserva è stata divisa in comparti, ognuno caratterizzato da diversa destinazione d'uso, nei quali si è cercato di individuare i fattori critici in termini fitosanitari e selvicolturali, andando a ipotizzare possibili interventi correttivi specifici per ogni comparto.

Nel comparto 1, a causa di un errato smaltimento di reflui provenienti dalle stalle, si verificarono condizioni di squilibrio nutrizionale e di asfissia del terreno che determinarono il disseccamento di numerosi pini e l'indebolimento di molti altri diventando così oggetto di attacchi da parte di coleotteri scolitidi. Inoltre, la ridotta frequenza da parte della popolazione e la mancanza di manutenzione e diradamenti contribuirono allo sviluppo di una vegetazione arbustiva a prevalenza di rovo che impedì lo sviluppo di specie di interesse naturalistico.

Il comparto 2 risulta essere quello con condizioni maggiormente igrofile per la presenza di una falda superficiale, che ha favorito la tipica vegetazione spontanea. Questa condizione crea delle zone in cui la vegetazione si sviluppa in modo precario ed instabile, questo dovuto all'inefficienza del drenaggio che rende precarie le condizioni di funzionalità degli apparati radicali dei pini.

Nel comparto 3 la situazione è resa complessa dalla presenza di habitat molto diversi (lago, residui dunali e bosco), anche di origine antropica e non sempre gestiti in modo corretto. Le

forme di degrado sono perciò, in alcuni casi, piuttosto pesanti, soprattutto a carico dell'area umida. Il nucleo principale di bosco è localizzato nella sezione settentrionale del comparto; altri formano una fascia più o meno continua intorno al lago lungo i lati sud ed ovest.

Vi sono nuclei di pioppi ibridi provenienti da vecchi impianti antropici e nuclei deperenti prossimi all'eliminazione di Frassino meridionale intorno al lago.

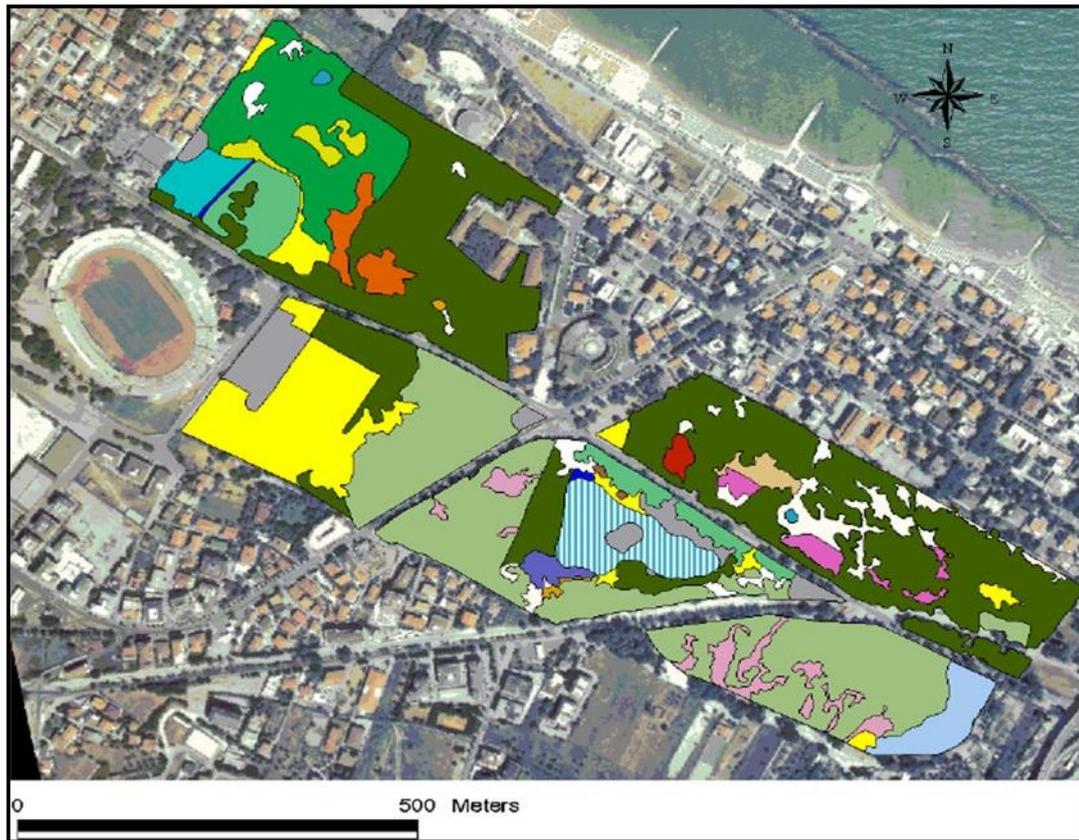
Il comparto 4 è il più utilizzato dal pubblico, infatti al suo interno si diramano numerosi percorsi fruibili dalla popolazione. Infine, il comparto 5 lasciato ad evoluzione naturale per la presenza di alcune emergenze floristiche è stato chiuso al pubblico. Ma la scelta di "non gestire" applicata a quest'area ha favorito l'ingresso di una vegetazione invasiva (rovo e altro). Prima dell'istituzione della Riserva venivano regolarmente effettuate operazioni colturali come i diradamenti forestali, lo sfalcio delle invasive erbacee ed arbustive e la rimozione della necromassa, proprio per ridurre il pericolo di incendi tenendo conto della particolare localizzazione del bosco. Con l'istituzione della Riserva è stato adottato un Piano di Assetto Naturalistico che prevedeva numerose operazioni di diradamento e ripulitura del sottobosco volte ad assecondare lo sviluppo della vegetazione secondo la sua dinamica naturale. Tuttavia, nel corso degli anni successivi alla redazione del PAN tali interventi non sembra siano stati eseguiti regolarmente forse per un indirizzo "di rinaturalizzazione" dell'area.

#### 2.1.2 Caratteri vegetazionali dell'area

Lo studio e la carta della vegetazione redatti per il PAN (Figura 2.5) riportano, nella riserva Dannunziana la presenza di almeno 345 specie.

Una significativa porzione della superficie della Riserva è occupata da una pineta. Tale pineta risulta essere a dominanza di Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*), per la maggior parte di impianto antropico, realizzato in diversi periodi. Negli interventi più recenti di rimboschimento si è utilizzato anche il Pino domestico (*Pinus pinea*) e alcuni esemplari di Pino marittimo (*Pinus pinaster*).

Oltre che per l'età e la specie, i nuclei di pineta si differenziano anche per la loro struttura orizzontale, vale a dire per la loro densità di impianto, e per le caratteristiche del substrato. A causa anche dei diversi periodi di impianto, ci sono porzioni di pineta a struttura molto chiusa, il cui sottobosco è poverissimo o totalmente assente e parti dove il suolo, essendo sufficientemente umido, consente lo sviluppo di un sottobosco che consiste in una prateria meso-igrofila e/o alo-igrofila e porzioni dove la pineta risulta essere più rada consentendo l'insediamento di altre specie (tra cui anche latifoglie come *Quercus pubescens*); nelle aree più rilevate come i dossi dunali invece, il sottobosco è caratterizzato da comunità xeriche estremamente resistenti alla carenza idrica. (PAN Pescara).



### Legenda

- Aree urbanizzate, complessi di giardini, aiuole e orti
- Bosco misto meso-igrofilo a dominanza di Olmo campestre
- Pineta a pino d'Aleppo con sottobosco scarso
- Pineta a pino d'Aleppo di impianto antropico con prateria
- Prateria igrofila
- Radure con vegetazione erbacea mesofila e meso-igrofila
- Radure con vegetazione erbacea xerofila
- Vegetazione alo-igrofila delle depressioni interdunali
- Vegetazione arbustiva a dominanza di Rovo comune
- Vegetazione camefitica con fisionomia di gariga
- Vegetazione erbacea antropogena
- Vegetazione erbacea psammofila
- Vegetazione ripariale
- Lago
- Nuclei di leccio

Figura 2.5: Carta della vegetazione della pineta Dannunziana e relativa legenda (Fonte: PAN Pescara 2000)

La vegetazione arborea presente (specialmente conifere) deriva da rimboschimenti svolti dall'ex Corpo Forestale dello Stato a partire dal dopoguerra e fino agli anni '80. Si tratta in gran parte di un rimboschimento artificiale di conifere, altamente infiammabile e localizzato all'interno di una città densamente abitata.

Sotto il profilo strutturale, il soprassuolo si presenta con individui arborei di dimensioni modeste (altezza media che si aggira intorno ai 10-12 m), spesso dominati da esemplari più sviluppati come il Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*), Acero campestre (*Acer campestre*), Sorbo domestico (*Sorbus domestica*) e Roverella (*Quercus pubescens*).

Troviamo poi un bosco a dominanza di Olmo campestre (*Ulmus minor*), il quale si afferma soprattutto nel comparto 5 e in alcune aree degli ambiti 3 e 1.

L'eccessiva densità iniziale ed un'errata gestione non sempre eseguita o corretta, ha causato schianti e/o ribaltamenti di diversi esemplari di pino, che hanno favorito nelle radure create l'affermazione di uno strato arboreo di latifoglie autoctone (ma non solo) e quindi più adatto a svilupparsi con le caratteristiche ecologiche e biogeografiche del sito.

Nello strato arbustivo troviamo specie tipiche dei boschi di caducifoglie mesofile e semi-mesofile, quali il Ligustro (*Ligustrum vulgare*), il Sanguinello (*Cornus sanguinea*), il Sambuco (*Sambucus nigra*), la Vitalba (*Clematis vitalba*) e la Fusaggine (*Euonymus europaea*), inoltre in zone dove tali cenosi sono andate degradandosi si sono sviluppati popolamenti di Biancospino (*Crataegus monogyna*), Prugnolo (*Prunus spinosa*) e Rovo comune (*Rubus ulmifolius*), sclerofille sempreverdi della macchia mediterranea e cioè il Mirto (*Myrtus communis*), l'Asparago pungente (*Asparagus acutifolius*), Robbia (*Rubia peregrina*), Salsapariglia (*Smilax aspera*) e la Rosa di S. Giovanni (*Rosa sempervirens*).

In alcune aree più elevate, corrispondenti a lembi dunali residui, ed in particolare negli ambiti 2, 3 e 4, è presente una vegetazione di gariga a dominanza di Cisti. Si tratta di una forma di degradazione della macchia mediterranea, caratterizzata, dalla dominanza di camefite, particolarmente adatte a vivere in condizioni di carenza idrica.

### 2.1.3 Caratteri climatici dell'area

In Abruzzo ci sono 52 stazioni meteorologiche disponibili, ma soltanto 22 hanno caratteri congrui per analisi storiche efficaci (Regione Abruzzo).

Sono stati utilizzati i dati termo-pluviotermici relativi alla stazione meteorologica di Pescara, gestita dal Servizio Idrografico e Mareografico della Regione Abruzzo.

I dati anemometrici sono quelli della stazione ubicata nell'Aeroporto d'Abruzzo e gestito dall'Aeronautica Militare (PAN Pescara).

Il dataset pluviometrico comprende il periodo che va dal 1933 al 2010.

Avendo a disposizione per questo arco di tempo dei dati sulle precipitazioni è stato possibile, tramite l'utilizzo del programma di calcolo Excel, redigere una tabella che racchiudesse media e deviazione standard. (Tabella 2.1).

Dalla Figura 2.6, si evince il regime sub-equinoziale autunnale delle precipitazioni con massimo nei mesi autunno-invernali (dicembre e poi settembre e ottobre).

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SETT	OTT	NOV	DIC
Media	64	53	56	53	41	42	34	42	62	78	81	88
Deviazione standard	43	35	44	42	35	38	30	31	45	53	49	58

Tabella 2.1: Tabella con distribuzione mensile delle precipitazioni (media del periodo 1993 al 2010) (Fonte: regione Abruzzo)

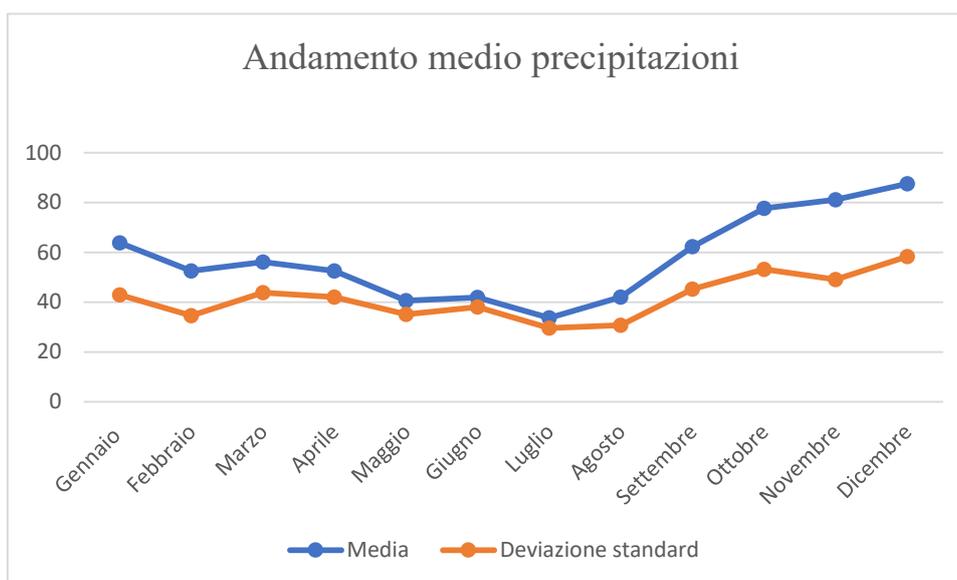


Figura 2.6: Andamento delle precipitazioni di Pescara (media dal 1933 al 2010) (Fonte: regione Abruzzo)

Nella stazione di Pescara, per lo stesso periodo considerato (dal 1933 al 2010), la temperatura media annua si aggira intorno ai 14.9 °C con una distribuzione mensile che evidenzia un massimo in luglio e un minimo in gennaio. (Tabella 2.2, figura 2.7).

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SETT	OTT	NOV	DIC
Media	7	8	10	13	17	21	24	24	21	16	12	8
Media max	10	11	14	17	22	26	29	29	25	21	16	12
Media min	3	4	6	9	13	16	19	19	16	12	8	5

Tabella 2.2: Tabella temperatura stazione di Pescara anni 1993-2010 (Fonte: regione Abruzzo)

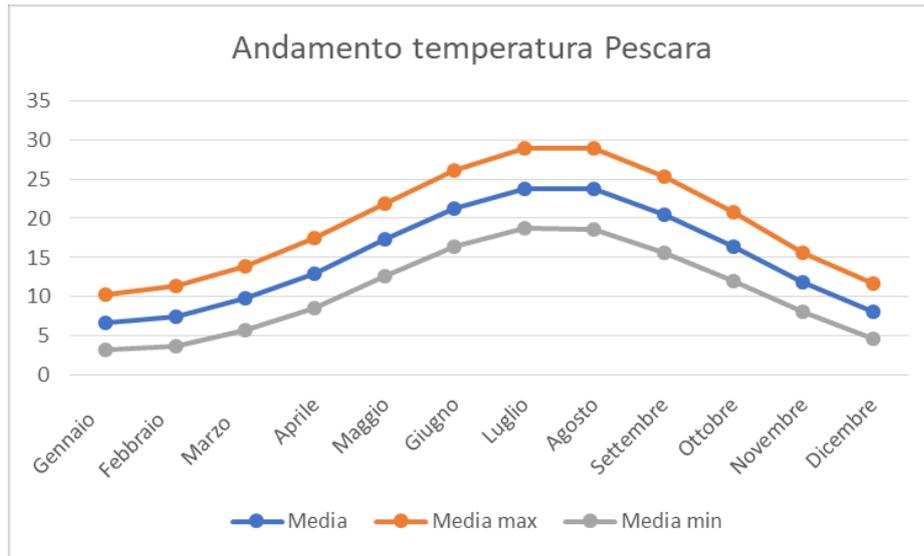


Figura 2.7: Andamento medio, minimo e massimo della temperatura dal 1933 al 2010 nella stazione di Pescara (Fonte: regione Abruzzo)

Con il software Global Bioclimatic Beltys - GbcBioc - Versione 3.3 di S. Rivas-Saenz (<https://www.globalbioclimatics.org/>) è possibile elaborare i dati termo-pluviometrici producendo carte e indici bioclimatici utili per la descrizione del clima medio di un'area. In figura 2.8 è rappresentato l'andamento termo-pluviometrico medio relativo al periodo 1993-2010 e i parametri di sintesi calcolati che caratterizzano il bioclimate di Pescara classificato come un macrobioclimate mediterraneo oceanico con termotipo mesomediterraneo e ombrotipo basso umido. Dal grafico si evince che nel periodo considerato già a partire dal 20 di giugno e almeno fino al 21 settembre vi sono condizioni di deficit idrico che possono influire significativamente sulla variazione del rischio d'incendio mettendo la vegetazione presente in condizioni di stress idrico.

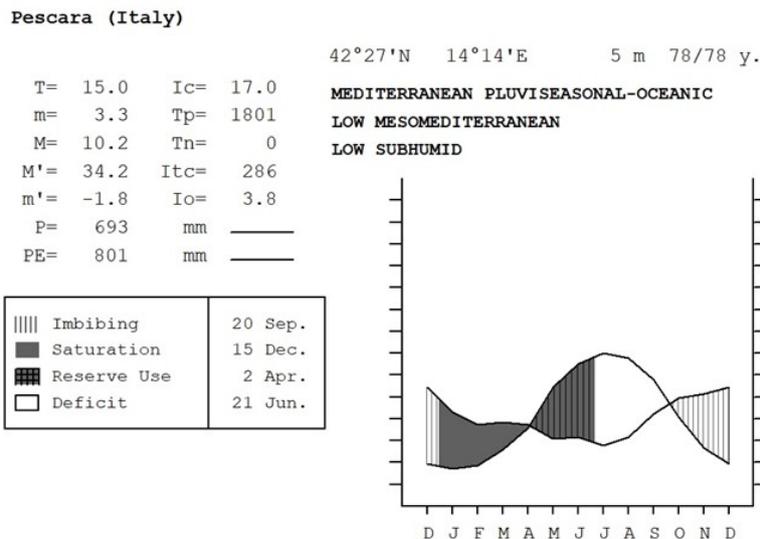


Figura 2.8: Caratteri bioclimatici assetto idrologico con i dati della stazione di Pescara anni 1993-2010(Fonte: regione Abruzzo - Elaborazione: Global Bioclimatic Beltys - GbcBioc - Versione 3.3 di S. Rivas-Saenz)

## 2.2 L'INCENDIO FORESTALE DELLA PINETA DANNUNZIANA 2021

Il 1° agosto 2021 la Pineta Dannunziana è stata interessata da un incendio innescato in un'area d'interfaccia. Si tratta di un'area incolta ubicata a sud-ovest della pineta.

L'incendio, anche per le condizioni climatiche caratterizzate da giornate calde e da una prolungata siccità (anche invernale) si è trasformata rapidamente in un incendio di chioma che ha interessato gran parte del settore meridionale della Riserva investendo strade e case.

Il 1° Agosto il servizio meteorologico della regione Abruzzo ha rilevato temperature intorno ai 38-40°C, con picchi massimi di 42°C; la presenza costante di intensi venti di Libeccio (con raffiche anche di circa 150 km) hanno catalizzato la situazione di pericolo. (Figura 2.9)

L'origine dell'incendio risulta essere ancora incerta, tuttavia, le indagini sembrano evidenziare tracce di inneschi attribuibili ad una matrice dolosa, ma non necessariamente (<https://www.ilcentro.it/pescara/tre-i-punti-d-innesco-dell-incendio-aperta-l-inchiesta-sul-dolo-fotogallery-1.2671069>). I punti d'innesco erano molteplici come risulta da ritrovamenti in prossimità della Pineta Dannunziana sia sui colli nella zona sud-ovest della città. Sembra che una quindicina di focolai si siano sviluppati a partire dal primo pomeriggio, ma una volta giunto in chioma il fuoco ha avvolto rapidamente una cospicua parte della pineta producendo in alcuni tratti anche un incendio di barriera (radente e chioma insieme). Il vento e l'onda di calore hanno provocato danni anche al verde privato raggiungendo anche gli stabilimenti balneari (<https://www.open.online/2021/08/01/pescara-incendi-pineta-dannunziana-innesco/>) (Figura 2.10).



Figura 2.9: Mappa delle temperature del 1/08/2021 (Fonte: rete meteo CFR Abruzzo)



Figura 2.10: Foto aerea dell'incendio estesosi fino al litorale (Fonte: Vigili del Fuoco)

L'incendio si presume essere partito proprio dal comparto 5 dove, anche a causa della presenza di una vegetazione molto sviluppata e dotata di continuità orizzontale, si è sviluppato velocemente fino a coprire l'intero comparto, inoltre tramite fenomeni di *spotting* facilitati dal vento intenso presente quei giorni, le fiamme arrivarono rapidamente anche nel comparto 4. Lo *spotting* è una modalità di propagazione dell'incendio al di fuori del perimetro del fuoco principale, a causa del sollevamento in aria di tizzoni, parti di legno e corteccia in fiamme da parte di correnti convettive generate dalla combustione del fuoco; le particelle ardenti, sospinte dal vento, generano fuochi secondari.

La differenza di avanzamento tra i due comparti sta soprattutto nella quantità e stratificazione della vegetazione presente, infatti come citato in precedenza, il comparto 5 era quello lasciato completamente ad evoluzione naturale senza la possibilità di ingresso da parte della popolazione. Al contrario il comparto 4, pur essendo stato colpito dall'incendio presenta una vegetazione arborea meno danneggiata rispetto a quella presente nel comparto 5. (Figura 2.11). A circa 1 mese da questo avvenimento, il comune di Pescara decretò l'abbattimento di circa 48 piante in quanto situate lungo il perimetro della pineta che dava sulla strada principale e per questo definite pericolose (<https://www.ilpescara.it/politica/interventi-pineta-incendio.html>). Inoltre, avvalendosi di un team di esperti ha selezionato n.48 piante più colpite dalle fiamme, la quali, a seguito di una valutazione vennero classificate come piante da eliminare completamente (eccessivamente danneggiate senza possibilità di recupero) o piante parzialmente danneggiate (da sottoporre a eventuali potature più o meno drastiche al fine di ristabilire la propria struttura).

Tuttavia, ad oggi sono stati effettuati pochissimi interventi di ripulitura e di messa in sicurezza dell'area, probabilmente a causa della carenza di fondi. L'amministrazione comunale, sta infatti attendendo l'erogazione dei 100mila euro di contributo regionale per completare tali lavori che rientrano sempre nella somma urgenza, ovvero opere non rinviabili e necessarie per

la sicurezza del territorio. Ai quali vanno aggiunti i 35mila euro già spesi per l'eliminazione delle piante maggiormente pericolose.



*Figura 2.11: Pineta Dannunziana post-incendio, comparto 5 (Fonte: ANSA)*

### 2.2.1 Raccolta delle immagini satellitari

Per procedere nell'individuazione dell'area percorsa dal fuoco e della severità dell'incendio sono state utilizzate delle immagini satellitari scaricate dal portale SciHub di Copernicus (<https://scihub.copernicus.eu/>) e acquisite dai satelliti Sentinel-2°.

Tali satelliti acquisiscono immagini con un totale di 12 bande aventi una differente risoluzione spaziale: banda 1 (aeriosol), 9 (vapore acqueo) e 10 (SWIE e cirri) a 60 m; banda 2 (Blu), 3 (Verde), 4 (Rosso) e 8 (NIR) a 10 m; banda 5, 6 e 7 (Vegetation red edge) e bande 11 e 12 (SWIR) con risoluzione spaziale di 20 m.

Nota la data dell'incendio (1 agosto 2021), sono state reperite 3 immagini, una in pre-incendio in data 24 luglio 2021 e due in post-incendio, in modo tale da poter confrontare la diversa risposta spettrale del soprassuolo subito dopo e un mese dopo l'incendio.

La prima immagine post-incendio disponibile e di buona qualità, cioè con una copertura nuvolosa inferiore al 10 %, è datata 15 agosto 2021, mentre la seconda, a circa un mese di distanza, 14 settembre 2021.

Grazie a queste immagini multispettrali è stato possibile delimitare il perimetro dell'area bruciata ed elaborare una mappa di severità dell'incendio mediante l'uso di un indice di vegetazione: il Normalized Burn Ratio (NBR).

NBR è un indice progettato con lo scopo di mettere in evidenza le aree bruciate in zone incendiate in quanto enfatizza la differente risposta spettrale fotosintetica della copertura vegetale. Tale indice è in grado di identificare superfici in cui la copertura vegetazionale risulta essere temporaneamente assente (Key & Benson, 1999).

Proprio per questo il periodo migliore di acquisizione dell'immagine satellitare per lo studio degli incendi risulta essere quello di piena attività vegetativa della pianta, in genere nella stagione estiva.

Ciò risulta essere di rilevante importanza in quanto i parametri che influenzano i risultati ottenibili con l'indice NBR sono strettamente correlati con il livello di attività fotosintetica delle piante nonché dal contenuto di acqua nei tessuti vegetali e nel suolo (Miller & Thode, 2007).

Le bande su cui l'NBR è calcolato sono l'infrarosso vicino (NIR) e l'infrarosso a banda corta (SWIR) in quanto sono quelle che rispondono meglio alle variazioni dell'attività fotosintetica. Nelle aree di vegetazione percorse dal fuoco si denota una bassa riflettanza nel NIR e un'alta riflettanza nello SWIR. (Figura 2.12).

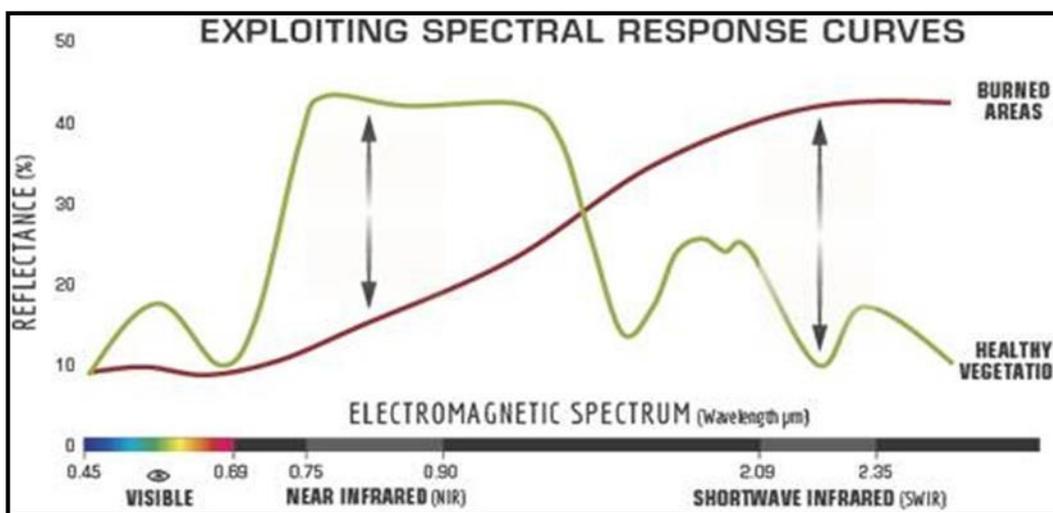


Figura 2.12: Confronto della risposta spettrale tra vegetazione sana e aree bruciate (fonte: US Forest Service)

L'indice NBR è definito come la differenza fra la banda NIR e SWIR, divisa per la loro somma. (Equazione 2.1)

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Equazione 2.1: Formula dell'NBR (Key & Benson, 1999)

Prima di procedere con il calcolo dell'indice sopra citato, è stato necessario ri-campionare la banda SWIR2 (banda 12) ad una risoluzione al suolo di 10 m in modo tale da renderla omologa alla risoluzione spaziale della banda del NIR (banda 8).

Sono stati quindi calcolati i valori di NBR di tutte le immagini a nostra disposizione (1 pre-incendio e 2 post-incendio). (Equazione 2.2)

$$NBR_{Sentinel\ 2 - A} = \frac{(Banda\ 8 - Banda\ 12)}{(Banda\ 8 + Banda\ 12)}$$

Equazione 2.2: Formula per il calcolo di NBR tra bande di immagini acquisite da Sentinel-2

La differenza tra l'NBR pre-incendio e post-incendio viene utilizzata per calcolare il delta NBR (dNBR o  $\Delta$ NBR), che può quindi essere utilizzato per stimare la gravità del danno. Un valore di dNBR più alto indica danni più gravi, mentre aree con valori di dNBR negativi possono indicare un ricaccio della vegetazione. (Keeley J.E. 2009). (Equazione 2.3).

$$dNBR = ((NBR_{pre\ incendio} - NBR_{post\ incendio}) * 1000)$$

Equazione 2.3: Formula di calcolo del dNBR

In genere poi, il valore di dNBR ottenuto viene scalato  $*10^3$ , raggiungendo la scala canonica di interpretazione e di utilizzo del dato con numeri interi, come definito in letteratura (Key e Benson 2005). Con le mappe di severità, è stato possibile perimetrare l'incendio visivamente discriminando i pixel bruciati da quelli non bruciati. In seguito valori di dNBR sono stati raggruppati in classi, secondo le soglie ed i colori proposti dall'EFFIS nella tabella 2.3 (European Forest Fire System).

Classe di gravità al fuoco	Gamma di dNBR
Non bruciato/molto basso	< 0,1
Basso	0,1 - 0,255
Moderato	0,256 - 0,41
Alto	0,42 - 0,66
Molto alto	> 0,66

Tabella 2.3 classi di severità incendi proposte dall'EFFIS (Fonte: EFFIS)

### 2.2.2 Verifica dei dati a terra

In seguito, al fine di verificare la validità della mappa di severità ottenuta con i dati satellitari, è stato utilizzato il protocollo GeoCBI per il rilevamento in campo della severità. Questo nasce da una modifica di un protocollo americano già esistente per la valutazione della gravità del danno: Composite Burn Index (CBI) il quale è stato poi adattato agli ecosistemi mediterranei ottenendo appunto il GeoCBI.

Il GeoCBI è un protocollo visivo e speditivo e considera diverse variabili tra cui:

- la percentuale di variazione del LAI. In conformità alle variabili CBI originali, questa variabile è stata valutata da 0 a 3 ed è stata stimata per gli strati C, D ed E, e la variazione percentuale del volume del fogliame della corona di strato D ed E,
- la frazione di copertura (FCOV) della vegetazione, rispetto alla trama totale per gli strati B, C, D, E. FCOV è stato segnato da 0 a 1, in quanto concepito come fattore di ponderazione,
- la quantità di nuove emissioni fogliari.

Sono poi stati individuati dei punti in aree con diversa severità (molto alta, alta, modesta, bassa e zone non bruciate) all'interno del comparto 4. Le aree considerate intorno ad ogni punto rappresentavano una superficie circolare di 100 mq (della stessa grandezza di un pixel di un'immagine Sentinel-2) avente un raggio di 6 metri. (Figura 2.13). In queste aree è stato quindi applicato il protocollo GeoCBI.

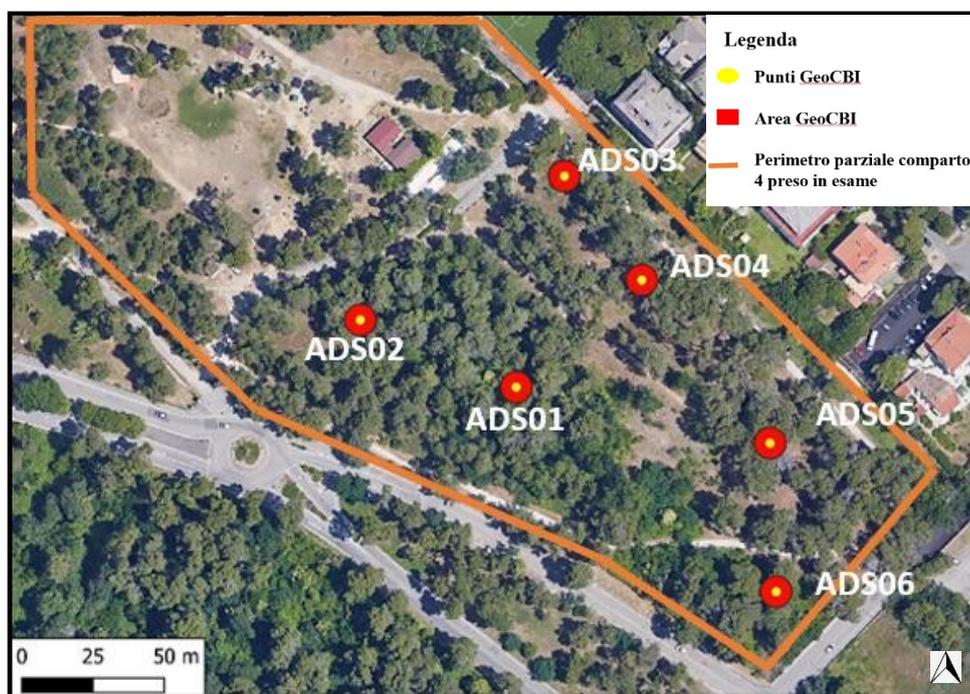


Figura 2.13: Immagine Sentinel-2 post-incendio del comparto 4 con i punti e le aree rilevate (Elaborazione: Qgis)

Si tratta di una valutazione visiva delle varie superficie utilizzando una specifica scheda (Figura 2.14).

STRATA	BURN SEVERITY SCALE							FACTOR SCORES
	No Effect	Low		Moderate		High		
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
<b>A SUBSTRATES</b>								
%DEAD LEAVES ON THE SOIL=				SOIL DEPTH (cm)=				
Litter/Light Fuel Consumed	Unchanged	--	50% litter	--	100% litter	>80% light fuel	98% light fuel	
Duff	Unchanged	--	light char	--	50% loss deep char	--	Consumed	
Medium /heavy Fuel	Unchanged	--	20% consumed	--	40% consumed	--	>80% loss deep char	
Soil & Rock Cover/Color	Unchanged	--	10% change	--	40% change	--	>80% change	
<b>A. <math>\Sigma</math> =</b>			<b>N=</b>			<b><math>\bar{X}</math> =</b>		
<b>B HERBS, LOW SHRUBS AND TREES LESS THAN 1 METER</b>								
DOMINANT VEGETATION TYPE =				FCOV=				
%Foliage altered (blk- bm)	Unchanged	--	30%	--	80%	95%	100%+branch loss	
Frequency % Living	100%	--	90%	--	50%	<20%	0%	
New sprouts	Abundant	--	moderate-high	--	moderate	--	low-none	
<b>B. <math>\Sigma</math> =</b>			<b>N=</b>			<b><math>\bar{X}</math> =</b>		
<b>C TALL SHRUBS AND TREES 1 TO 5 METERS</b>								
DOMINANT VEGETATION TYPE =				FCOV=				
%Foliage altered (blk- bm)	0%	--	20%	--	60-90%	>95%	significant branch loss	
Frequency % Living	100%	--	90%	--	30%	<15%	<1%	
LAI change %	Unchanged	--	15%	--	70%	90%	100%	
<b>C. <math>\Sigma</math> =</b>			<b>N=</b>			<b><math>\bar{X}</math> =</b>		
<b>D INTERMEDIATE TREES 5 TO 20 METERS</b>								
DOMINANT VEGETATION TYPE =				FCOV=				
% Green (unalterad)	100%	--	80%	--	40%	<10%	none	
%Black/ Brown	0%	--	20%	--	60-90%	>95%	significant branch loss	
Frequency % Living	100%	--	90%	--	30%	<15%	<1%	
LAI change %	Unchanged	--	15%	--	70%	90%	100%	
Char Height	none	--	1,5 m	--	2,8 m	--	>5 m	
<b>D. <math>\Sigma</math> =</b>			<b>N=</b>			<b><math>\bar{X}</math> =</b>		
<b>E BIG TREES &gt;20 METERS</b>								
DOMINANT VEGETATION TYPE =				FCOV=				
% Green (unalterad)	100%	--	95%	--	50%	<10%	none	
%Black/ Brown	0%	--	20%	--	60-90%	>95%	significant branch loss	
Frequency % Living	100%	--	90%	--	30%	<15%	<1%	
LAI change %	Unchanged	--	15%	--	70%	90%	100%	
Char Height	none	--	1,8 m	--	4 m	--	>7 m	
<b>E. <math>\Sigma</math> =</b>			<b>N=</b>			<b><math>\bar{X}</math> =</b>		

Figura 2.14: Scheda GeoCBI per valutazione in campo della stima della gravità dell'ustione

Gli effetti dell'incendio vengono stimati raggruppando la vegetazione in 5 strati:

- A) substrato,
- B) vegetazione < 1 m,
- C) vegetazione compresa tra 1-5 m,
- D) alberi di dimensioni intermedie tra 5 e 20 m,
- E) alberi grandi sopra i 20 m

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

#### 3.1 CAMBIAMENTI DI COPERTURA DELLA PINETA

Per un'analisi le foto aeree seguenti sono state acquisite da diverse fonti: quella del 1945 deriva dal volo RAF e quella del 1954 dal volo GAI. Entrambe sono state scaricate dall'Istituto Geografico Militare (IMG), l'immagine del 1981 è stata scaricata dal portale Geocartografico della regione Abruzzo, quella del 2000 è stata scaricata dal Geoportale Nazionale (Figura 3.1) e quella del 2021 è stata ottenuta grazie a Google Satellite (Figura 3.2).

Tali immagini sono state georeferenziate tramite uno specifico plugin di QuantumGIS versione 3.10 denominato "georeferenziatore".

Questo plugin ha permesso di rendere le immagini coerenti fra loro a livello spaziale e di analizzare visivamente l'evoluzione della pineta in circa 70 anni.

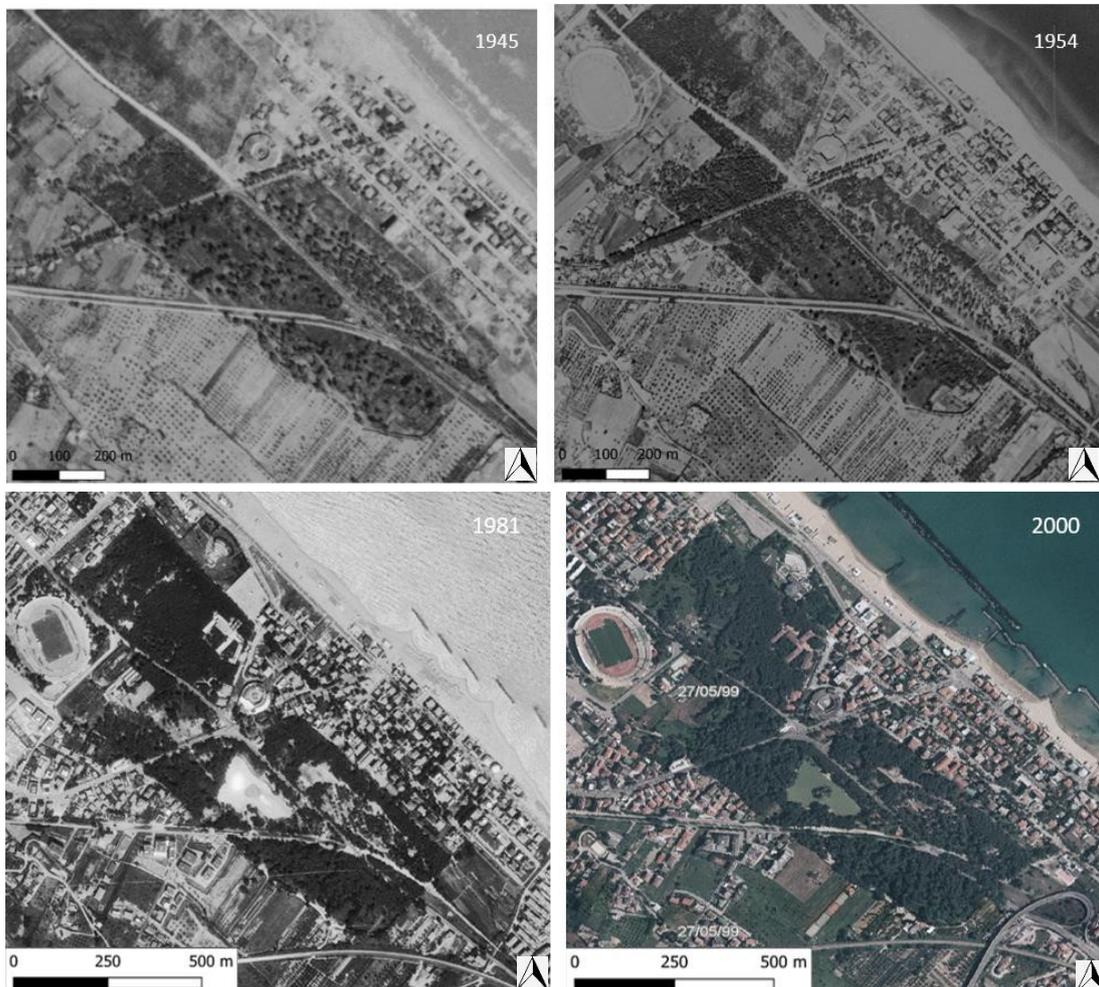


Figura 3.1: Aree che mostrano l'evoluzione della vegetazione nella Pineta Dannunziana (Fonte: Istituto Geografico Militare e Geoportale Nazionale – Elaborazione Qgis)



Figura 2.2: Immagine satellitare attuale estratta con Google Satellite (2021) (Elaborazione Qgis)

Da queste immagini si può notare, tramite un'analisi visiva, che dal 1945 al 2021 la vegetazione sia aumentata sempre di più comportando quindi una maggiore densità di copertura.

### 3.2 PERIMETRAZIONE E SEVERITA' DELL'INCENDIO

Con l'utilizzo del programma QuantumGIS versione 3.10, è stato possibile perimetrare l'area dell'incendio (Figura 3.3) e redigere le carte della severità dell'incendio. L'area percorsa da fuoco ha una superficie di 42 ettari, valore che si sovrappone esattamente alla stima fatta dal Gruppo dei Carabinieri Forestale di Pescara. Di questa soltanto una parte appartiene alla pineta mentre la restante rappresenta zone di interfaccia o incolti agricoli.



Figura 3.3: Perimetro dell'incendio della Pineta Dannunziana del 1/08/2021 (Elaborazione Qgis)

Grazie all'utilizzo di due immagini satellitari Sentinel-2, una subito dopo l'incendio e una un mese dopo, è stato possibile definire le aree maggiormente colpite dal fuoco (Figura 3.4-3.5). Dall'analisi visiva emerge che la porzione maggiormente colpita risulta essere quella dei comparti 4 e 5.



Figura 3.4: Carta della severità in data 15 Agosto 2021 (Elaborazione Qgis)



Figura 3.5: Carta della severità in data 14 Settembre 2021 (Elaborazione Qgis)

Nell'analisi condotta al 15 di agosto, la classe con percentuale maggiore è risultata essere la classe 4 ovvero di alta severità con un totale di circa 11.17 ha; a seguire la classe 2 di (bassa) con 9.49 ha, la classe 3 (media) con 8.25 ha, la classe 5 (molto alta) con 8.05 ha ed infine la classe 1 (non bruciato) con 5.37 ha. (Figura 3.6). A distanza di un mese circa la situazione

cambia sostanzialmente infatti la classe con percentuale maggiore è risultata essere la 2 ovvero di bassa severità con un totale di circa 10.76 ha; a seguire la classe 1 (non bruciato) con 9.57 ha, la classe 4 (alta) con 8.66 ha, la classe 3 (media) con 7.27 h a ed infine la classe 5 (molto alta) con 6.07 ha. (Figura 3.7). Si osserva che, a distanza di solo un mese, gran parte dell'area passi da una severità maggiore ad una minore. Tale diminuzione della severità è collegata ad una parziale ricrescita delle specie erbacee nel mese successivo all'incendio, ove eventi piovosi possono aver determinato il ricaccio delle specie erbacee stesse. (Figure 3.8-3.9-3.10-3.11).

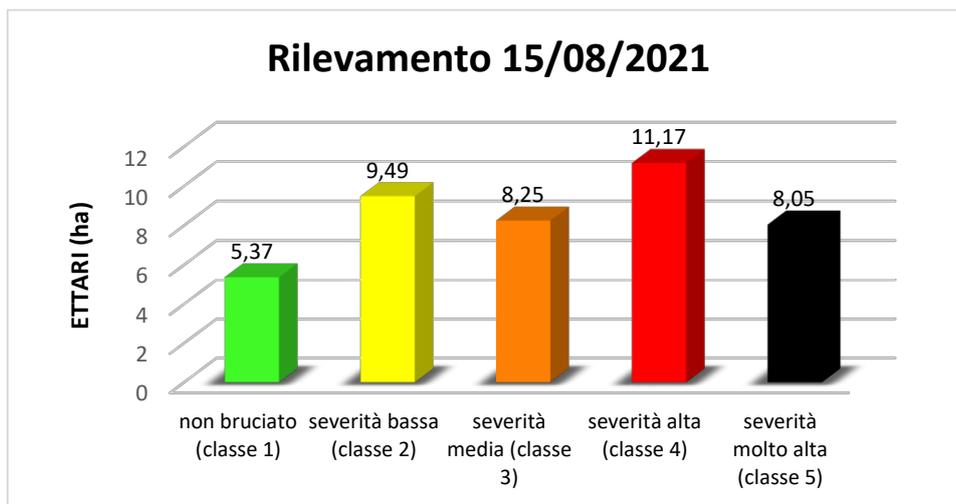


Figura 3.6: Severità incendio pineta dannunziana Pescara in data 15 Agosto 2021

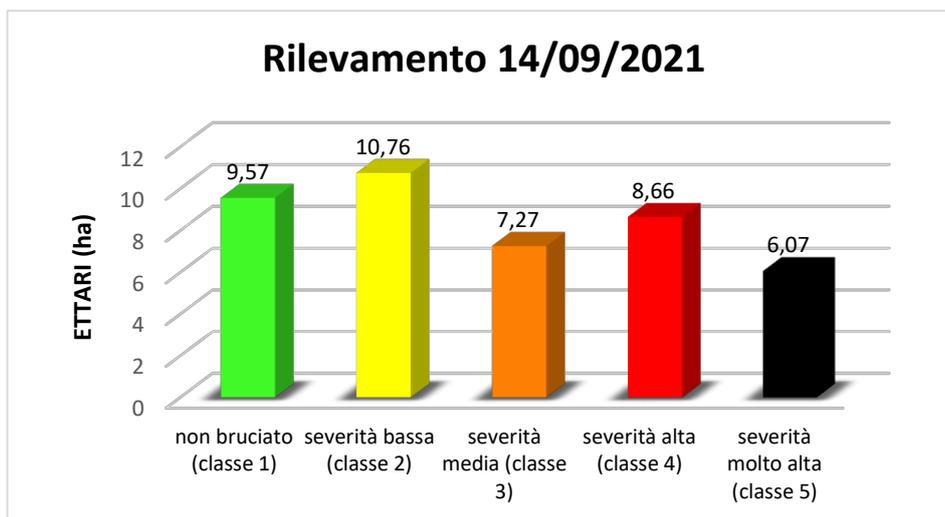


Figura 3.7: Severità incendio pineta dannunziana Pescara 14 Settembre 2021



*Figura 3.8: Vegetazione comparto 4 post-incendio, 3 Agosto 2021 (Fonte: giornale Il Centro)*



*Figura 3.9: Vegetazione comparto 4 post-incendio, 10 Agosto 2021*



*Figura 3.10: Rinnovazione della vegetazione arbustiva a dominanza di Arundo donax nel comparto 5 ad un mese dall'incendio (16 Settembre 2021)*



*Figura 3.11: Rinnovazione della vegetazione arborea nel comparto 5 ad un mese di distanza (16 Settembre 2021)*

I valori di GeoCBI ottenuti sono quindi stati confrontati e correlati con i valori di dNBR ottenendo un  $R= 0.73$  (Tabella 3.1). Tale valore può andare da un minimo di 0 (correlazione nulla) ad un massimo di 1 (correlazione massima).

I risultati ottenuti hanno indicato una buona correlazione tra il dato ottenuto da remoto e quello ottenuto in campo; sarebbe opportuno tuttavia andare ad aumentare il campione di aree in maniera tale da ottenere un dato di correlazione più solido.

<b>ADS</b>	<b>GeoCBI</b>	<b>dNBR</b>
ADS01	2,99	0,97
ADS02	2,67	0,43
ADS03	1,43	0,05
ADS04	2,80	0,37
ADS05	2,88	0,35
ADS06	2,81	0,54

**Correlazione            0,73**

*Tabella 3.1: Correlazione tra GeoCBI e dNBR (Elaborazione Excel)*

### 3.3 DANNI DA INCENDIO DELLA RISERVA IN UN CONTESTO URBANO

La pineta dannunziana localizzata all'interno della città di Pescara è forse l'eredità di un rimboschimento fatto dal Marchese D'Avalos nel '500, peraltro gli alberi odierni derivano in buona parte da rimboschimenti realizzati nel corso degli ultimi 100-120 anni come attestato da una delle poche carote incrementali di pino d'Aleppo raccolte durante le analisi. Non si tratta quindi di un bosco primigenio, ma di un rimboschimento di conifere, altamente infiammabile e localizzato all'interno di una città densamente abitata.

L'incendio ha causato forti polemiche e scontri, anche di carattere ideologico a volte. Secondo alcuni, infatti, prima dell'istituzione della Riserva venivano regolarmente effettuate operazioni colturali come i diradamenti forestali, lo sfalcio delle invasive erbacee ed arbustive e la rimozione della necromassa, proprio per ridurre il pericolo di incendi tenendo conto della particolare localizzazione del bosco. Secondo tali fonti l'istituzione della Riserva e l'adozione del Piano di Assetto Naturalistico (PAN) avrebbe determinato la mancata esecuzione di interventi colturali per assecondare lo sviluppo della vegetazione secondo la sua dinamica naturale. A tale riguardo l'Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali della Provincia di Pescara (prot. 217 del 2018) avevano segnalato già tre anni fa alle amministrazioni competenti la gravità ed il pericolo della scelta fatta dal PAN e la grave "mancanza previsionale di opere antincendio quali piste, fasce tagliafuoco e ripulitura del sottobosco a prevenzione sia della pineta ma soprattutto della città..." e di "opere selvicolturali preventive atte a scongiurare che il fuoco possa passare da radente a quello di chioma".

Questo incendio, oltre che costi economici per le operazioni di spegnimento (aereo e da terra) e di manutenzione arborea per la messa in sicurezza degli stessi, ha ridimensionato fortemente i servizi ecosistemici generati dalla pineta. Il punto centrale della discussione, in un contesto fortemente antropizzato come quello in oggetto, quale priorità vada assegnata nella definizione funzionale. Sono più importanti le funzioni di mitigazione climatica, ricreazione o quella naturalistica peraltro limitata ad un solo settore della riserva? La gestione generale dell'area e la manutenzione della vegetazione che le amministrazioni competenti hanno il dovere di garantire dovranno essere funzionali a tali obiettivi, ma anche a istanze di pubblica incolumità per utenti e residenti visto il contesto.

Invece, l'applicazione del Piano di assetto naturalistico della Riserva della Pineta Dannunziana ha accentuato le condizioni favorevoli allo sviluppo e alla diffusione di un incendio che ha

provocato danni ambientali (la quasi completa perdita delle foreste della Riserva), economici e sociali (costi per l'estinzione e la ricostituzione oltre alla perdita di un'area dall'elevato valore sociale), e gravi rischi sia per le persone che vivono nell'area o la frequentano sia per gli operatori della Regione, dei vigili del fuoco, della Protezione Civile e volontari che sono intervenuti per spegnere l'incendio.

Pertanto una valutazione più precisa dei rischi d'incendio e schianto/ribaltamento degli alberi risulti forse l'aspetto primario da definire prima di indirizzare scelte gestionali per la fornitura di questo o quel servizio ecosistemico. Una attenta definizione di rischio e pericolo derivanti da eventi estremi (incendi, neve, vento) dovrebbe essere l'elemento caratterizzante della pianificazione e gestione di un'area importante, almeno in termini quantitativi, come quella della Pineta Dannunziana. Il monitoraggio climatico, viste le dinamiche di riscaldamento in atto diventa un passaggio fondamentale per garantire un sistema di allerta per utenti e residenti.

## 4. CONCLUSIONI

In questo studio sulla Pineta Dannunziana di Pescara tramite l'acquisizione di immagini multispettrali Sentinel-2, abbiamo non solo definito il perimetro dell'incendio ma anche la severità dello stesso. Immagini pre e post incendi ci hanno permesso di valutare l'entità del cambiamento tramite il Normalized Burn Ratio. Per le valutazioni in campo è stato utilizzato il metodo GeoCBI. Queste prime valutazioni sono utili per completare in modo più esauriente le analisi per valutare gli effetti del fuoco nell'area. Correlando i dati di NBR con quelli di GeoCBI, sebbene con un numero non esauriente di rilievi a terra, è stato ottenuto un valore di  $R = 0,73$ , che testimonia come le classi di severità ottenute da remoto fossero effettivamente pertinenti alla realtà.

Lo studio effettuato sull'incendio della Pineta Dannunziana di Pescara ha permesso di mettere in evidenza quanto i cambiamenti climatici, misti ad una gestione non sempre consona al contesto, possano influire sull'innesco e sulla propagazione dell'incendio. I cambiamenti climatici riscontrati negli ultimi decenni causano infatti l'aumento di intensità e frequenza di numerosi eventi catastrofici, tra cui appunto gli incendi.

L'intera area Mediterranea conta negli ultimi anni un aumento esponenziale del numero, della frequenza e intensità degli incendi; tale situazione risulta essere anche conseguenza di una drastica diminuzione delle precipitazioni medie.

Un altro elemento prioritario è quello della gestione selvicolturale a valle di e una programmazione di interventi AIB che peraltro non sempre è sufficiente a contrastare il pericolo di innesco di incendio, come hanno dimostrato gli eventi del 2007, 2017 e 2021. La combinazione di questi fattori ha infatti permesso in questi 3 anni caratteristici il verificarsi di incendi molto estesi e di difficile controllo ed estinzione con una conseguente perdita di vaste superficie boschive al livello nazionale e regionale.

Relativamente alla gestione della pineta potrebbe essere opportuno procedere con l'eliminazione della vegetazione infestante esotica e non (instauratasi soprattutto a causa della presenza di un ex vivaio abbandonato) al fine di favorire la crescita e lo sviluppo di specie autoctone tipiche del luogo; inoltre potranno essere effettuate delle operazioni di diradamento, localizzato specialmente nelle zone più chiuse.

## 5. BIBLIORAFIA

- Aruffo E., Boscaino G., Cerasoli M.A., Di Carlo P. (2020) Omogeneizzazione di serie storiche di temperatura registrate in Abruzzo.
- Ascoli D. (2021) Se non ci fossero le foreste, non ci sarebbero gli incendi boschivi. SISEF
- Brutti E. (2017) *“Incendi forestali nelle Marche: effetti sul territorio fra cambiamenti climatici e organizzativi”*
- De Santis A. e Chiuvioco E. (2008) *GeoCBI: A modified version of the Composite Burn Index for the initial assessment of the short-term burn severity from remotely sensed data*
- EFFIS (2020) *Forest fires in Europe, Middle east and North Africa*. JRC technical report
- Frelich L.E. (2002) *Forest Dynamics and Disturbance Regimes, Studies from Temperate Evergreen-Deciduous Forests*. University of Minnesota
- Keeley J.E. (2009) *Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. International Journal of Wildland Fire 18(1):116-126*
- Key & Benson (1999). *Measuring and remote sensing of burn severity: the CBI and NBR*.
- Key, C. H., & Benson, N. C., (2005). *Landscape assessment: ground measure of severity, the Composite Burn Index. FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. General Technical Report, RMRS-GTR-164-CD: LA1-LA51.(pp.) Ogden, UT: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.*
- Kuuluvainen T. (2002) *Natural Variability of Forests as a Reference for Restoring and Managing Biological Diversity in Boreal Fennoscandia*
- Legambiente (2008) *Ecosistema incendi*
- Legambiente (2011) *Ecosistema incendi*
- Legambiente (2017) *Dossier incendi*
- Legambiente (2021) *La pandemia non ferma la mano degli ecocriminali. Legambiente denuncia i delitti contro l'ambiente con Ecomafia 2021: le storie e i numeri della criminalità ambientale.*
- Legambiente (2021) *Le proposte di Legambiente e Sisef per governare il fenomeno degli incendi estremi in un contesto di cambiamento climatico.*
- Miller J.D., Thode A.E. (2007) *Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR)*
- Motta R. (2021) *Prevenzione antincendio e la conservazione dell'ambiente: il caso della Pineta Dannunziana di Pescara. SISEF*
- Piano di Assetto Naturalistico della Riserva Dannunziana di Pescara* (2000)
- Pollutri A. (2021) *Il mediterraneo in fiamme*. WWF
- Tonarelli L. (2019) *Ecco come i cambiamenti climatici incidono sugli incendi*. SISEF
- UNEP (1992) *Convention on biological diversity. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya*

## 6. SITOGRAFIA

Barsanti Andrea (2021) Incendi, emergenza senza fine: mai così tanti roghi come nell'estate 2021

<https://www.today.it/cronaca/incendi-sud-italia.html>

Boschetti L., Roy D.P. e Trigg S.N. *E' possibile utilizzare il telerilevamento satellitare per l'analisi della severità degli effetti degli incendi sulla vegetazione naturale?*

<http://atti.asita.it/Asita2005/Pdf/0453.pdf>

D'Amato Alessandro (2021) Incendi Pescara, trovati punti di innesco. Il sindaco e il governatore: «Dietro c'è la mano dell'uomo»

<https://www.open.online/2021/08/01/pescara-incendi-pineta-dannunziana-innesco/>

EFFIS. European Forest Fire (2020)

<https://effis.jrc.ec.europa.eu/>

Giornale Il Centro (2021) Tre i punti d'innesco dell'incendio, aperta l'inchiesta sul dolo

<https://www.ilcentro.it/pescara/tre-i-punti-d-innesco-dell-incendio-aperta-l-inchiesta-sul-dolo-fotogallery-1.2671069>

Giornale Il Pescara (2021) Quarantaquattro alberi già abbattuti nella pineta dannunziana, altri sotto osservazione: i primi interventi eseguiti dopo l'incendio del primo agosto

<https://www.ilpescara.it/politica/interventi-pineta-incendio.html>

Meteo regione Abruzzo

<https://www.meteoregioneabruzzo.it>

Protezione civile Abruzzo

<https://protezionecivile.regione.abruzzo.it/>

Regione Abruzzo

<https://www.regione.abruzzo.it/>

Us Forest Service

<https://www.fs.usda.gov/>

## 7. RINGRAZIAMENTI

Un grande ringraziamento va al mio relatore e mentore delle discipline forestali, il professore Carlo Urbinati, per avermi trasmesso, grazie alla sua immensa passione e competenza, la conoscenza necessaria per concludere al meglio questo percorso e per essere stato sempre disponibile all'ascolto e al supporto.

Un sentito ringraziamento va anche al mio correlatore, il dott. Francesco Malandra, che con pazienza e dedizione ha saputo ascoltare tutti i miei dubbi riuscendo ad indirizzarmi verso la redazione di questa tesi.

Non da meno ringrazio il dott. Matteo Colarossi, presidente dell'ordine dei Dottori Agronomi e Forestali di Pescara, per la disponibilità riscontrata durante i rilievi in campo e per avermi fornito numerose informazioni e nozioni chiave per poter svolgere al meglio questo lavoro.

Ringrazio inoltre con tutto il cuore i miei genitori per avermi sempre incoraggiata e supportata in ogni mia scelta e per avermi sopportata nei momenti di maggiore sconforto.

Ringrazio inoltre la mia Momi, amica e compagna di mille avventure dai tempi delle superiori, per esserci sempre stata e per avermi spronato a dare il massimo in ogni situazione.

Ringrazio poi Sara, Davide e Veronica, amici e compagni di corso e di numerose avventure forestali e non, per tutti i momenti belli e spensierati trascorsi insieme (anche per quelli attraverso lo schermo del computer).

Arrivata alla fine di questo percorso vorrei poi ringraziare Me stessa per essere riuscita, nonostante le numerose difficoltà e i numerosi momenti di sconforto, a portare a termine questo percorso così amato e così sofferto.

Alla fine di questi 3 anni, sono state tante le conoscenze e le consapevolezza acquisite e tante altre ne arriveranno negli anni futuri perché non si finisce mai di imparare e di mettersi alla prova con se stessi e con il mondo che ci circonda.