

## Τρωτότητα από την Κλιματική Αλλαγή στις περιφέρειες της Ελλάδος

Ερευνητική Ομάδα: Α. Ξεπαπαδέας, Κ. Δουβής, Ι. Καψωμενάκης, Π. Ξεπαπαδέας, Χ. Ζερεφός

Η τρωτότητα είναι ο βαθμός ευαισθησίας ενός συστήματος στην αντιμετώπιση των δυσμενών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Είναι έννοια πολυδιάστατη η οποία ενσωματώνει φυσικούς και κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες σε επίπεδο χώρας, περιφέρειας, πόλης ή κοινότητας. Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός εθνικής πολιτικής προσαρμογής στις αυξανόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δημιουργεί ανάγκες εκτίμησης της τρωτότητας σε περιφερειακό ή και τοπικό επίπεδο.

Στη μελέτη αναπτύσσεται μεθοδολογία εκτίμησης τρωτότητας με συνδυασμό φυσικών και κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών και συμβάντων (π.χ. δασικές πυρκαγιές) που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, η οποία εφαρμόζεται με χρήση υπολογιστικού αλγορίθμου. Παρουσιάζεται επίσης μεθοδολογία πρόβλεψης, με οικονομετρικές μεθόδους, του αναμενόμενου αριθμού συμβάντων με βάση κλιματολογικές προβλέψεις για τις Ελληνικές περιφέρειες, οι οποίες προκύπτουν από επεξεργασία των σεναρίων του IPCC μέχρι το έτος 2100.

Για τις δασικές πυρκαγιές η μεθοδολογία εφαρμόστηκε στα στοιχεία πυρκαγιών του Ελληνικού Πυροσβεστικού Σώματος την περίοδο 2000-2022 (233.116 συμβάντα). Τα συμβάντα κατηγοριοποιήθηκαν ανά περιφέρεια και μέγεθος πυρκαγιάς και συνδέθηκαν με την έκταση, προϊόν (ΑΕΠ), κατά κεφαλή ΑΕΠ και δείκτη ανισοκατανομής ΑΕΠ στην αντίστοιχη περιφέρεια. Υπολογίστηκαν φυσικοί, οικονομικοί, κοινωνικοί και κοινωνικοοικονομικοί δείκτες τρωτότητας για όλες τις περιφέρειες για τις περιόδους 2000-2010 και 2011-2022. Οι σχετικά υψηλότερες τρωτότητες εμφανίζονται στην Στερεά Ελλάδα, Δυτική Ελλάδα και Πελοπόννησο, ενώ η Ανατολική Μακεδονία και Θράκη εμφανίζει υψηλές τρωτότητες με βάση την ανισοκατανομή του κατά κεφαλή ΑΕΠ μεταξύ περιφερειών. Η Αττική εμφανίζει την υψηλότερη τρωτότητα με βάση έκταση και πυκνότητα πληθυσμού. Ο αναμενόμενος αριθμός πυρκαγιών αυξάνεται και για τα δύο IPCC σεσνάρια (4.5 και 8.5) για την περίοδο μέχρι το 2100. Αυτό υποδηλώνει ότι οι σχετικές φυσικές τρωτότητες αναμένεται να παραμείνουν σταθερές, ενώ οι κοινωνικοοικονομικές θα εξαρτηθούν από την εξέλιξη του ΑΕΠ και του πληθυσμού.

Για τις μεταφορές χρησιμοποιήθηκαν οι επιπτώσεις στην κλιματική αλλαγή που εκτιμήθηκαν στη σχετική επικαιροποιημένη μελέτη της ΕΜΕΚΑ. Από την ανάλυση τρωτότητας του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου προκύπτει ότι η υψηλότερη σχετική τρωτότητα, τόσο συνολικά όσο και ανά χιλιόμετρο δικτύου και για τα δύο σεσνάρια του IPCC, εμφανίζεται στην Ανατολική Ελλάδα και ακολουθούν η Δυτική και Κεντρική Ελλάδα.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο είναι κατάλληλο για ανάλυση τρωτότητας σε περισσότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως καύσωνες, πλημμυρικά φαινόμενα, ερημοποίηση, και διαχρονική απώλεια ΑΕΠ.

# Τρωτότητα στην Κλιματική Αλλαγή: Δασικές πυρκαγιές και μεταφορές στις περιφέρειες της Ελλάδος



ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΕΥΡΩΣΥΣΤΗΜΑ



**Αναστάσιος Ξεπαπαδέας**, Ομότιμος Καθηγητής ΟΠΑ, University of Bologna, US National Academy of Sciences  
**Κωσταντίνος Δουβής**, Κέντρο Έρευνας Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Κλιματολογίας Ακαδημίας Αθηνών  
**Ιωάννης Καψωμενάκης**, Κέντρο Έρευνας Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Κλιματολογίας Ακαδημίας Αθηνών  
**Πέτρος Ξεπαπαδέας**, Εργαστήριο Έρευνας στην Κοινωνικοοικονομική και Περιβαλλοντική Αειφορία, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
**Χρήστος Ζερεφός**, Γ. Γ. Ακαδημίας Αθηνών, Επόπτης Κέντρου Έρευνας Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Κλιματολογίας Ακαδημίας Αθηνών, Συντονιστής ΕΜΕΚΑ

# Περίγραμμα Παρουσίασης

---

1. Τρωτότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή
2. Μέτρηση και προβλέψεις τρωτότητας
3. Τρωτότητα στις περιφέρειες της Ελλάδος
  - α. Δασικές πυρκαγιές
  - β. Μεταφορές
4. Τελικές παρατηρήσεις

# Μέρος 1

Τρωτότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή:  
Ορισμός, ενδείξεις και προσαρμογή

# Τρωτότητα

---

## **Από το Paris Agreement**

**Άρθρο 7:** Τα μέρη (Parties) καθορίζουν με το παρόν τον παγκόσμιο στόχο για την προσαρμογή της ενίσχυσης της προσαρμοστικής ικανότητας, την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και τη μείωση της τρωτότητας στην κλιματική αλλαγή, με σκοπό να συμβάλουν στη βιώσιμη ανάπτυξη και να διασφαλίσουν την κατάλληλη προσαρμογή στο πλαίσιο του στόχου θερμοκρασίας.

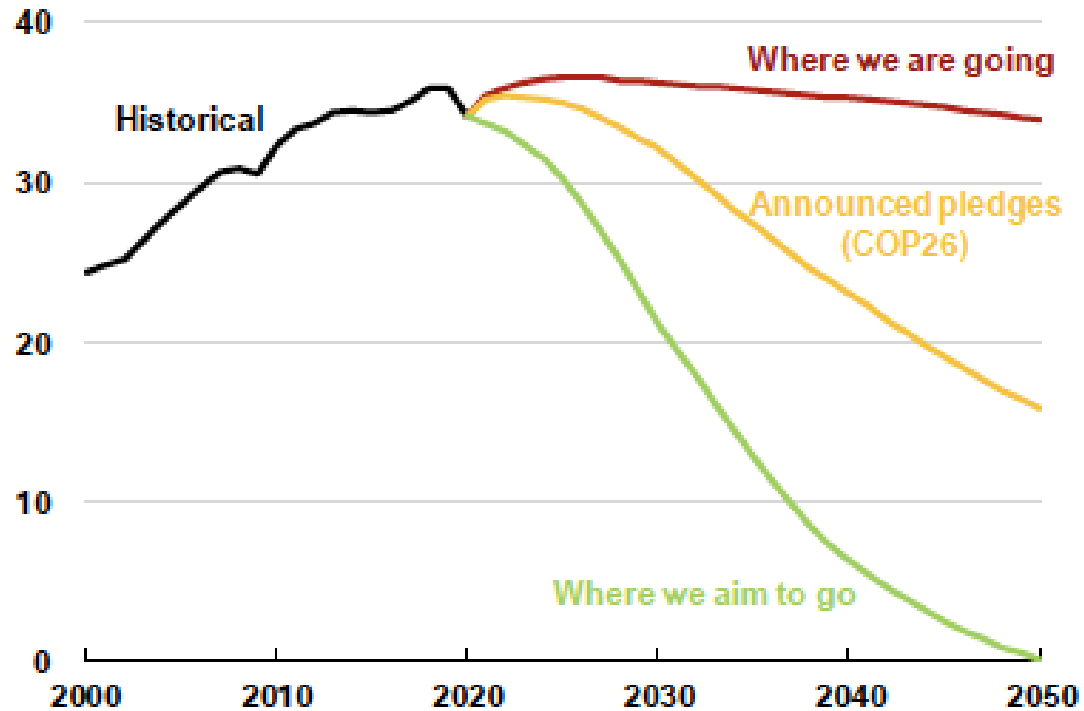
# Τρωτότητα - ορισμός

---

Η τρωτότητα είναι ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα είναι ευαίσθητο ή έχει δυσκολίες στην αντιμετώπιση των δυσμενών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένης της κλιματικής μεταβλητότητας και των ακραίων φαινομένων. Η τρωτότητα ενσωματώνει κοινωνικοοικονομικούς, φυσικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν την τρωτότητα/ευαισθησία μιας χώρας, μιας περιοχής, μιας πόλης ή μιας κοινότητας στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ή/και των κινδύνων της.

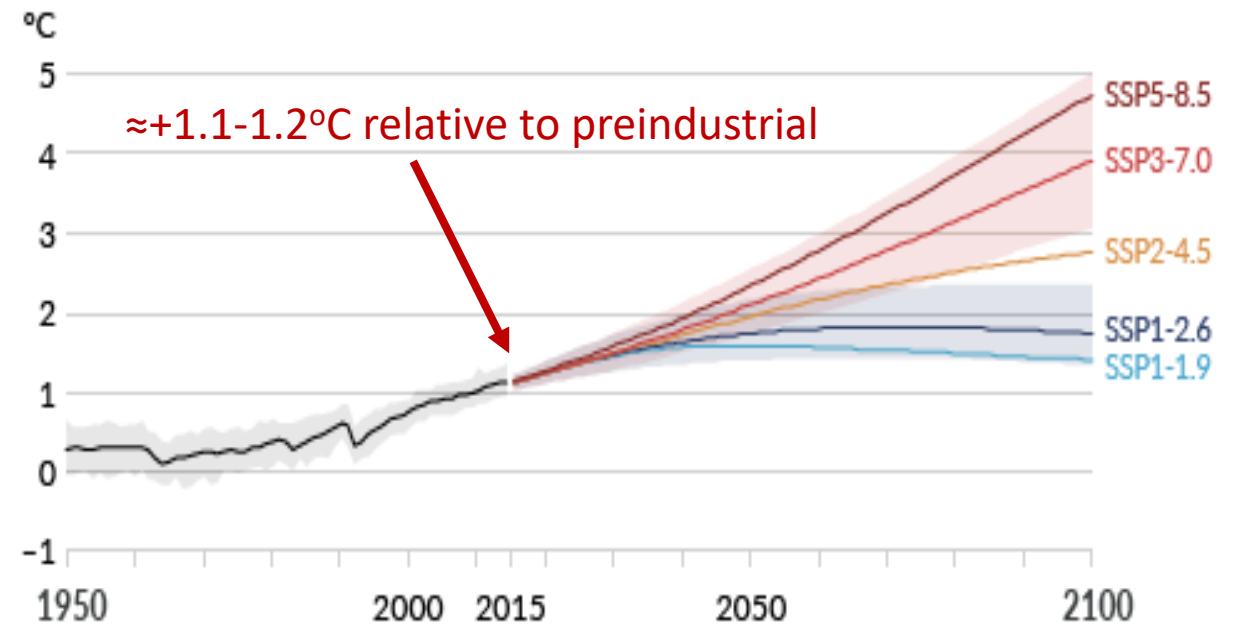
# Τρωτότητα και εξέλιξη κλιματικής αλλαγής

Global CO<sub>2</sub> emissions, gigatonnes



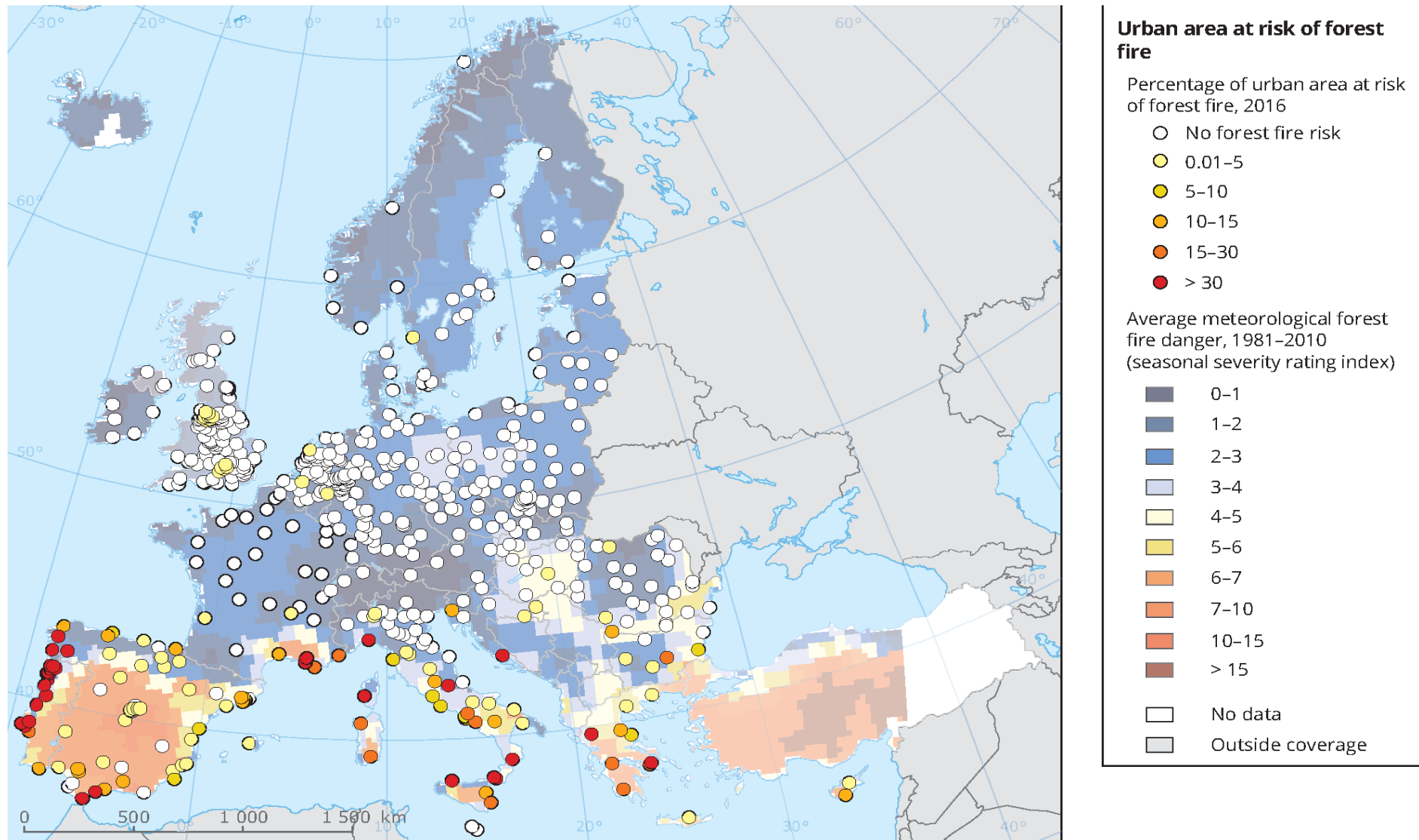
OECD 2021

(a) Global surface temperature change relative to 1850–1900



IPCC 2021

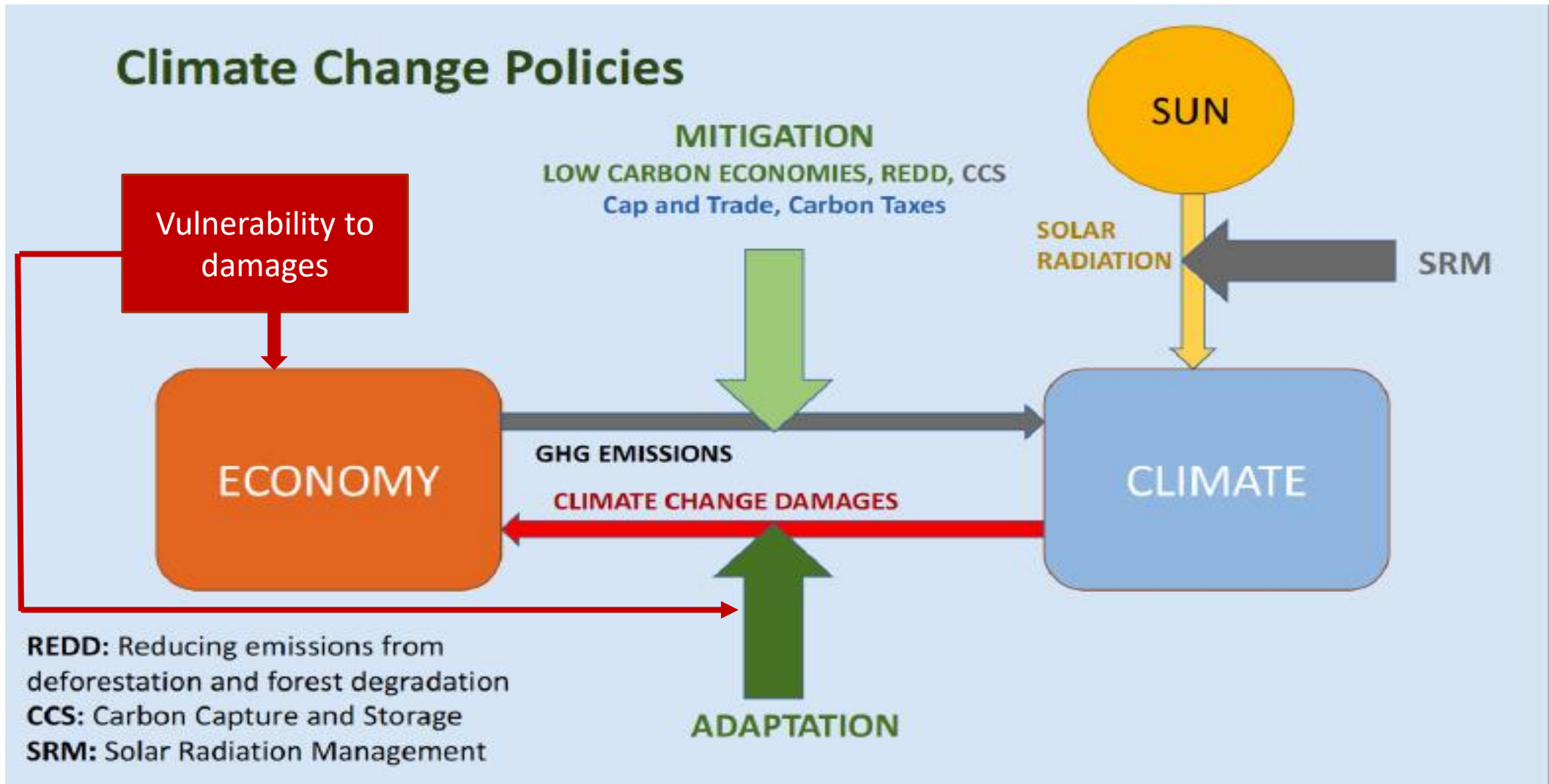
Each 1000 GtCO<sub>2</sub> of cumulative CO<sub>2</sub> emissions is assessed to likely cause a 0.27°C to 0.63°C increase in global surface temperature (IPCC 2021). 2020-2050: 30 years × 35 GtCO<sub>2</sub>/year ≈ 1050 GtCO<sub>2</sub> ⇒ **increase in the average global surface temperature of ≈ 0.5°C (conservative estimate).**



Source: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/forest-fire-risk-affecting-urban-areas>, Accessed November 2023.



# Πολιτικές κλιματικής αλλαγής



## Μέρος 2

### Μέτρηση και προβλέψεις τρωτότητας

# Μέτρηση τρωτότητας: Δείκτες

---

Αποσκοπούν στην παροχή ενός ολοκληρωμένου και τυποποιημένου τρόπου αξιολόγησης της τρωτότητας, λαμβάνοντας υπόψη πολλαπλούς παράγοντες και δείκτες.

Ενσωματώνουν δείκτες που σχετίζονται με τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες, τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και την προσαρμοστική ικανότητα. Οι δείκτες τρωτότητας είναι ποσοτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και τη μέτρηση της τρωτότητας περιοχών ή συστημάτων σε διάφορους κινδύνους, συμπεριλαμβανομένης της κλιματικής αλλαγής.

- Φυσική τρωτότητα
- Οικονομική τρωτότητα
- Κοινωνική τρωτότητα
- Κοινωνικοοικονομική τρωτότητα

# Μέτρηση τρωτότητας: Επίπεδο χώρας

---

## **The Notre Dame Global Adaptation Initiative**

Ο δείκτης ND-GAIN μιας χώρας αποτελείται από μια βαθμολογία τρωτότητας και μια βαθμολογία ετοιμότητας.

- Η τρωτότητα μετρά την έκθεση, την ευαισθησία και τη δυνατότητα προσαρμογής στις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η τρωτότητα μετριέται λαμβάνοντας υπόψη έξι τομείς – τρόφιμα, νερό, υγεία, υπηρεσίες οικοσυστήματος, βιότοποι και υποδομές – χρησιμοποιώντας 44 δείκτες.
- Η ετοιμότητα μετρά την ικανότητα αξιοποίησης επενδύσεων και την μετατροπή τους σε δράσεις προσαρμογής. Η ετοιμότητα μετριέται λαμβάνοντας υπόψη τρία χαρακτηριστικά – οικονομική, κυβερνητική, και κοινωνική ετοιμότητα.

# ND-Δείκτες τρωτότητας

Μέτρηση τρωτότητας στην κλιματική αλλαγή συγκριτικά με άλλες χώρες.

Rank ▼	Country ▼	Income group ▼	Score				
1	Norway	Upper	75.0	21	Slovenia	Upper	64.8
2	Finland	Upper	73.9	22	Czech Republic	Upper	64.6
3	Switzerland	Upper	72.5	23	Estonia	Upper	64.0
4	Denmark	Upper	71.9	24	Belgium	Upper	63.7
5	Singapore	Upper	71.5	25	Portugal	Upper	62.8
6	Sweden	Upper	71.4	26	Spain	Upper	62.0
7	Iceland	Upper	70.6	27	Israel	Upper	61.9
8	New Zealand	Upper	70.3	28	Lithuania	Upper	61.5
9	Germany	Upper	70.2	29	Poland	Upper	61.4
10	United Kingdom	Upper	70.1	30	Russian Federation	Upper	61.1
11	Austria	Upper	69.7	31	Latvia	Upper	61.0
12	Australia	Upper	68.9	32	United Arab Emirates	Upper	60.7
13	Luxembourg	Upper	68.4	33	Chile	Upper middle	60.2
14	Canada	Upper	68.1	33	Greece	Upper middle	60.2
15	Republic of Korea	Upper	67.9	35	Italy	Upper	60.1
16	France	Upper	67.5	36	Kazakhstan	Upper middle	59.8
17	United States	Upper	67.4	37	Qatar	Upper	58.8
18	Netherlands	Upper	66.6	38	Georgia	Upper middle	58.5
19	Japan	Upper	65.6	39	China	Upper middle	58.3
20	Ireland	Upper	65.1	40	Cyprus	Upper	58.0
				40	Malta	Upper	58.0
				40	Slovakia	Upper	58.0

# Περιφερειακό επίπεδο: Πίνακας χαρακτηριστικών τρωτότητας

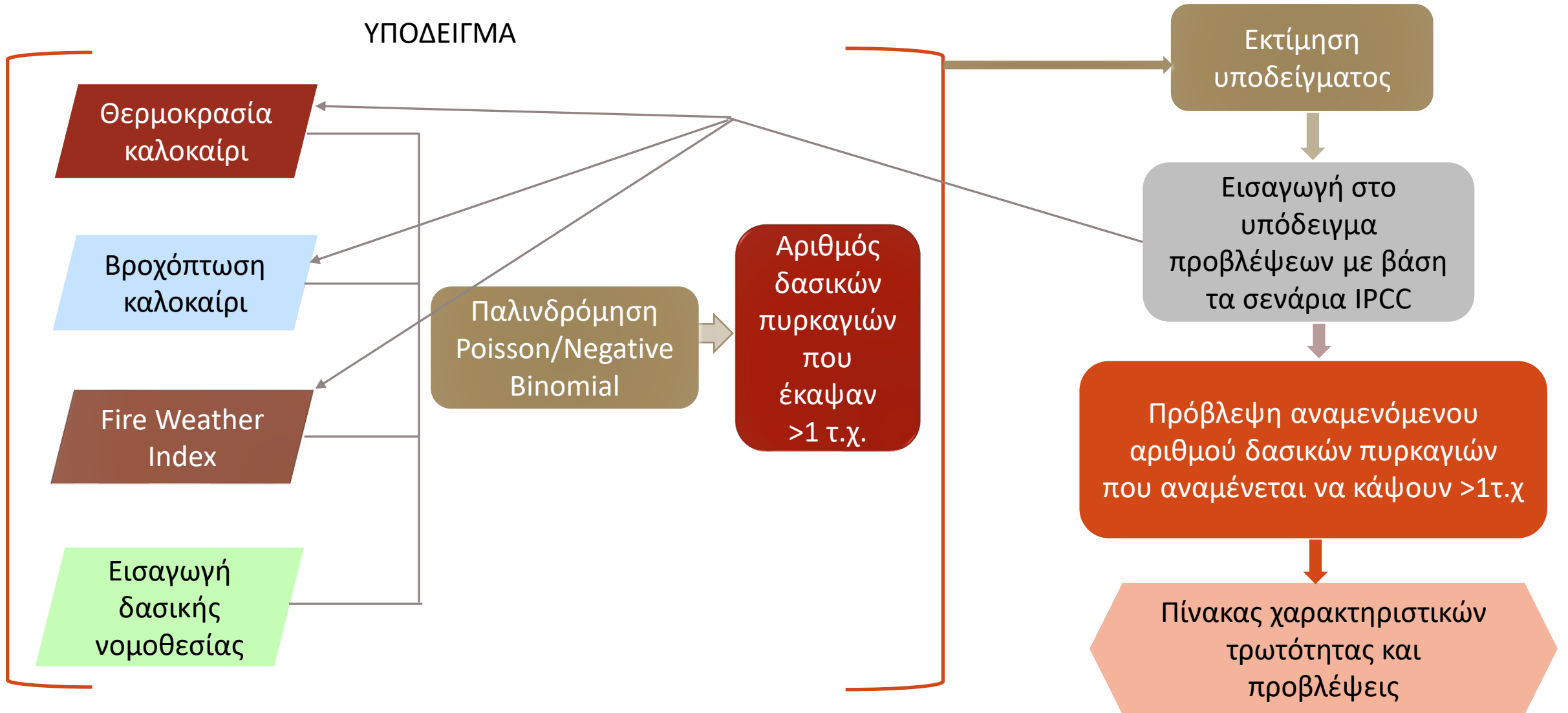
Χαρακτηριστικά τρωτότητας (Vulnerability attributes)	$A_1$	$A_2$	$A_3$	...	$A_N$
Βάρη (Weights)	$w_1$	$w_2$	$w_3$	...	$w_N$
Περιφέρεια					
$i = 1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	...	$a_{1N}$
...	...	...	...	...	...
$i = M$	$a_{M1}$	$a_{M2}$	$a_{M3}$	...	$a_{MN}$

1. Οι τιμές των χαρακτηριστικών  $\{a_{ij}\}$  αντανακλούν την ευπάθεια της περιφέρειας ως προς το χαρακτηριστικό (π.χ. καμένη δασική έκταση/τ.χ., αριθμός πυρκαγιών/τ.χ., αύξηση ετήσιου κόστους συντήρησης οδικών υποδομών λόγω αύξησης περιστατικών υψηλής ή εξαιρετικά υψηλής θερμοκρασίας (%), καθυστέρηση λόγω περιστατικών έντονης βροχόπτωσης, καταιγίδων ή/και δυνητικών πλημμυρών (σε εκατ. τονο-ώρες), θνησιμότητα λόγω καύσωνα).
2. Τα βάρη  $\{w_i\}$  αντικατοπτρίζουν τη σχετική σημασία που αποδίδεται σε ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.
3. Τα χαρακτηριστικά μετασχηματίζονται, ενώ τα βάρη υπολογίζονται με μέθοδο εντροπίας.
4. Η τρωτότητα της κάθε περιφέρειας υπολογίζεται με ένα σύνθετο δείκτη της μορφής:  $V_i = \sum_{v=1}^N w_v \hat{a}_{iv}$ .

# Κλιματική αλλαγή και πρόβλεψη τρωτότητας

Θεωρούμε ότι η κλιματική αλλαγή αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης (άφιξης) ενός μη-επιθυμητού φαινομένου (δασική πυρκαγιά, καύσωνας, πλημμύρα).

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ



Μέρος 3α

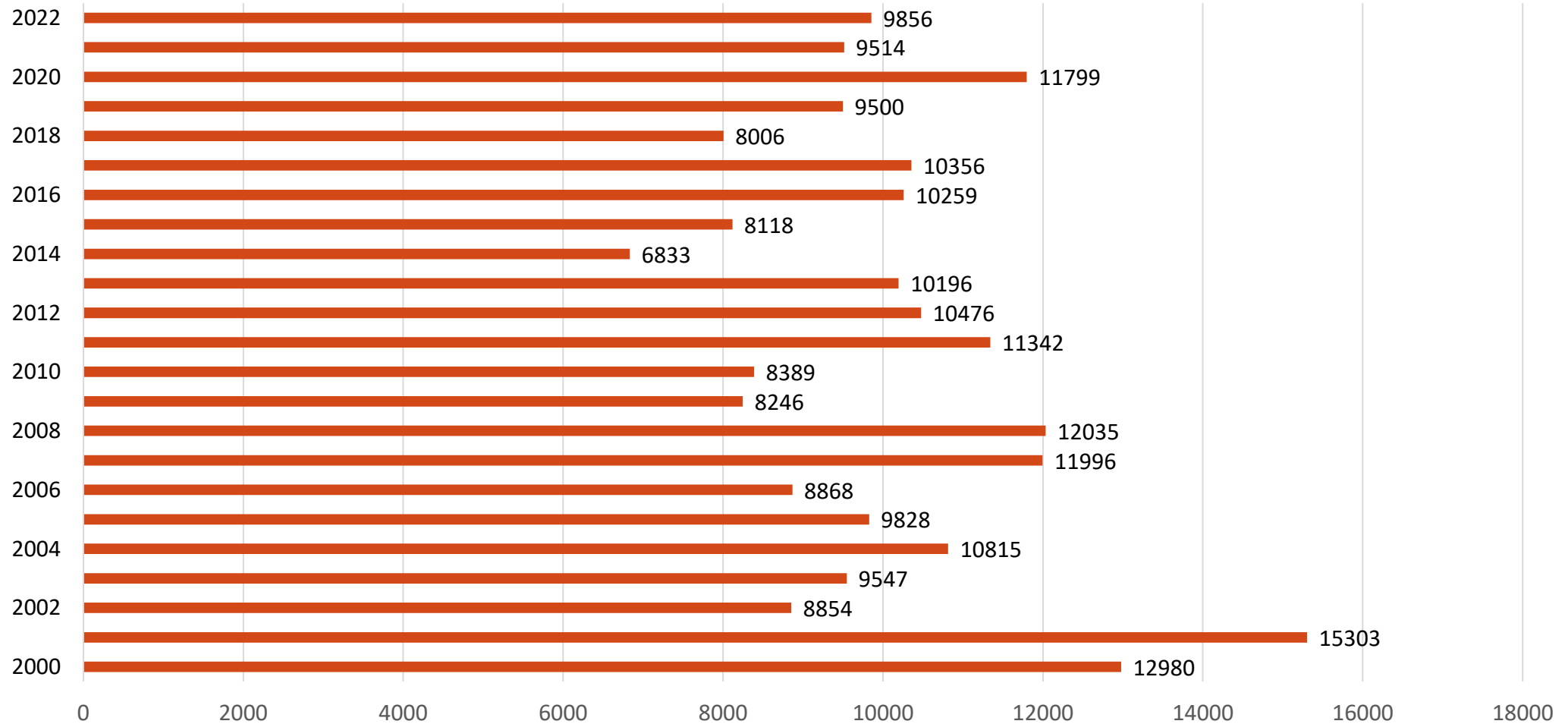
Τρωτότητα στις περιφέρειες της Ελλάδος:

**Δασικές πυρκαγιές**



# Δασικές πυρκαγιές (στοιχεία από Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος, 2000-2022)

## Αριθμός δασικών συμβάντων (πυρκαγιών)



[https://www.fireservice.gr/el\\_GR/synola-dedomenon](https://www.fireservice.gr/el_GR/synola-dedomenon). Συνολικός αριθμός συμβάντων την περίοδο 2000-2022: **233.116**

# Χαρακτηριστικά τρωτότητας

---

- Από αυτά τα στοιχεία προσδιορίστηκε ο αριθμός πυρκαγιών που έκαψαν: 100–500, 500–1000, 1000–10000, και πάνω από 10000 στρέμματα δάσους και δασικής έκτασης ανά περιφέρεια (13) και έτος.
- Προσδιορίστηκε η συνολική καμένη έκταση που αντιστοιχεί σε κάθε κατηγορία πυρκαγιάς και το σύνολο της καμένης έκτασης ανά περιφέρεια και έτος.
- Εννέα χαρακτηριστικά  $X_{ij}, i = 1, \dots, 13, j = 1, \dots, 9$ .
- Αριθμός πυρκαγιών μεγέθους 100–500, 500–1000, 1000–10000, και πάνω από 10000 στρέμματα (4 χαρακτηριστικά).
- Συνολική καμένη έκταση ανά κατηγορία και σύνολο περιφέρειας (5 χαρακτηριστικά).

# Χαρακτηριστικά τρωτότητας

---

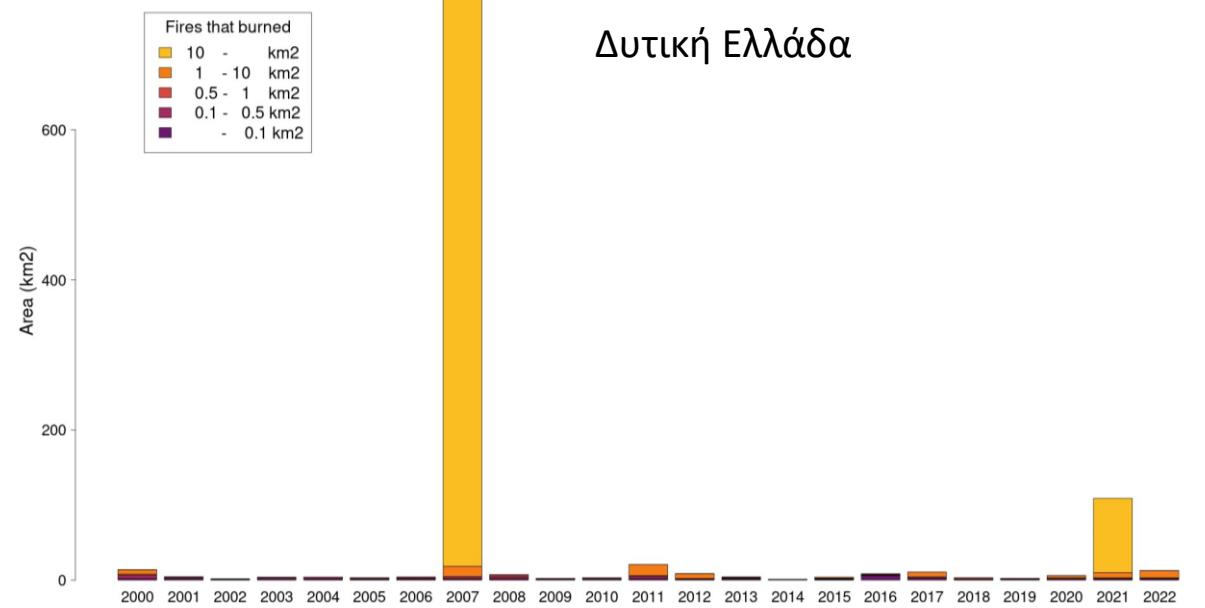
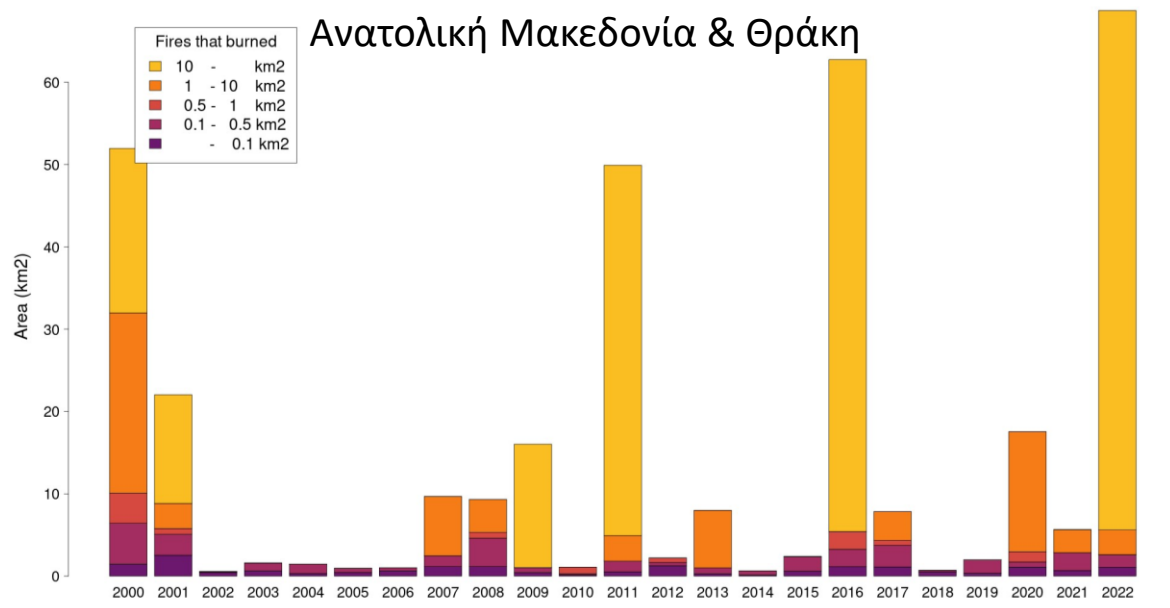
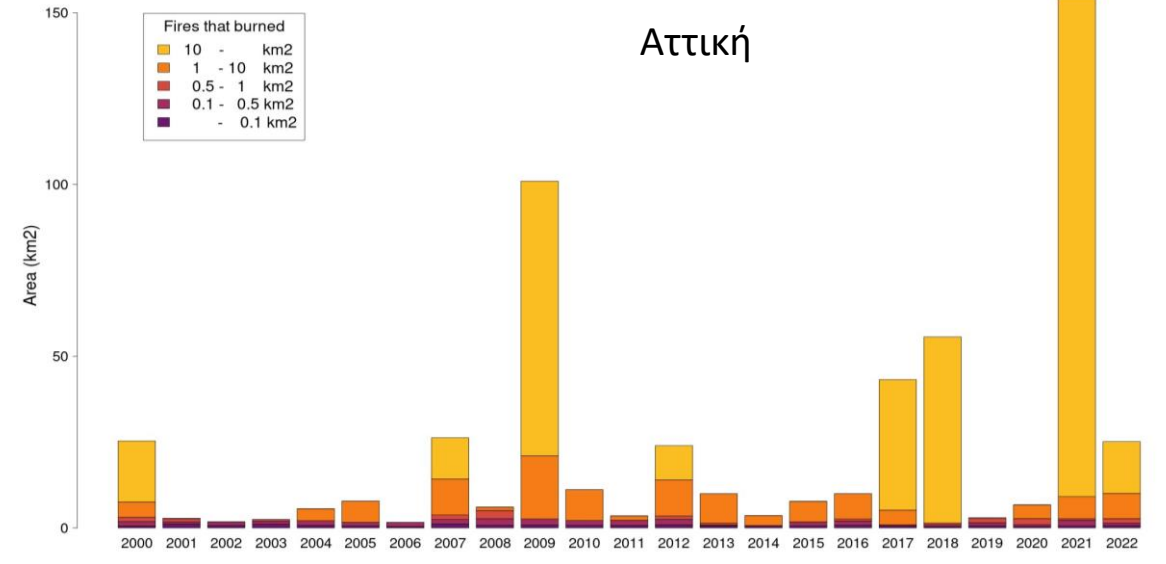
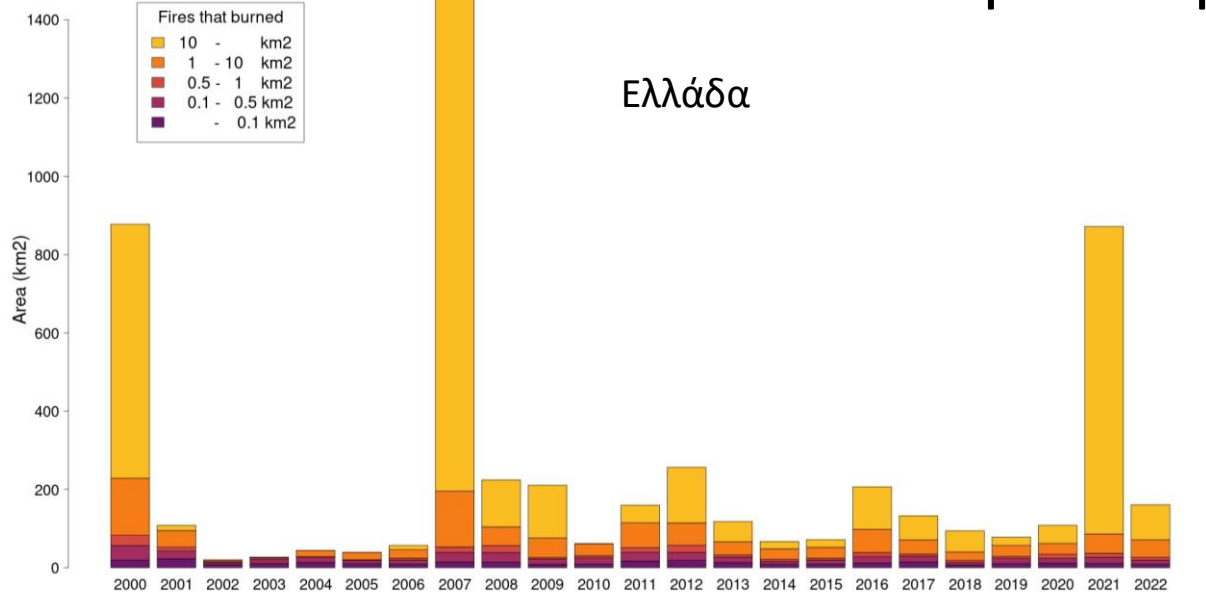
Από πρόσφατες εκτιμήσεις προκύπτει ότι με πιθανότητα 90% ή συνολική ετήσια αξία δασικών οικοσυστημικών υπηρεσιών στην Ελλάδα είναι μεγαλύτερη από 726 €/εκτάριο-έτος ή 72,6 €/στρέμμα-έτος\*.

Για τα Ελληνικά δάση, τα οποία καλύπτουν έκταση 39 εκατ. στρεμμάτων, εκτιμήθηκε ότι η ετήσια αξία των οικοσυστημικών υπηρεσιών των δασών είναι πάνω από 2,83 δις. € με βαθμό βεβαιότητας 90%. Η συνολική κεφαλαιοποιημένη αξία διατήρησης για τα επόμενα εκατό χρόνια με τον ίδιο βαθμό βεβαιότητας και με κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης 1%, είναι πάνω από 176 δις. €.

**Επομένως απώλειες από πυρκαγιές σε όρους καμένης έκτασης έχουν απ' ευθείας αντιστοίχιση σε όρους οικονομικών ζημιών.**

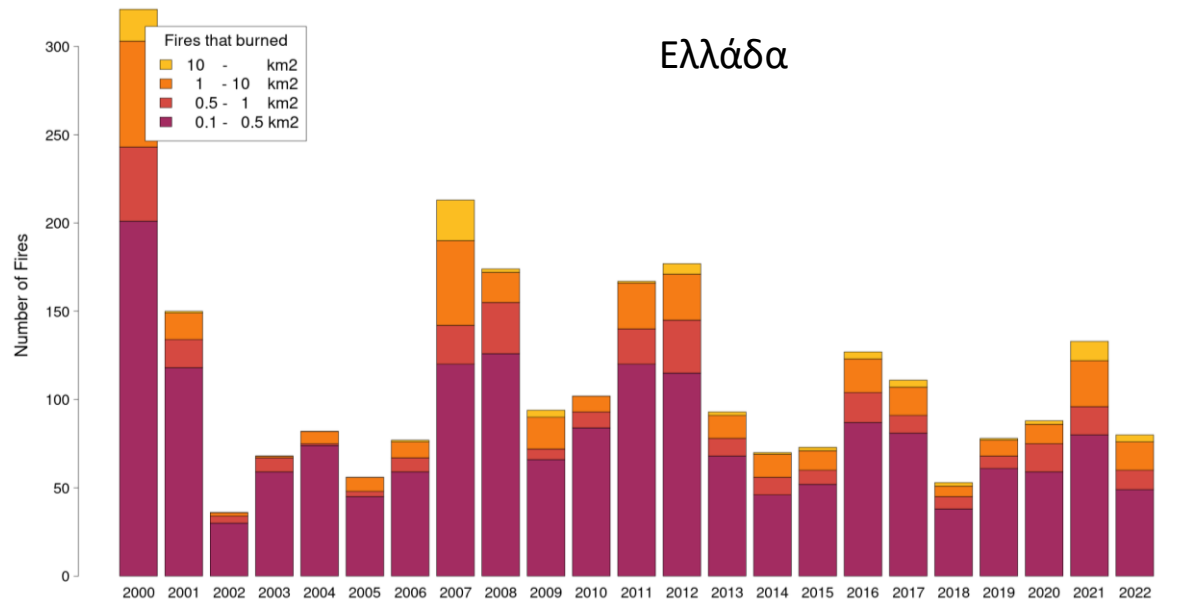
\*Ξεπαπαδέας, Α., 2023,. Ανάλυση Κόστους-Οφέλους από την Αύξηση της Ανθεκτικότητας των Δασών, Κεφ. 4.1 της μελέτης *Η Ανθεκτικότητα των Ελληνικών Δασικών Οικοσυστημάτων στην Κλιματική Αλλαγή*. Επιτροπή για την Ανθεκτικότητα των Ελληνικών Δασικών Οικοσυστημάτων στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΑΔΟ) [Μ. Αριανούτσου, Χ. Ζερεφός, Κ. Καλαμποκίδης, Α. Πούγκου, Φ. Αραβανόπουλος (επιμ.)]. Ακαδημία Αθηνών, Αθήνα, Ελλάδα.

# Ετήσια καμένη έκταση

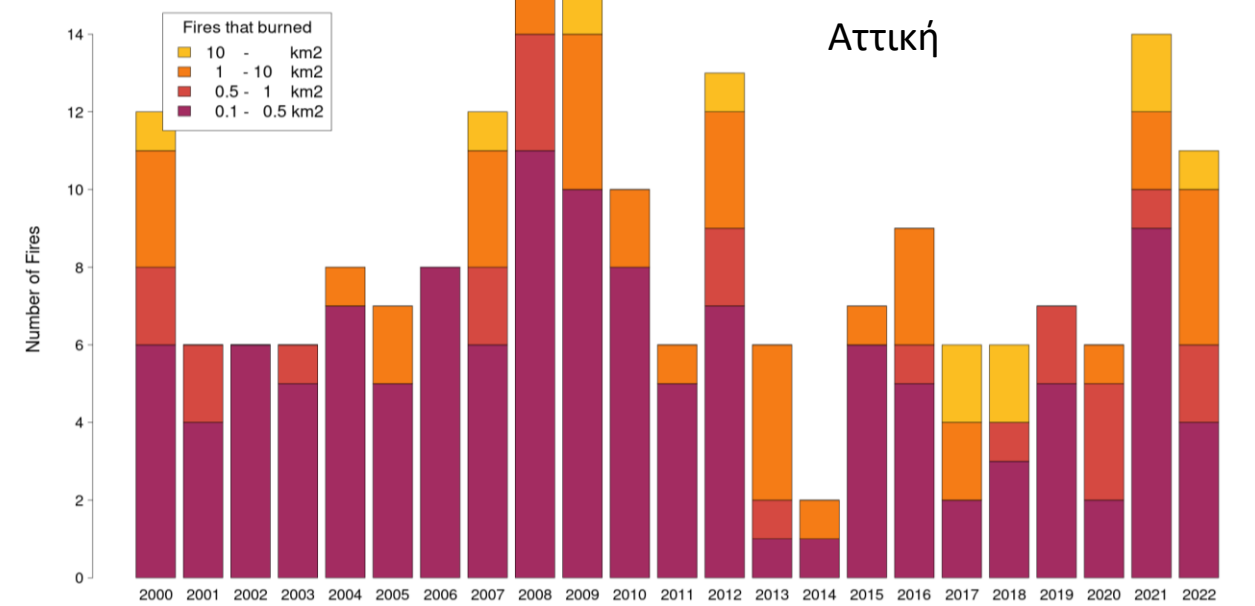


# Ετήσιος αριθμός πυρκαγιών ανά κατηγορία

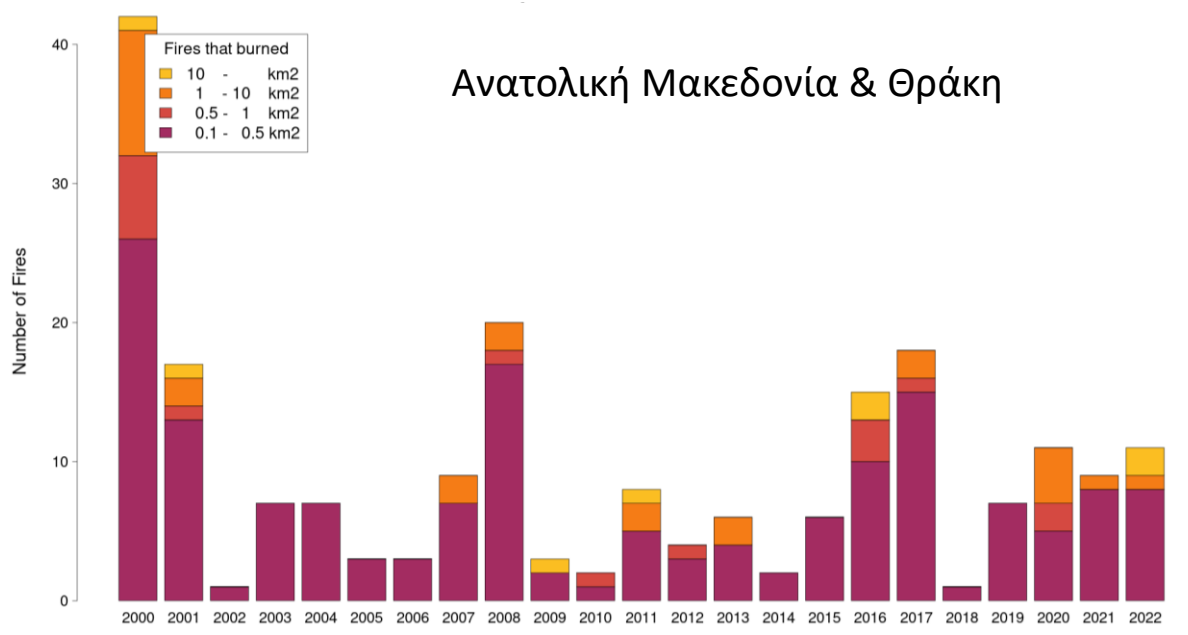
Ελλάδα



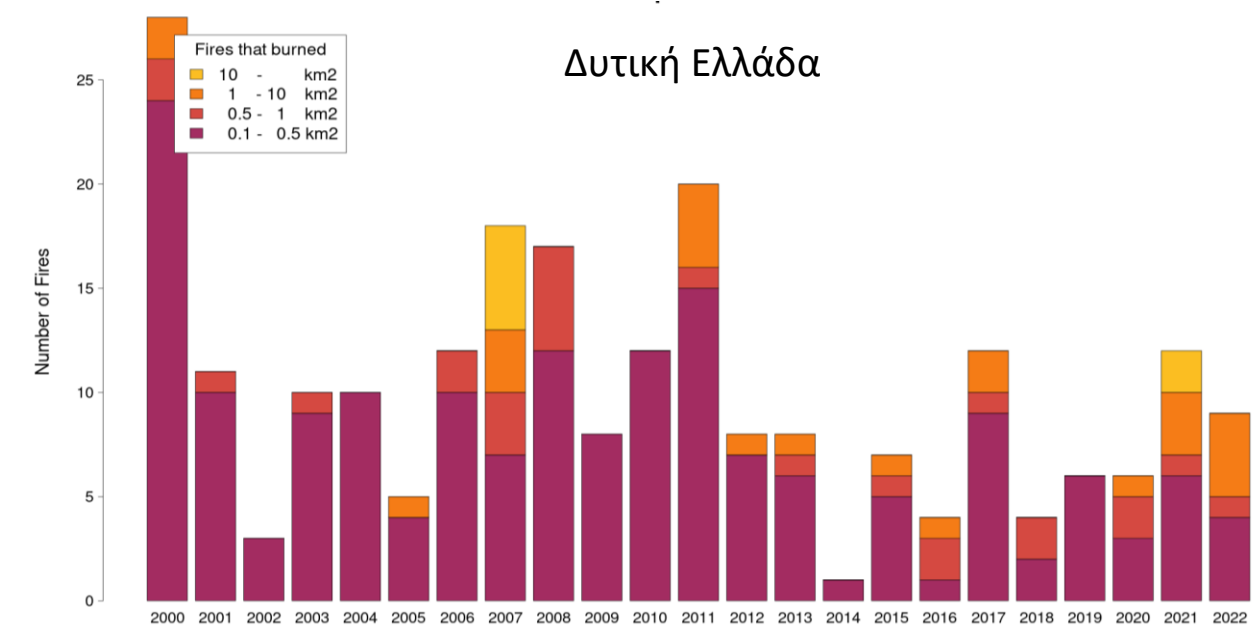
Αττική



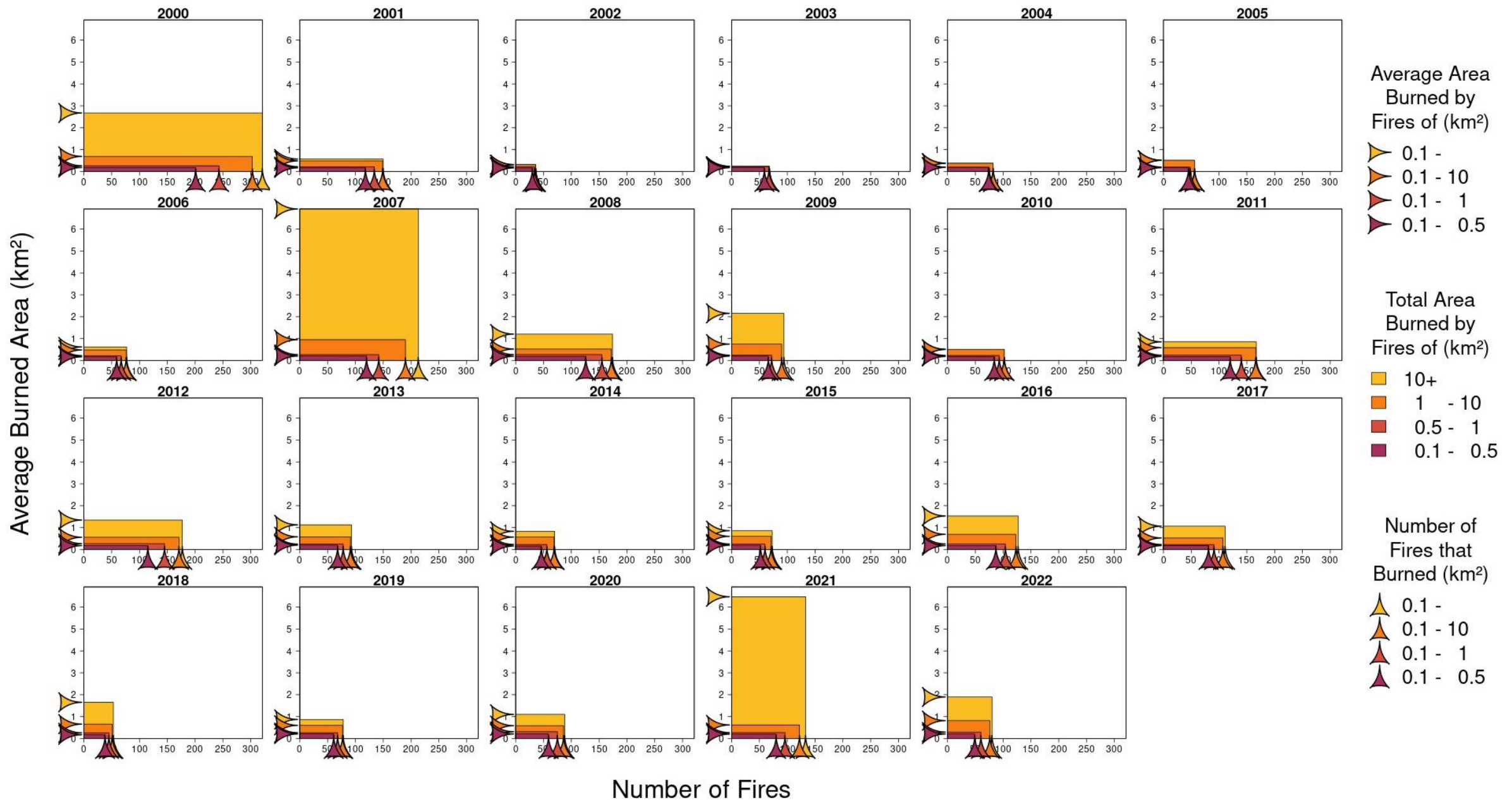
Ανατολική Μακεδονία & Θράκη



Δυτική Ελλάδα



# Καμένη έκταση και αριθμός πυρκαγιών ανά κατηγορία, Ελλάδα



## Fire Weather Index (FWI) και δασικές πυρκαγιές

Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	Κεντρική Μακεδονία	Δυτική Μακεδονία	Ήπειρος	Θεσσαλία	Βόρειο Αιγαίο	Νότιο Αιγαίο	Κεντρική Ελλάδα	Δυτική Ελλάδα	Πελοπον νήσος	Ιόνια Νησιά	Κρήτη	Αττική	Ελλάδα
0.322	0.594	0.292	0.457	0.27	0.204	0.407	0.383	0.434	0.594	0.017	0.0237	0.329	0.561
0.27	0.506	0.606	0.6	0.414	0.082	0.46	0.57	0.652	0.563	-0.0634	0.173	0.413	0.772
0.393	0.466	0.422	0.343	0.401	0.082	0.243	0.471	0.363	0.575	0.139	0.0758	0.487	0.731
0.211	0.619	0.545	0.024	0.478	0.226	0.459	0.241	0.139	0.625	-0.0601	0.202	0.571	0.479
0.343	0.623	0.348	0.616	0.547	-0.0927	-0.0265	0.45	0.466	0.675	0.0275	0.341	0.0382	0.67
0.182	0.603	0.416	0.477	0.428	-0.0606	-0.0979	0.342	0.297	0.686	0.003	0.426	0.144	0.409

Ετήσιος αριθμός πυρκαγιών 1+ km <sup>2</sup>	Ημέρες με FWI > 30 (ημέρες/έτος)
Ετήσιος αριθμός πυρκαγιών 1+ km <sup>2</sup>	Ημέρες με FWI > 45 (ημέρες/έτος)
Ετήσιος αριθμός πυρκαγιών 0.5 - 1 km <sup>2</sup>	Ημέρες με FWI > 30 (ημέρες/έτος)
Ετήσιος αριθμός πυρκαγιών 0.5 - 1 km <sup>2</sup>	Ημέρες με FWI > 45 (ημέρες/έτος)
Ετήσιος αριθμός πυρκαγιών 0.1 - 0.5 km <sup>2</sup>	Ημέρες με FWI > 30 (ημέρες/έτος)
Ετήσιος αριθμός πυρκαγιών 0.1 - 0.5 km <sup>2</sup>	Ημέρες με FWI > 45 (ημέρες/έτος)

# Τύποι τρωτότητας

---

- Φυσική τρωτότητα:  $X_{ij}$  ανά έκταση περιφέρειας (τ.χ.) και χωρίς προσαρμογή.
- Οικονομική τρωτότητα:  $X_{ij}$  ανά ΑΕΠ περιφέρειας.
- Κοινωνική τρωτότητα:  $X_{ij}$  ανά κάτοικο περιφέρειας.
- Κοινωνικοοικονομική τρωτότητα:  $X_{ij}$  ανά κατά κεφαλή ΑΕΠ περιφέρειας πολλαπλασιασμένο με ένα δείκτη ανισοκατανομής εισοδήματος (ΔΑΕ):

$$\Delta\text{ΑΕ} = \left( \frac{\text{Κατά κεφαλή ΑΕΠ χώρας}}{\text{Κατά κεφαλή ΑΕΠ περιφέρειας}} \right)^\eta,$$

$\eta = \{0,1,2,3\}$ . Υψηλότερες τιμές του  $\eta$  αντιστοιχούν σε ισχυρότερες προτιμήσεις για ισοκατανομή του εισοδήματος.

- Πληθυσμιακή πυκνότητα – τρωτότητα:  $X_{ij}$  πολλαπλασιασμένο με την πυκνότητα της περιφέρειας (κάτοικοι ανά τ.χ.).



# Εκτίμηση σχετικής τρωτότητας ανά περιφέρεια 2000-2010 και 2011-2022

Περιφέρειες	Τρωτότητες στις Περιφέρειες της Ελλάδας																	
	Φυσική (ανά τ.χ.)		Οικονομική		Κοινωνική		Κοινωνικοοικονομική								Πυκνότητα		Φυσική	
	2000-10	2011-22	2000-10	2011-22	2000-10	2011-22	η=0		η=1		η=2		η=3		2000-10	2011-22	2000-10	2011-22
							2000-10	2011-22	2000-10	2011-22	2000-10	2011-22	2000-10	2011-22				
Ανατολική Μακεδονία	0.08006	0.15210	0.18477	0.46165	0.14848	0.33076	0.17674	0.49815	0.19010	0.65822	0.20247	0.84765	0.21394	0.92934	0.01896	0.02456	0.11874	0.37022
Κεντρική Μακεδονία	0.00232	0.03226	0.01136	0.04363	0.00191	0.02988	0.04929	0.17413	0.05231	0.21426	0.05400	0.26230	0.05425	0.27316	0.01720	0.02677	0.02978	0.14421
Δυτική Μακεδονία	0.10013	0.02766	0.25222	0.17162	0.24524	0.15822	0.11325	0.04826	0.10297	0.04864	0.09361	0.05555	0.08470	0.05230	0.00647	0.00143	0.08620	0.05523
Ήπειρος	0.14548	0.03802	0.35618	0.20414	0.28854	0.14774	0.20005	0.09608	0.21512	0.13770	0.22994	0.19027	0.24474	0.21716	0.01735	0.00268	0.12770	0.07286
Θεσσαλία	0.14716	0.04694	0.24845	0.15197	0.19884	0.11086	0.31477	0.17891	0.31752	0.22229	0.31961	0.27265	0.32105	0.28975	0.04927	0.01093	0.21113	0.14435
Στερεά Ελλάδα	0.27349	0.38090	0.43947	0.88934	0.52580	0.91725	0.41947	0.91856	0.33747	0.89160	0.27172	0.86401	0.21911	0.76907	0.06822	0.05332	0.42663	0.94509
Ιόνια Νησιά	0.45383	0.36135	0.27317	0.37813	0.34359	0.33222	0.08663	0.11663	0.06771	0.12345	0.05292	0.13460	0.04131	0.12416	0.03993	0.01907	0.09381	0.11585
Δυτική Ελλάδα	0.66677	0.13904	0.74425	0.28915	0.76361	0.20963	0.85661	0.33697	0.86793	0.42416	0.87791	0.52866	0.88699	0.56889	0.26456	0.02658	0.86372	0.26647
Πελοπόννησος	0.45790	0.23994	0.80037	0.66323	0.79700	0.57832	0.82966	0.68137	0.79201	0.73653	0.75463	0.79409	0.71811	0.75178	0.13037	0.03637	0.74741	0.61178
Αττική	0.51945	0.85474	0.01031	0.04701	0.02348	0.06374	0.11035	0.38473	0.05886	0.25030	0.03056	0.16057	0.01553	0.08792	1	1	0.18367	0.56737
Βόρειο Αιγαίο	0.48948	0.28911	0.83031	0.62020	0.63115	0.47144	0.32395	0.21479	0.32483	0.27739	0.32538	0.35765	0.32597	0.39849	0.04591	0.01423	0.19427	0.16566
Νότιο Αιγαίο	0.24078	0.15334	0.15025	0.20577	0.28661	0.22217	0.07725	0.10157	0.05059	0.08618	0.03292	0.07539	0.02139	0.05728	0.03079	0.01251	0.12247	0.11829
Κρήτη	0.03791	0.06157	0.03969	0.10245	0.04274	0.07887	0.02870	0.09971	0.02742	0.11524	0.02548	0.13528	0.02326	0.13416	0.00854	0.01084	0.02495	0.08827

Υπόμνημα: Μέγιστη τρωτότητα



Πολύ υψηλή τρωτότητα



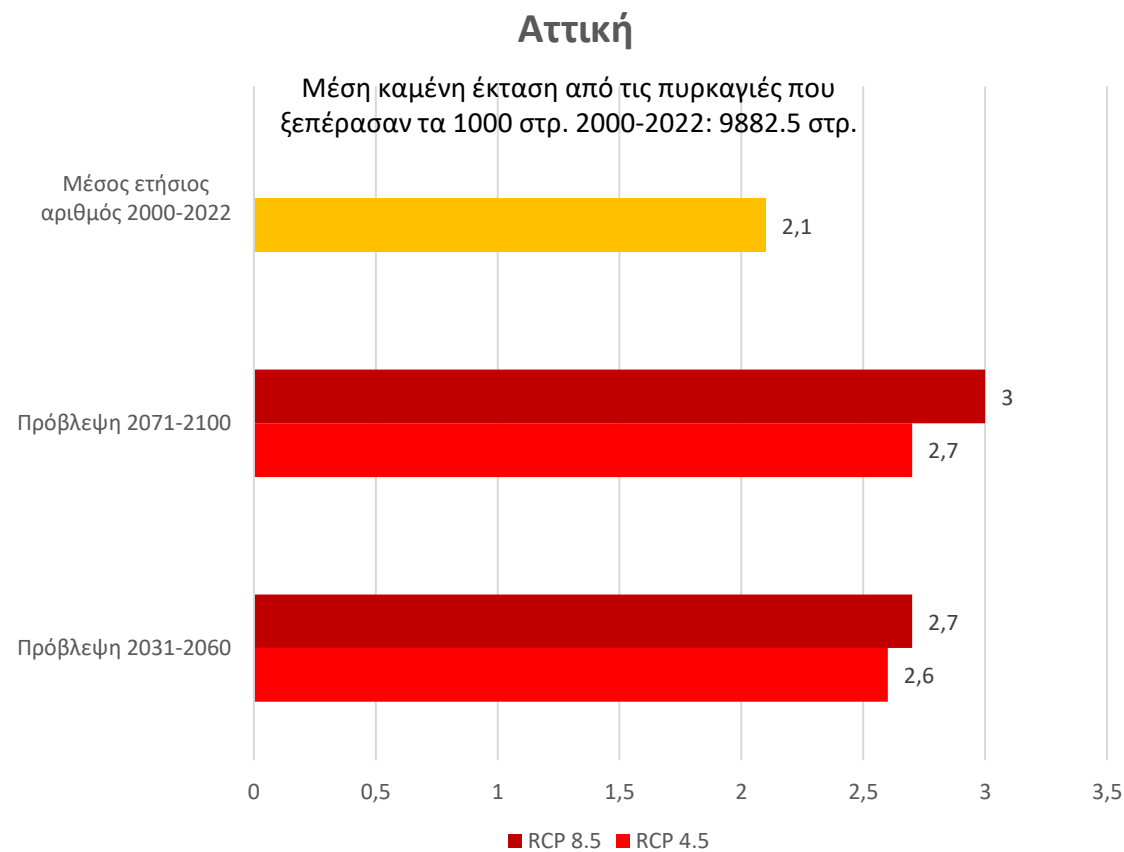
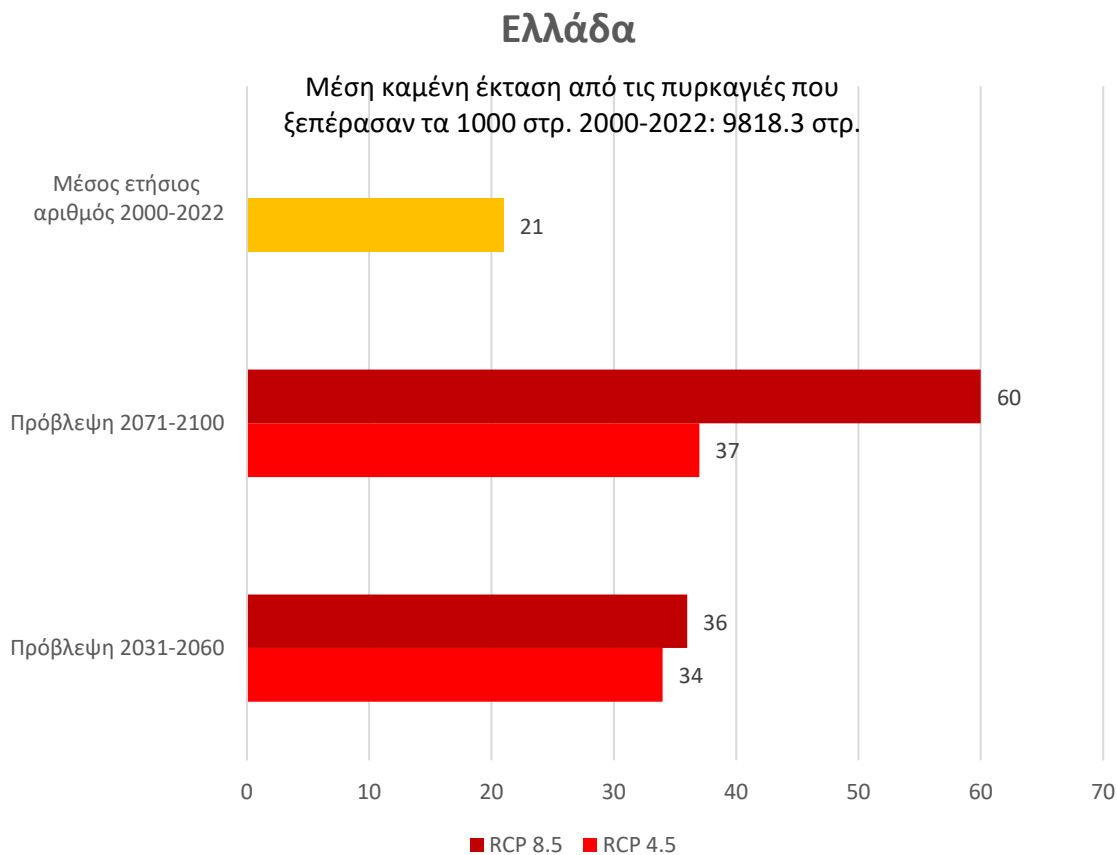
Υψηλή τρωτότητα



Ελάχιστη τρωτότητα



# Πρόβλεψη πυρκαγιών. IPCC Σενάριο 4.5, 8.5: Αριθμός δασικών πυρκαγιών που αναμένεται να κάψουν πάνω από 1000 στρέμματα



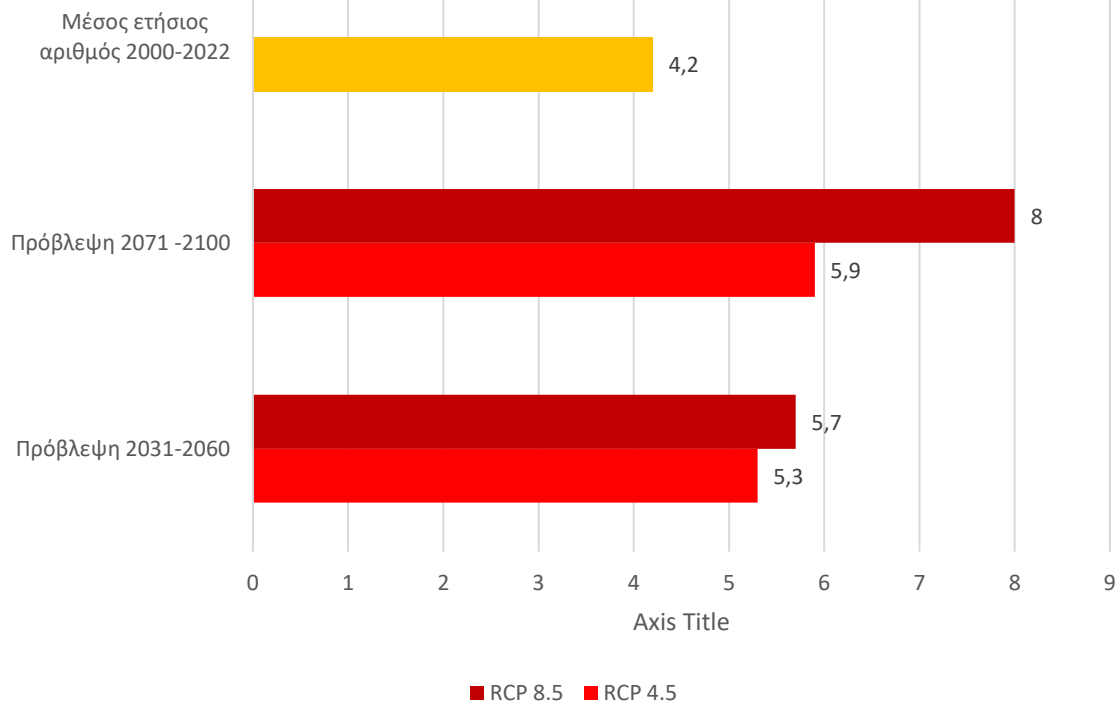
Εκτίμηση: STATA, Negative Binomial Explanatory variables, TEMPSUMMER PRECIPSUMMER, (\*\*,\*\*). 95% confidence interval for the point estimates  $>\pm 50\%$  of point estimates.

Εκτίμηση: STATA, Zero inflated Poisson regression, no over or under dispersion. Explanatory variables, TEMPSUMMER PRECIPSUMMER, PRECIPSPING (\*\*,\*,\*\*). 95% confidence interval for the point estimates  $>\pm 50\%$  of point estimates.

# Πρόβλεψη πυρκαγιών. IPCC Σενάριο 4.5, 8.5: Αριθμός δασικών πυρκαγιών που έκαψαν πάνω από 1000 στρέμματα

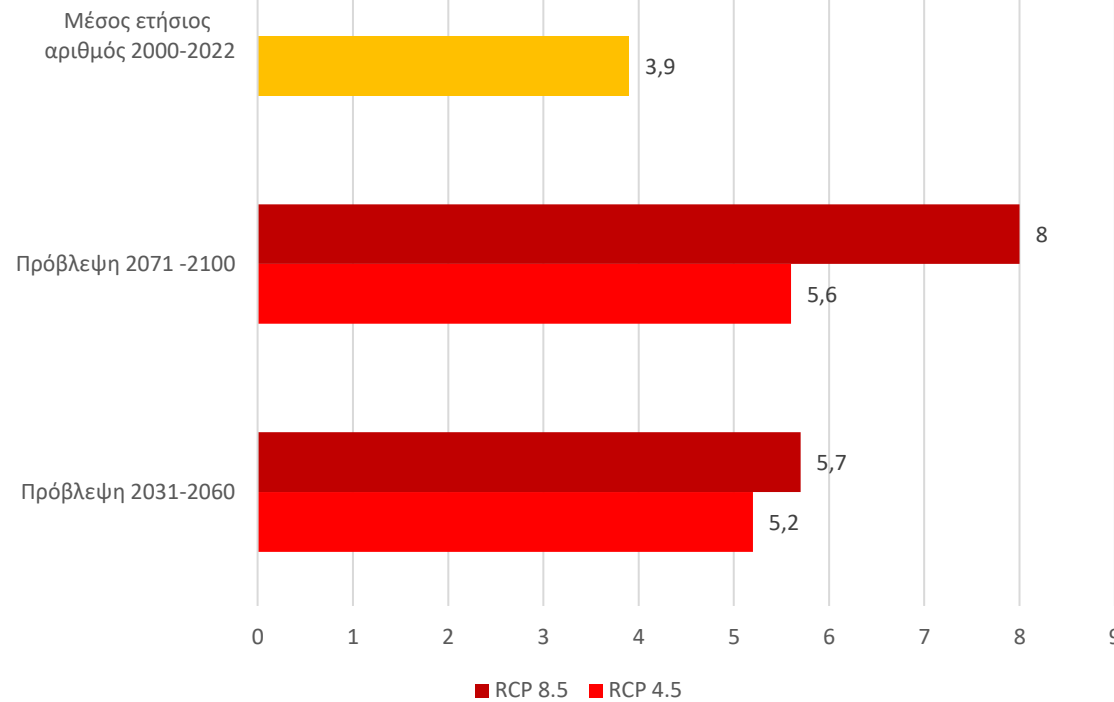
## Πελοπόννησος

Μέση καμένη έκταση από τις πυρκαγιές που ξεπέρασαν τα 1000 στρ. 2000-2022: 9990.5 στρ.



## Στερεά Ελλάδα

Μέση καμένη έκταση από τις πυρκαγιές που ξεπέρασαν τα 1000 στρ. 2000-2022: 9974.5 στρ.

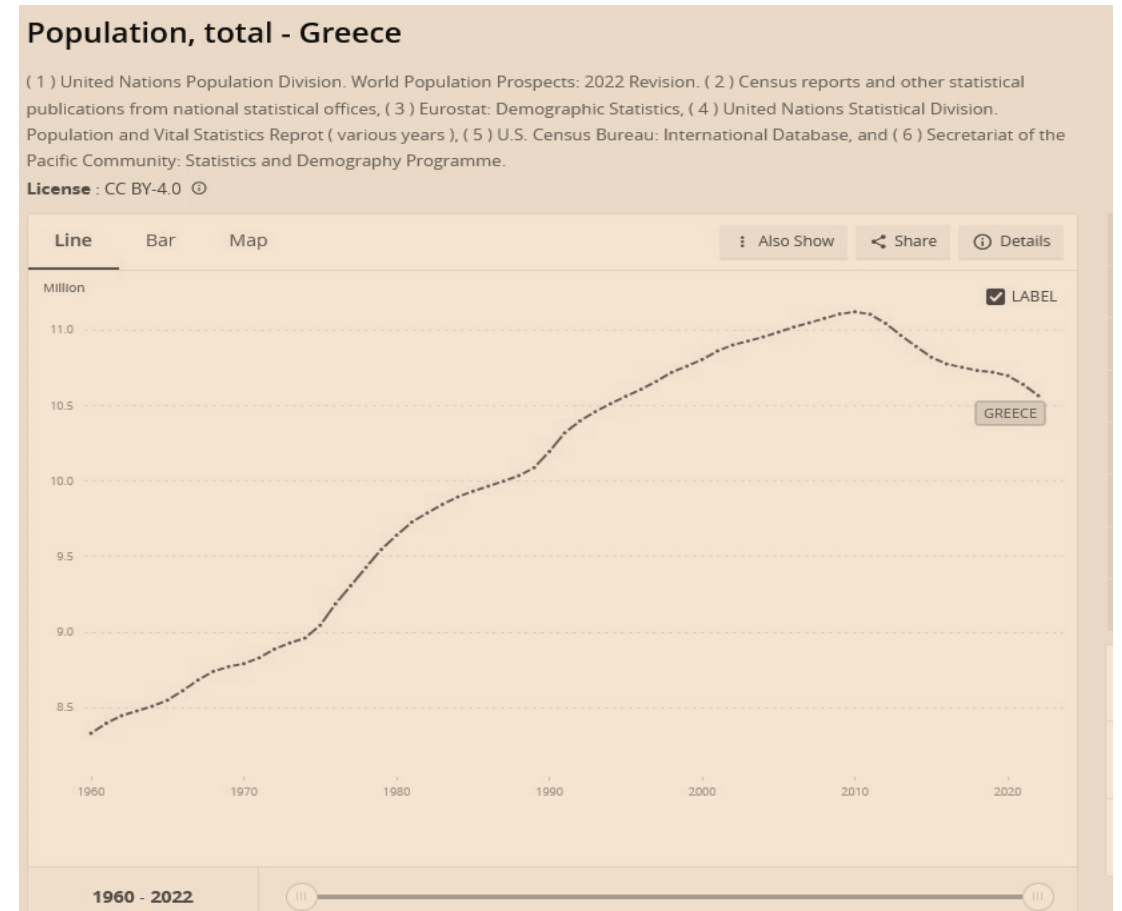
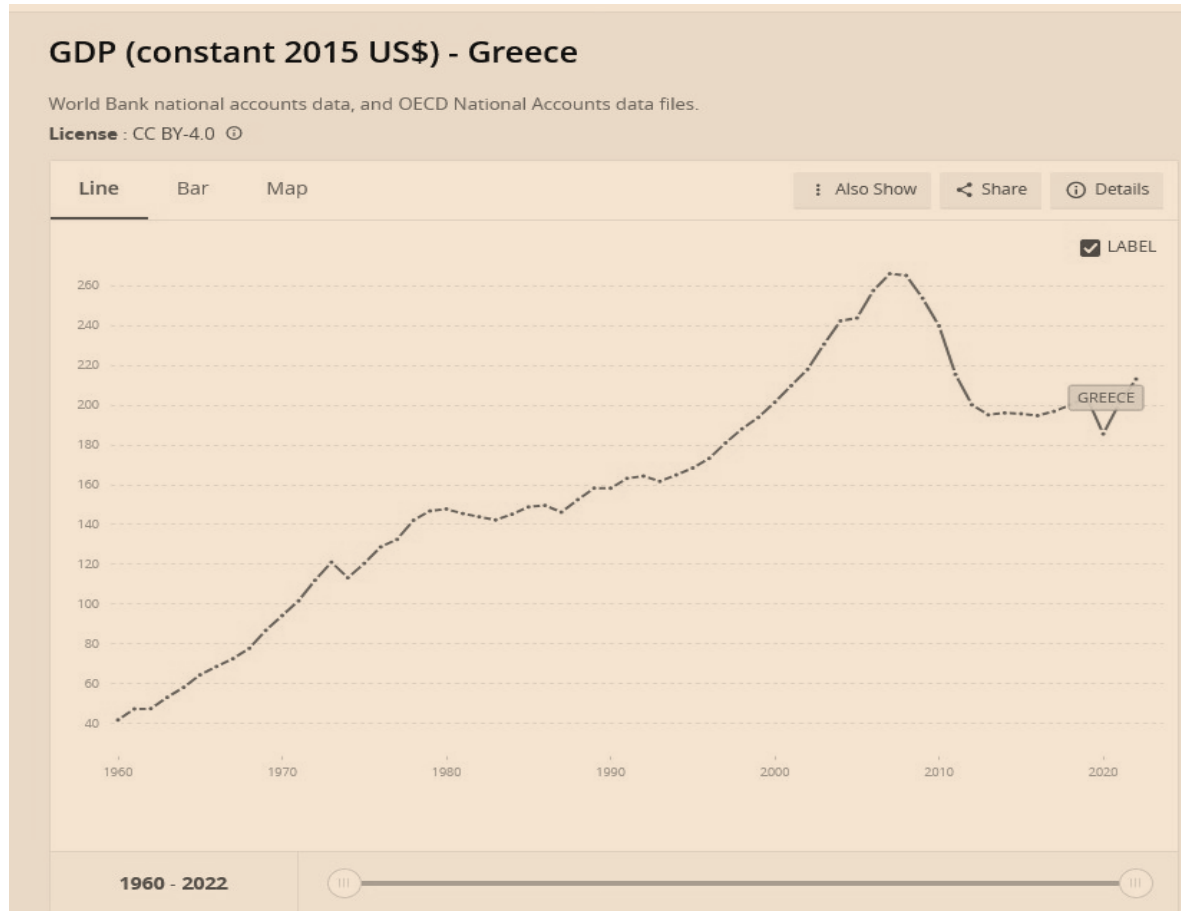


Εκτίμηση: STATA, Poisson regression, Explanatory variables, TEMPSUMMER PRECIPSUMMER, (\*\*, \*\*). 95% confidence interval for the point estimates  $>\pm 50\%$  of point estimates.

Εκτίμηση: STATA, Negative Binomial. Explanatory variables, TEMPSUMMER PRECIPSUMMER, (\*\*, \*\*). 95% confidence interval for the point estimates  $>\pm 50\%$  of point estimates.

# Εξέλιξη τρωτότητας: IPCC Σενάρια 4.5 και 8.5

Η πρόβλεψη και για τις υπόλοιπες περιφέρειες έχει παρόμοια δομή για τα δύο σενάρια. Επομένως: Η φυσική τρωτότητα δεν αναμένεται να μεταβληθεί στο μέλλον. Η οικονομική και κοινωνικοοικονομική τρωτότητα εξαρτάται από την εξέλιξη του ΑΕΠ και του πληθυσμού συνολικά και ανά περιφέρεια.



## Μέρος 3β

Τρωτότητα στις περιφέρειες της Ελλάδος:

### **Μεταφορές\***

\*Η αναλυση τρωτότητας στηρίχτηκε και χρησιμοποίησε τα αποτελέσματα της μελέτης: Γιαννόπουλος, Γ., Μητσάκης, Ε., Καψωμενάκης, Ι., Ζερεφός, Χ., Μυλωνάς, Χ. (2021), Οι επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στον τομέα των μεταφορών (επικαιροποίηση μελέτης).

# Χαρακτηριστικά τρωτότητας: Οδικό δίκτυο

Ζώνες: I Δυτική Ελλάδα, 2.351 χλμ., II Κεντρική Ελλάδα, 2.624 χλμ., III Ανατολική Ελλάδα 4.975 χλμ., IV Κρήτη 871 χλμ., V Νησιωτική Ελλάδα --

Χαρακτηριστικά: 14

<b>Π26</b> Οδικές υποδομές που βρίσκονται 50 μέτρα από την ακτογραμμή σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο (%)	<b>Π27</b> Απομείωση του επηρεαζόμενου οδικού τμήματος από την αύξηση της ΜΣΘ ανά σενάριο μετριασμού και χρονικό ορίζοντα της μελέτης (%)	<b>Π28</b> «Επαναχάραξη» οδικών υποδομών έναντι της αύξησης της ΜΣΘ (σε εκατ. ευρώ)	<b>Π29</b> Αύξηση ετήσιου κόστους συντήρησης οδικών υποδομών λόγω αύξησης περιστατικών υψηλής ή εξαιρετικά υψηλής θερμοκρασίας (%)
<b>Π31</b> Μείωση κόστους χειμερινής συντήρησης οδικών υποδομών λόγω μειωμένης ανάγκης εκτέλεσης εργασιών πρόληψης παγετώνων και αποπαγετοποίησης (%)	<b>Π34</b> Πλήθος επιπλέον πλημμυρικών συμβάντων που αναμένονται ανά θεωρούμενη ζώνη, σενάριο μετριασμού και χρονικό διάστημα αναφοράς	<b>Π35</b> Επιπτώσεις λόγω της αύξησης περιστατικών έντονης βροχόπτωσης, καταιγίδων ή/και δυνητικών πλημμυρών και της συνακόλουθης ανάγκης αποκατάστασης οδικών υποδομών (σε εκατ. ευρώ)	<b>Π36</b> Εκτίμηση αριθμού μετακινούμενων επιβατών ανά ζώνη και χρονικό ορίζοντα της μελέτης (σε εκατ. επιβάτες/έτος)

# Χαρακτηριστικά τρωτότητας: Οδικό δίκτυο

<p><b>Π37</b> Εκτίμηση βάρους μετακινούμενων εμπορευμάτων ανά ζώνη και χρονικό ορίζοντα της μελέτης (σε εκατ. τόνοι/έτος)</p>	<p><b>Π38</b> Καθυστέρηση λόγω αύξησης περιστατικών έντονης βροχόπτωσης, καταιγίδων ή/και δυνητικών πλημμυρών (σε εκατ. ανθρωπώρες)</p>	<p><b>Π39</b> Καθυστέρηση λόγω περιστατικών έντονης βροχόπτωσης, καταιγίδων ή/και δυνητικών πλημμυρών (σε εκατ. τονοώρες)</p>	<p><b>Π40</b> Οικονομική αποτίμηση επιπτώσεων λόγω καθυστερήσεων από την αύξηση των περιστατικών έντονης βροχόπτωσης, καταιγίδων ή/και δυνητικών πλημμυρών σε επιβατικές και εμπορευματικές μεταφορές (σε εκατ. ευρώ)</p>
<p><b>Π41</b> Αύξηση αριθμού ετήσιων θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων λόγω της αύξησης περιστατικών έντονης βροχόπτωσης, καταιγίδων ή/και δυνητικών πλημμυρών (σε αριθμό/έτος)</p>	<p><b>Π42</b> Επιπτώσεις λόγω αύξησης του αριθμού των οδικών ατυχημάτων στις περιόδους έντονης βροχόπτωσης, καταιγίδων ή/και δυνητικών πλημμυρών (σε εκατ. ευρώ/έτος)</p>		

# Χαρακτηριστικά τρωτότητας: Σιδηροδρομικό δίκτυο

Ζώνες: I Δυτική Ελλάδα, 91 χλμ., II Κεντρική Ελλάδα 294 χλμ., III Ανατολική Ελλάδα 2.015 χλμ., IV Κρήτη 0 χλμ., V Νησιωτική Ελλάδα 0 χλμ.

Χαρακτηριστικά: 13

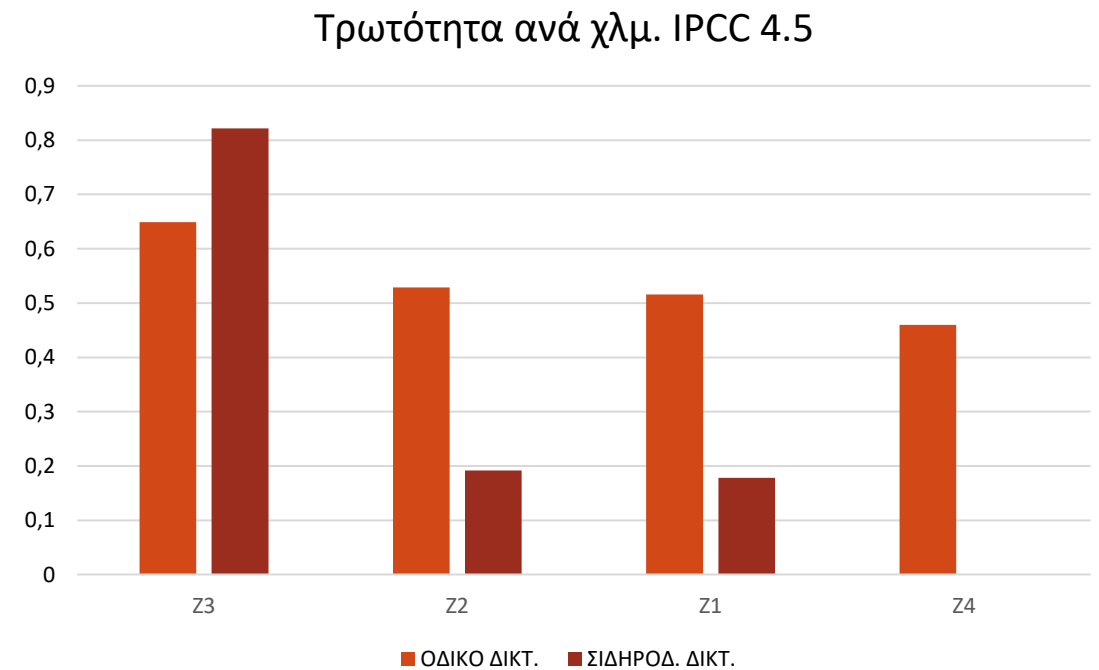
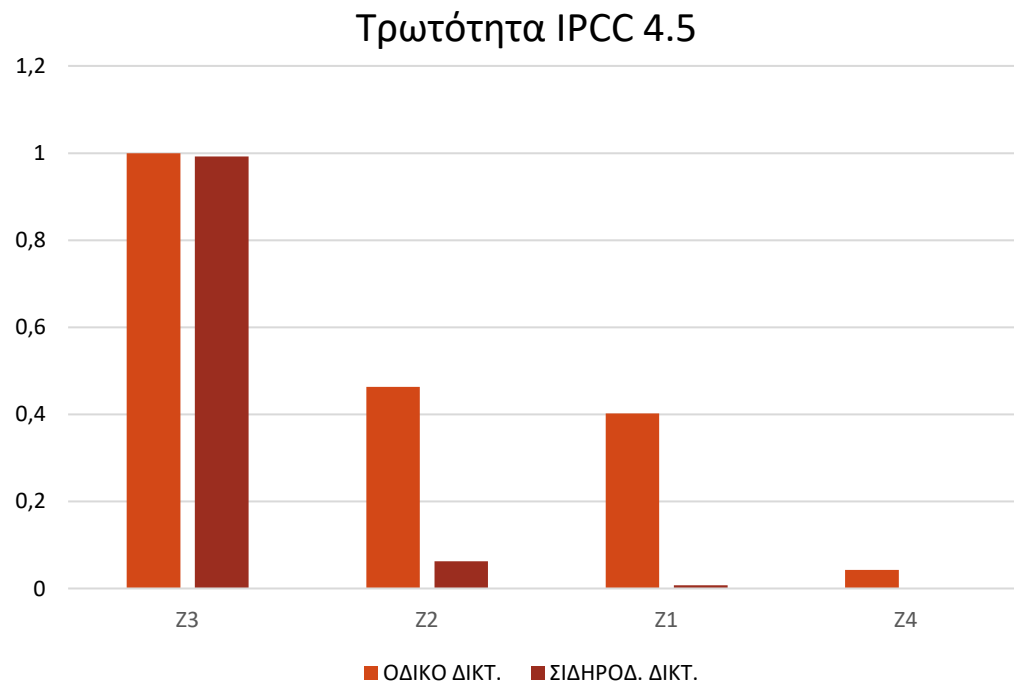
Π43	Π44	Π45	Π46	Π50
Έκθεση παραθαλάσσιων υποδομών σιδηροδρομικού δικτύου (%)	«Επαναχάραξη» οδικών υποδομών έναντι της αύξησης της ΜΣΘ (σε εκατ. ευρώ)	Ετήσιο κόστος συντήρησης σιδηροδρομικών υποδομών από περιστατικά υψηλής ή εξαιρετικά υψηλής θερμοκρασίας (σε χιλ. ευρώ/έτος)	Μείωση εμπορικής ταχύτητας σιδηροδρόμων (%)	Οικονομικές επιπτώσεις (οφέλη) λόγω μείωσης φαινομένων παγετού στις σιδηροδρομικές υποδομές (σε χιλ. ευρώ/έτος)



# Χαρακτηριστικά τρωτότητας: Σιδηροδρομικό δίκτυο

<b>Π55</b> Πλήθος επιπλέον περιστατικών ακραίας βροχόπτωσης ανά θεωρούμενη ζώνη και σενάριο μετριασμού	<b>Π56</b> Άμεσες οικονομικές επιπτώσεις συμβάντων πλημμύρας λόγω ακραίας βροχόπτωσης στις σιδηροδρομικές υποδομές (σε εκατ. ευρώ)	<b>Π57</b> Εκτίμηση αριθμού μετακινούμενων επιβατών ανά ζώνη και χρονικό ορίζοντα της μελέτης (σε χιλ. επιβάτες/έτος)	<b>Π58</b> Εκτίμηση βάρους μετακινούμενων εμπορευμάτων ανά ζώνη και χρονικό ορίζοντα της μελέτης (σε χιλ. τόνους/έτος)
<b>Π51</b> Καθυστερήσεις λόγω παγετού (σε επιβάτες/έτος)	<b>Π53α</b> Μείωση καθυστερήσεων σιδηροδρομικών επιβατικών μετακινήσεων ανά ζώνη (σε χιλ. ανθρωπόωρες/έτος)	<b>Π53β</b> Μείωση καθυστερήσεων εμπορευματικών μετακινήσεων ανά ζώνη (σε χιλ. ανθρωπόωρες/έτος)	<b>Π54</b> Οικονομικές επιπτώσεις από την μείωση των καθυστερήσεων λόγω μείωσης του αριθμού παγετών στις σιδηροδρομικές μεταφορές (σε χιλ. ευρώ/έτος)

# Σχετική τρωτότητα



Z1: Δυτική Ελλάδα, Z2: Κεντρική Ελλάδα, Z3: Ανατολική Ελλάδα, Z4: Κρήτη

Μέρος 4

Τελικές παρατηρήσεις

- Ο υπολογισμός της τρωτότητας ως φυσική, κοινωνική και κοινωνικο-οικονομική τρωτότητα με συγκεκριμένη γεωγραφική διάσταση μπορεί να βοηθήσει στο σχεδιασμό μενού πολιτικών για την αντιμετώπιση των πολυδιάστατων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και αποτελεσματικής πολιτικής προσαρμογής.
- Η αποτελεσματική πολιτική προσαρμογής σε περιφερειακό επίπεδο με βάση ανάλυση τρωτότητας μπορεί να αποτελέσει ατμομηχανή ανάπτυξης ειδικά σε περιφέρειες υψηλής κοινωνικοοικονομικής τρωτότητας και σχετικά χαμηλού κατά κεφαλή ΑΕΠ.
- Το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε είναι κατάλληλο για ανάλυση της πολυδιάστατης τρωτότητας των περιφερειών της χώρας μας σε περισσότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως καύσωνες, πλημμυρικά φαινόμενα, ερημοποίηση, διαχρονική απώλεια ΑΕΠ.