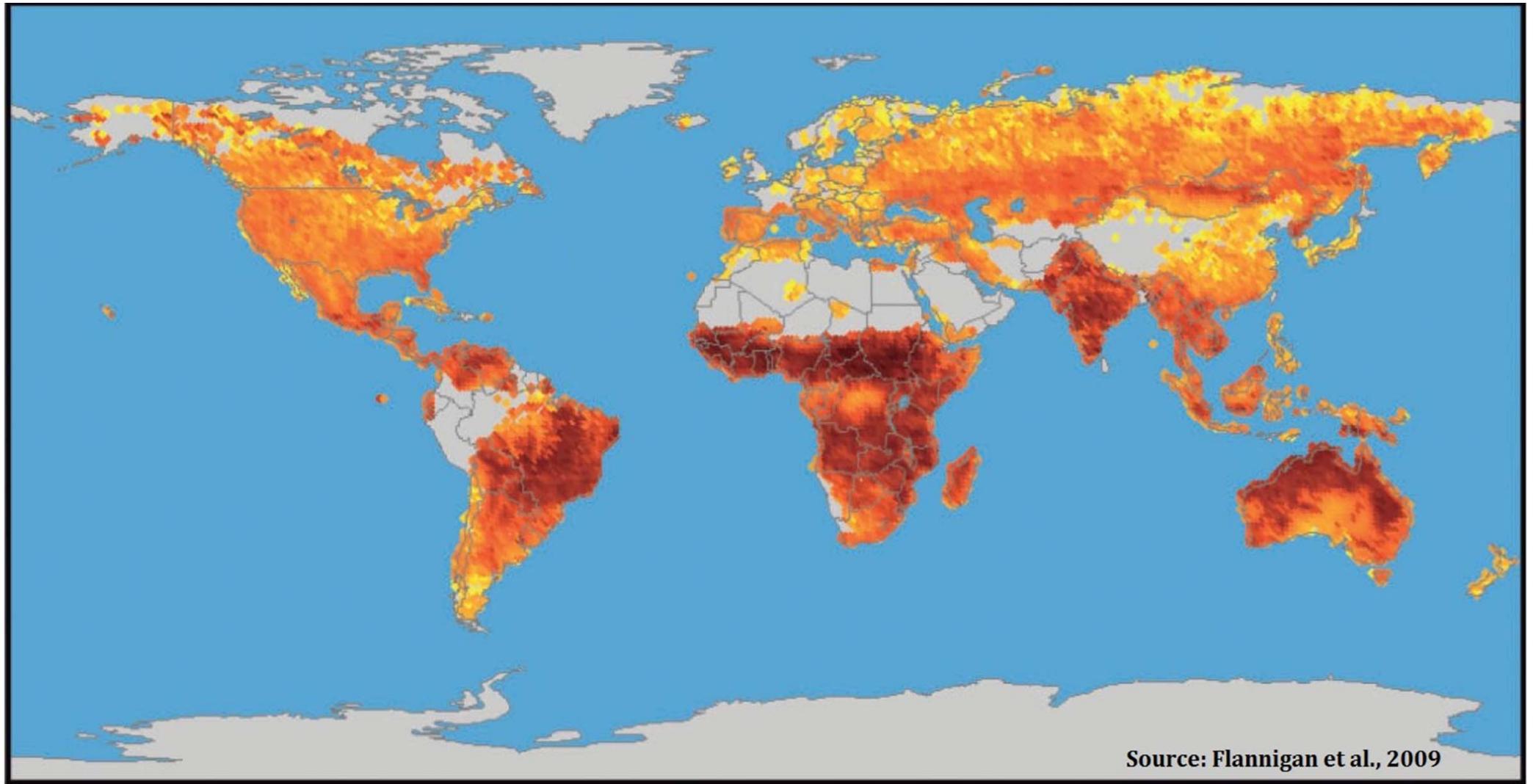


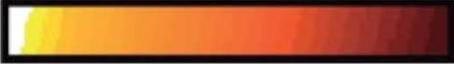
Gli incendi

Il fuoco è la fonte di disturbo principale in molti ecosistemi ed è comunque presente, o lo è stato in passato, su tutta la superficie del pianeta.
In un mondo ipotetico senza fiamme, le foreste coprirebbero una superficie doppia.

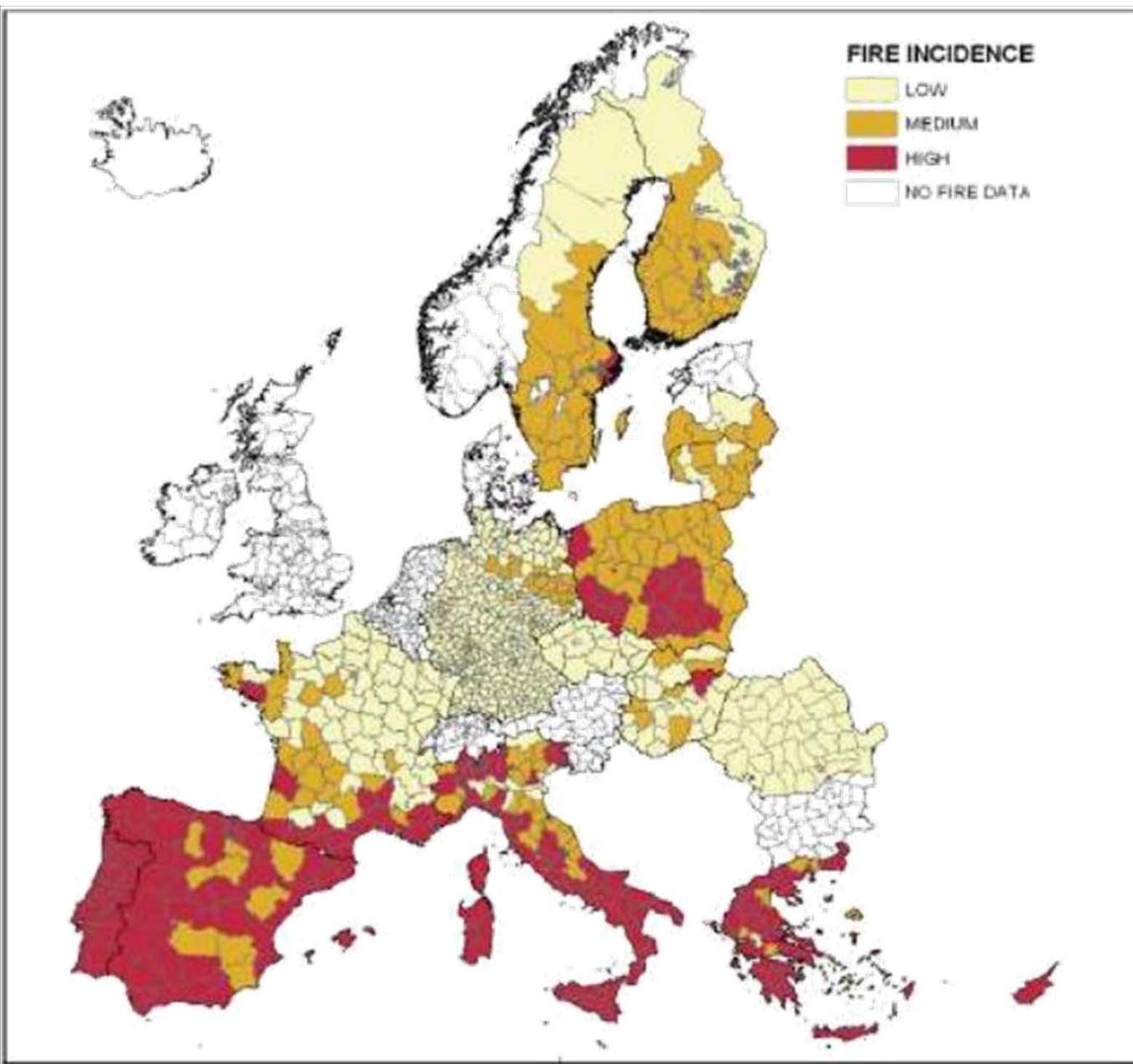
Attualmente gli incendi boschivi colpiscono ogni anno 3-4 milioni di km² di superficie terrestre globale che equivalgono a oltre il 3% della superficie terrestre vegetata della Terra





0% burnt  >60% burnt

$1^{\circ} \times 1^{\circ}$ global map of average annual area burned (percentage of cell burned) for 1960 to 2000; data from Mouillot and Field (2005).



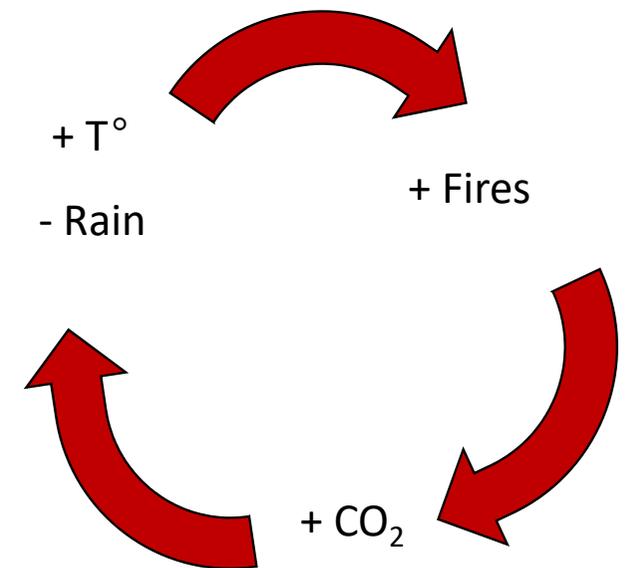
Fire incidence in EU

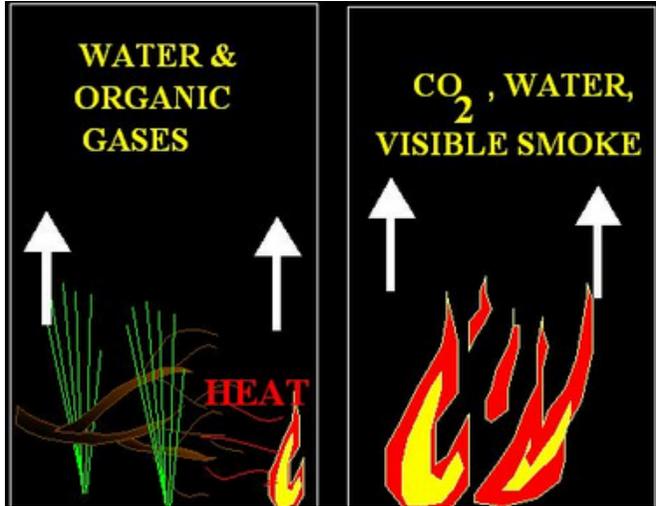
fino al 90% di tutti gli incendi boschivi nell'UE si verificano nei paesi mediterranei

Il regime degli incendi sta cambiando a causa delle attività umane e dei cambiamenti climatici.

- Allungamento della stagione del fuoco
- Maggiore frequenza degli incendi
- Aumento dei casi in cui si verificano incendi disastrosi (big fires)

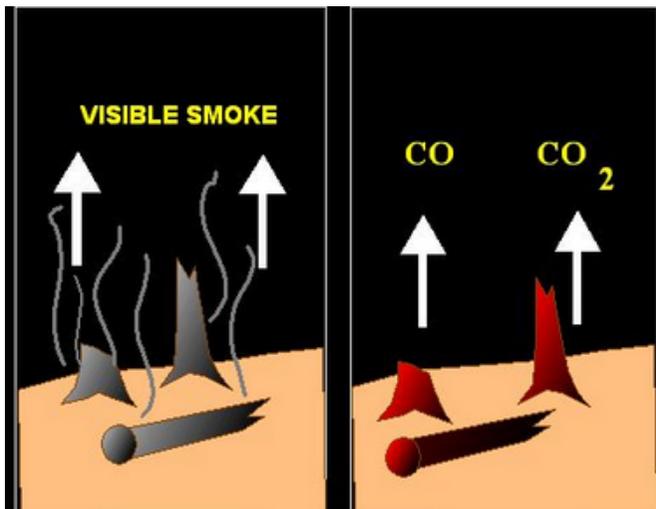
Inoltre, il fuoco è parzialmente responsabile dell'effetto serra (feedback positivo sull'effetto serra)





Pre-ignition

Flaming

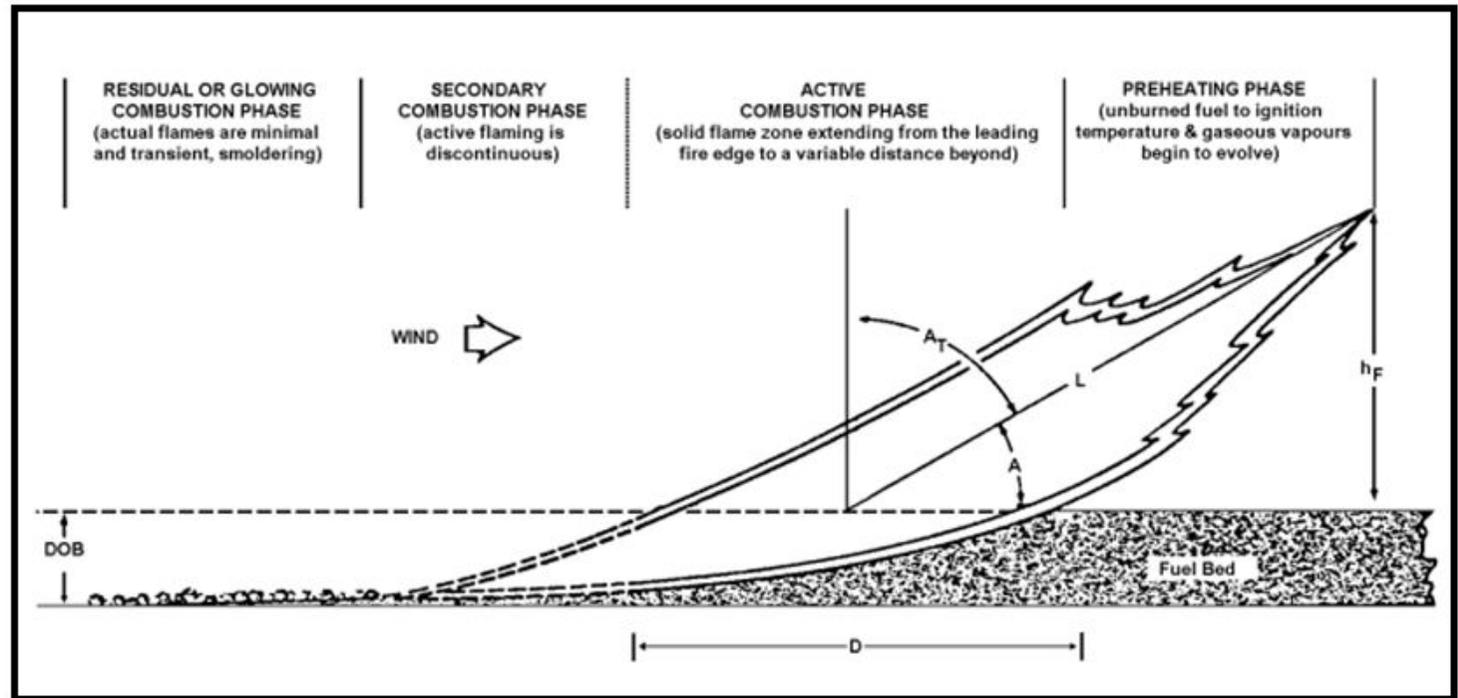


Smoldering

glowing

Comportamento del fuoco

Ci sono cinque fasi fisiche durante il corso di un incendio: preignition, ignition, flaming, smoldering, and glowing. All'inizio il combustibile viene sufficientemente riscaldato da provocare la disidratazione. In questa fase comincia la decomposizione termica iniziale dei combustibili (pirolisi). Dopo la fase di "fiamma", quando questa diminuisce, aumenta la "combustione senza fiamma". Il processo diminuisce fino alla fase incandescente, che porta infine all'estinzione dell'incendio.



Fire severity e fire intensity

L'intensità del fuoco è, in senso stretto, il tasso di energia rilasciata, relativamente ad una superficie e ad un tempo. Più velocemente una certa quantità di combustibile brucia, maggiore è l'intensità e più breve è la durata.

$$I = Hwr$$



I = intensità della linea di fuoco (kW / m / sec)

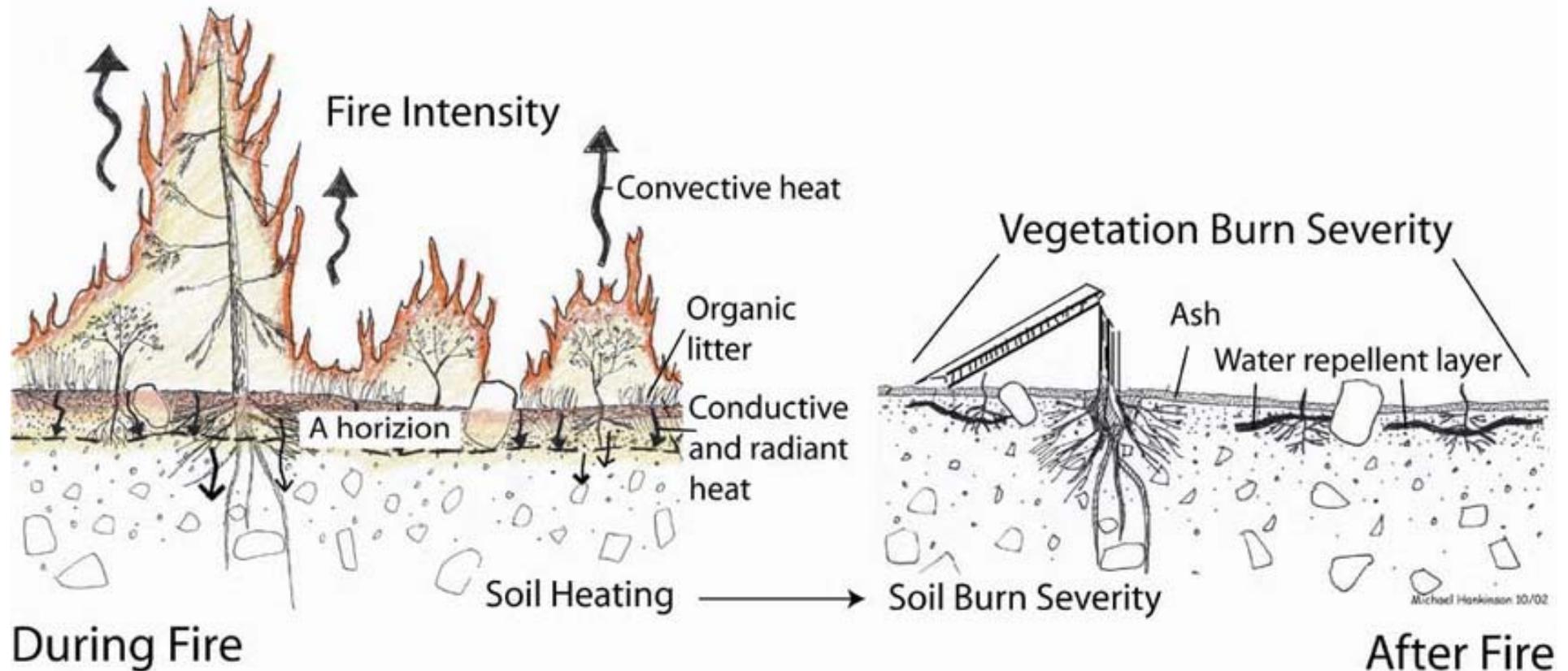
H = resa termica del carburante (kW / kg di carburante)

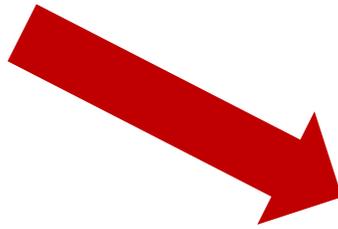
w = massa del combustibile disponibile (kg / m²)

r = tasso di diffusione (m / sec)

Fire severity e fire intensity

Quindi, poiché si può misurare raramente il rilascio effettivo di energia di un incendio e l'intensità del fuoco potrebbe avere un'applicazione pratica limitata in termini di risposte dell'ecosistema, si usa più spesso il termine severità del fuoco per indicare gli effetti del fuoco sui diversi componenti dell'ecosistema





Fire severity e fire intensity

La fire severity riflette la quantità di energia (calore) che viene rilasciata da un incendio, ma viene misurata sugli effetti prodotti, sul suolo, sistema idrico, la flora, la fauna, l'atmosfera ecc..

La severità del fuoco dipende in gran parte dalla natura dei combustibili disponibili e dalle caratteristiche di combustione che si verificano quando questi si bruciano.

Fire severity al suolo

Le proprietà del suolo influiscono sulla trasmissione del calore in profondità. In più, la maggior parte dell'energia rilasciata dalla combustione in un incendio (90-95%) non viene trasmessa verso il basso.

Ne consegue che la durata della combustione è di fondamentale importanza per definire gli effetti del fuoco sul suolo ed è quindi possibile che un fuoco di chioma ad alta intensità abbia un basso impatto sulla lettiera

Fire severity e fire intensity a livello del suolo: esempio



The “black Saturday” fire, 2009
Victoria State, Australia

- Fire intensity: extremely high
- Air temp: 46 °C
- Wind speed: 100 km/h
- 2 weeks of no rain
- 450,000 ha burnt

Fire severity: classificazione

La classificazione della fire severity può essere basata sulle diverse componenti dell'ecosistema.



Low—ground fuel burnt



Moderate—ground fuel and shrubs burnt



High—ground fuel and shrubs incinerated, canopy scorched

Esempi:

Classificazione visiva basata sulla vegetazione (Chafer et al., 2014).



Very high—all vegetation <5 mm incinerated



Extreme—all vegetation <10 mm incinerated

Fire severity: classificazione

Esempi:

Classificazione visiva basata sulla copertura residua del suolo:



Low soil burn severity

Little or no change from pre-fire status. Less than 50% consumption of litter, some char. Needles and leaves mostly intact.



Moderate soil burn severity

Up to 80% consumption of litter and duff, but generally incomplete. Recognizable leaves and needles remain. If more complete consumption occurred, a mitigating factor may be potential for leaf- or needle-cast from scorched canopy to provide ground cover.



High soil burn severity

Little to no effective ground cover remaining after fire (less than 20%). All or most litter and duff has been consumed, only ash or bare soil (ash blown away) remain. Little to no potential for leaf- or needle-cast.

Fire severity: classificazione

Esempi:

Classificazione visiva basata sullo strato di cenere (colore e spessore) che ricopre il suolo:



Low soil burn severity

Ground surface may be black with recognizable fine fuels (needles, grass, and leaves) remaining on surface.



Moderate soil burn severity

Thin layer of black to gray ash with recognizable litter beneath it. Ash layer may be patchy as it is highly moveable by wind and water. Soil heating may have been significant; residence time usually brief. If thicker ash layer is observed, a mitigating factor may be leaf- or needle-cast potential from scorched canopy.



High soil burn severity

Thick, 1- to 3-inch (3- to 6-cm or more) layer of powdery gray or white ash covers the ground. Greater than 90% surface organics consumed; significant soil heating has occurred; residence time long. No potential for leaf- or needle-cast to provide ground cover.

Localized red (oxidized) soil may underlie a thick, powdery layer of gray and white ash—generally found near a burned out stump or log; indicates extreme heating.

Relazione tra tipo di incendio ed effetto sul suolo

- I fuochi di chioma sono rapidi, guidati dal vento, grandi ed hanno un fronte di fiamma profondo. Di solito il riscaldamento del terreno è minimo quando un fronte di fuoco passa principalmente attraverso le chiome degli alberi.
- Gli incendi di superficie sono più lenti, più piccoli, irregolari e più controllabili. Questi incendi di solito bruciano una grande parte dei combustibili di superficie nelle foreste e possono produrre un sostanziale riscaldamento del suolo.



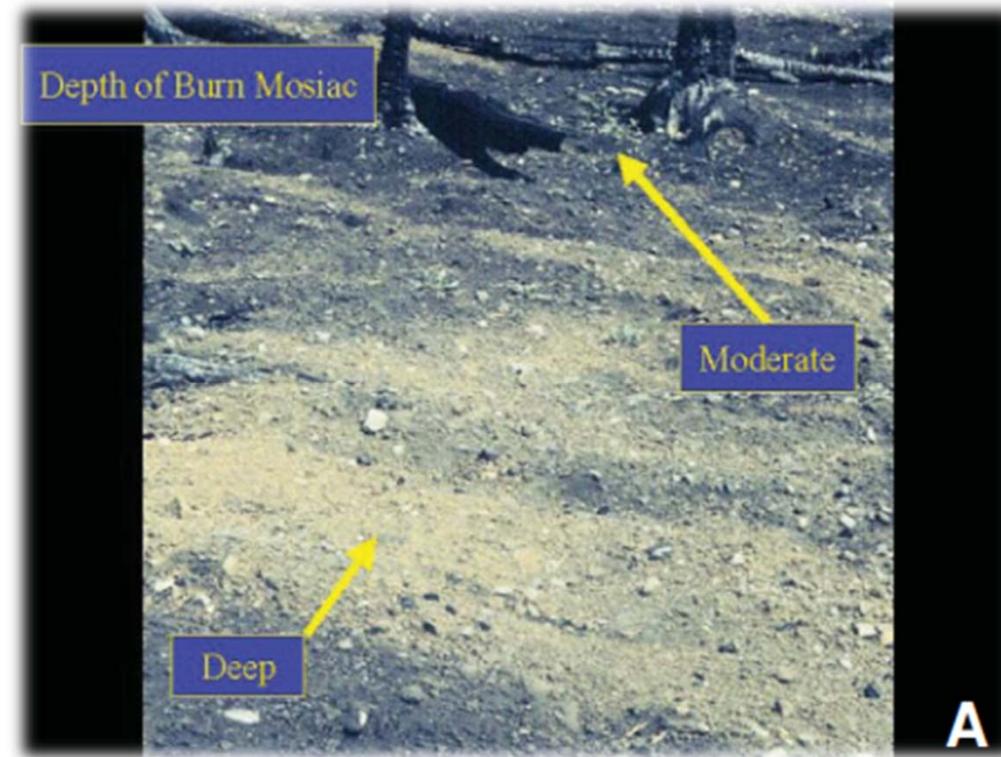
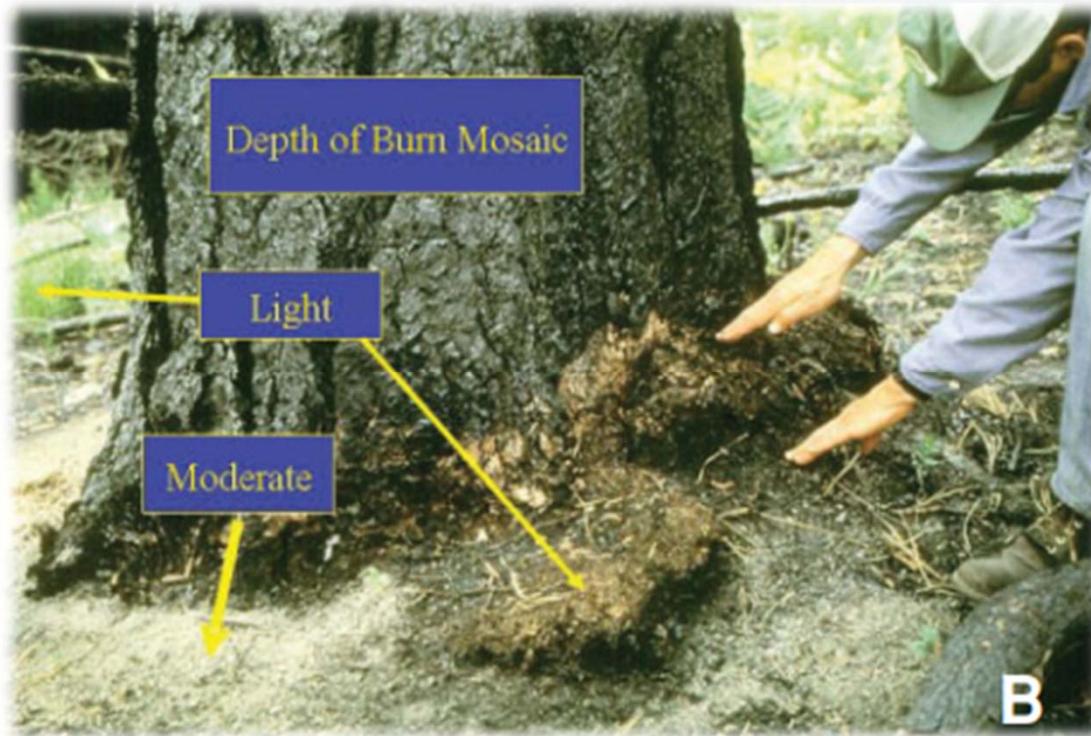
Relazione tra tipo di incendio ed effetto sul suolo

- Gli incendi nei pascoli sono veloci e alimentati dal vento, possono essere grandi e avere un fronte di fiamma stretto. La quantità di combustibile disponibile per la combustione nelle praterie è in genere molto inferiore a quella contenuta nelle foreste e, di conseguenza, il riscaldamento del suolo è sostanzialmente inferiore.
- Gli incendi senza fiamma (smouldering) sono lenti e poco impressionanti, ma spesso hanno dei tempi di residenza lunghi. Il riscaldamento del suolo durante questo lungo periodo di combustione senza fiamma può essere sostanziale. Le temperature all'interno degli strati organici fumanti sono spesso comprese tra 500 e 600 ° C. La durata della combustione può durare da 18 a 36 ore, producendo alte temperature nel terreno minerale sottostante.



Comportamento «a macchie» del fuoco

Spesso si hanno patches vicine tra loro in cui la fire severity è stata molto diversa





Trasferimento di calore nel suolo

La **vaporizzazione** e la **condensazione** sono importanti meccanismi di trasferimento del calore che facilitano il rapido trasferimento del calore attraverso il suolo. La vaporizzazione è il processo di cessione di calore all'acqua finché non cambia fase da un liquido a un gas. La condensazione si verifica quando un gas viene trasformato in un liquido, rilasciando calore durante il processo. Sia l'acqua che i materiali organici possono «muoversi» attraverso il suolo mediante vaporizzazione e condensazione.

Il calore irradiato verso il basso durante la combustione di combustibili viene trasferito alla superficie del suolo, direttamente al suolo minerale se gli orizzonti superficiali organici (O) sono assenti. In foresta la lettiera presente prende fuoco rilasciando ulteriore calore che viene successivamente trasferito al suolo minerale sottostante.

Il calore che raggiunge il suolo minerale può trovare un suolo secco o umido. I profili di temperatura che si sviluppano durante il trasferimento di calore nel suolo minerale umido e secco variano notevolmente e di conseguenza influiscono sulla fire severity (l'effetto misurabile sul suolo)

Trasferimento di calore nel suolo

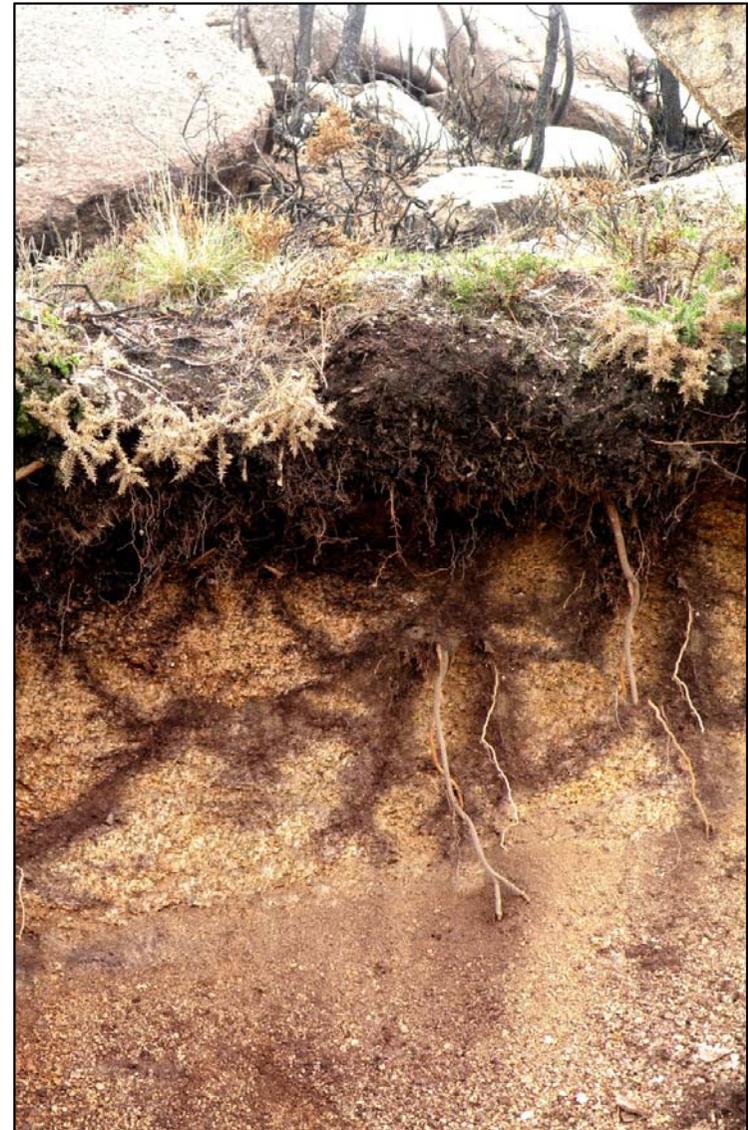
La temperatura nei terreni umidi non aumenta molto al di sopra di 95 ° C, fino a quando tutta l'acqua in un determinato strato di terreno è stata vaporizzata. Di conseguenza, la maggior parte delle proprietà chimiche e fisiche del suolo non sono fortemente influenzate dal riscaldamento fino a quando il terreno non diventa secco.

Tuttavia, la profondità a cui il calore penetra in un terreno umido è maggiore rispetto al terreno secco. Inoltre temperature al di sopra dei 60 °C possono arrecare danni irreversibili agli organismi viventi, ai semi e ai microrganismi.

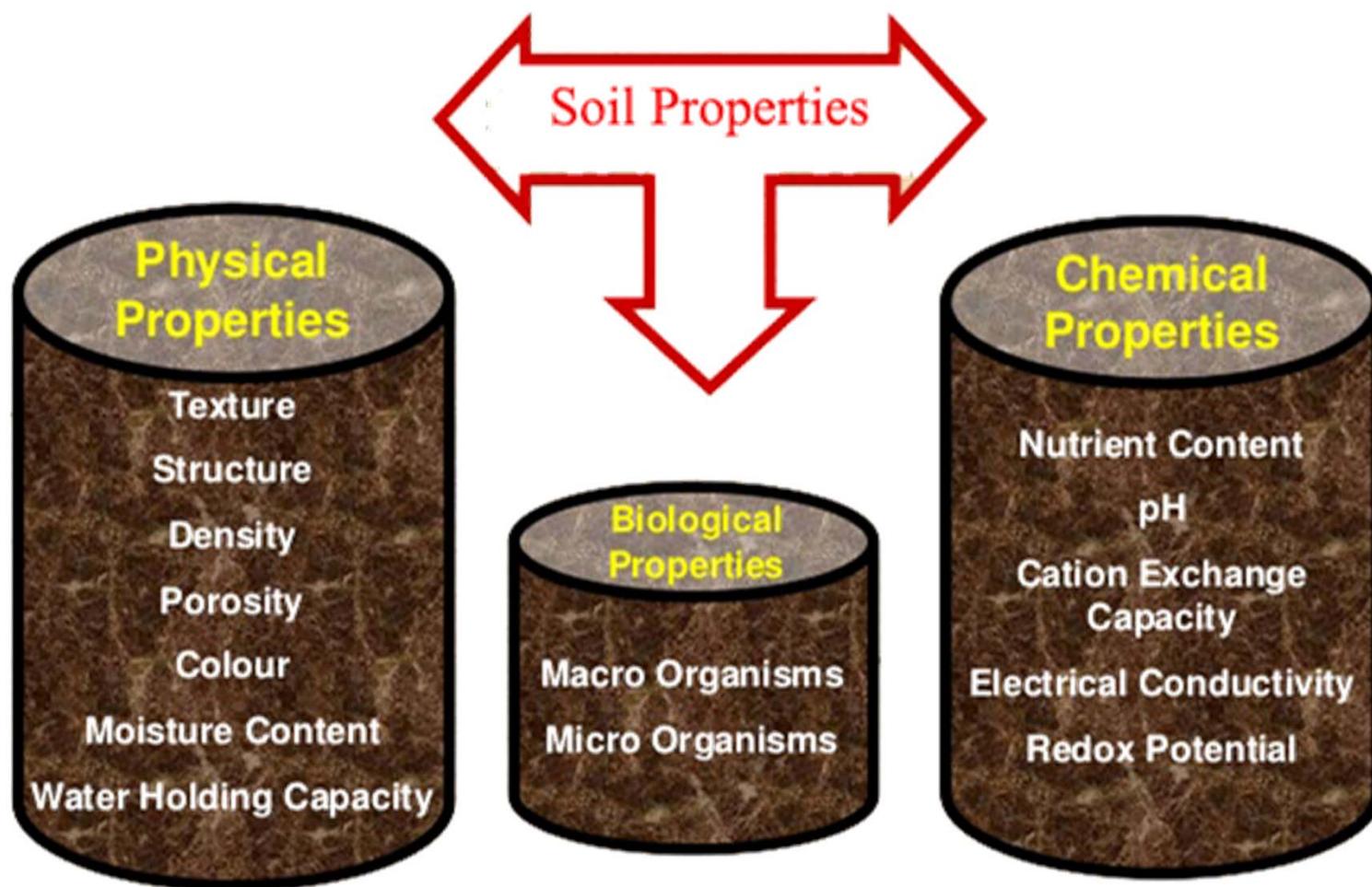
Modello concettuale di propagazione del calore nel suolo in un incendio di superficie

A partire dal punto di accensione, il fuoco brucia sia lateralmente che verticalmente. Il fuoco procederà lateralmente finché non incontrerà delle condizioni tali da non poter proseguire (umidità elevata, rocce o assenza di combustibile). Verticalmente proseguirà fino a raggiungere il terreno minerale o delle condizioni di umidità che non supportano la combustione.

Tuttavia, la combustione può proseguire lungo vie preferenziali nell'orizzonte minerale a carico di materiale legnoso che brucia verso il basso attraverso l'orizzonte organico.



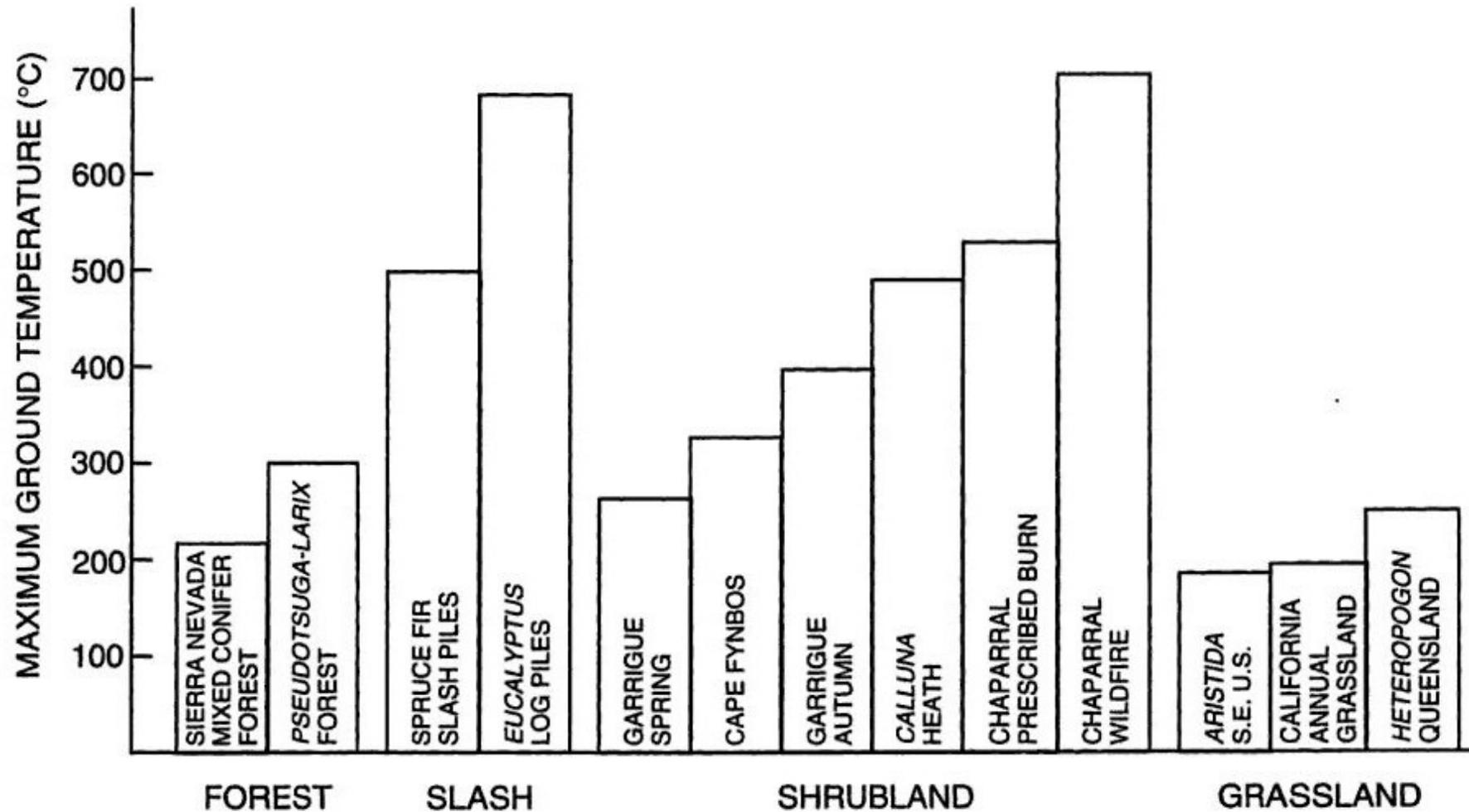
Gli effetti degli incendi sul suolo dipendono dalle condizioni del fuoco (durata ed intensità) e dalle condizioni del suolo (tessitura, umidità...). Tali effetti si ripercuotono, a breve e lungo termine, su tutte le proprietà dei suoli e, quindi, su tutte le funzioni del suolo inficiandone, in maniera più o meno grave, i servizi ecosistemici.



Sensibilità dei componenti del suolo alle temperature

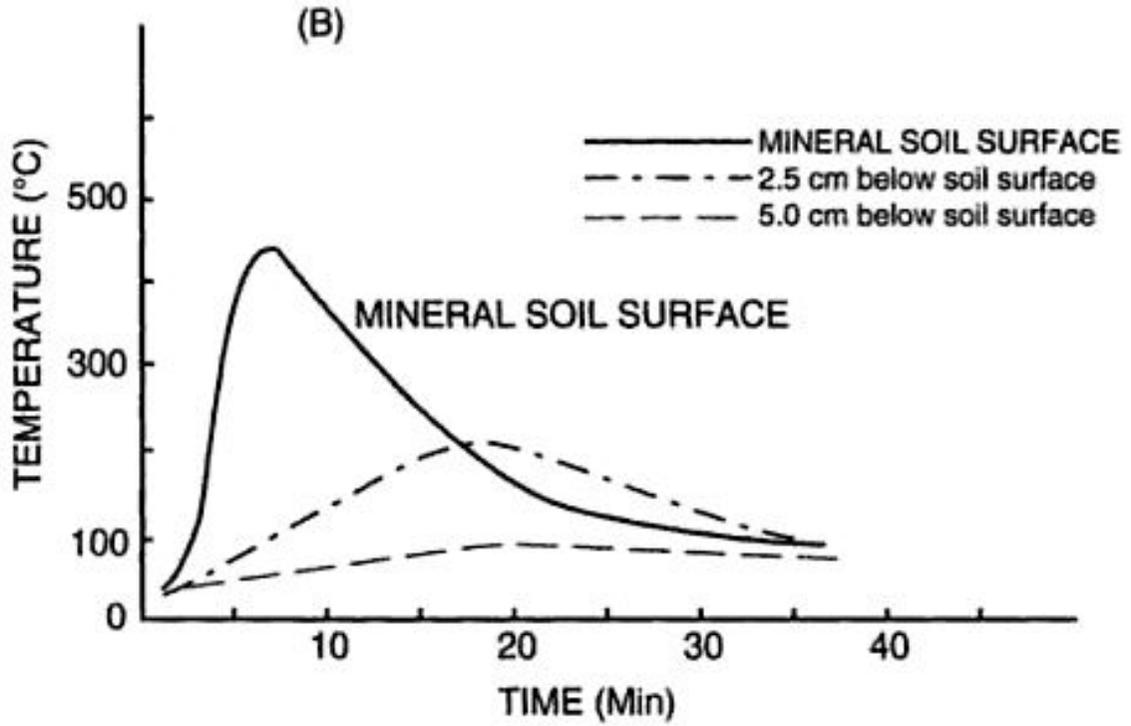
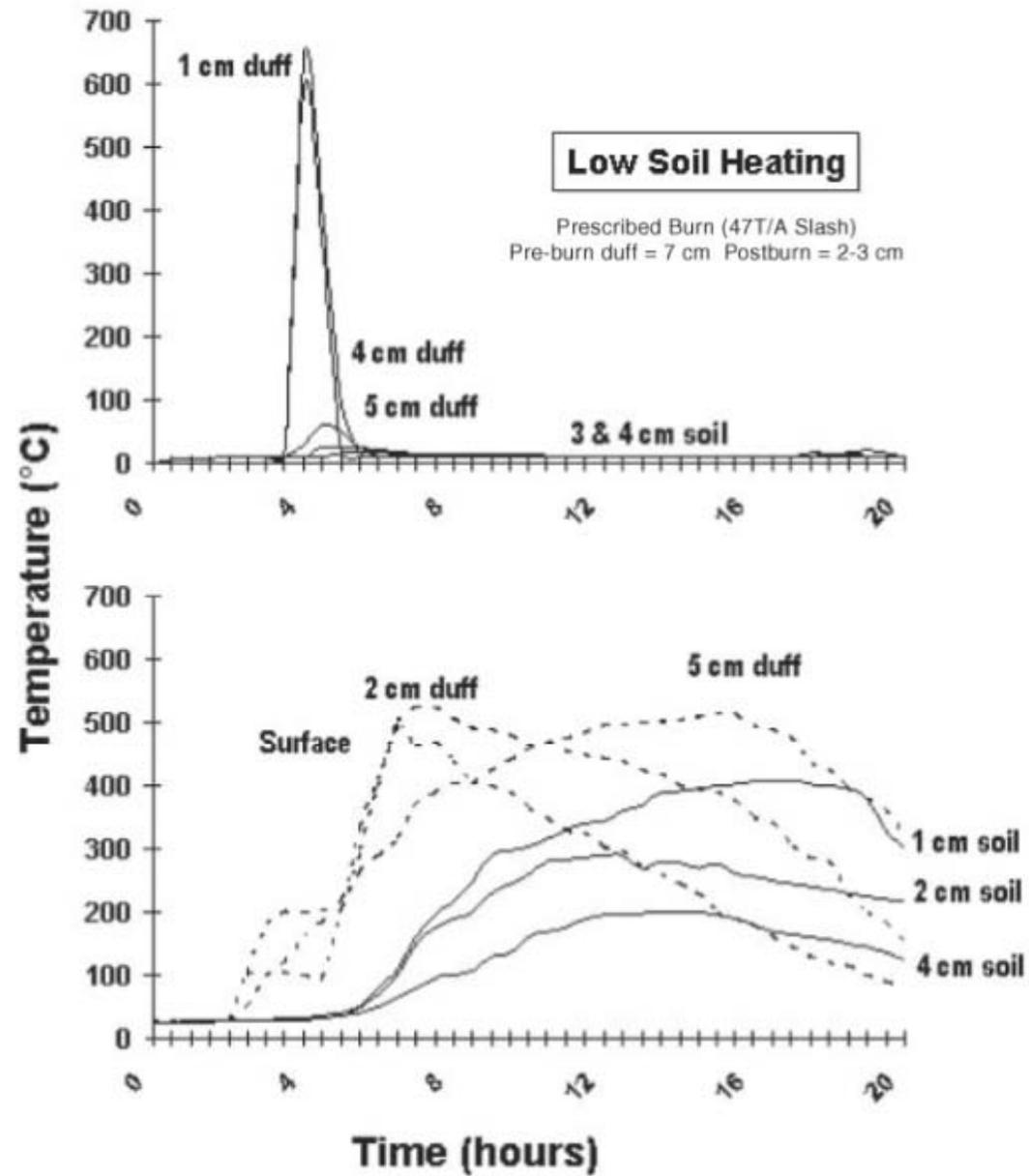
Soil Feature	Threshold (°C)
Manganese	1962
Calcium	1484
Magnesium	1107
Clay alteration	460-980
Phosphorus	774
Potassium	774
Sulfur	375
Soil structure	300
Soil wettability	250
Nitrogen	200
Organic Matter	100
Roots	48-54
Seeds	70-90
Macro organisms	49-63
Micro organisms	60-120

Temperature di punta raggiunte al suolo dagli incendi in diversi ecosistemi



Maximum ground surface temperatures during fires in different ecosystems worldwide. (Adapted from Rundel 1983.)

Profili di temperatura a diverse profondità



High Soil Heating
 Larch Duff Burn
 Pre-burn duff = 7 cm Postburn = 0

Sensibilità dei componenti del suolo alle temperature

Soil Feature	Threshold (°C)
Manganese	1962
Calcium	1484
Magnesium	1107
Clay alteration	460-980
Phosphorus	774
Potassium	774
Sulfur	375
Soil structure	300
Soil wettability	250
Nitrogen	200
Organic Matter	100
Roots	48-54
Seeds	70-90
Macro organisms	49-63
Micro organisms	60-120

Impatti sulle proprietà fisiche dei suoli

- **Struttura del suolo**
- **Bulk density**
- **Porosità**
- **Water holding capacity**



- **Compattazione del suolo**

- **Colore**
- **Umidità del suolo**
- **Regime di temperature**



- **Aumento delle temperature del suolo**
 - Perdita dell'ombra delle vegetazione
 - Rimozione della lettiera (isolante)
 - Albedo della superficie alterato

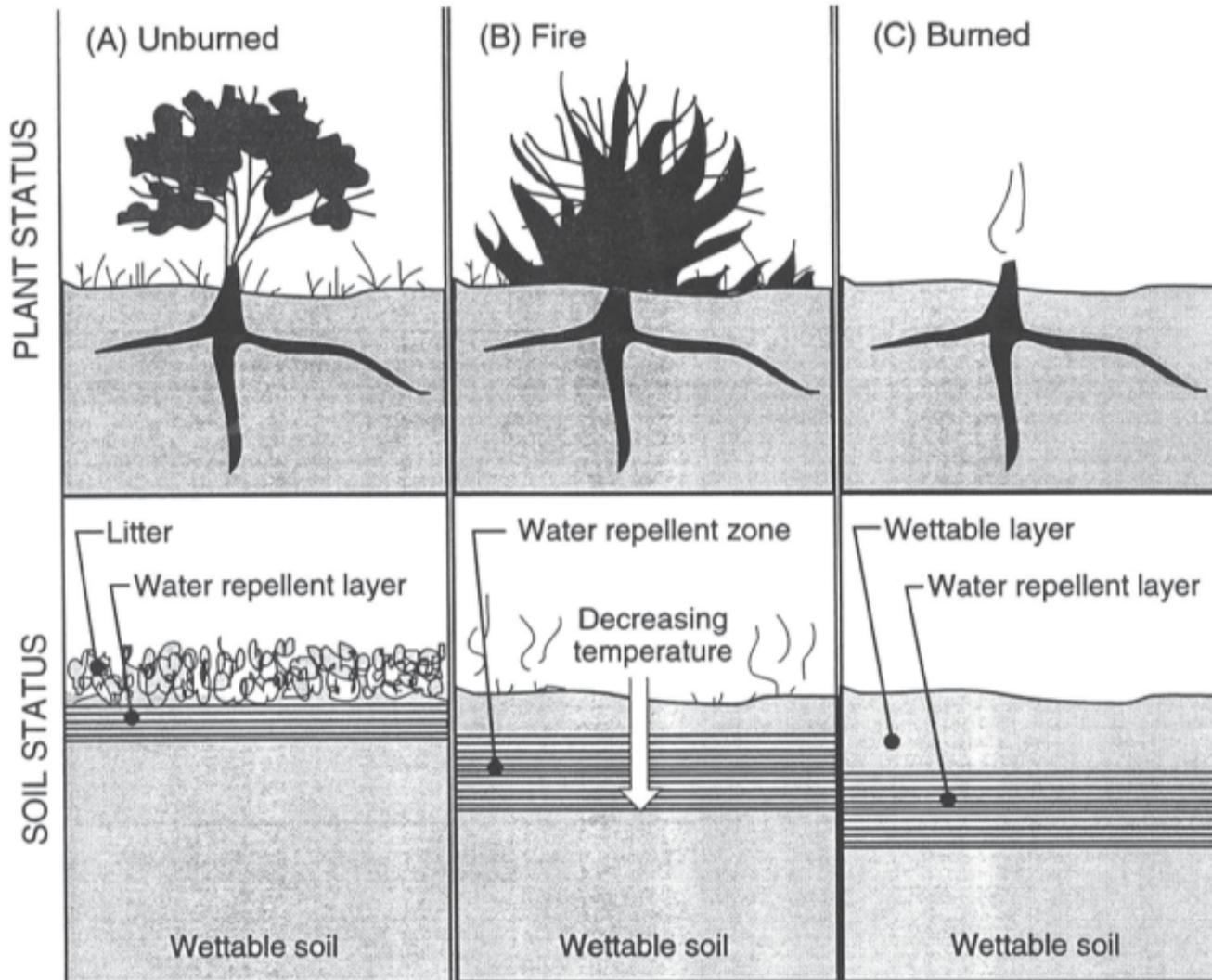
Formazione dello strato idrorepellente

L'idrorepellenza nel suolo è dovuta in generale alla sostanza organica del suolo e può essere dovuta a diversi processi come, ad esempio, all'essiccazione irreversibile della sostanza organica (ad esempio la torba) o al rivestimento di particelle di terreno con sottoprodotti microbici idrofobi

Tuttavia durante gli incendi è facile che si formi uno strato idrorepellente a causa della vaporizzazione della sostanza organica e la successiva condensazione di sostanze idrofobiche sulle particelle minerali del suolo. Questo fenomeno si verifica principalmente negli strati superficiali del suolo ricchi di sostanza organica.



Formazione dello strato idrorepellente



Il calore prodotto durante la combustione fa «liquefare» le sostanze organiche dello strato organico che si spostano verso il basso nel terreno minerale sottostante dove si ricondensano negli strati del suolo sottostante più freschi. Qui si forma quindi un distinto strato idrorepellente sotto-superficiale e parallelo alla superficie del suolo.

Formazione dello strato idrorepellente

L'entità dell'idrorepellenza indotta dal fuoco dipende da diversi parametri, tra cui:

- La severità dell'incendio. Più severo è il fuoco, più profondo è lo strato, a meno che il fuoco non sia così caldo da distruggere completamente la sostanza organica superficiale e, quindi, l'idrorepellenza.
- Tipo e quantità di sostanza organica presente. La maggior parte della vegetazione e dei miceli fungini contengono composti idrofobici (cere e acidi grassi) che inducono idrorepellenza.
- Gradienti di temperatura nel terreno minerale superiore. I gradienti di temperatura nel suolo asciutto sono più netti.
- Contenuto di acqua del terreno. L'acqua del suolo influisce sulla traslocazione delle sostanze idrofobiche durante un incendio perché influisce sul trasferimento di calore e sullo sviluppo di gradienti di temperatura netti.
- Tessitura del terreno. I terreni sabbiosi sono i più suscettibili all'idrorepellenza provocata dall'incendio. Tuttavia, questo fenomeno si verifica frequentemente anche in terreni diversi da quelli a tessitura grossolana.

Effetti della formazione dello strato idrorepellente

La formazione dello strato idrorepellente vicino alla superficie del suolo impedisce l'infiltrazione d'acqua nel terreno. La gravità della idrorepellenza nello strato superficiale del suolo, tuttavia, diminuisce nel tempo; in molti casi, non influenza sostanzialmente l'infiltrazione oltre il primo anno.

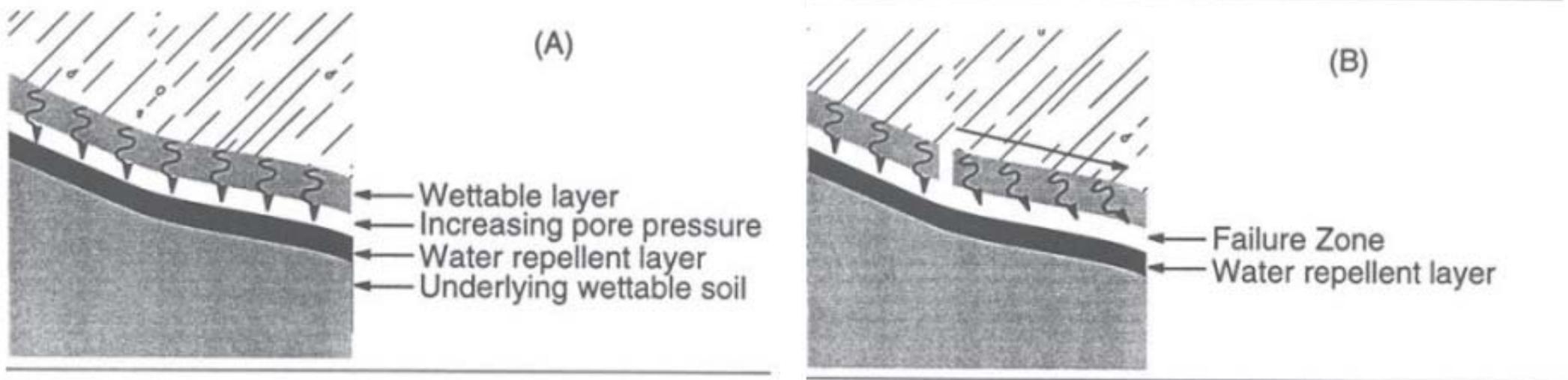
Le particelle idrofobiche ricoperte dalla sostanza organica condensata sono più sensibili alla splash erosion. Inoltre, una riduzione dell'infiltrazione d'acqua causata da uno strato idrorepellente provoca rapidamente lo sviluppo di fenomeni di rill erosion molto evidenti.



Effetti della formazione dello strato idrorepellente

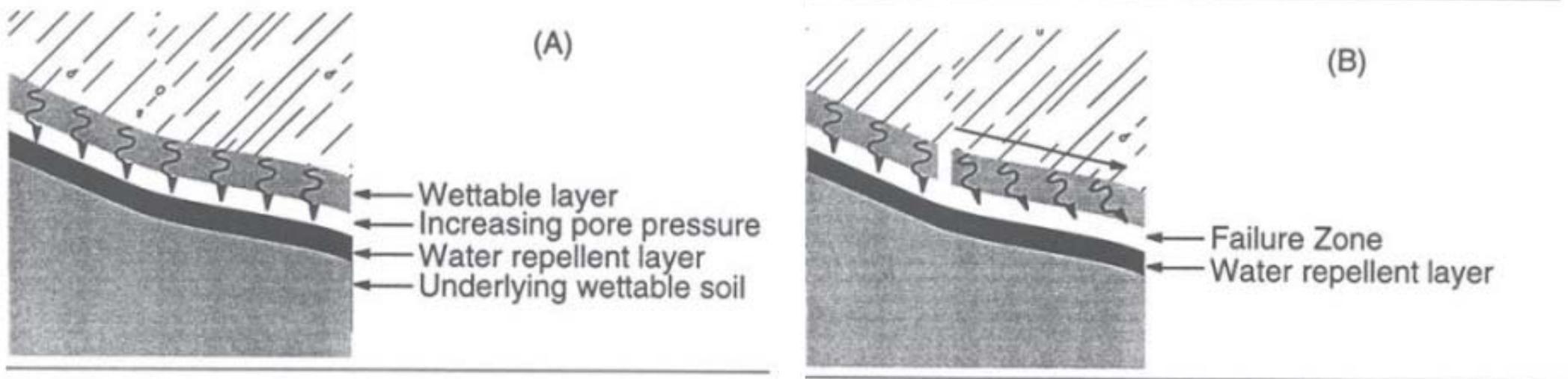
Se lo strato di suolo idrorepellente si trova sulla superficie del suolo, il deflusso inizia immediatamente dopo che le gocce di pioggia raggiungono la superficie del suolo.

Se è presente uno strato superficiale bagnabile superficiale, questo sarà saturo durante l'infiltrazione iniziale (A). L'acqua si infiltra rapidamente fino a quando non viene ostacolata dallo strato idrorepellente. Questo processo si verifica uniformemente sul paesaggio e quindi l'acqua non può né drenare verso il basso né lateralmente.



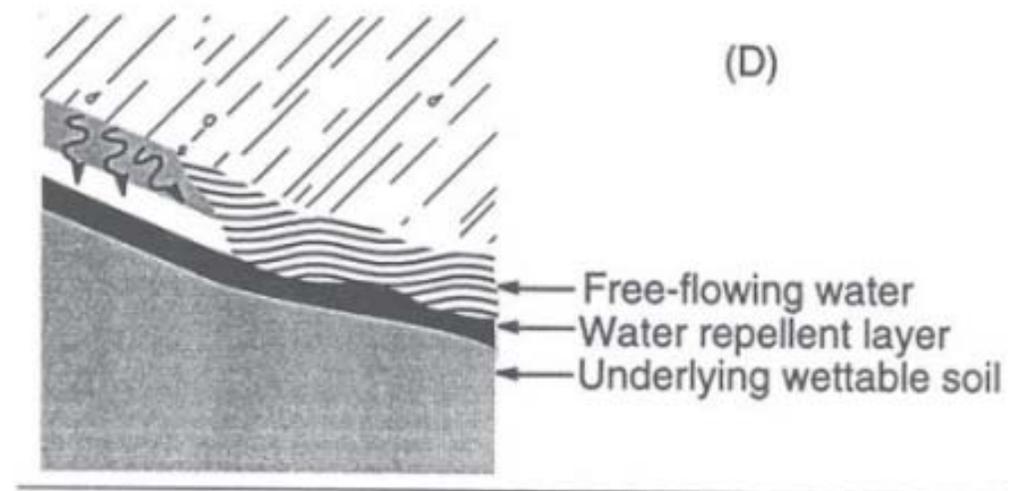
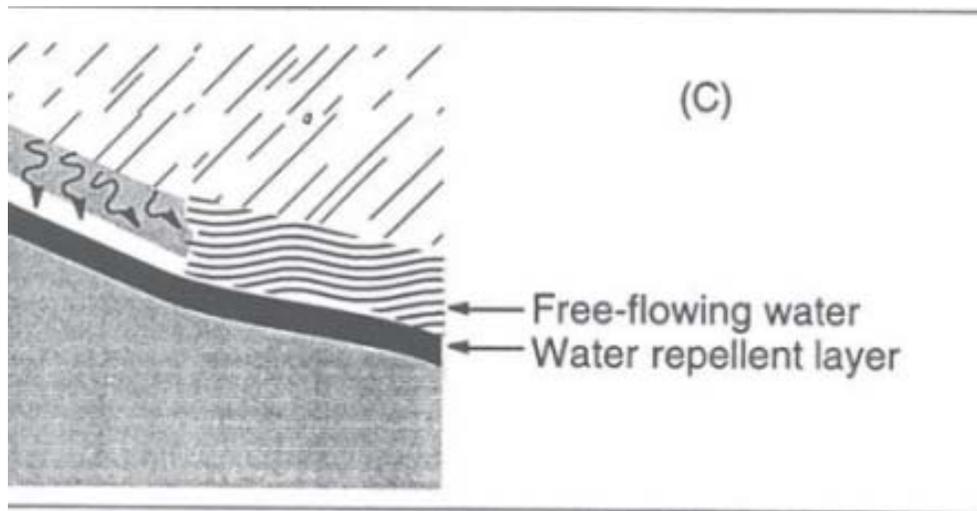
Effetti della formazione dello strato idrorepellente

Man mano che le precipitazioni continuano, l'acqua riempie tutti i pori disponibili fino a quando lo strato bagnabile del suolo non diventa saturo. A causa dello strato idrorepellente sottostante, i pori saturi non possono drenare, il che crea una pressione dei pori sopra lo strato idrorepellente. Questa maggiore pressione dei pori diminuisce la resistenza al taglio della massa del suolo e produce una zona di rottura situata al confine tra gli strati bagnabili e idrorepellenti dove le pressioni dei pori sono maggiori (B).



Effetti della formazione dello strato idrorepellente

Mentre l'acqua scorre, dalla zona di cedimento iniziale si sviluppa un flusso turbolento che accelera l'erosione e trascina lo strato idrorepellente (C e D).



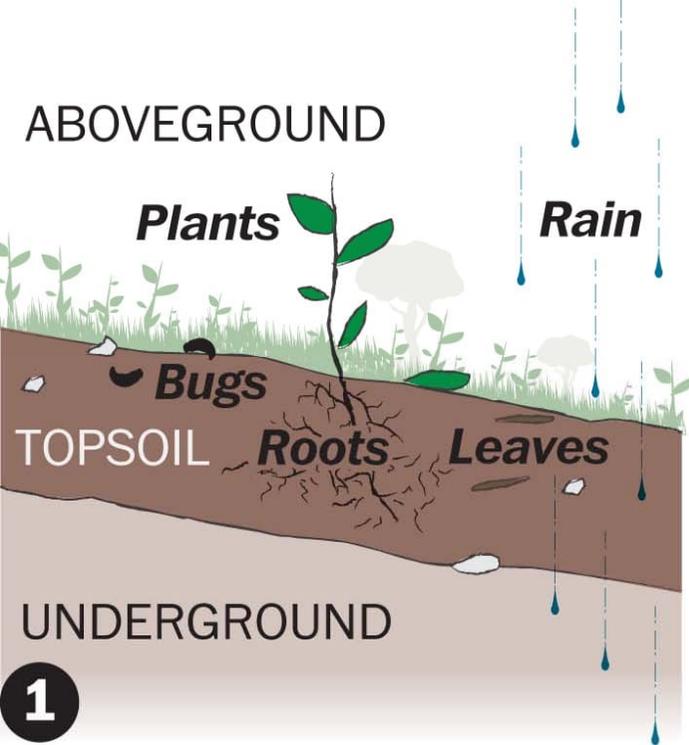
Effetti della formazione dello strato idrorepellente

L'erosione dello strato idrorepellente continua finché non viene eroso completamente. Quindi, l'acqua inizia a infiltrarsi nel terreno bagnabile sottostante. Il risultato finale è un solco stabilizzato immediatamente al di sotto dello strato idrorepellente (E e F).

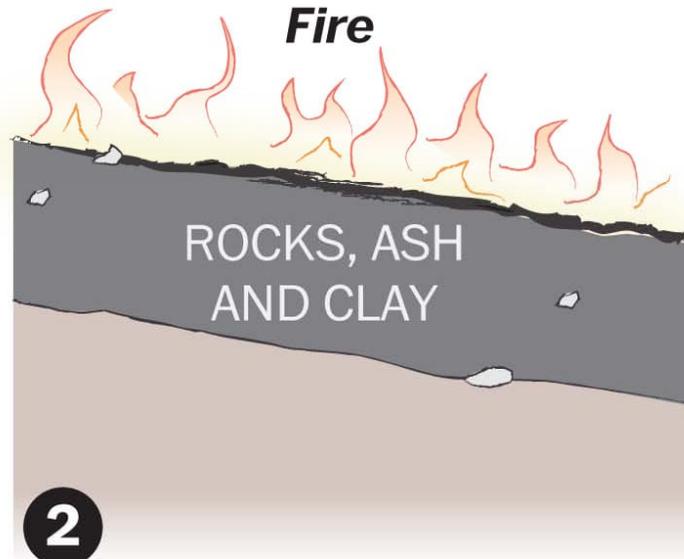




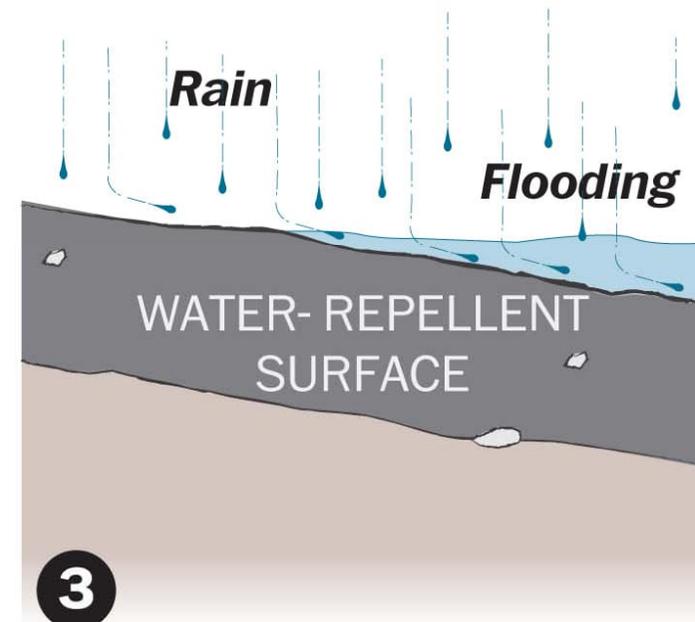
How wildfires can lead to mudslides



Carbon-rich fuel — such as trees, plants, roots, leaves and bugs — are above and below ground in the topsoil. Healthy soil can absorb and pass water to underground.



Fire destroys the carbon-rich fuel and leaves behind such materials as rocks and clay, above and below ground.



Dirt loses porosity and the ability to absorb and hold water, increasing the risk of flooding and mudslides.

Effetti del fuoco sulle proprietà chimiche del suolo

Soil Feature	Threshold (°C)
Manganese	1962
Calcium	1484
Magnesium	1107
Clay alteration	460-980
Phosphorus	774
Potassium	774
Sulfur	375
Soil structure	300
Soil wettability	250
Nitrogen	200
Organic Matter	100
Roots	48-54
Seeds	70-90
Macro organisms	49-63
Micro organisms	60-120



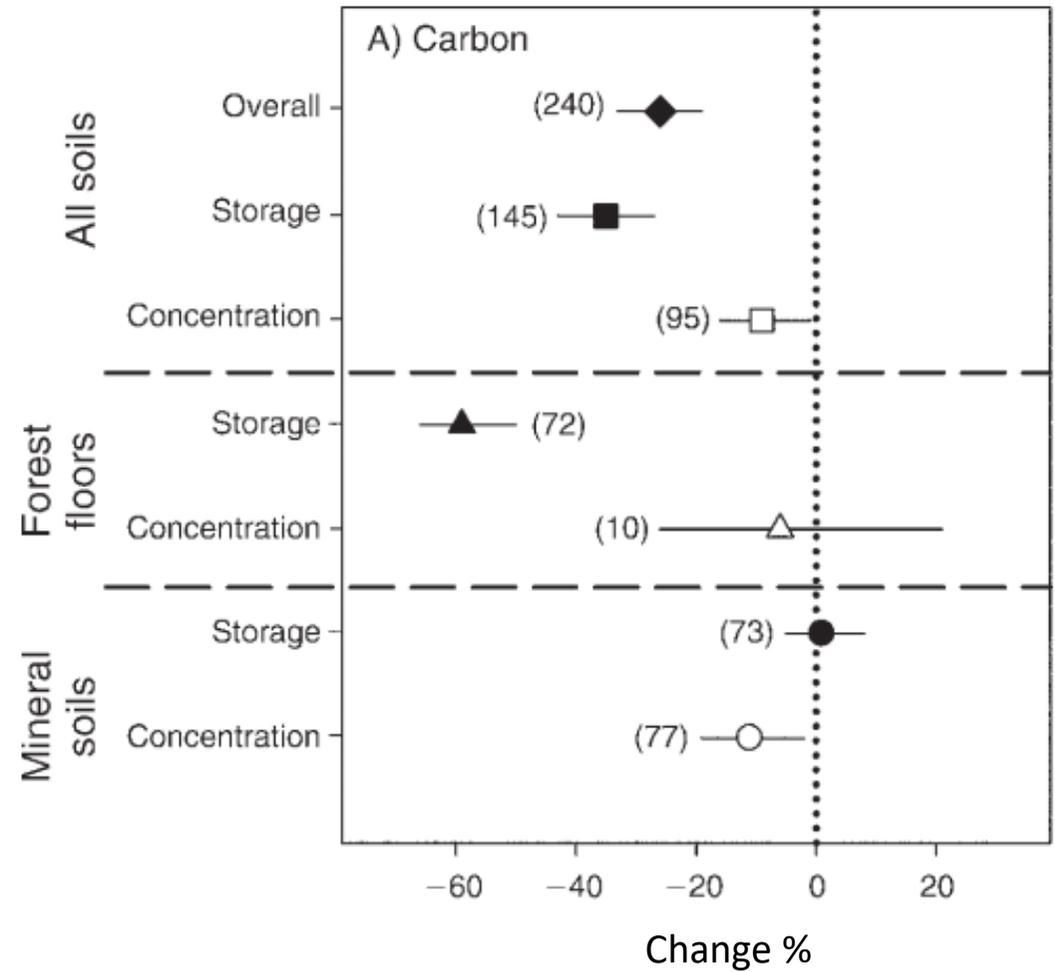
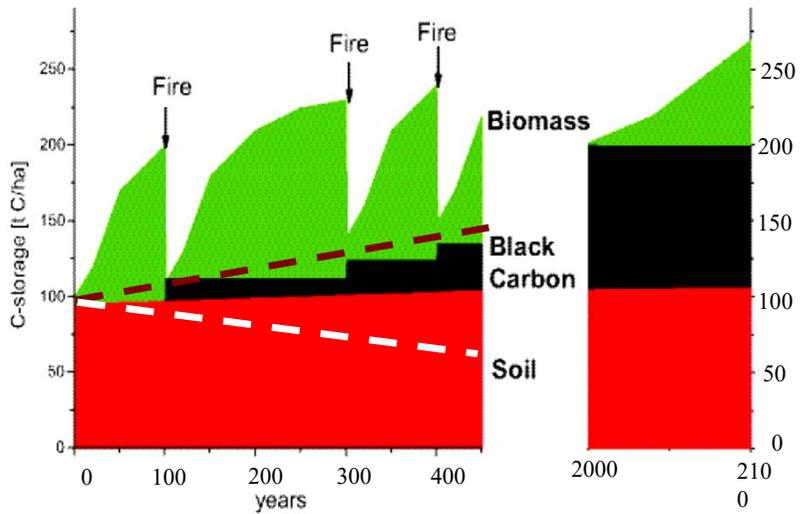
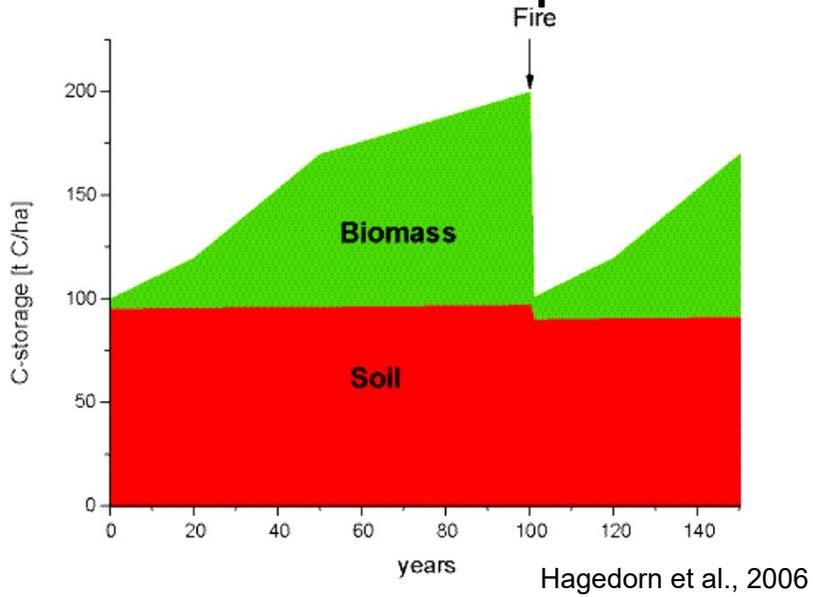
Effetti del fuoco sulla sostanza organica del suolo



La sostanza organica del suolo è la componente del suolo più impattata dagli incendi.

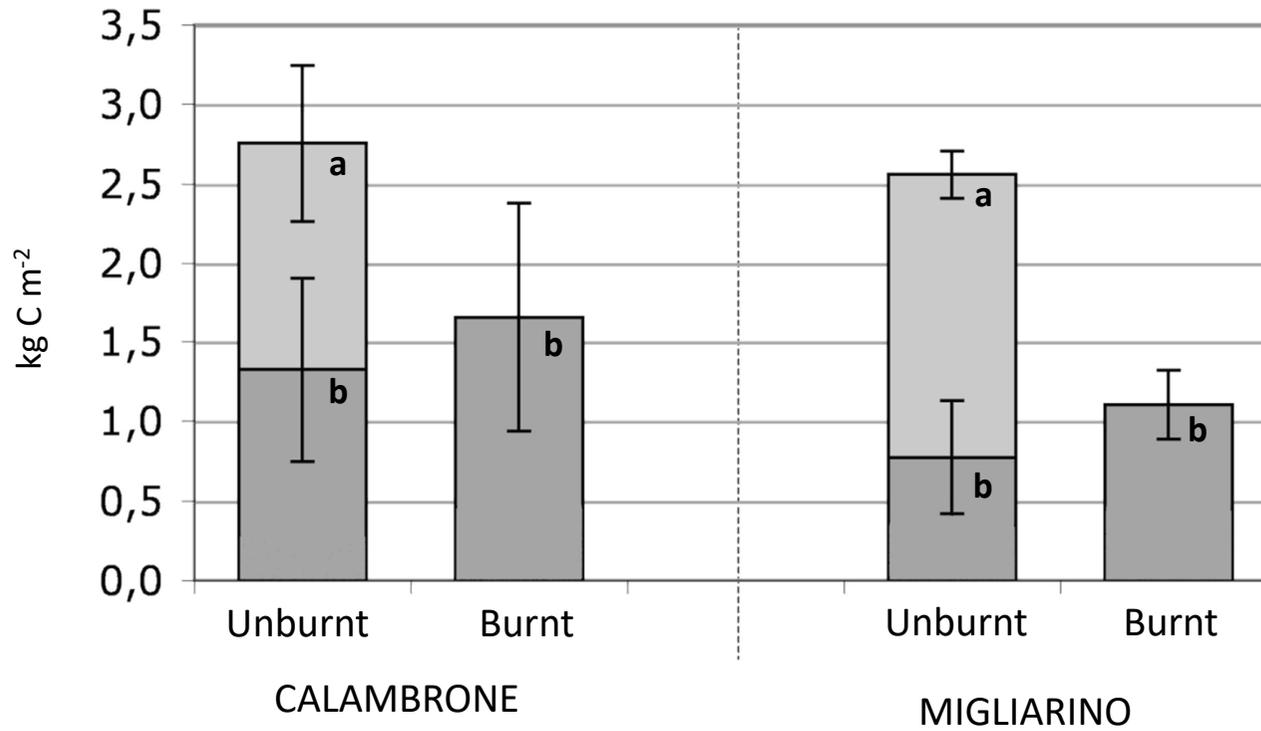
- Le perdite di sostanza organica possono verificarsi a temperature inferiori a 100 ° C.
- I costituenti volatili presenti nella sostanza organica vengono persi a temperature fino a 200 ° C.
- A temperature comprese tra i 200 e 300 ° C, si perde circa l'85% della sostanza organica del suolo.
- Oltre i 300 ° C, la maggior parte della sostanza organica residua è costituita da materiale carbonioso recalcitrante.
- Il riscaldamento del terreno a 450 ° C per 2 ore a 500 ° C per 1/2 ora, distrugge circa il 99% della sostanza organica.

Effetti del fuoco sulla quantità della sostanza organica del suolo

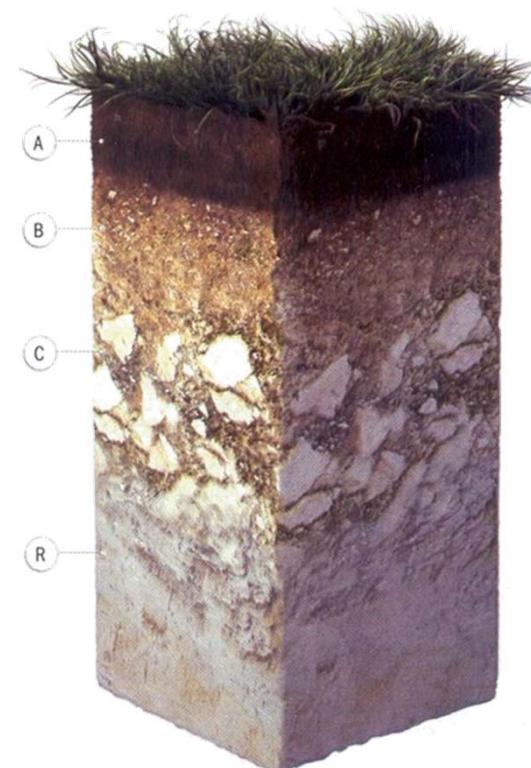
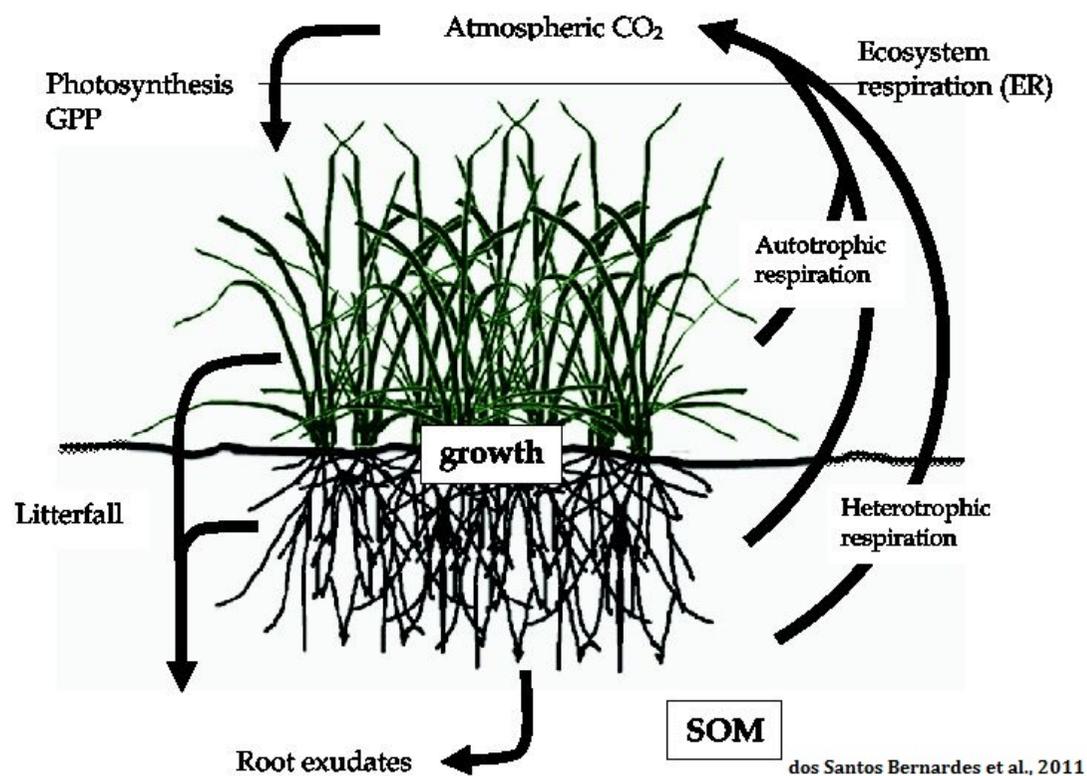


Soil Organic Carbon stock (kg m⁻²) in the soil from two coastal pine forests

The top segment in light grey is the litter layer (O horizon), the lower segment in darker grey is the top 6 cm of mineral soil. (n=60; P=0.05)



Sostanza organica del suolo: input



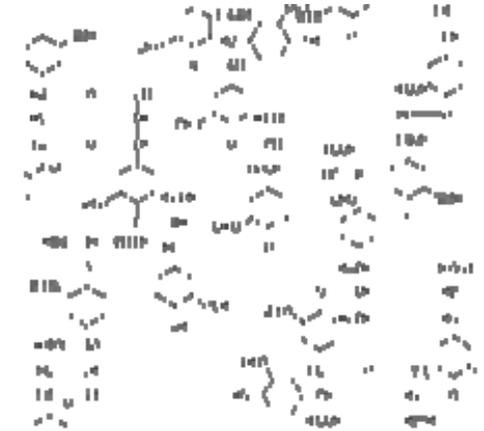
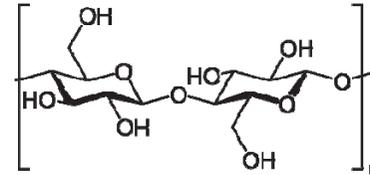
- Residui vegetali
- Residui Animali
- Radici vive e morte
- Fauna e micro-organismi

Sostanza organica del suolo: composizione

- **Componenti principali delle pareti cellulari**

Cellulosa, emicellulosa

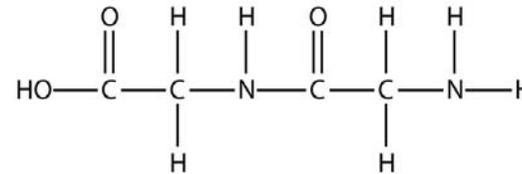
lignina



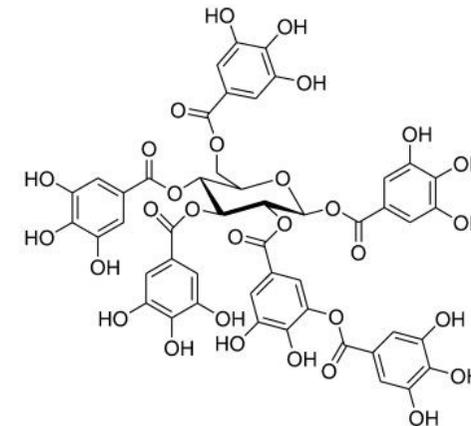
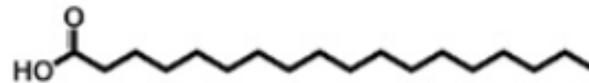
- **Componenti intracellulari e materiali di accumulo**

Polisaccaridi

Proteine



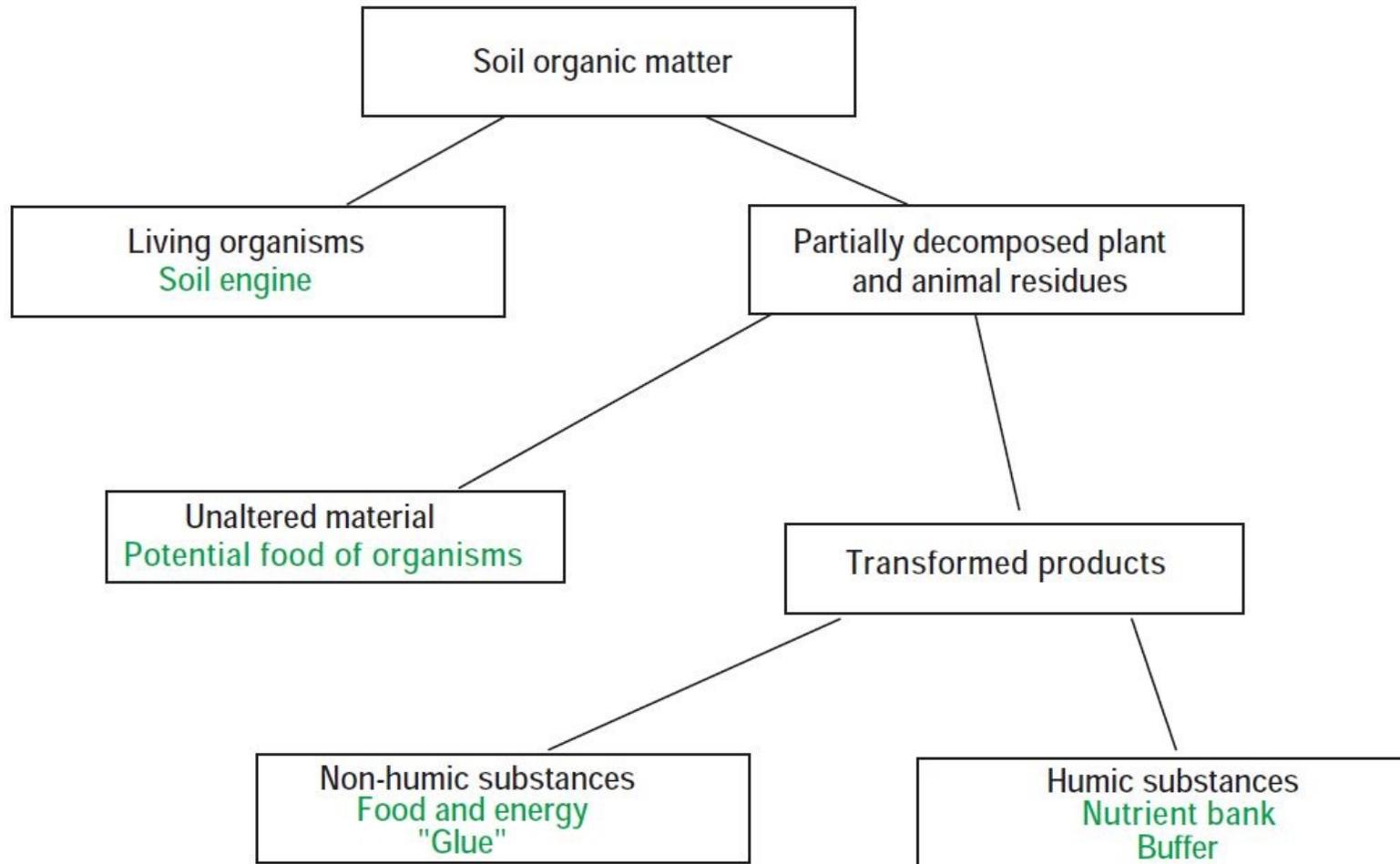
- **Tannini, Cutina, suberina e lipidi**



- **Composti specifici prodotti da micro-org.**

Amminozuccheri

Components of soil organic matter and their functions



Source: FAO, 2005.

Sostanza organica del suolo: aspetti qualitativi

Non tutte le componenti della sostanza organica sono parimenti sensibili alle alte temperature:

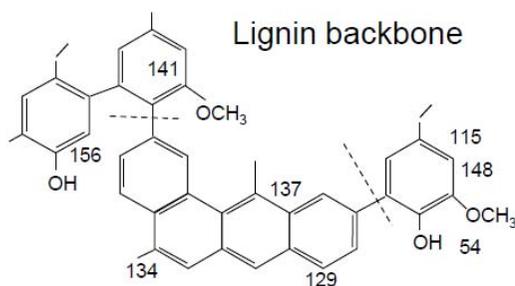
SOM component sensitivity to fire	T (°C)
Cellulose	180-220
Lipids	200-300
Lignin and phenols	250-400
Aromatic compounds	400-500

Il risultato è che il passaggio del fuoco porta ad una rimozione selettiva delle componenti della SO meno resistenti e, quindi, ad un accumulo di quelle cosiddette più recalcitranti.

Sostanza organica del suolo: aspetti qualitativi

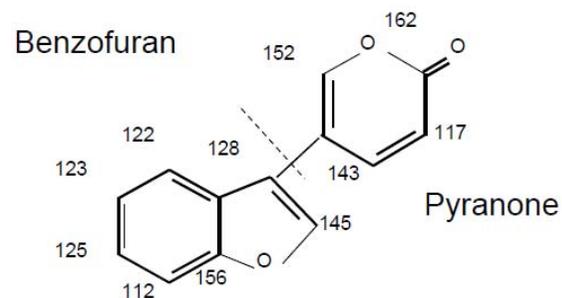
Inoltre, il passaggio del fuoco comporta una profonda alterazione dei composti organici, portando alla formazione di nuovi composti

Lignin

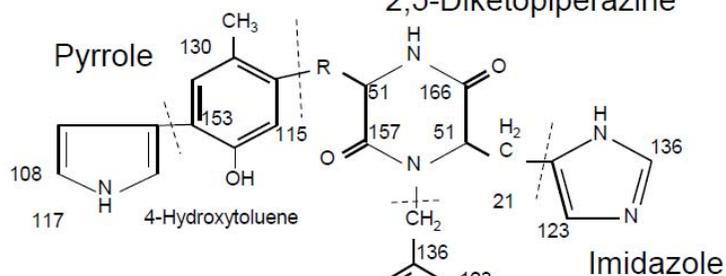


Benz (a) anthracene

Cellulose



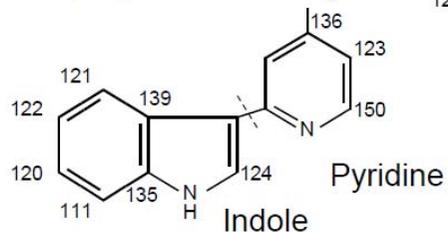
2,5-Diketopiperazine

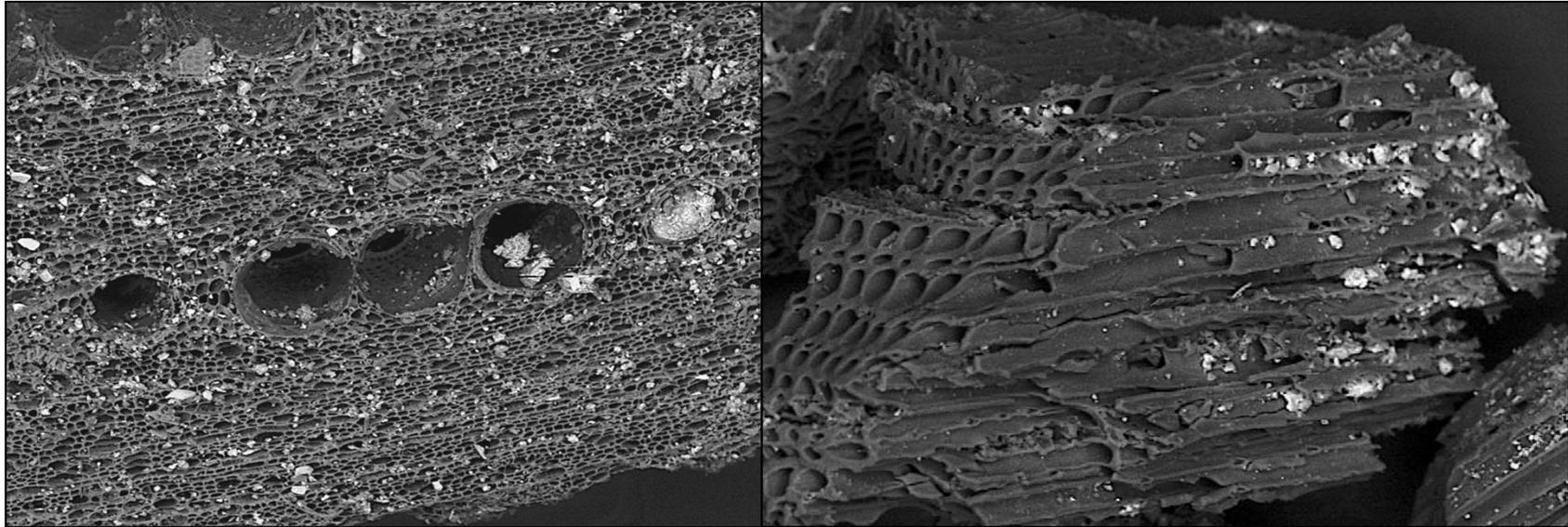


Structure depends on:

- *source material*
- *charring intensity*

Proteins





Carbone



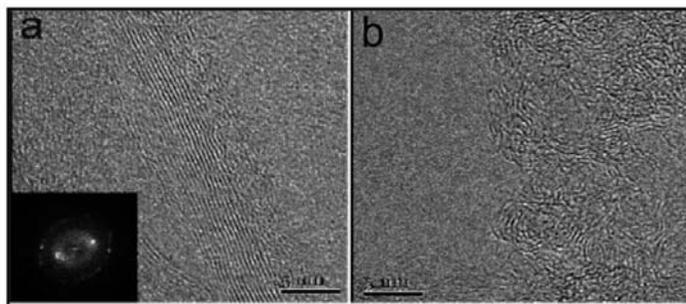
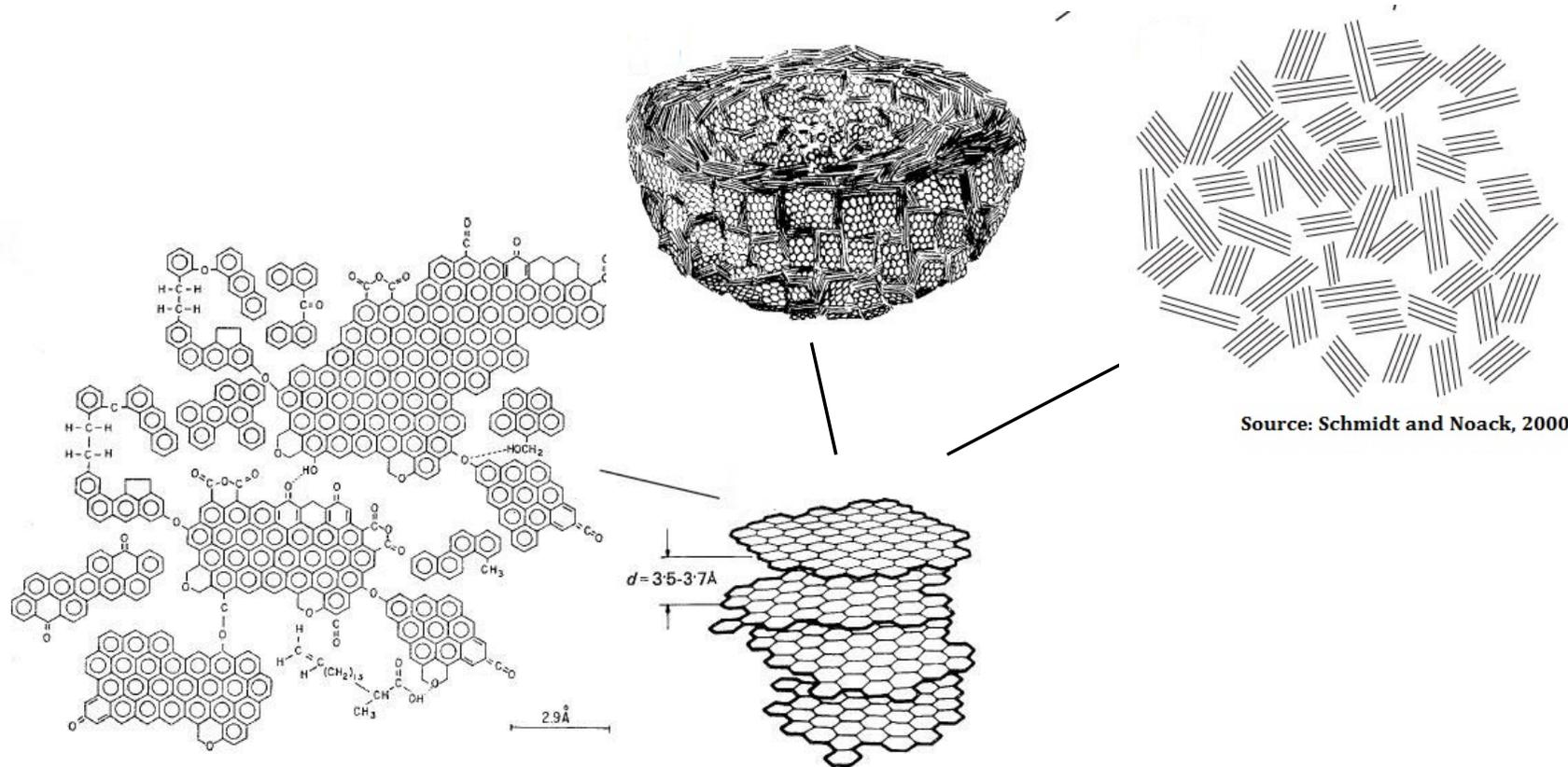
Sostanza organica pirogenica

	pyrogenic carbon continuum		
	partly charred biomass	charcoal	black carbon
pyrogenic carbon content	lower		higher
chemical structure	'disorganized' low aromaticity		'organized' high aromaticity
common particle size	mm and larger	mm-cm	µm and smaller
common formation temperature	<350°C	>350°C	>500°C
material type	solid pyrolysis residue		gas phase condensation products
O/C and H/C	>0.5		<0.5
environmental alteration potential	higher		lower
transport potential	lower (surface)		higher (atmospheric)
porosity	lower		higher

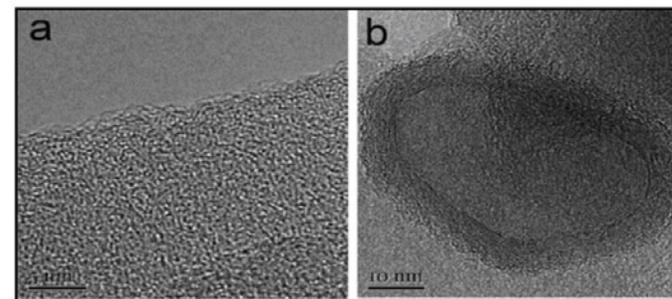
Source: Bird and Ascough, 2012.

In realtà, quello che viene definito genericamente come carbone, a livello molecolare presenta una diversità molto elevata. La composizione del carbone deriva dal materiale di partenza e dalle condizioni di formazione (temperatura, durata del processo, quantità di ossigeno...).

Infatti, in genere ci si riferisce all'insieme di tutti questi composti come sostanza organica pirogenica.

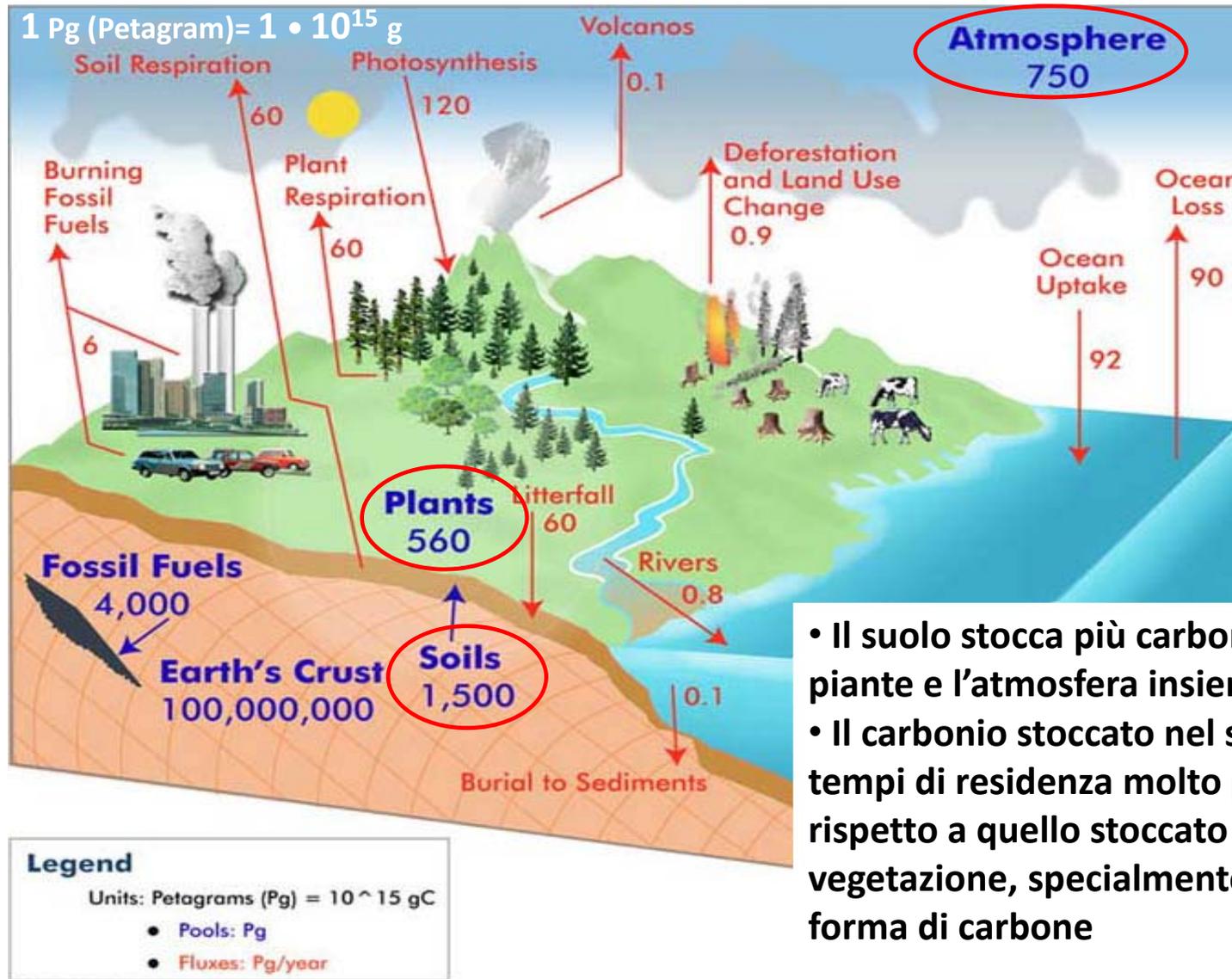


TEM images of modern charcoal samples. **a.** *Ceratonia* that contains the organized and the non-organized phases. (Inset: diffraction pattern of the organized region). **b.** *Quercus* charcoal showing a semi-ordered phase.



TEM images of fossil charcoal samples. **a.** Fossil *Quercus* from Kebara Cave. **b.** Onion-like graphite-like microcrystallites from Kebara cave (CH-4).
Source: Cohen-Ofri et al.

Sostanza organica pirogenica



© 2007 GLOBE Carbon Cycle

- Il suolo stocca più carbonio delle piante e l'atmosfera insieme
- Il carbonio stoccato nel suolo, ha tempi di residenza molto più elevati rispetto a quello stoccato nella vegetazione, specialmente se in forma di carbone

Effetti del fuoco sulle proprietà chimiche del suolo: l'azoto

La SO è formata principalmente da C ed N (oltre che O, H). Come regola generale, la quantità di N totale che è volatilizzata durante la combustione è direttamente proporzionale alla quantità di sostanza organica distrutta. La perdita completa di N si verifica a temperature superiori a 500 ° C, mentre sotto i 200 ° C non c'è perdita di N.

L'N non completamente volatilizzato rimane o come parte della sostanza organica pirogenica (e quindi in una forma molto stabile e non immediatamente utilizzabile dalle piante) o viene convertito in NH_4^+ , quindi in una forma altamente disponibile.

Questa maggiore disponibilità di N migliora la crescita delle piante nel post incendio e dà l'impressione che ci sia più N totale dopo l'incendio. Questo aumento della fertilità, tuttavia, è fuorviante (in generale c'è una perdita netta di N dall'ecosistema) ed è in genere di breve durata. Qualsiasi aumento temporaneo di N disponibile di solito viene rapidamente utilizzato dalle piante o i microorganismi nei primi anni dopo la combustione oppure viene perso dal suolo per lisciviazione.

Al contrario, NO_3^- è solitamente basso immediatamente dopo l'incendio e può aumentare per nitrificazione dell' NH_4^+ . Queste concentrazioni di NO_3^- possono rimanere elevate anche per diverso tempo dopo l'incendio

Extractable Soil N Response to Burning

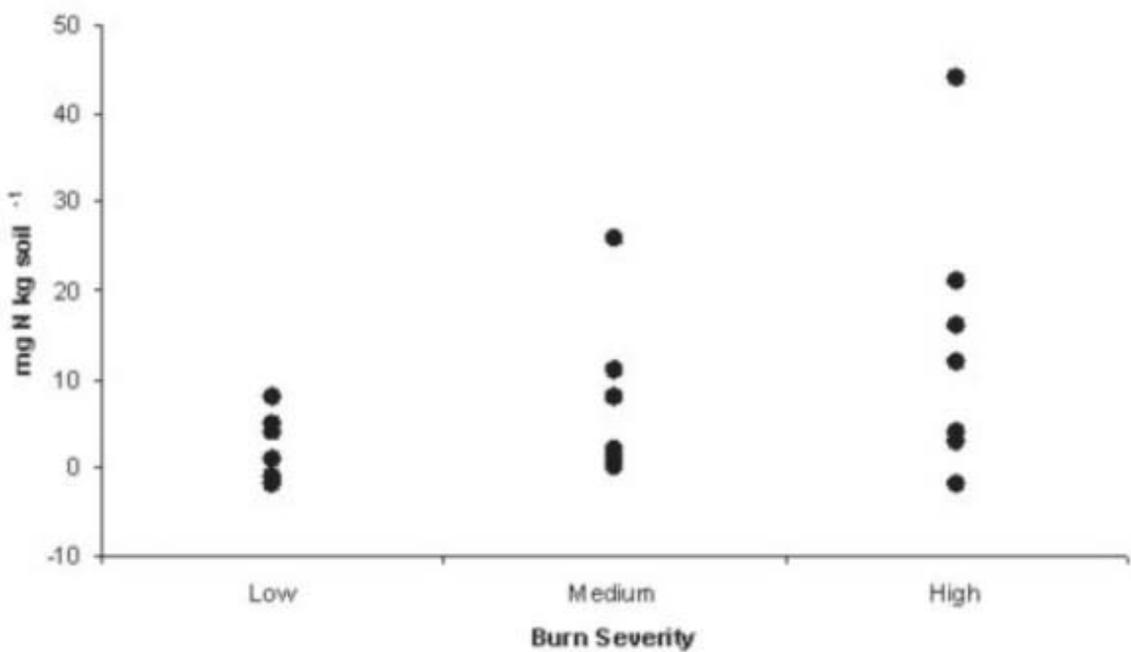
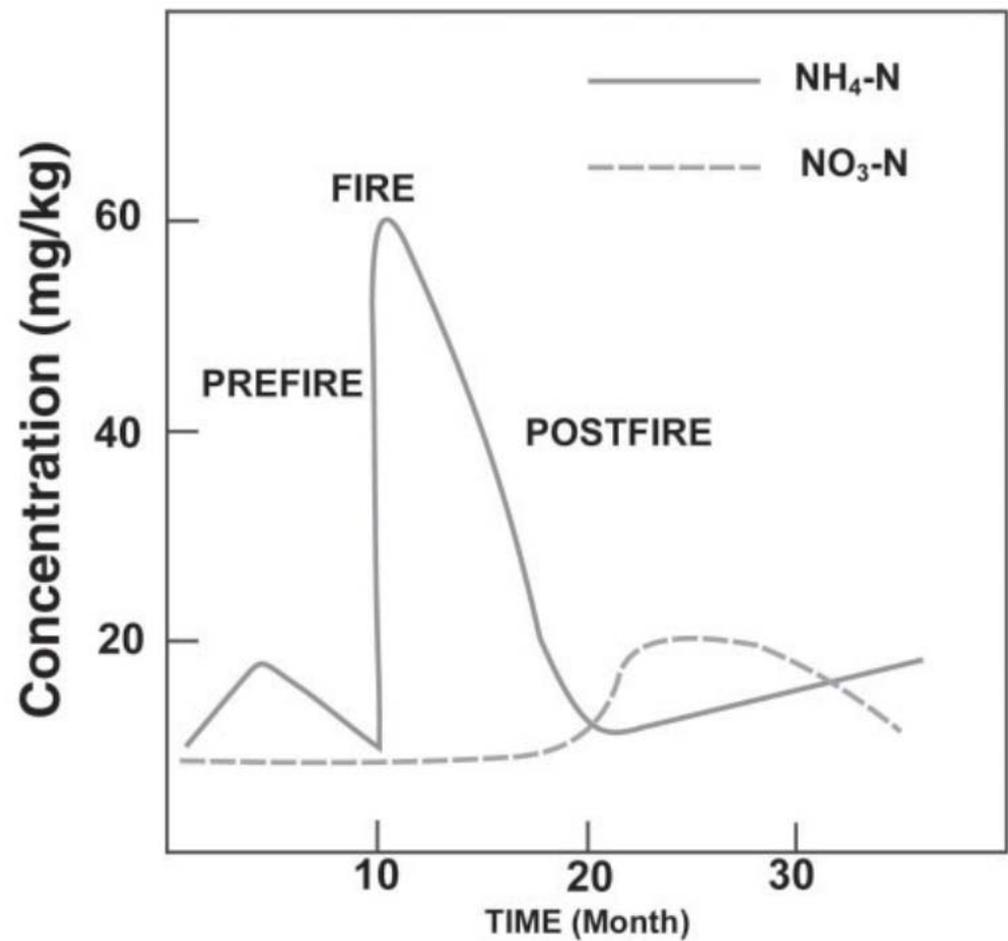


Figure 3.14—Extractable soil N in response to burn severity measured on eight studies.

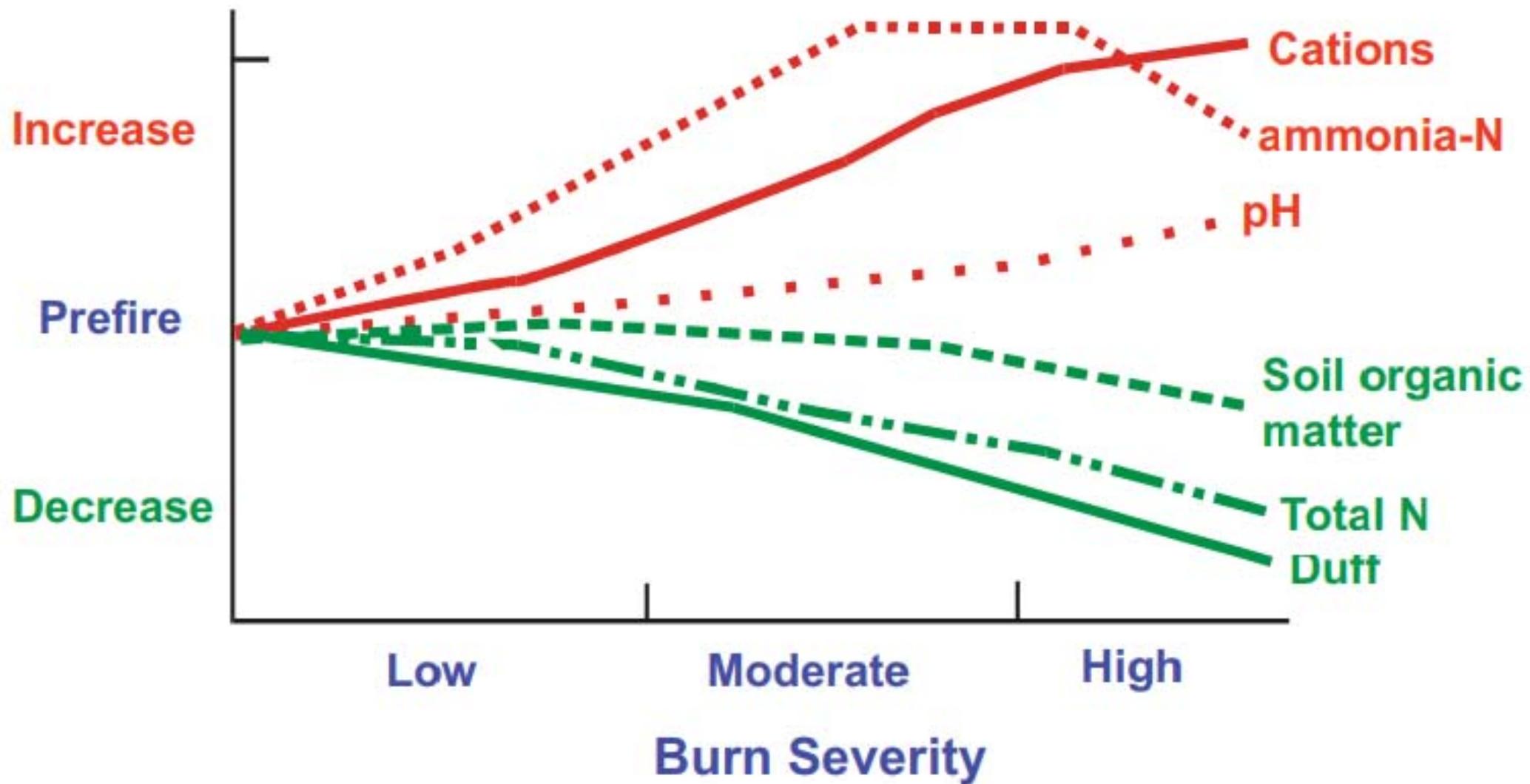


Effetti del fuoco sul ciclo dei nutrienti

Il fuoco altera il ciclo dei nutrienti: i tassi di decomposizione biologica a lungo termine sono sostituiti con una resa istantanea dovuta alla decomposizione termica dei combustibili organici. A parte l'azoto che volatilizza a temperature relativamente basse:

- Alcuni cationi come il fosforo possono venire in parte dispersi nell'atmosfera (volatilizzato) durante la combustione.
- La maggior parte dei nutrienti, comunque, rimangono nella cenere depositata sulla superficie del suolo. Questi nutrienti altamente disponibili sono vulnerabili alla lisciviazione post-incendio, oppure possono essere persi durante l'erosione eolica o idrica. Queste perdite sono amplificate dalla creazione di uno strato idrorepellente durante l'incendio
- Alcuni dei nutrienti rimangono in condizioni stabili, come parte dei detriti solo parzialmente bruciati durante l'incendio.

In generale, l'incendio determina una perdita netta di nutrienti dall'ecosistema, anche se a livello del suolo c'è un aumento che può essere registrato anche a distanza di un anno, seppure in flessione rispetto ai livelli immediatamente successivi all'incendio.



Formazione dello strato di cenere

Dopo il fuoco, rimangono quantità variabili di cenere sulla superficie del suolo che permangono fino a quando la cenere non viene spazzata via (vento e pioggia) o viene lisciviata nel suolo.

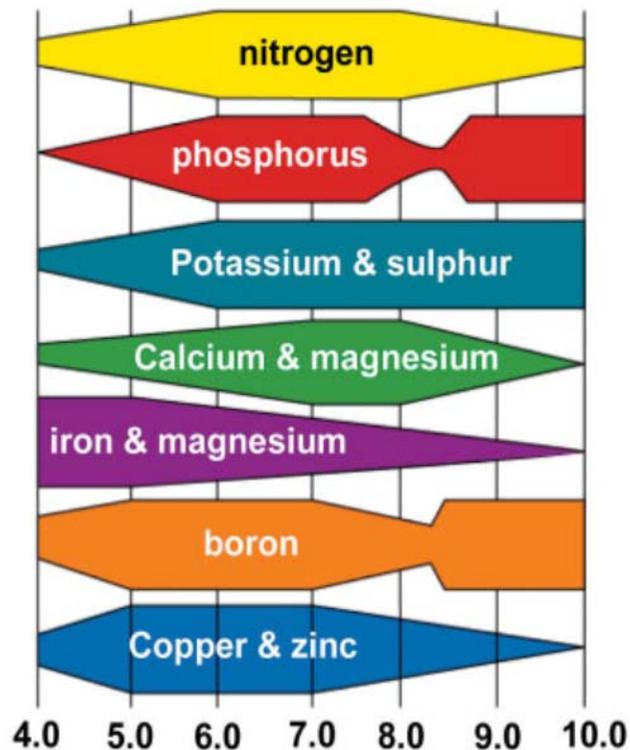
La quantità e il tipo di cenere residua dopo l'incendio dipendono dalle caratteristiche dei combustibili che sono bruciati, la quantità, la densità e il contenuto di umidità del combustibile e dalla severità dell'incendio. La cenere che rimane dopo un incendio può andare da piccole quantità di residui carbonizzati a strati di cenere bianca spessi diversi centimetri.

La cenere consiste principalmente di carbonati e ossidi di metalli (Ca, Mg, K) e silice insieme a piccole quantità di P, S, e N. Il calcio è solitamente il catione dominante.



Formazione dello strato di cenere

I cambiamenti fisici associati alla presenza del letto di cenere includono principalmente cambiamenti nella struttura del suolo e la permeabilità dell'acqua. La combustione può distruggere completamente la struttura della parte superficiale suolo e il materiale cinereo prodotto spesso sigilla il terreno.

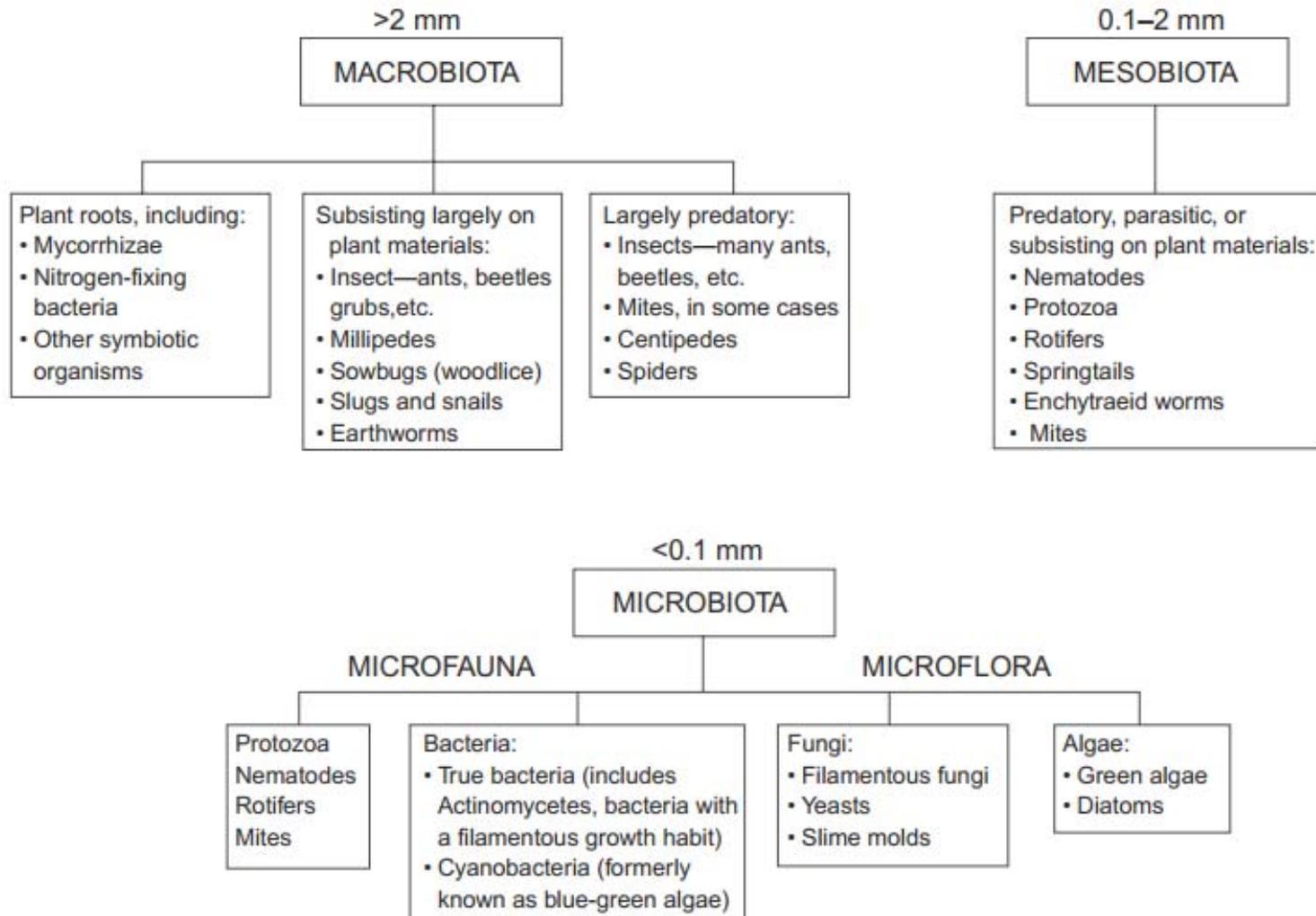


L'effetto immediato della presenza della cenere è un consistente aumento del pH che influisce sulla solubilità di tutti i nutrienti.

In generale, con la perdita di SO a causa della combustione diminuisce anche la capacità di scambio cationico per esempio. Quest'ultima influisce sulle perdite di lisciviazione dei nutrienti solubili rilasciati durante l'incendio.

La CSC che dipende dalle argille, invece, rimane invariata

Impatto del fuoco sulla componente biologica



Impatto del fuoco sulla componente biologica

Il fuoco colpisce gli organismi biologici direttamente o indirettamente. Gli effetti diretti sono quei cambiamenti a breve termine che si verificano quando un particolare organismo è esposto direttamente alle fiamme.



Impatto del fuoco sulla componente biologica



Gli effetti indiretti di solito comportano dei cambiamenti che hanno una durata maggiore sull'ambiente e influiscono sul benessere degli organismi biologici dopo che si è verificato l'incendio. Questi effetti possono coinvolgere l'habitat, l'approvvigionamento di cibo, la concorrenza, la rinnovazione della vegetazione ecc..

Impatto del fuoco sul microbiota

Temperatura: per alcuni batteri le temperature letali sono anche basse fino a 50 ° C, come ad esempio per alcuni gram-negativi con importanti funzioni, come i nitrificanti, che hanno pareti cellulari sottili. Sopra i 200 ° C praticamente tutti i batteri vengono uccisi. I funghi vengono generalmente uccisi a temperature inferiori rispetto ai batteri e le temperature letali oscillano tra i 50-155 ° C.

Da un punto di vista pratico, le temperature di soglia per batteri e funghi sono generalmente raggiunte a una profondità di non più di 5 cm nel suolo minerale durante gli incendi di media o alta severità. Quindi, in generale, nella parte superficiale del suolo si ha una diminuzione delle popolazioni microbiche dovute all'effetto diretto del riscaldamento del suolo.

Impatto del fuoco sul microbiota

Umidità ed ossigeno: l'umidità del suolo è un fattore cruciale nel determinare la sopravvivenza microbica durante l'incendio. L'acqua è in grado di assorbire grandi quantità di energia termica, determinando in tal modo un minore aumento di temperatura e una riduzione della severità del fuoco per un dato apporto di calore.

D'altra parte, l'acqua è un conduttore migliore del calore rispetto all'aria e quindi, a parità di temperatura, farà più danni alla popolazione dei MO e i microrganismi sono più metabolicamente attivi nel terreno umido.

Ad esempio, in un caso studio si è stimato che il 95% dei batteri viene ucciso in un terreno umido mentre solo il 25% in un terreno asciutto alla temperatura del suolo equivalente (70 ° C). Un'ulteriore preoccupazione è la potenziale diminuzione della disponibilità di acqua del suolo dopo l'incendio (a seguito di una minore infiltrazione e stoccaggio dell'acqua dovuta all'idrorepellenza e a una maggiore perdita di acqua dovuta all'evaporazione della superficie del suolo).

Table 4.1—Threshold temperatures for key biological organisms (Adapted from DeBano 1991, Neary and others 1999).

Biological component	Temperature		Reference
	°F	°C	
Plant roots	118	48	Hare 1961
Small mammals	120	49	Lyon and others 1978
Protein coagulation	140	60	Precht and others 1973
Fungi—wet soil	140	60	Dunn and others 1975
Seeds—wet soil	158	70	Martin and others 1975
Fungi—dry soil	176	80	Dunn and others 1975
<i>Nitrosomonas</i> spp. bacteria—wet soil	176	80	Dunn and DeBano 1977
<i>Nitrosomonas</i> spp. bacteria—dry soil	194	90	Dunn and DeBano 1977
Seeds—dry soil	194	90	Martin and others 1975
VA mycorrhizae	201	94	Klopatek and others 1988

Impatto del fuoco sul microbiota

Disponibilità di nutrienti: qualsiasi cambiamento indotto dal fuoco nella qualità o quantità di sostanza organica può avere implicazioni di lunga durata per l'attività biologica del suolo. Sorprendentemente, la maggior parte delle foreste ha riserve insufficienti di sostanza organica degradabile per fornire una crescita microbica ottimale. I microrganismi del suolo forestale, in effetti, hanno maggiori probabilità di essere limitati dalla C rispetto all'acqua o ad altri nutrienti essenziali (cioè N e P).

Quindi, la rimozione della sostanza organica superficiale può ridurre le dimensioni e l'attività della popolazione microbica

Impatto del fuoco sul microbiota

In generale, la risposta microbica agli incendi è molto variabile se non addirittura imprevedibile, a seconda delle condizioni del sito, dell'intensità e della severità del fuoco, protocollo di campionamento ecc.... Inoltre non tutti i microrganismi rispondono allo stesso modo.

La ricolonizzazione post incendio è funzione di diversi fattori, tra cui la mortalità incompleta delle popolazioni native, la germinazione delle spore, l'afflusso di organismi dal vento e la stimolazione della crescita microbica dai nutrienti disponibili.

Le risposte microbiche al fuoco sono più facili da prevedere quando ci si riferisce agli estremi opposti del continuum della severità del fuoco:

- un incendio molto severo può avere effetti gravi e talvolta di lunga durata sulle dimensioni, sulla diversità e sulla funzione della popolazione microbica;
- Un fuoco a bassa severità ha generalmente un effetto irrilevante sui microrganismi.

Impatto del fuoco sul microbiota

I funghi sono più sensibili al fuoco rispetto ai batteri. Anche l'aumento del pH del terreno dopo la combustione favorisce i batteri.

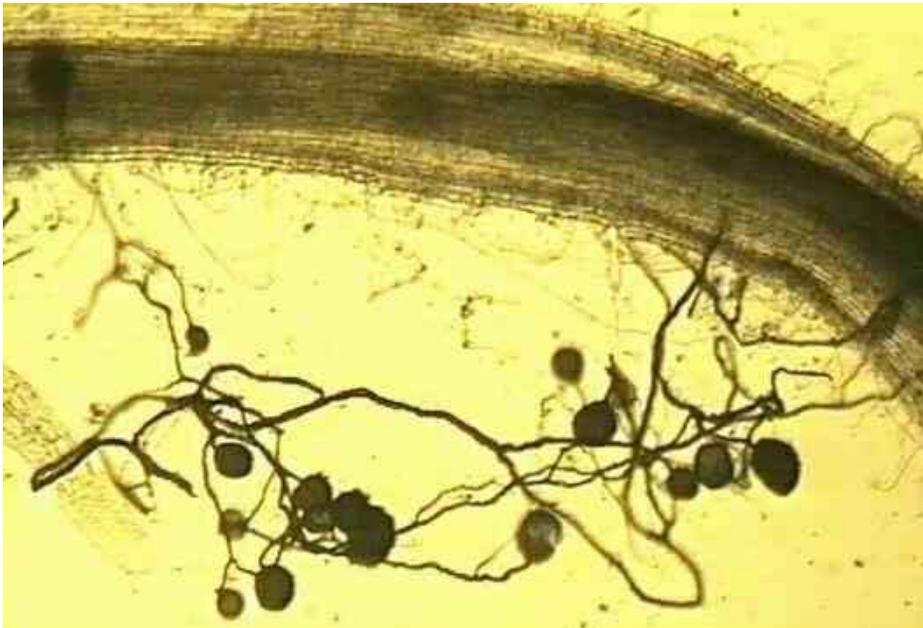
Nessun ecosistema rimane sterile, anche dopo incendi molto gravi. La maggior parte degli studi mostra un recupero stabile delle popolazioni microbiche nel terreno entro 1 o 4 anni dopo l'incendio. Tuttavia, in alcuni casi i tempi di recupero possono essere più alti (un caso riporta 11 anni dopo l'incendio).



Impatto del fuoco sulle micorrize

In generale, le micorrize arbuscolari sono meno colpite da disturbi che distruggono la biomassa aerea (incluso il fuoco) rispetto ai funghi ectomicorrizici perché formano relazioni simbiotiche con una gamma più ampia di specie vegetali.

Alcuni studi riportano che anche se le micorrize non sono state di per sé eliminate dal fuoco la percentuale di radici infette da funghi micorrizici è stata ridotta. Infine, non vi è alcuna chiara evidenza che il fuoco comprometta la funzione delle micorrize nella nutrizione e crescita delle piante.



Studi che mostrano una diminuzione dell'infezione micorrizica dopo l'incendio non hanno registrato effetti negativi sulle piante.

Le spiegazioni plausibili possono essere:

- L'apporto di nutrienti dopo il fuoco rende le micorrize temporaneamente superflue;
- Il declino delle infezioni delle radici (20-40% di riduzione) non ha effetto sulle funzioni delle micorrize.

Impatto del fuoco sul microbiota: conclusioni generali

- I microrganismi sono assolutamente in grado di ricolonizzare le foreste disturbate. La loro capacità di recupero è funzione della loro diversità, genetica e di funzione.
- Gli effetti dell'incendio diminuiscono rapidamente con la profondità (pochi cm).
- Il recupero delle popolazioni microbiche nel suolo forestale non è garantito, in particolare in sistemi molto secchi con un lento riaccumulo di materiale organico.
- Ci sono relativamente pochi studi su queste tematiche e alcune lacune importanti persistono in particolare per quanto riguarda l'effetto della frequenza del suolo sui microrganismi

Impatto del fuoco sul microbiota: principi di gestione

- Ridurre al minimo la perdita degli orizzonti organici. I microrganismi sono più vulnerabili in questo strato.

Questo presenta un dilemma per i professionisti del fuoco prescritto: Quanto materiale organico (combustibile) dovrebbe essere rimosso per ridurre il pericolo di incendi boschivi pur mantenendo un approvvigionamento adeguato per la funzione forestale?

- Evitare di bruciare quando il terreno è umido se la severità del fuoco prevista è elevata. La mortalità dei microrganismi è maggiore nel terreno umido rispetto al terreno asciutto ad alte temperature.
- Fornire un inoculo adeguato per la ricolonizzazione microbica bruciando con motivi a mosaico