

Chapter 10

Forest Health



Lo stato di salute delle foreste

Maria Rizzo and Patrizia Gasparini

Abstract Forests mainly consist of long-lived trees or shrub species and are exposed to natural or human disturbances of different severities. They are essential components of the natural development of forest ecosystems, since by triggering natural selection and ecological succession processes, they can achieve the best status in terms of species composition and structure. Nevertheless, extreme events can cause serious economic or naturalistic losses and, in some cases, endanger specific forest ecosystems. Disturbance events that damage forests vary and include pests and diseases, fires, pollution, climate changes, overexploitation or inadequate silvicultural practices, excessive grazing and browsing, to name just a few. Health monitoring of forests is a necessary condition to provide useful information for the conservation of forest resources, as well as to support forest management practices aimed at increasing the resilience of forests and their adaptation capacity. Through ground surveys, the Italian national forest inventory INFC has classified the health condition of Italian forests and produced the estimates presented in the chapter. These concern the distribution of the Forest area by pathologies and damage presence, severity and cause. Estimates of the Forest area affected by defoliation, divided by defoliation class and localization of defoliation, are also presented.

Keywords Disturbances · Forest pathologies · Damages · Defoliation · Crown transparency

M. Rizzo (✉) · P. Gasparini
CREA Research Centre for Forestry and Wood, Trento, Italy
e-mail: maria.rizzo@crea.gov.it

P. Gasparini
e-mail: patrizia.gasparini@crea.gov.it

© The Author(s) 2022
P. Gasparini et al. (eds.), *Italian National Forest Inventory—Methods and Results of the Third Survey*, Springer Tracts in Civil Engineering,
https://doi.org/10.1007/978-3-030-98678-0_10

10.1 Introduction

Different disturbances of nature (biotic or abiotic) and intensity are an integral part of forest ecosystem dynamics (Seidl et al., 2017). The alteration of forest structure, composition and function allows young and old forests (trees) to turn over and create heterogeneity, promoting biodiversity and ecosystem renewal or reorganisation (Thom et al., 2017; White & Pickett, 1985). Nevertheless, beyond a certain limit, disturbances can cause serious ecological or economic damages, causing the interruption of some forest functions (protection, landscape, timber and wood production, etc.). A forest management policy, aimed at the prevention and mitigation of natural disturbances, is usually considered essential (Motta, 2018).

The main disturbances that can damage the health of forests, causing their degradation or limiting their functionality, can derive both from natural biotic or abiotic factors (pests, grazing and browsing, fires, windstorms, floods, severe snow, etc.) and from profound changes in the territory and the environment caused by human activities, due for example to pollution or to the excessive exploitation of the forest in terms of wood and timber utilisation or for recreational use.

Because of climate change, which triggers more and more extreme climate events (strong rainstorms, floods, windstorms, heatwaves, etc.), forest vulnerability is increasing. Today, the frequency of extreme climate events is three times higher than 50 years ago (FAO, 2021). This creates a reduction in plant defence mechanisms (Forzieri et al., 2021). Climate change can also be responsible for the spread of pathogenic species in environments where they were not present, causing worrisome epidemics of animal and plant parasites.

Forest health monitoring is a prerequisite for adequately defining forest management practices aimed at improving forest resilience and adaptation capacity. In the Italian national forest inventory, the health of forest stands is detected through the direct observation in the field of the presence of damage or pathologies on the trees included in a plot (AdS25, cf. Chap. 4) to estimate the areas of the Forest involved (Gasparini et al., 2013). Any signals are considered, both as an alteration resulting from the action of a damaging agent (e.g., lesions, necrosis, defoliation) and in the form of signs of the presence of a damage factor (nests of larva, insects, fungi, etc.). The survey refers to the presence of pathologies or damages occurring in the survey's year or previously, but whose effects are still observable.

According to INFC, pathologies and damages are considered "visible" when they affect at least 30% of the crown coverage of the analysed stand, with reference to the subjects (trees and shrubs) with $DBH \geq 4.5$ cm. For these cases, in addition to the presence, the severity of the pathology or damage, the origin (which can be biotic or abiotic) and, if defoliation is present, its degree and localization on the affected trees are also assessed.

In this chapter, the estimate of the Forest area by pathology and damaging diffusion, severity and cause are presented. Estimates of Forest area affected by defoliation are also presented, by degree and localisation of defoliation. Area estimates of damage presence and diffusion for the inventory categories of Forest and the forest

categories of the Tall trees forest, the latter at the national level, are also available at inventarioforestale.org/statistiche_INFC.

10.2 Diffusion and Severity of Damages

The third Italian national forest inventory INFC2015 classifies the presence of pathologies and damages according to classes of their degree of diffusion, measured as percentage of crown coverage affected: absence of damages, damages on less than 30% of the crown coverage, damages on 30–59% of the crown coverage and damages on at least 60% of the crown coverage.

Table 10.1 at the end of this chapter provides estimates on Forest area by degree of damage diffusion. Estimates show that almost 80% of the Forest area is not affected by pathologies or damage and 15.6% of the area is affected by minor damage on less than 30% of the crown coverage. Overall, the Forest area without damage or pathologies or with minor damage is equal to 94.9% of the total. The Forest area with visible (affected crown coverage 30–59%) and very visible (at least 60% crown coverage affected) damages is equal to 3.3% and 1.0% of the total, respectively.

Estimates at the regional level differ partially from national ones.¹ Umbria is the region least affected by damages and pathologies (99.2% of the Forest area not affected or with minor damages), followed by Molise (99.1%), Valle d'Aosta (98.6%), Basilicata (98.4%), Trentino (98.3%) and Abruzzo (98.1%). The regions most affected by visible or very visible damage are Piemonte (8.7 and 1.9% of the area, respectively), Emilia-Romagna (8.0 and 1.3%), Liguria (6.7 and 1.8%), Calabria (2.7 and 4.2%) and Sardegna (5.3 and 1.1%) (Fig. 10.1).

Damage severity was assessed by estimating the proportion of the damaged above-ground components (foliage, branches and stem) compared to the normal conditions that trees should present in that context (Table 10.2). Only permanent and lasting damage and not temporary damage (just on foliage, for example) were taken into account. The severity of the damage, as mentioned above, was assessed only in forests with visible or very visible damages (at least 30% of the crown coverage affected).

At the end of this chapter, estimates of Forest area by damage severity are given in Table 10.3. Excluding the not classified or not assessed area, the most frequent class is that of medium damage (52.8% of the assessed Forest area), followed by the class of severe damage (34.4%). At the regional level, in Molise and Basilicata the entire Forest area assessed for the severity of the damage is affected by severe damage. In Umbria and Valle d'Aosta, on the other hand, the entire assessed area is affected by medium severity damages (Fig. 10.2).

¹ It should be noted that the estimates presented are only partially affected by the effects of the Vaia storm in October 2018 which occurred during the survey campaign.

Table 10.1 Forest area by degree of damage diffusion / Estensione del Bosco ripartito per grado di diffusione di patologie e danni

Region/Regione	Absence of damages or pathologies		Damages or pathologies on less than 30% of the crown coverage		Damages on 30–59% of the crown coverage		Damages on at least 60% of the crown coverage		Not classified		Total Forest	
	Area (ha)	ES (%)	Area (ha)	ES (%)	Area (ha)	ES (%)	Area (ha)	ES (%)	Area (ha)	ES (%)	Area (ha)	ES (%)
Piemonte	626,695	2.9	166,147	8.4	77,351	13.3	16,900	30.0	3340	54.1	890,433	1.3
Valle d' Aosta	60,764	9.0	37,087	13.9	1272	56.8	0	–	120	99.6	99,243	3.6
Lombardia	529,304	2.7	67,982	15.1	12,091	35.3	8252	45.2	4338	41.7	621,968	1.6
Alto Adige	236,387	4.5	85,540	10.9	15,324	28.0	0	–	2020	45.0	339,270	1.7
Trentino	304,222	3.4	62,588	13.6	4525	50.8	1433	100.0	492	100.0	373,259	1.4
Veneto	391,814	2.3	12,028	30.7	5256	49.9	1147	99.9	6459	27.1	416,704	1.9
Friuli V/G	280,547	3.3	38,986	16.6	10,122	35.0	0	–	2901	68.1	332,556	1.9
Liguria	236,883	4.3	75,839	11.3	23,006	22.9	6306	44.9	1126	57.3	343,160	1.7
Emilia Romagna	284,385	5.3	231,937	6.4	46,776	16.5	7639	44.7	14,164	31.1	584,901	1.5
Toscana	821,026	2.3	189,725	8.3	22,457	25.5	0	–	2240	38.1	1,035,448	1.1
Umbria	375,351	2.2	11,770	32.9	379	99.8	0	–	2805	69.1	390,305	1.6
Marche	232,041	4.0	52,972	14.0	6754	44.1	0	–	0	–	291,767	2.1
Lazio	501,589	2.5	41,214	18.8	5505	52.2	9830	42.0	2099	41.4	560,236	1.6
Abruzzo	377,388	2.6	26,228	21.6	3034	63.5	3602	54.1	1336	57.4	411,588	1.8
Molise	143,525	3.9	8369	33.5	0	–	1354	72.2	0	–	153,248	3.0
Campania	369,746	2.8	13,951	33.0	15,922	29.0	3203	52.3	1105	57.8	403,927	2.1
Puglia	80,954	8.4	56,209	11.1	2635	63.3	1225	99.8	1326	50.1	142,349	4.0
Basilicata	257,186	3.6	26,141	20.9	0	–	1398	99.9	3294	33.1	288,020	2.7
Calabria	403,978	3.6	46,794	19.3	13,453	33.3	20,581	36.1	10,371	33.7	495,177	2.0
Sicilia	229,385	4.5	43,973	15.5	3870	58.5	4427	57.5	3833	55.5	285,489	3.2
Sardegna	459,536	3.5	125,433	9.3	33,433	18.3	7104	38.6	633	71.9	626,140	2.1
Italia	7,202,706	0.7	1,420,914	2.8	303,166	6.5	94,400	13.4	64,001	12.0	9,085,186	0.4

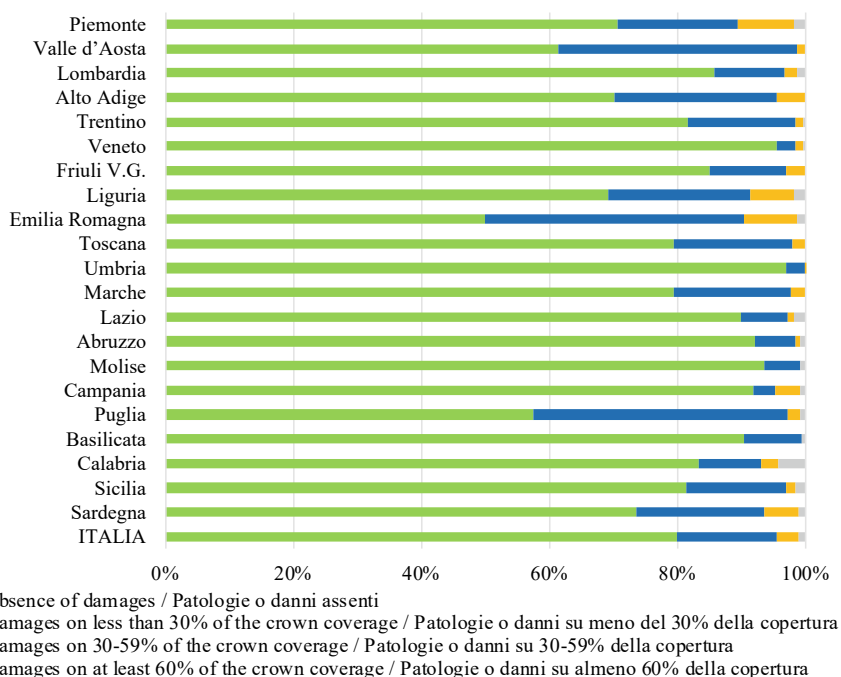


Fig. 10.1 Percentage of the Forest area by degree of diffusion of damages or pathologies / Ripartizione percentuale del Bosco per grado di diffusione di patologie o danni

Table 10.2 Classes of damage severity / Classi di intensità di patologie e danni

Severity classes	Description
Classi di intensità	Descrizione
Low damage Danno modesto	Damages affecting less than 30% of the aboveground tree components ¹ Meno del 30% delle parti epigee dei soggetti arborei ¹ è interessato da patologie o danni
Medium damage Danno medio	Damages affecting 30–59% of the aboveground tree components 30–59% delle parti epigee dei soggetti arborei interessato da patologie o danni
Severe damage Danno intenso	Damages affecting at least 60% of the aboveground components 60% o più delle parti epigee dei soggetti arborei interessato da patologie o danni

¹Crown, trunk, branches / Chioma, fusto, rami

Table 10.3 Forest area by damage severity; it is assessed when more than 30% of the crown coverage is affected by damages or pathologies / Estensione del Bosco ripartito per intensità di patologie o danni; viene valutata quando questi interessano più del 30% della copertura delle chiome

Region/Regione	Low damage			Medium damage			Severe damage			Not assessed or not classified			Total Forest		
	Danno modesto		Area (ha)	Danno medio		Area (ha)	Danno intenso		Area (ha)	Non valutato o non classificato		Area (ha)	Totale Bosco		
	Area (ha)	ES (%)		Area (ha)	ES (%)		Area (ha)	ES (%)		Area (ha)	ES (%)		Area (ha)	ES (%)	
Piemonte	3489	63.5	65,532	14.6	25,231	24.6	796,182	1.9	890,433	1.3					
Valle d' Aosta	0	-	1272	56.8	0	-	97,971	4.0	99,243	3.6					
Lombardia	2915	73.7	12,770	35.2	4657	59.4	601,625	1.9	621,968	1.6					
Alto Adige	8934	36.4	6390	44.5	0	-	323,946	2.4	339,270	1.7					
Trentino	1372	100.0	1781	69.5	2805	70.8	367,301	2.0	373,259	1.4					
Veneto	1565	99.9	1147	99.9	3691	57.1	410,301	2.1	416,704	1.9					
Friuli V.G	720	99.7	7073	43.2	2329	73.6	322,434	2.4	332,556	1.9					
Liguria	4270	56.7	13,044	31.5	11,999	32.5	313,848	2.8	343,160	1.7					
Emilia Romagna	2864	70.8	32,255	20.0	19,296	27.4	530,486	2.3	584,901	1.5					
Toscana	3723	63.6	12,226	35.3	6508	49.7	1,012,991	1.3	1,035,448	1.1					
Umbria	0	-	379	99.8	0	-	389,926	1.9	390,305	1.6					
Marche	1326	100.0	3272	60.8	2156	84.8	285,013	2.5	291,767	2.1					
Lazio	2194	100.0	2873	62.9	10,268	40.4	544,901	2.0	560,236	1.6					
Abruzzo	0	-	3034	63.5	3602	54.1	404,952	2.1	411,588	1.8					
Molise	0	-	0	-	1354	72.2	151,893	3.4	153,248	3.0					
Campania	8529	41.3	5981	44.9	4615	47.5	384,802	2.5	403,927	2.1					
Puglia	0	-	2635	63.3	1225	99.8	138,488	4.2	142,349	4.0					
Basilicata	0	-	0	-	1398	99.9	286,621	2.9	288,020	2.7					
Calabria	3297	70.9	8655	41.4	22,081	34.3	461,143	2.8	495,177	2.0					
Sicilia	1452	100.0	2419	71.8	4427	57.5	277,191	3.4	285,489	3.2					
Sardegna	4112	58.6	27,201	20.1	9224	33.9	585,603	2.4	626,140	2.1					
Italia	50,762	16.8	209,938	7.9	136,866	10.8	8,687,620	0.5	9,085,186	0.4					

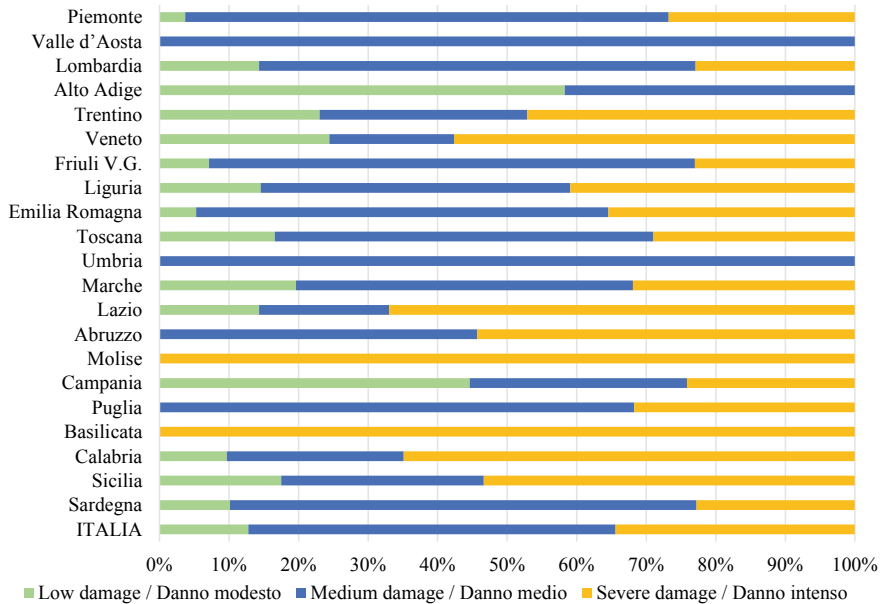


Fig. 10.2 Percentage of the assessed Forest area by classes of damage severity / Ripartizione percentuale della superficie del Bosco valutato per classi di intensità di patologie o danni

10.3 Damaging Causes

The causes of damages and pathologies are identified by observing traces or evident signs (cf. Table 10.4). If the cause is not clearly recognisable or there is a concomitant action of several factors, none of which prevails, the class ‘unknown or complex causes’ is assigned. If, among many, there is a prevalent or triggering cause, then this one is indicated.

Table 10.5 gives the estimates of Forest area by damaging cause. At the national level, the main disturbances are pests and diseases caused by insects, fungi, bacteria, mycoplasma, viruses (33.8% of the assessed Forest area), followed by extreme climate events (26.5%) and forest fires on crowns (20.7%) (Fig. 10.3).

The effect of the different causes of damage is variable at the regional level. Nevertheless, the main disturbances belong to the three most relevant causes at the national level.

Table 10.4 Damaging causes and related signs of recognition / Cause di danni o patologie e segni per la loro individuazione

Damaging causes	Description
Cause di danni o patologie	Descrizione
Browsing and grazing, other animals, epiphytes Selvaggina o pascolo, altri animali, piante epifite	Foraging, trampling, bark stripping, damages due to rodents or epiphytes (mistletoe, ivy) Brucatura, calpestio, scortecciatura dei fusti, danni da roditori e danni dovuti alla presenza di epifite (vischio, edera)
Pests and diseases (insects, fungi, bacteria, mycoplasma, viruses) Parassiti (insetti, funghi, batteri, micoplasm, virus)	Discoloration, blight, cankers, chlorosis, yellowing, decrease in plant vigour, dieback, distortion, galls, exudation of gum or sap, leaf distortion, leaf scorch, leaf spot, necrosis, stunting, abnormal broom-like growth of many weak shoots Scolorimento, ruggine, cancri, clorosi, ingiallimento, diminuzione del vigore della pianta, deperimento, galle, emissione di essudati o resina, deformazione fogliare, bruciatura fogliare, macchie fogliari, necrosi, arresto della crescita, scopazzi
Extreme climate events Eventi meteorologici intensi	Crashes, truncations, uprooting of trees, leaf dieback/necrosis Schianti, troncature, sradicamenti di soggetti arborei; disseccamento/necrosi fogliare
Crown fires Incendio del soprassuolo	Blackening, combustion and carbonization of aboveground biomass Annerimento, bruciatura, combustione a carico del soprassuolo
Underwood fires Incendio del sottobosco	Blackening, combustion and carbonization of underwood biomass Annerimento, bruciatura, combustione a carico del sottobosco

(continued)

Table 10.4 (continued)

Damaging causes	Description
Cause di danni o patologie	Descrizione
Direct human actions Azione diretta dell'uomo	Damages to forest stands in form of crashes, debarking, truncations, crashing, and to regeneration due to incorrect silvicultural activities
	Danni al soprassuolo in forma di scortecciature, troncature, schianti di singoli soggetti e danni al novellame dovuti ad attività selvicolturali errate
Indirect human actions Azione indiretta dell'uomo	Pollution, recreational activities
	Inquinamento, danni da fruizione turistico-ricreativa
Complex or unknown causes Cause complesse o ignote	Presence of more than one cause or not clearly interpretable
	Presenza di più cause o non chiaramente interpretabili

10.4 Defoliation and Its Localization

If pathologies or damage effects are manifested as defoliation, then its degree and localization are observed on some representative sample trees (up to three), according to the INFC field protocol.

The degree of defoliation is defined as the level of transparency of the crown, compared to the normal conditions that trees should present in that context, for that species and in that period. It is classified according to four classes: defoliation absent or $\leq 10\%$, defoliation equal to 11–25%, 26–60% of greater than 60%. The evaluation of the localization concerns, instead, the indication of the areas of the crown affected by the defoliation (Table 10.6). It is assessed if the degree of defoliation is greater than 10%.

Tables 10.7 and 10.8 show the estimates of Forest area by degree and localization of defoliation, respectively. Forest area affected by defoliation $\leq 10\%$ is equal to 34.3% of the assessed area, while the upper classes of defoliation respectively affect 24.4%, 24.6% and 16.8% of the assessed area (Fig. 10.4).

The Forest area characterized by a homogeneous distribution of defoliation over the entire canopy is equal to 66.7% of the assessed area, while 19.8% of the assessed Forest area is characterized by defoliation on the apical portion of the canopy (Fig. 10.5).

Table 10.5 Forest area by damaging causes; it is assessed when more than 30% of the crown coverage is affected by damages or pathologies / Estensione del Bosco ripartito per causa di danni o patologie; viene valutata quando questi interessano più del 30% della copertura delle chiome

Region/Regione	Browsing and grazing, other animals, epiphytes		Pests and diseases (insects, fungi, bacteria, mycoplasma, viruses)		Extreme climate events		Crown fires		Underwood fires		Direct human actions		Indirect human actions		Complex or unknown causes		Not assessed or not classified		Total Forest	
	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)
Piemonte	19,021	27.4	30,932	21.7	31,809	21.3	4520	56.8	3077	70.7	0	0	0	0	4891	57.6	796,182	1.9	890,433	1.3
Valle d'Aosta	0	-	424	99.6	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	848	70.0	97,971	4.0	99,243	3.6
Lombardia	0	-	10,081	37.6	8341	45.2	1921	100.0	0	0	0	0	0	0	0	-	601,625	1.9	621,968	1.6
Alto Adige	1403	99.8	1520	79.0	10,978	33.1	0	-	0	0	0	0	0	0	1424	99.8	323,946	2.4	339,270	1.7
Trentino	1372	100.0	2263	72.4	2323	72.7	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	367,301	2.0	373,259	1.4
Veneto	0	-	2293	68.9	4110	58.1	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	410,301	2.1	416,704	1.9
Friuli V.G.	0	-	5607	43.7	4515	57.7	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	322,434	2.4	332,556	1.9
Liguria	4270	56.7	15,540	28.8	5693	48.8	3809	54.4	0	0	0	0	0	0	0	-	313,848	2.8	343,160	1.7
Emilia Romagna	4398	57.8	14,689	30.0	24,949	23.4	0	-	1502	100.0	1637	100.0	1498	100.0	5742	51.2	530,486	2.3	584,901	1.5
Toscana	0	-	18,105	29.0	0	-	0	-	410	100.0	0	0	0	0	3943	60.3	1,012,991	1.3	1,035,448	1.1
Umbria	0	-	0	-	379	99.8	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	389,926	1.9	390,305	1.6
Marche	0	-	741	70.8	3112	71.6	2362	79.6	0	0	0	0	539	100.0	0	-	285,013	2.5	291,767	2.1

(continued)

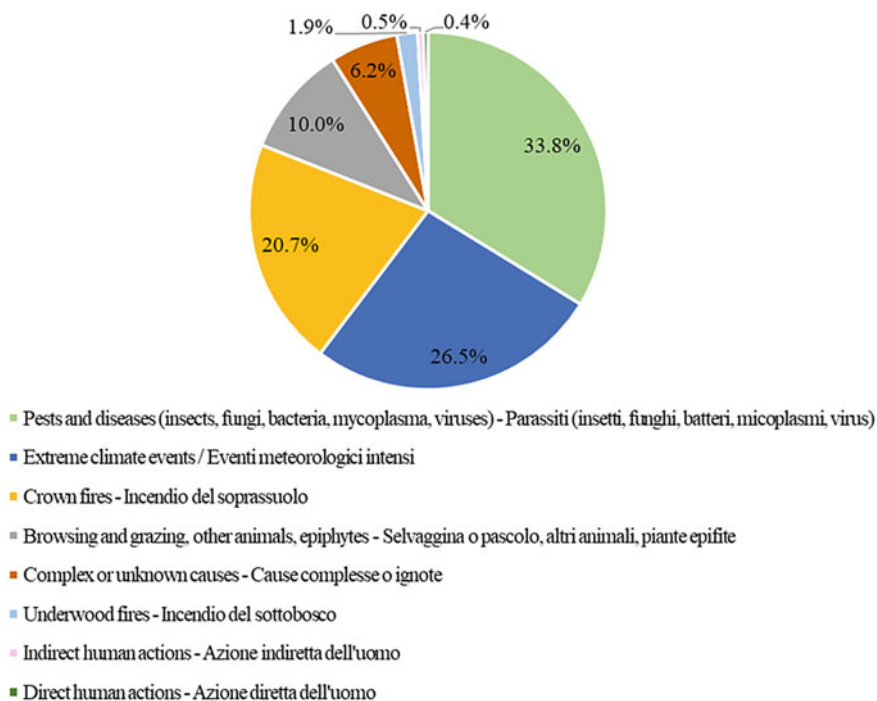


Fig. 10.3 Percentage of the assessed Forest area by damaging causes at the national level / Ripartizione percentuale della superficie del Bosco valutato per causa di patologie o danni, a livello nazionale

Table 10.6 Classes of localization of defoliation / Classi di localizzazione della defogliazione

Localization of defoliation	Description
Localizzazione della defogliazione	Descrizione
Homogeneous Omogenea	Homogeneous defoliation over the entire crown
	Defogliazione omogenea su tutta la chioma
Basal Basale	Defoliation mainly on the basal portion
	Defogliazione principalmente sulla porzione basale
Localised Localizzata	Defoliation localized in single parts of the crown
	Defogliazione localizzata in singole parti della chioma
Apical Apicale	Defoliation mainly on the apical portion
	Defogliazione principalmente sulla porzione apicale

Table 10.7 Forest area by degree of defoliation; it is assessed when more than 30% of the crown coverage is affected by damages or pathologies / Estensione del Bosco ripartito per grado di defogliazione; viene valutato quando patologie o danni interessano più del 30% della copertura delle chiome

Region/Regione	Absence of defoliation or defoliation ≤ 10%		Defoliazione 11–25%		Defoliazione 26–60%		Defoliazione > 60%		Not assessed or not classified		Total Forest	
	Defogliazione assente o defogliazione ≤ 10%		Defogliazione 11–25%		Defogliazione 26–60%		Defogliazione > 60%		Non valutato o non classificato		Totale Bosco	
	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)	area (ha)	ES (%)
Piemonte	63,153	14.8	15,164	31.9	12,753	35.0	3181	70.8	796,182	1.9	890,433	1.3
Valle d'Aosta	424	99.6	424	99.6	424	99.6	0	–	97,971	4.0	99,243	3.6
Lombardia	2327	83.3	5686	51.7	5875	51.8	6454	51.1	601,625	1.9	621,968	1.6
Alto Adige	6466	40.5	7056	44.3	1802	81.6	0	–	323,946	2.4	339,270	1.7
Trentino	3695	58.9	890	100.0	1372	100.0	0	–	367,301	2.0	373,259	1.4
Veneto	5256	49.9	0	–	0	–	1147	99.9	410,301	2.1	416,704	1.9
Friuli V.G.	5235	51.6	2169	72.6	1901	81.9	818	99.7	322,434	2.4	332,556	1.9
Liguria	1423	99.2	11,736	32.9	12,694	32.2	3459	59.0	313,848	2.8	343,160	1.7
Emilia Romagna	19,868	26.0	16,042	30.2	18,505	27.8	0	–	530,486	2.3	584,901	1.5
Toscana	3604	63.7	6627	49.3	12,226	35.3	0	–	1,012,991	1.3	1,035,448	1.1
Umbria	0	–	379	99.8	0	–	0	–	389,926	1.9	390,305	1.6
Marche	1903	76.2	0	–	741	70.8	4110	62.2	285,013	2.5	291,767	2.1
Lazio	0	–	3402	67.7	2103	81.8	9830	42.0	544,901	2.0	560,236	1.6
Abruzzo	2959	63.0	1374	100.0	2303	63.1	0	–	404,952	2.1	411,588	1.8
Molise	0	–	0	–	824	99.8	530	99.8	151,893	3.4	153,248	3.0
Campania	3124	62.0	3819	56.7	4862	52.8	7320	42.0	384,802	2.5	403,927	2.1
Puglia	1439	99.8	1196	71.1	1225	99.8	0	–	138,488	4.2	142,349	4.0
Basilicata	0	–	0	–	0	–	1398	99.9	286,621	2.9	288,020	2.7
Calabria	5094	57.4	5062	51.7	4129	71.2	19,749	36.7	461,143	2.8	495,177	2.0
Sicilia	4108	58.9	1427	100.0	0	–	2762	69.7	277,191	3.4	285,489	3.2
Sardegna	6094	45.3	14,653	27.7	13,924	28.2	5865	43.9	585,603	2.4	626,140	2.1
Italia	136,174	10.0	97,105	11.8	97,664	11.9	66,624	16.5	8,687,620	0.5	9,085,186	0.4

Table 10.8 Forest area by classes of localization of defoliation; it is assessed when more than 30% of the crown coverage is affected by damages or pathologies and more than 10% of the foliage is missing / Estensione del Bosco ripartito per localizzazione della defogliazione; viene valutata quando patologie o danni interessano più del 30% della copertura delle chiome e quando risulta mancante più del 10% del fogliame

Region/Regione	Homogeneous defoliation			Basal defoliation			Localised defoliation			Apical defoliation			Not assessed or not classified		Total Forest	
	Defogliazione omogenea			Defogliazione basale			Defogliazione localizzata			Defogliazione apicale			Non valutato o non classificato		Totale Bosco	
	Area (ha)	ES (%)		Area (ha)	ES (%)		Area (ha)	ES (%)		Area (ha)	ES (%)		Area (ha)	ES (%)	Area (ha)	ES (%)
Piemonte	24,867	24.7	0	0	1542	100.0	4688	57.5	859,336	1.6	890,433	1.3				
Valle d'Aosta	424	99.6	0	0	0	0	424	99.6	98,395	4.0	99,243	3.6				
Lombardia	15,066	32.4	0	0	0	0	2949	73.9	603,952	1.9	621,968	1.6				
Alto Adige	1802	81.6	2827	70.5	1403	99.8	2827	70.5	330,412	2.3	339,270	1.7				
Trentino	2263	72.4	0	0	0	0	0	0	0	0	373,259	1.4				
Veneto	1147	99.9	0	0	0	0	0	0	0	0	416,704	1.9				
Friuli V.G	3680	59.2	0	0	0	0	1207	74.8	327,669	2.3	332,556	1.9				
Liguria	21,846	23.7	350	99.2	0	0	5693	48.8	315,271	2.8	343,160	1.7				
Emilia Romagna	18,554	27.5	3109	70.8	3987	59.0	8897	40.5	550,354	2.0	584,901	1.5				
Toscana	8284	43.9	0	0	0	0	10,569	38.0	1,016,595	1.3	1,035,448	1.1				
Umbria	0	0	0	0	0	0	379	99.8	389,926	1.9	390,305	1.6				
Marche	2324	80.4	741	70.8	0	0	1786	100.0	286,916	2.5	291,767	2.1				
Lazio	11,864	37.6	471	100.0	368	100.0	2632	85.0	544,901	2.0	560,236	1.6				
Abruzzo	2303	63.1	0	0	0	0	1374	100.0	407,911	2.1	411,588	1.8				
Molise	1354	72.2	0	0	0	0	0	0	151,893	3.4	153,248	3.0				
Campania	13,156	32.0	1350	57.5	1495	100.0	0	0	387,926	2.5	403,927	2.1				
Puglia	523	99.8	1225	99.8	0	0	673	99.8	139,927	4.2	142,349	4.0				
Basilicata	1398	99.9	0	0	0	0	0	0	286,621	2.9	288,020	2.7				
Calabria	19,064	34.0	6237	76.7	3638	73.4	0	0	466,237	2.8	495,177	2.0				
Sicilia	2762	69.7	0	0	1427	100.0	0	0	281,300	3.3	285,489	3.2				
Sardegna	21,693	23.2	4162	50.3	866	100.0	7722	35.8	591,697	2.4	626,140	2.1				
Italia	174,376	9.2	20,472	30.4	14,726	32.0	51,819	16.4	8,823,794	0.5	9,085,186	0.4				

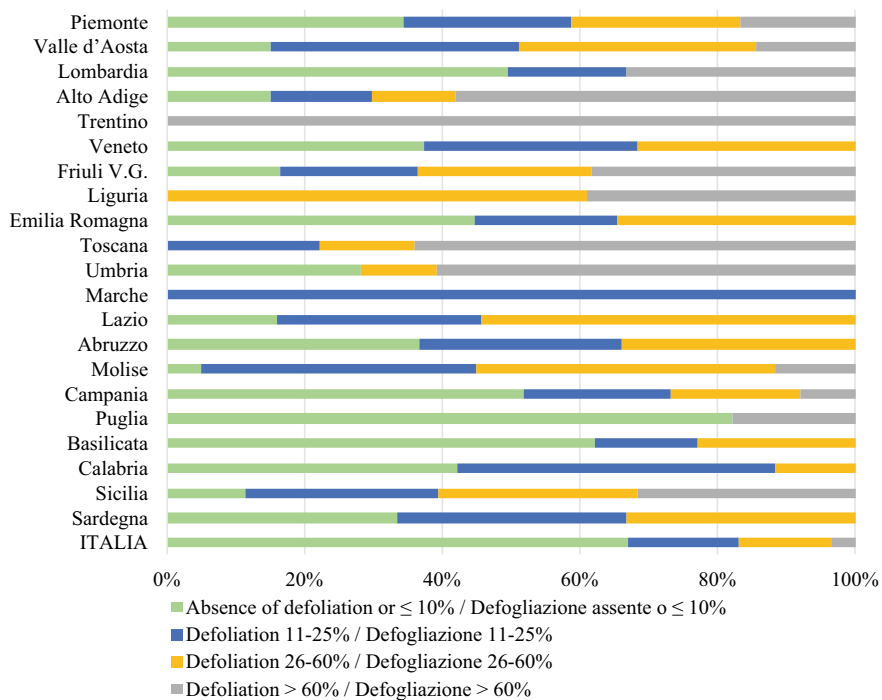


Fig. 10.4 Percentage of the assessed Forest area by degree of defoliation / Ripartizione percentuale della superficie del Bosco valutato per il grado di defogliazione

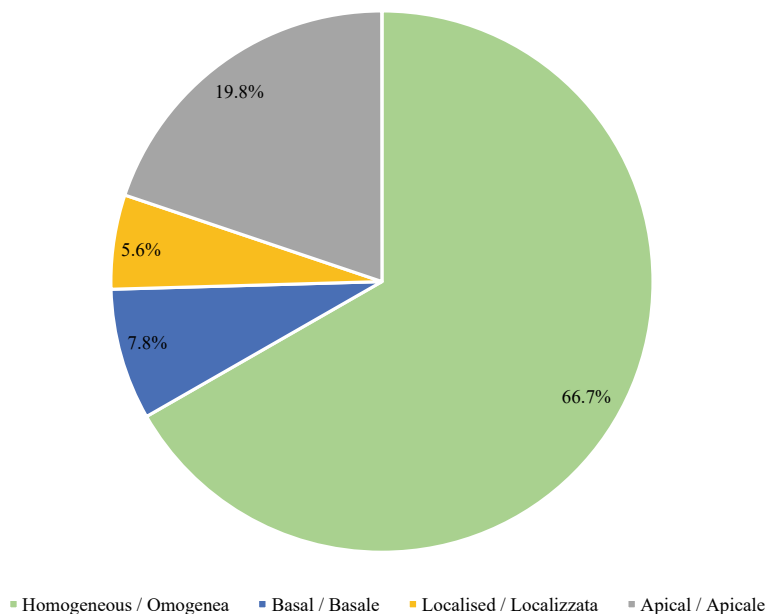


Fig. 10.5 Percentage of the assessed Forest area by localization of defoliation at the national level / Ripartizione percentuale della superficie del Bosco valutato per la localizzazione della defogliazione, a livello nazionale

Appendix (Italian Version)

Riassunto Le foreste sono prevalentemente costituite da specie arboree o arbustive caratterizzate da un lungo ciclo vitale, durante il quale possono subire gli effetti di fattori di disturbo di origine naturale o antropica di diversa intensità. Tali fattori sono fondamentali per l'evoluzione stessa delle foreste poiché, innescando processi di selezione naturale tra specie e individui, ne favoriscono la migliore composizione e struttura. Fattori di disturbo particolarmente intensi, tuttavia, possono causare perdita di valore naturalistico o economico e, in alcuni casi, avere conseguenze gravi e mettere a rischio la sopravvivenza di interi ecosistemi forestali.

L'elenco delle possibili cause di danno alle foreste è ampio e vario: parassiti, incendi, inquinamento, cambiamenti climatici, sovra-sfruttamento o pratiche di utilizzazione inadeguate, eccessivo pascolamento o impatto degli ungulati selvatici sono alcuni esempi.

Il monitoraggio dello stato di salute delle foreste rappresenta una condizione necessaria per fornire informazioni utili per la conservazione delle risorse forestali, come pure per supportare pratiche di gestione forestale finalizzate ad aumentare la resilienza delle foreste e la loro capacità di adattamento alle avversità. Attraverso i rilievi al suolo, l'inventario forestale nazionale italiano (INFC) ha classificato lo stato di salute delle foreste italiane e prodotto le stime presentate nel capitolo. Queste

riguardano la ripartizione della superficie del Bosco per presenza e diffusione di patologie o danni al soprassuolo, del loro grado di intensità e della causa. Vengono inoltre presentate le stime della superficie del Bosco interessata da defogliazione, ripartita per grado di trasparenza e localizzazione sulla chioma degli alberi interessati.

Introduzione

I disturbi di diversa natura (biotica o abiotica) e intensità rappresentano una parte integrante della dinamica degli ecosistemi forestali (Seidl et al., 2017). Modificando la struttura, la composizione e la funzione, i disturbi favoriscono l'alternarsi nel tempo e nello spazio di fasi giovanili, mature e stramature e creano eterogeneità favorendo la diversità biologica e il rinnovamento o la riorganizzazione dell'ecosistema (Thom et al., 2017; White & Pickett, 1985). Oltre un certo limite, tuttavia, i disturbi possono provocare ingenti danni sia di natura ecologica sia economica, che incidono sulle funzioni del bosco (protettiva, paesaggistica, produttiva ecc.). Nella maggior parte dei casi si ritiene quindi necessario approntare una politica di gestione forestale indirizzata prevalentemente alla prevenzione ed alla mitigazione dei disturbi naturali (Motta, 2018).

Le principali minacce che possono alterare lo stato di salute delle foreste, provocandone la degradazione o limitando la loro funzionalità, sono riferibili sia a cause naturali di natura biotica o abiotica (parassiti vegetali o animali, presenza di selvaggina, incendi, alluvioni, neve abbondante, ecc.) sia a profondi cambiamenti del territorio e dell'ambiente ad opera dell'uomo, dovuti per esempio all'inquinamento o all'eccessivo sfruttamento del bosco in termini di utilizzazioni forestali o per uso ricreativo.

A causa dei cambiamenti climatici, che innescano sempre più spesso eventi meteorologici estremi (piogge intense, alluvioni, tempeste di vento, ondate di calore ecc.), la vulnerabilità delle foreste è in aumento. Gli eventi meteorologici estremi avvengono oggi con una frequenza tre volte superiore rispetto a cinquant'anni fa (FAO, 2021); questi, nel tempo, compromettono i meccanismi di difesa delle piante (Forzieri et al., 2021). I cambiamenti climatici, inoltre, possono innescare la diffusione di specie patogene in ambienti in cui non erano prima presenti, causando epidemie di parassiti animali e vegetali.

Monitorare lo stato di salute delle foreste rappresenta una condizione necessaria per definire pratiche di gestione forestale adeguate, volte a migliorare la resilienza e la capacità di adattamento alle avversità degli ecosistemi forestali. Nell'inventario forestale nazionale italiano, lo stato di salute dei soprassuoli forestali viene rilevato tramite l'osservazione diretta in campo della presenza di danni o patologie sui soggetti inclusi in un'area di saggio (AdS25, cfr. Chap. 4), al fine di stimare le superfici di Bosco interessate (Gasparini et al., 2013). Vengono considerate eventuali alterazioni conseguenti all'azione di un agente di danno (ad es. ferite, necrosi, defogliazione) o i segni della presenza di un fattore di danno o malattia (nidi di larve, insetti, corpi fruttiferi fungini, ecc.). L'osservazione si riferisce alla presenza di danni derivati da

avversità verificatesi nell'anno del rilievo o precedentemente, ma i cui effetti sul soprassuolo siano ancora visibili.

Secondo INFC vengono considerati “evidenti” le patologie e i danni che riguardano almeno il 30% della copertura delle chiome all'interno dell'AdS25 (cfr. Chap. 4), con riferimento ai soggetti (alberi e arbusti) sopra la soglia di cavallettamento ($d_{1,30} \geq 4.5$ cm). Per questi casi, oltre alla presenza, viene valutata anche l'intensità della patologia o del danno, l'origine (che può essere di natura biotica o abiotica) e, se presente defogliazione, il suo grado e la localizzazione sui soggetti interessati.

Alla fine del capitolo vengono presentate le stime della superficie del Bosco ripartita per grado di diffusione di patologie o danni, intensità e causa. Vengono inoltre presentate le stime del Bosco interessato da defogliazione, per grado e localizzazione. All'indirizzo inventarioforestale.org/statistiche_INFC sono disponibili, inoltre, le stime di superficie relative alla ripartizione delle categorie inventariali del Bosco e delle categorie forestali dei Boschi alti, queste ultime a livello nazionale, per il grado di diffusione di patologie o danni.

Diffusione e intensità di patologie o danni

Il terzo inventario forestale italiano INFC2015 classifica la presenza di patologie o danni secondo classi del loro grado di diffusione, misurato in base alla percentuale di chiome interessate: assenza di danni e patologie, danni o patologie che interessano meno del 30%, oppure il 30–59% o almeno il 60% della copertura.

La Table 10.1 in fondo al capitolo riporta le stime della superficie del Bosco ripartita per il grado di diffusione di patologie o danni. Dalle stime emerge che quasi l'80% della superficie del Bosco non è interessato da danni e che il 15.6% della superficie è interessato da danni lievi, diffusi su meno del 30% della copertura. Complessivamente la superficie del Bosco senza danni o patologie o con danni lievi è pari al 94.9% del totale. L'aliquota di superficie con danni evidenti (copertura interessata pari a 30–59%) o molto evidenti (almeno il 60% della copertura interessata) è pari rispettivamente a 3.3 e 1.0%.

Le stime a livello regionale mostrano alcune variazioni rispetto alla media nazionale²; l'Umbria risulta la regione meno interessata da danni o patologie (99.2% della superficie del Bosco non interessata da patologie e danni o con danni lievi), seguita da Molise (99.1%), Valle d'Aosta (98.6%), Basilicata (98.4%), Trentino (98.3%) e Abruzzo (98.1%). Le regioni maggiormente interessate da danni evidenti o molto evidenti risultano essere il Piemonte (8.7 e 1.9% della superficie interessata), l'Emilia-Romagna (8.0 e 1.3%), la Liguria (6.7 e 1.8%), la Calabria (2.7 e 4.2%) e la Sardegna (5.3 e 1.1%) (Fig. 10.1).

² Le stime presentate risentono solo in parte degli effetti della tempesta Vaia dell'ottobre 2018, che si verificata nel corso della campagna di rilievo.

L'intensità del danno viene valutata stimando la proporzione delle parti epigee danneggiate (chioma, rami e fusto) rispetto alle condizioni di normalità per gli individui, nel contesto osservato (Table 10.2). Vengono presi in considerazione solo i danni duraturi e non quelli temporanei come, ad esempio, i danni all'apparato fogliare. L'intensità di patologie o danni, come detto in precedenza, viene valutata solo in caso di danni evidenti o molto evidenti (almeno il 30% della copertura interessata).

Le stime di superficie del Bosco per classi di intensità del danno sono riportate nella Table 10.3 in fondo al capitolo. Non considerando la classe "non classificato", corrispondente alla superficie non valutata per il grado di intensità del danno, la classe più frequente per il Bosco risulta quella di danno medio (52.8% della superficie del Bosco valutata), mentre la classe di danno intenso interessa il 34.4%. A livello regionale, in Molise e in Basilicata la totalità della superficie del Bosco valutata per l'intensità del danno risulta interessata da danni gravi. In Umbria e in Valle d'Aosta, invece, la totalità della superficie valutata è interessata da danni di media intensità (Fig. 10.2).

Cause di patologie o danni

La causa della patologia o del danno viene individuata tramite l'osservazione di tracce o segni evidenti secondo le descrizioni riportate nella Table 10.4. Qualora la causa non sia chiaramente riconoscibile, oppure in presenza dell'azione concomitante di più fattori, nessuno dei quali prevalente, viene assegnata la classe "cause ignote o complesse". In presenza di cause di danno o patologie diverse, si assegna la causa prevalente.

La Table 10.5 riporta le stime della superficie del Bosco per causa di danni o patologie. A livello nazionale le avversità più comuni sono rappresentate dagli attacchi parassitari, che interessano il 33.8% della superficie valutata, ossia della superficie con danni diffusi su almeno il 30% della copertura delle chiome; le cause di danno che seguono, in ordine di importanza per superficie interessata, sono gli eventi meteorici intensi (26.5%) e gli incendi del soprassuolo (20.7%) (Fig. 10.3).

A livello regionale l'incidenza delle diverse cause di danno o patologie è variabile, ma generalmente le principali cause di avversità appartengono ad una delle tre classi con maggiore rilevanza a livello nazionale.

Grado di defogliazione e sua localizzazione

Se gli effetti della patologia o del danno si manifestano come defogliazione, il protocollo di rilievo INFC prevede di rilevarne il grado e la localizzazione su alcuni soggetti arborei campione rappresentativi (fino a tre).

Il grado di defogliazione esprime l'aliquota di foglie mancanti e viene valutato osservando il livello di trasparenza delle chiome rispetto allo stato di fogliazione normale per quella specie, in quel contesto e in quel periodo. Il grado di defogliazione viene classificato secondo quattro classi: defogliazione assente o $\leq 10\%$, defogliazione pari a 11–25%, 26–60% e maggiore di 60%. La localizzazione riguarda, invece, l'indicazione delle zone della chioma interessate dalla defogliazione e viene valutata quando il grado di defogliazione supera il 10% (Table 10.6).

Tables 10.7 e 10.8 riportano le stime della superficie del Bosco rispettivamente per grado e localizzazione della defogliazione. La superficie del Bosco con un grado di defogliazione inferiore o uguale a 10% risulta pari al 34.3% della superficie valutata, mentre le classi superiori di defogliazione interessano rispettivamente il 24.4%, il 24.6% e il 16.8% della superficie valutata (Fig. 10.4).

Relativamente alla localizzazione della defogliazione, il 66.7% della superficie del Bosco con defogliazione superiore a 10% è caratterizzato da una distribuzione omogenea su tutta la chioma, mentre il 19.8% è caratterizzato da defogliazione nella porzione apicale della chioma (Fig. 10.5).

References

- FAO (2021). *The impact of disasters and crises on agriculture and food security* (211 pp.). <https://doi.org/10.4060/cb3673en>.
- Forzieri, G., Girardello, M., Ceccherini, G., Spinoni, J., Feyen, L., Hartmann, H., Beck, P. S. A., Camp-Valls, G., Chirici, G., Mauri, A., & Cescatti, A. (2021). Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests. *Nature Communications*, 12, 1081. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21399-7>
- Gasparini, P., Di Cosmo, L., Cenni, E., Pompei, E., & Ferretti, M. (2013). Towards the harmonization between National Forest Inventory and Forest Condition Monitoring. Consistency of plot allocation and effect of tree selection methods on sample statistics in Italy. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 6155–6171. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-3014-1>
- Motta, R. (2018). L'equilibrio della natura non esiste (e non è mai esistito!). *Forest@*, 15, 56–58. <https://doi.org/10.3832/efor2839-015>.
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M. J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika, M., Nagel, T. A., & Reyser, C. P. O. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7, 395–402. <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>
- Thom, D., Rammer, W., & Seidl, R. (2017). Disturbances catalyze the adaptation of forest ecosystems to changing climate conditions. *Global Change Biology*, 23, 269–282. <https://doi.org/10.1111/gcb.13506>
- White, P. S., & Pickett, S. T. A. (1985). Natural disturbance and patch dynamics: An introduction. In S. T. A. Pickett & P. S. White (Eds.), *The ecology of natural disturbance and patch dynamics* (pp. 3–13). Elsevier Inc. ISBN 9780125545204. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-554520-4.50006-X>.

Open Access This chapter is licensed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license and indicate if changes were made.

The images or other third party material in this chapter are included in the chapter's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the chapter's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.

