

# **Ανάπτυξη προγνωστικού συστήματος ταχείας απόκρισης για την πρόγνωση της εξάπλωσης δασικών πυρκαγιών στα πλαίσια του προγράμματος DISARM**

**Θοδωρής Μ. Γιάνναρος** (Επιστημονικός συνεργάτης)

**Βασιλική Κοτρώνη** (Δ/ντρια Ερευνών)

**Κωνσταντίνος Λαγουβάρδος** (Δ/ντης Ερευνών)

**Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης**  
<http://disarmfire.eu>

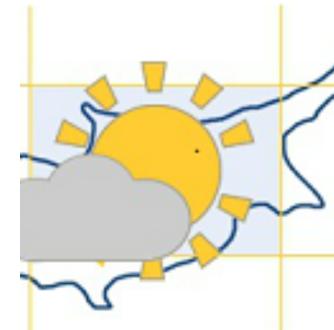
# Επισκόπηση



Ανάπτυξη και εφαρμογή εργαλείων για την **παρακολούθηση** και **πρόγνωση** του κινδύνου **εκδήλωσης**, και την **πρόγνωση** **εξάπλωσης** δασικών πυρκαγιών, ολοκληρωμένων σε ένα ένα **σύστημα έγκαιρης και έγκυρης προειδοποίησης**.

Διακρατικό πρόγραμμα, χρηματοδοτούμενο από την **Ευρωπαϊκή Ένωση** και **Εθνικούς Πόρους** (2017 - 2019):

- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (**συντονιστής**)
- Μετεωρολογική Υπηρεσία Βουλγαρίας
- Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου
- Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Ινστιτούτο Κύπρου





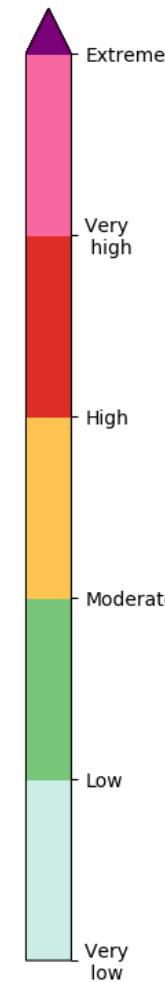
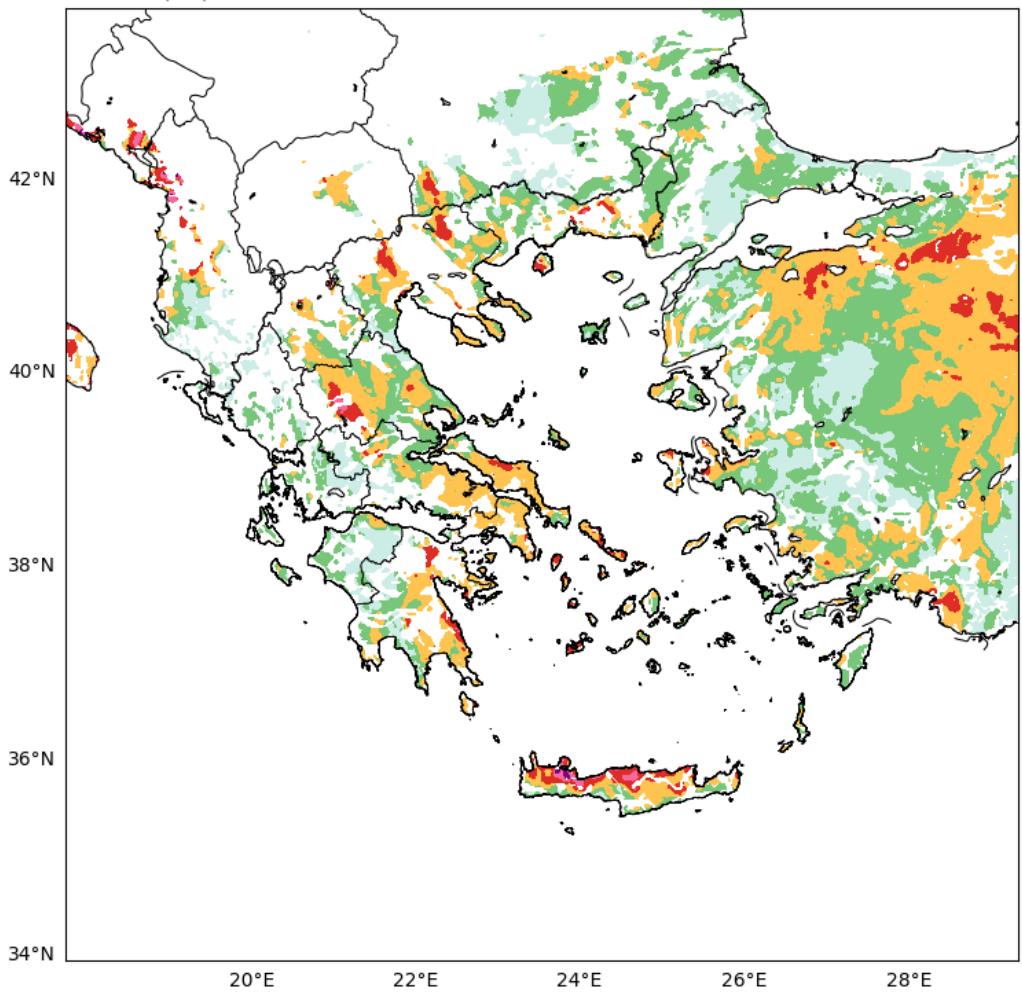
Παροχή **3-ήμερων** προγνώσεων **6 δεικτών** για την Ελλάδα, σε υψηλή χωρική ανάλυση (**2 km**)

HERMES/WRF V2.0: Greece - 2km

GFS Init.: 11/03/2019 12Z

Fire danger based on Canadian Fire Weather Index

Valid: 12/03/2019 12Z



## Canadian Fire Weather Index

Εκτίμηση της επικινδυνότητας πυρκαγιάς, λαμβάνοντας υπόψη τον άνεμο και την κατάσταση της καύσιμης ύλης.



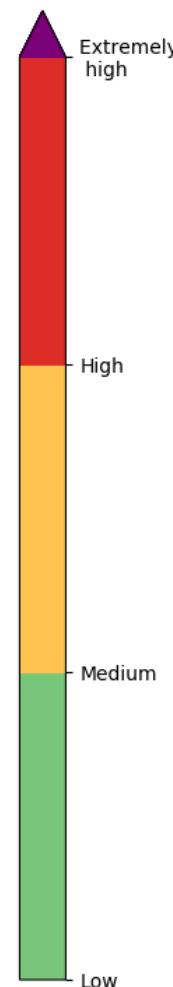
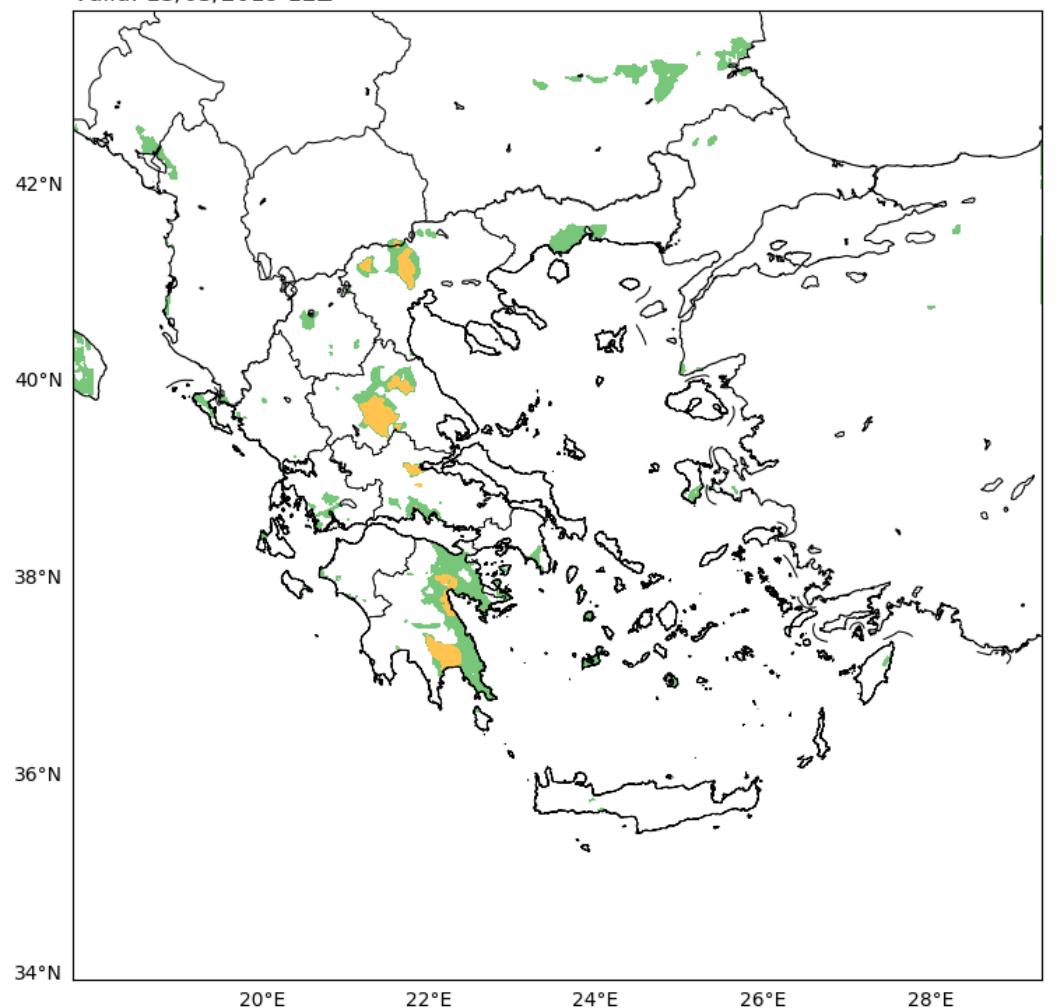
Παροχή **3-ήμερων** προγνώσεων **6 δεικτών** για την Ελλάδα, σε υψηλή χωρική ανάλυση (**2 km**)

HERMES/WRF V2.0: Greece - 2km

GFS Init.: 11/03/2019 00Z

Fire risk based on Nesterov Index

Valid: 13/03/2019 12Z



## Nesterov Index

Εκτίμηση της επικινδυνότητας εκδήλωσης (ρίσκο) πυρκαγιάς με βάση τον άνεμο, το σημείο δρόσου και τον υετό.

## Modified Nesterov Index

Τροποποιημένος αλγόριθμος υπολογισμού και διαβαθμισμένη κλίμακα, για την πιο λεπτομερή αναπαράσταση της επίδρασης του υετού.



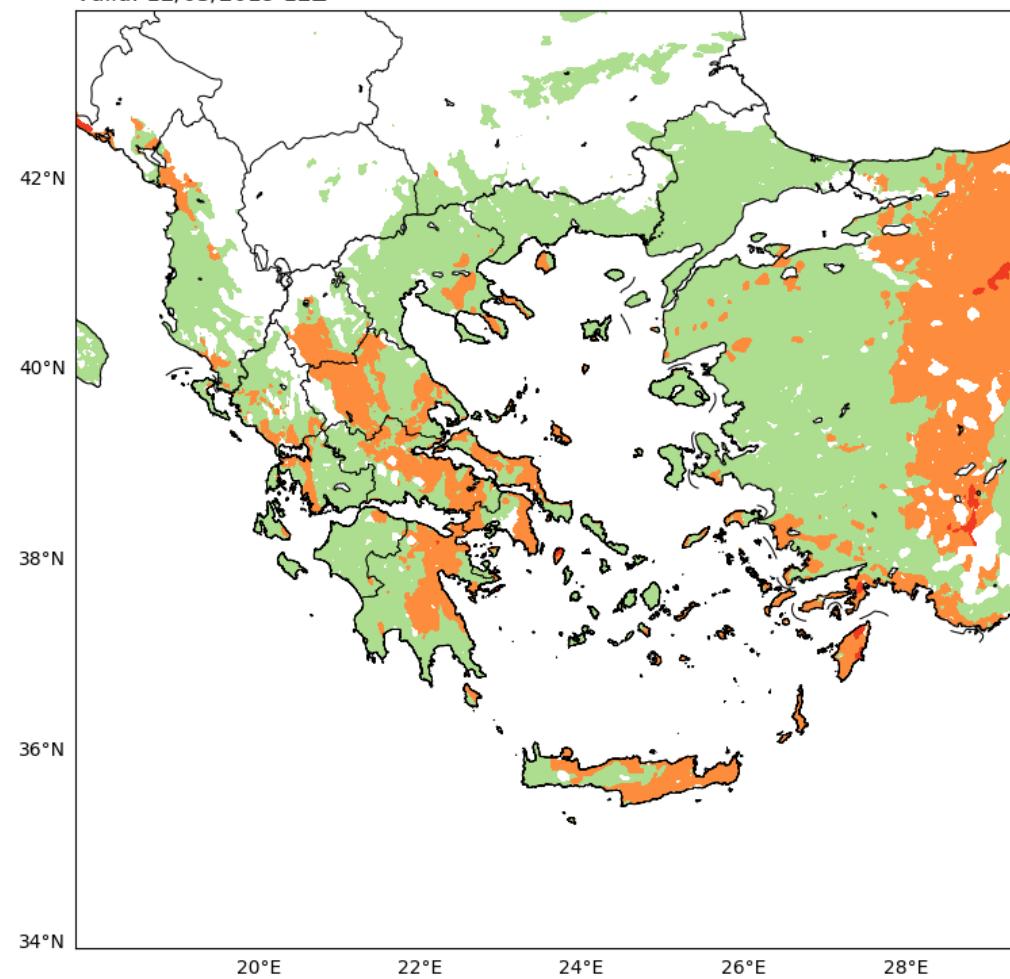
Παροχή **3-ήμερων** προγνώσεων **6 δεικτών** για την Ελλάδα, σε υψηλή χωρική ανάλυση (**2 km**)

HERMES/WRF V2.0: Greece - 2km

GFS Init.: 11/03/2019 12Z

Likely fire behavior based on Continuous Haines Index

Valid: 12/03/2019 12Z



## Continuous Haines Index

Εκτίμηση της πιθανής συμπεριφοράς πυρκαγιάς με βάση τις συνθήκες αστάθειας της ατμόσφαιρας.



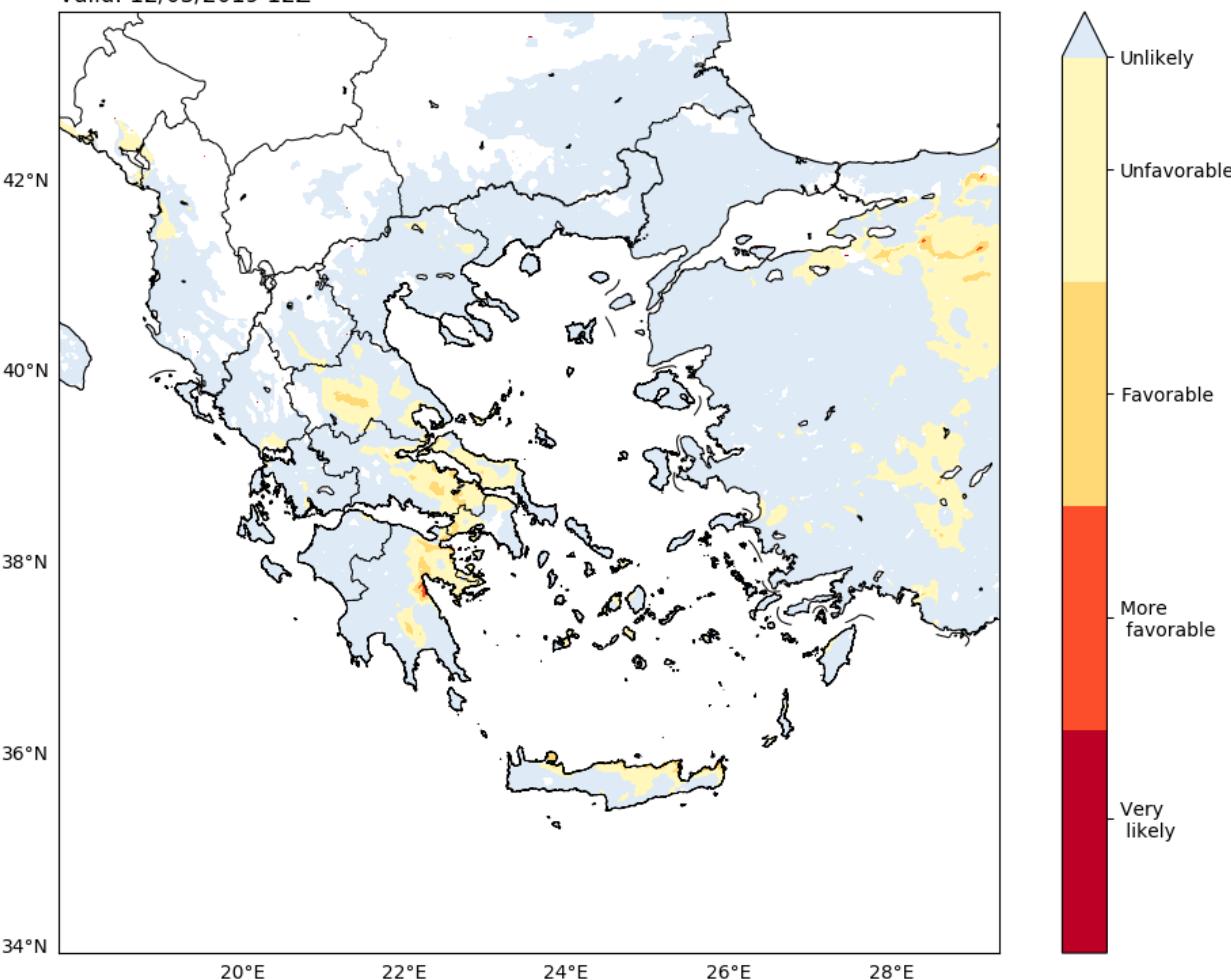
Παροχή **3-ήμερων** προγνώσεων **6 δεικτών** για την Ελλάδα, σε υψηλή χωρική ανάλυση (**2 km**)

HERMES/WRF V2.0: Greece - 2km

GFS Init.: 11/03/2019 12Z

Risk of fire occurrence based on Swedish Angstrom Index

Valid: 12/03/2019 12Z



## Swedish Angstrom Index

Εκτίμηση της επικινδυνότητας εκδήλωσης (ρίσκο) πυρκαγιάς με βάση τη θερμοκρασία και την υγρασία.



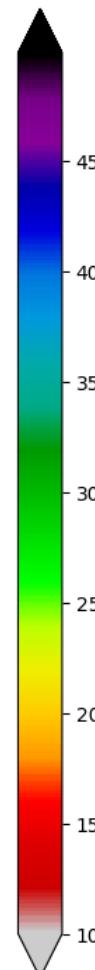
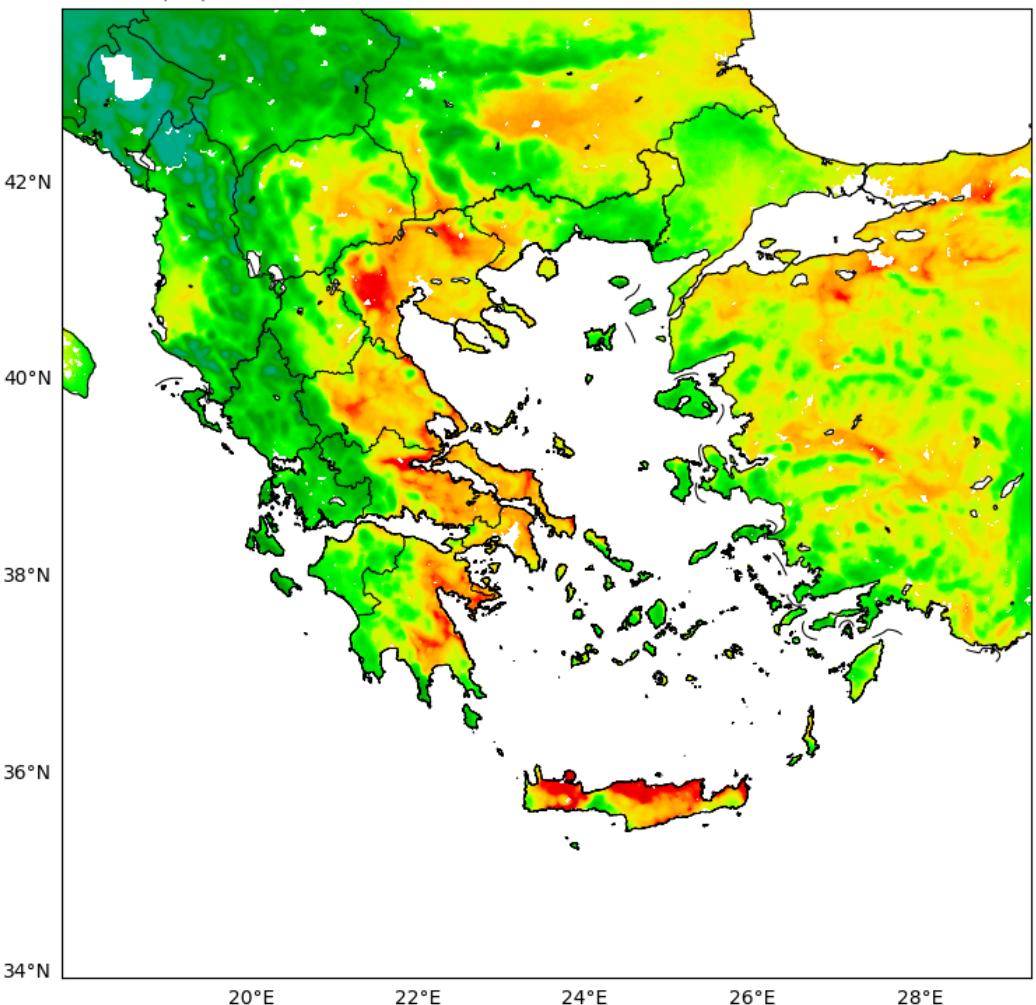
Παροχή **3-ήμερων** προγνώσεων **6 δεικτών** για την Ελλάδα, σε υψηλή χωρική ανάλυση (**2 km**)

HERMES/WRF V2.0: Greece - 2km

GFS Init.: 11/03/2019 00Z

Fuel moisture (%), estimated from vapor pressure deficit)

Valid: 11/03/2019



## Fuel Moisture

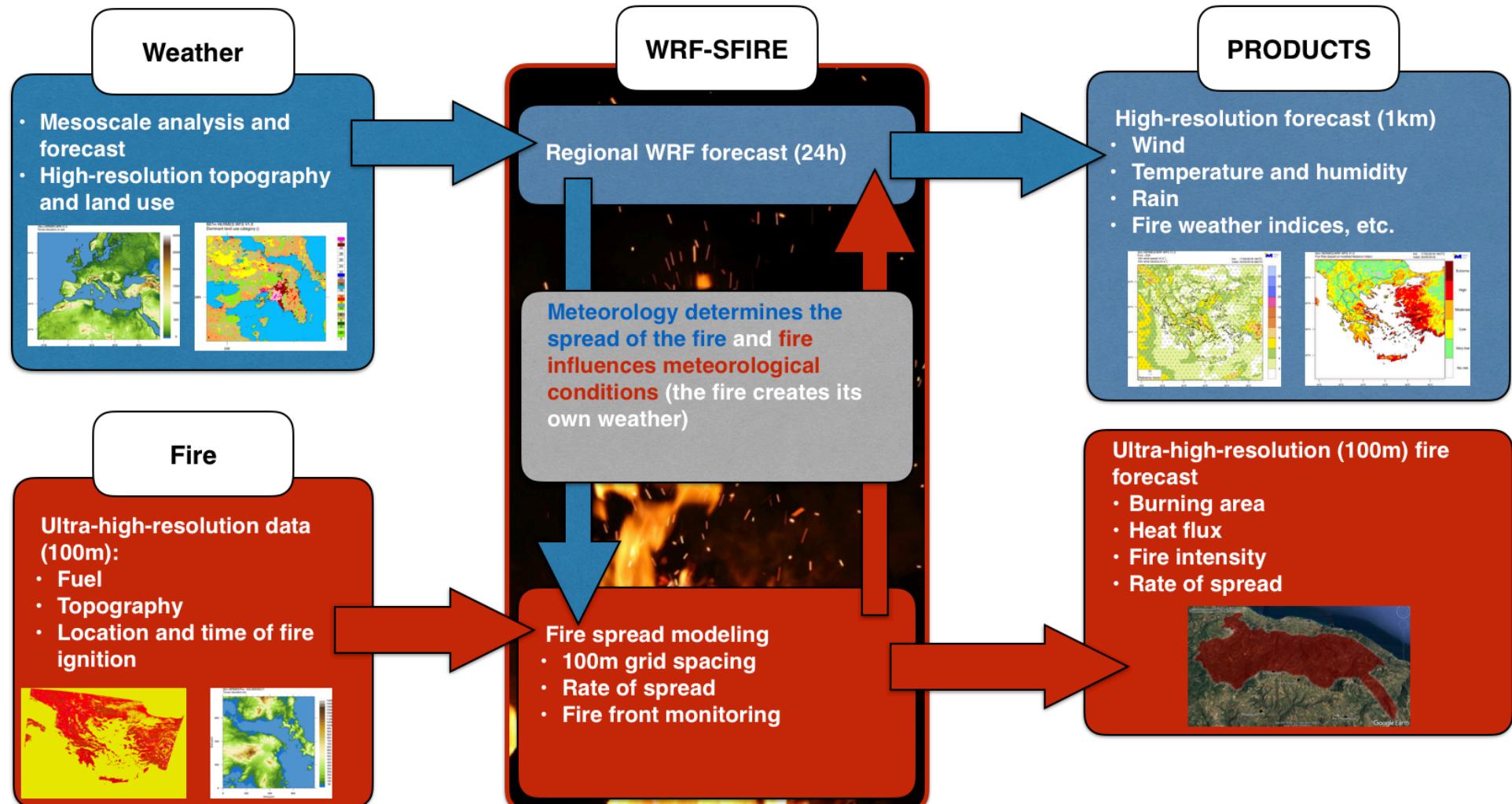
Εκτίμηση της υγρασίας της καύσιμης ύλης (αναφλεξιμότητα) με βάση το έλλειμμα τάσης υδρατμών.



Rapid-Response Fire Spread Forecasting System - **IRIS**

Προγνωστικό σύστημα ταχείας απόκρισης για την εξάπλωση πυρκαγιών

## IRIS





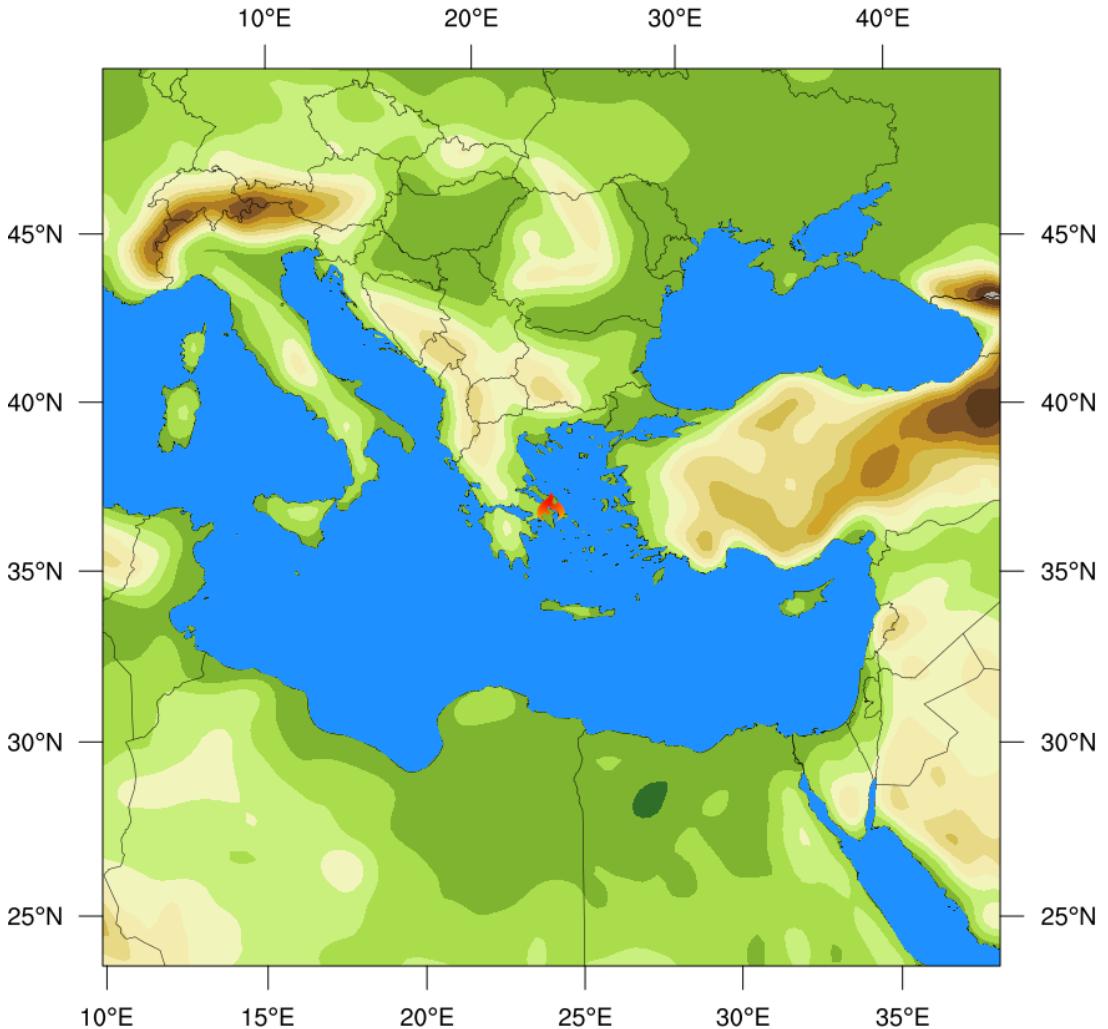
## Συζευγμένο μοντέλο φωτιάς-ατμόσφαιρας:

- **Ημι-φυσικό** μοντέλο (επιλύει τη **Φυσική** των **αλληλεπιδράσεων** μεταξύ της φωτιάς και της ατμόσφαιρας, χωρίς να λαμβάνει υπόψη τη χημεία)
- Βασισμένο στον **ημι-εμπειρικό αλγόριθμο εξάπλωσης του Rothermel (1972)**, ο οποίος λαμβάνει υπόψη τον **τύπο** και τα **χαρακτηριστικά** της καύσιμης ύλης, την **τοπογραφία** (κλίσεις) και την **μετεωρολογία** (άνεμος)
- **Αμφίδρομη αλληλεπίδραση** μεταξύ της φωτιάς και της ατμόσφαιρας, μέσω των ροών **αισθητής** και **λανθάνουσας** θερμότητας

## Πεδία προσομοίωσης

Τηλεσκοπικά, **25 - 5 - 1 km**, με την πυρκαγιά στο κέντρο

(a) 25 km IRIS - Mati 2018 wildfire  
Terrain elevation (m)



### Πυρκαγιά Ματιού, 2018

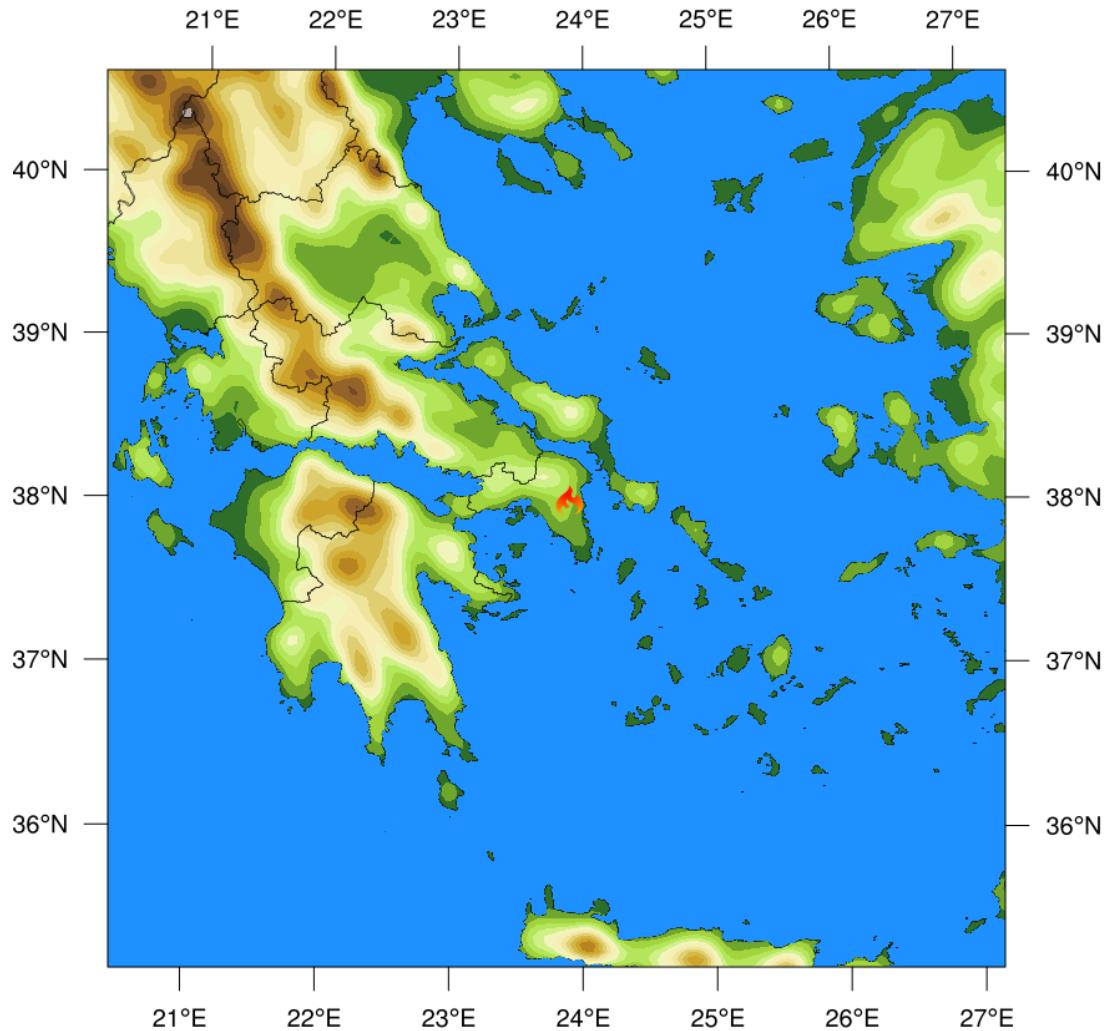
Πεδίο προσομοίωσης **25 km**, για την πρόγνωση της **συνοπτικής κλίμακας** κυκλοφορίας.

## Πεδία προσομοίωσης

Τηλεσκοπικά, **25 - 5 - 1 km**, με την πυρκαγιά στο κέντρο

(b)

5 km IRIS - Mati 2018 wildfire  
Terrain elevation (m)



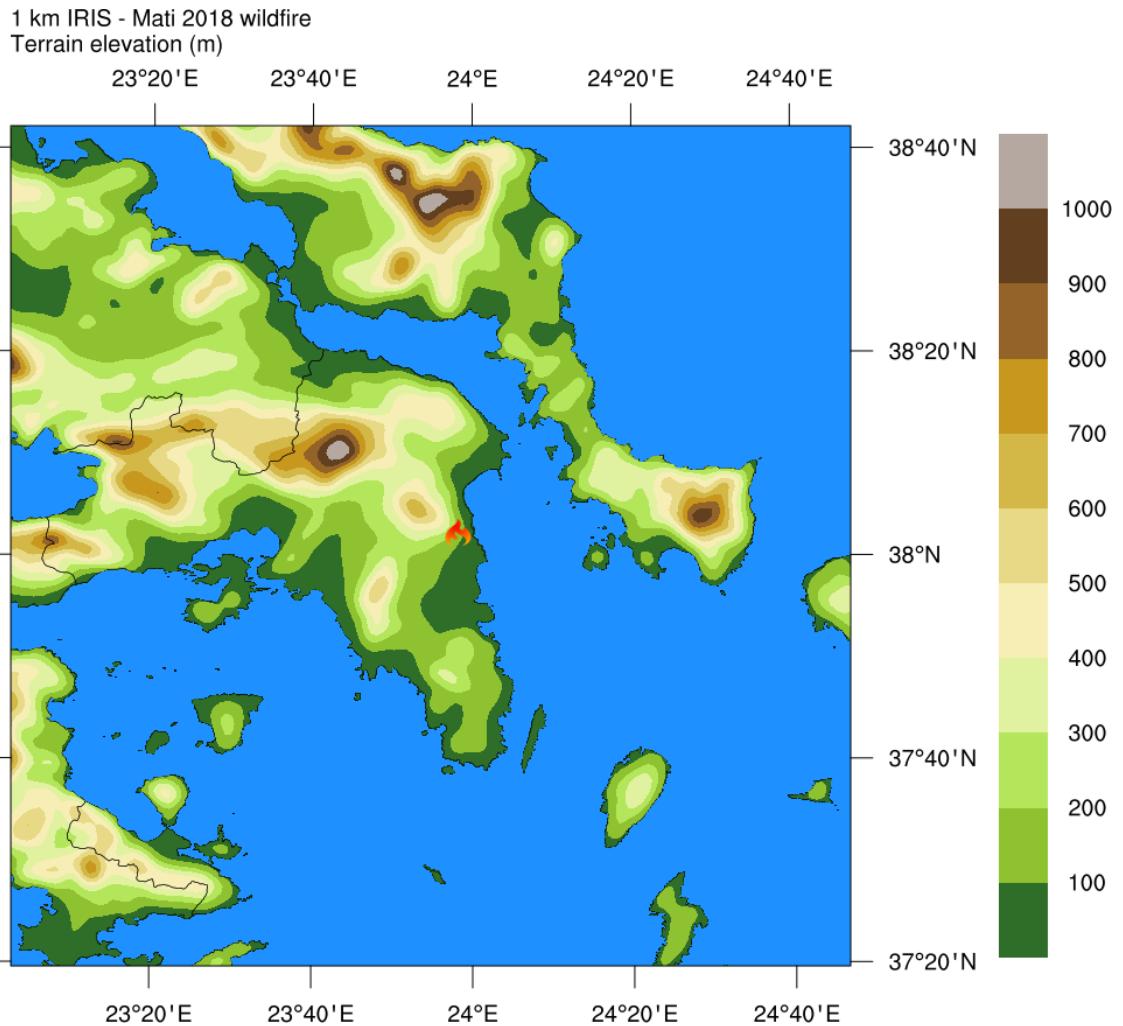
## Πυρκαγιά Ματιού, 2018

Πεδίο προσομοίωσης **5 km**, για την πρόγνωση της **περιοχικής κλίμακας** κυκλοφορίας.

## Πεδία προσομοίωσης

Τηλεσκοπικά, **25 - 5 - 1 km**, με την πυρκαγιά στο κέντρο

(c)

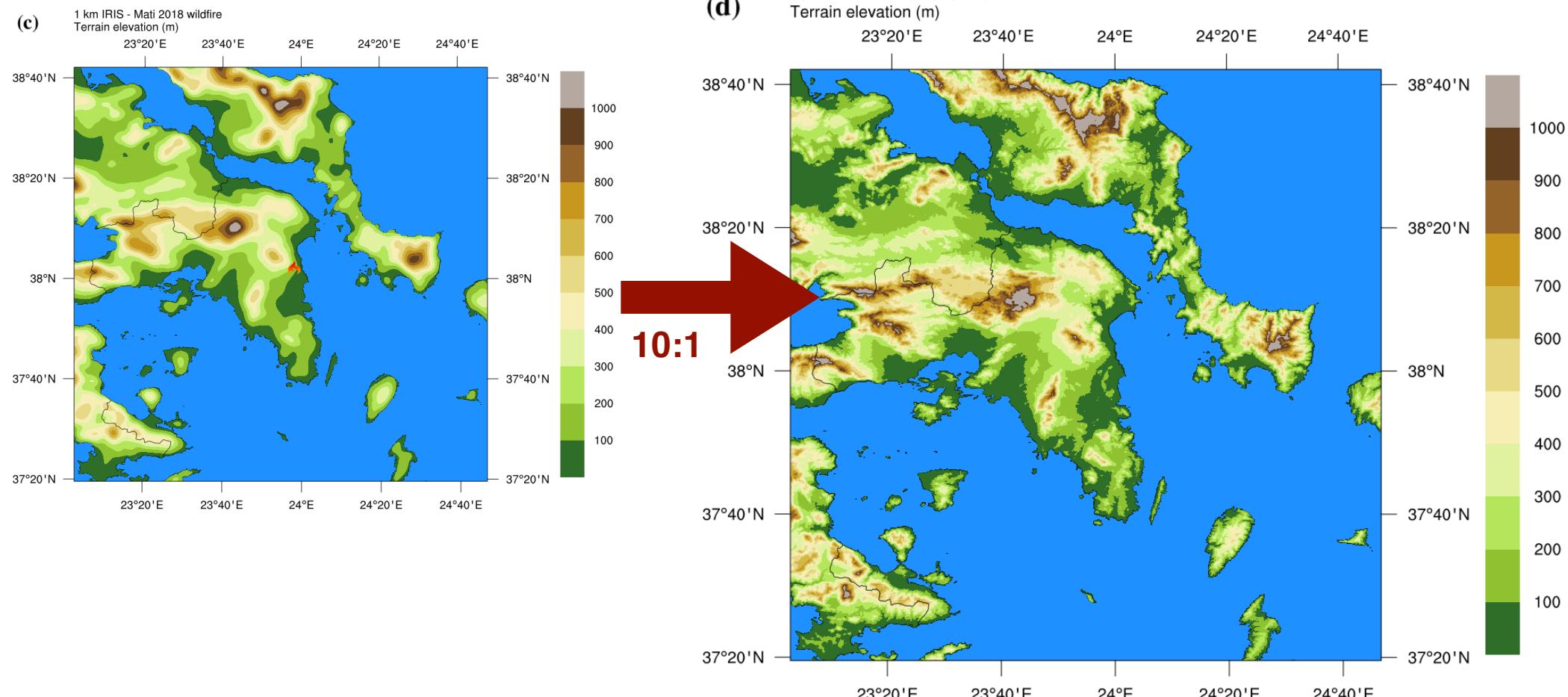


## Πυρκαγιά Ματιού, 2018

Πεδίο προσομοίωσης **1 km**, για την πρόγνωση της **τοπικής κλίμακας** κυκλοφορίας.

## Πεδία προσομοίωσης

Τηλεσκοπικά, **25 - 5 - 1 km**, με την πυρκαγιά στο κέντρο



## Πυρκαγιά Ματιού, 2018

Πεδίο προσομοίωσης **100 m**, για την πρόγνωση της **εξάπλωσης** πυρκαγιάς, ορισμένο ως **υπό-πλέγμα** του 1 km πεδίου προσομοίωσης.

# IRIS: Τύποι καύσιμης ύλης

**15 τύποι** καύσιμης ύλης: **πρότυποι** (*Scott and Burgan, 2005*) και **εξειδικευμένοι** (*Dimitrakopoulos et al., 2002; Kalabokidis et al., 2013; Salis et al., 2016*)

Fuel model	Description	Total load (t ac <sup>-2</sup> )	Depth (ft)	Surface-area-to-volume ratio (ft <sup>-1</sup> )	Moisture of extinction (%)
GR1 <sup>1</sup>	Short, sparse climate grass	dry 0.40	0.40	2200	15
GR2 <sup>1</sup>	Low load, dry climate grass	1.10	1.00	2000	15
GS1 <sup>1</sup>	Low load, dry climate grass-shrub	1.40	0.90	2000	15
GS2 <sup>1</sup>	Moderate load, dry climate grass-shrub	2.60	1.50	2000	15
SH5 <sup>1</sup>	High load, dry climate shrub	8.60	6.00	750	15
TU5 <sup>1</sup>	Very high load, dry climate timber-shrub	14.00	1.00	1500	25
TL1 <sup>1</sup>	Load <del>load</del> conifer litter	6.80	0.20	2000	30
TL9 <sup>1</sup>	Very high load broadleaf litter	14.10	0.60	1800	35
XO01 <sup>2</sup>	Mediterranean grasslands	2.25	0.98	2000	14
FM02 <sup>2</sup>	Mediterranean forests	pine 6.97	0.82	1500	25
AS01 <sup>2</sup>	Phrygana	2.30	1.31	2000	14
SC01 <sup>2</sup>	Sparse maquis	10.30	3.67	750	14
SC02 <sup>2</sup>	Dense maquis	18.95	7.15	750	14
WUI <sup>3</sup>	Wildland-urban interface zone	4	1	3000	15
NB <sup>1</sup>	Non-burnable	0	0	0	0

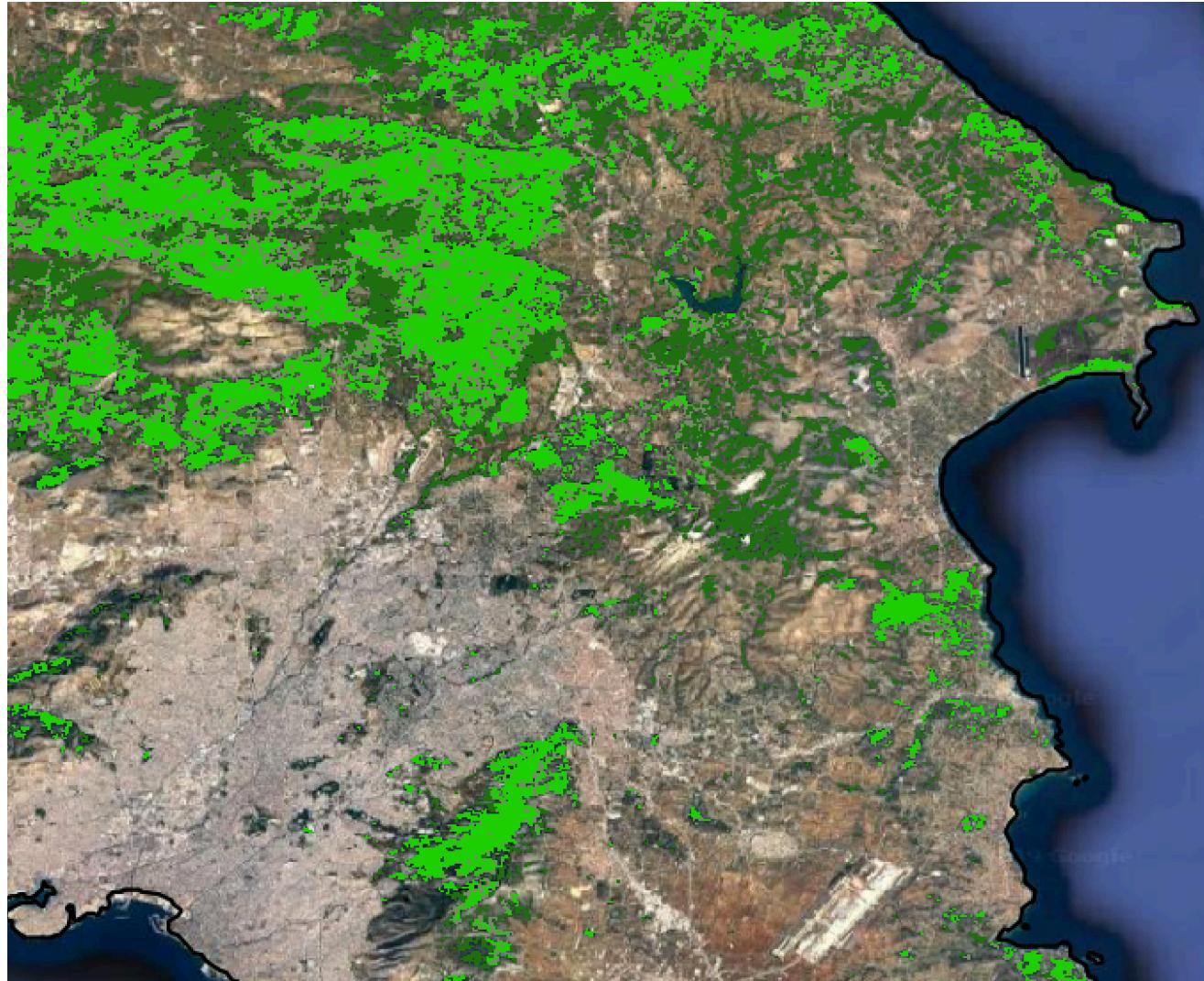
Η επιλογή έγινε μετά από πολυάριθμα αριθμητικά πειράματα που κατέδειξαν πως οι συγκεκριμένοι τύποι καύσιμης ύλης επιτρέπουν την ορθή αναπαράσταση της εξάπλωσης.

<sup>1</sup>Fuel properties from [Scott and Burgan \(2005\)](#). <sup>2</sup>Fuel properties from [Kalabokidis et al. \(2013\)](#). <sup>3</sup>Fuel properties defined empirically based on [Anderson \(1982\)](#).

# IRIS: Χαρτογράφηση τύπων καύσιμης ύλης

[1]

Ημι-εμπειρική χαρτογράφηση με βάση υψηλής ανάλυσης (**100 m**) γεωχωρικά δεδομένα του **Copernicus Land Monitoring Service** (<https://land.copernicus.eu>).



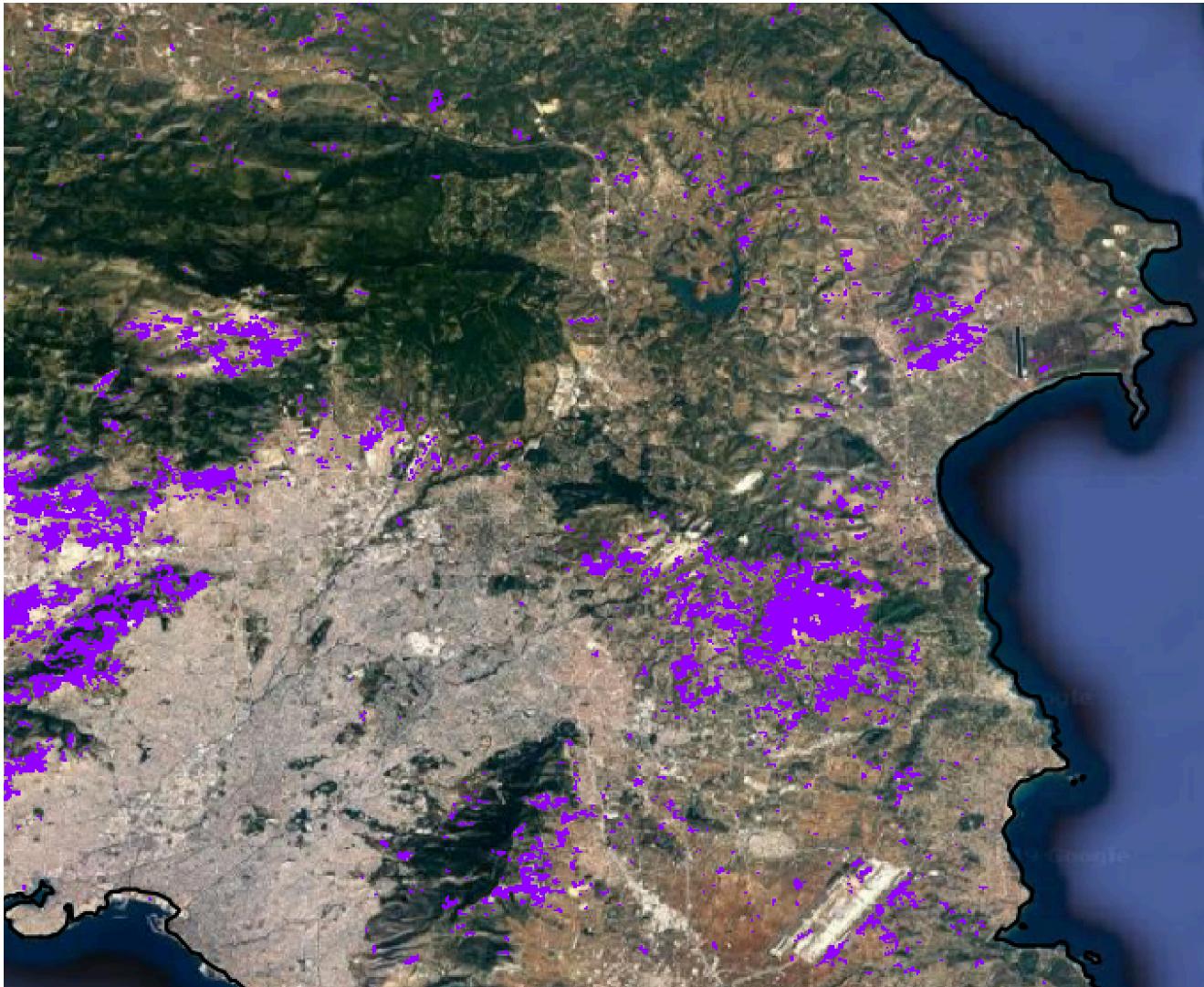
<https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/forests>

Γεωχωρική βάση δεδομένων για τους τύπους δασών:  
**Κωνοφόρα:** **FM02**  
**Πλατύφυλλα:** **TL9**  
**Μικτά:** **TU5**

# IRIS: Χαρτογράφηση τύπων καύσιμης ύλης

[2]

Ημι-εμπειρική χαρτογράφηση με βάση υψηλής ανάλυσης (**100 m**) γεωχωρικά δεδομένα του **Copernicus Land Monitoring Service** (<https://land.copernicus.eu>).



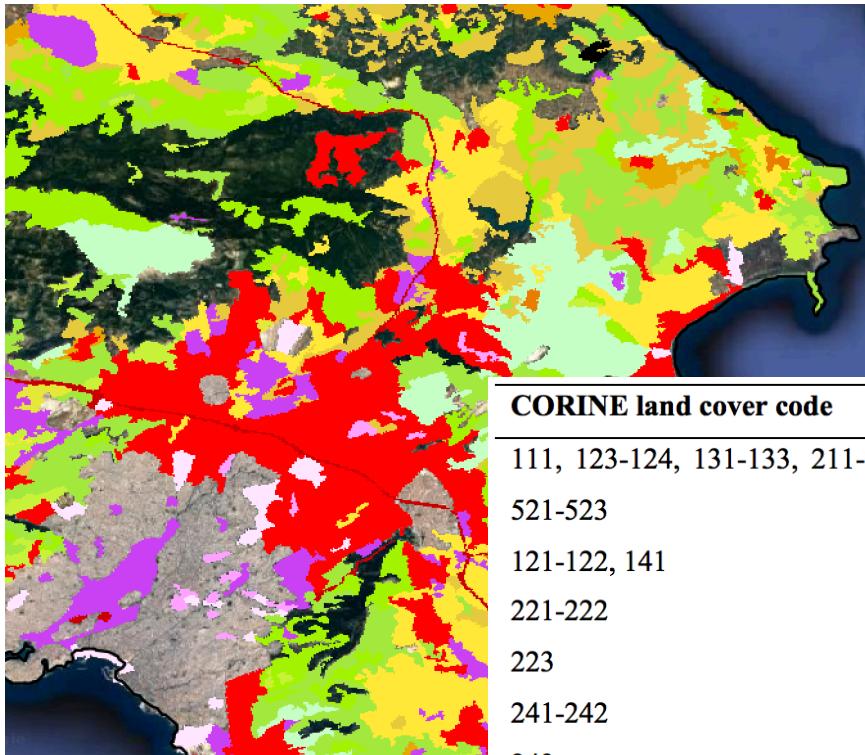
Γεωχωρική βάση δεδομένων για λιβάδια/βοσκοτόπια:  
**Λιβάδια/Βοσκοτόπια: XO02**

<https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/grassland>

# IRIS: Χαρτογράφηση τύπων καύσιμης ύλης

[3]

Ημι-εμπειρική χαρτογράφηση με βάση υψηλής ανάλυσης (**100 m**) γεωχωρικά δεδομένα του **Copernicus Land Monitoring Service** (<https://land.copernicus.eu>).



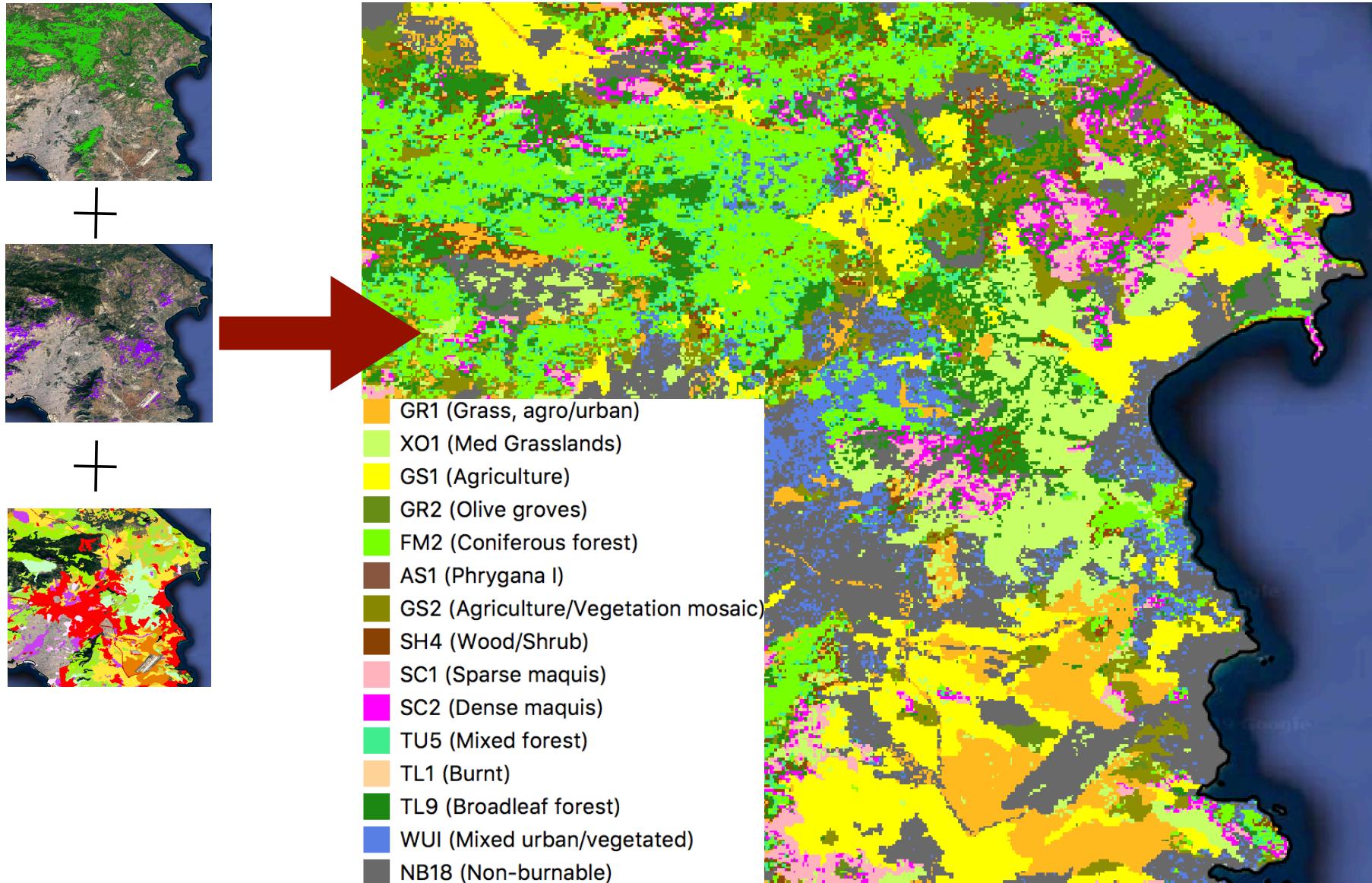
Γεωχωρική βάση δεδομένων χρήσεων γης (CORINE)

CORINE land cover code	Criteria	Fuel model
111, 123-124, 131-133, 211-213, 331-335, 411-412, 421-423, 511-512, 521-523	-	FM14
121-122, 141	Tree cover density above 10%	GR1
221-222	-	GR1
223	-	GR2
241-242	-	GS1
243	-	GS2
324	-	SH5
334	-	TL1
231, 321, 333	-	XO01
322	-	AS01
323	Tree cover density below 10%	SC01
323	Tree cover density above 10%	SC02
112	Tree cover density above 50%	WUI

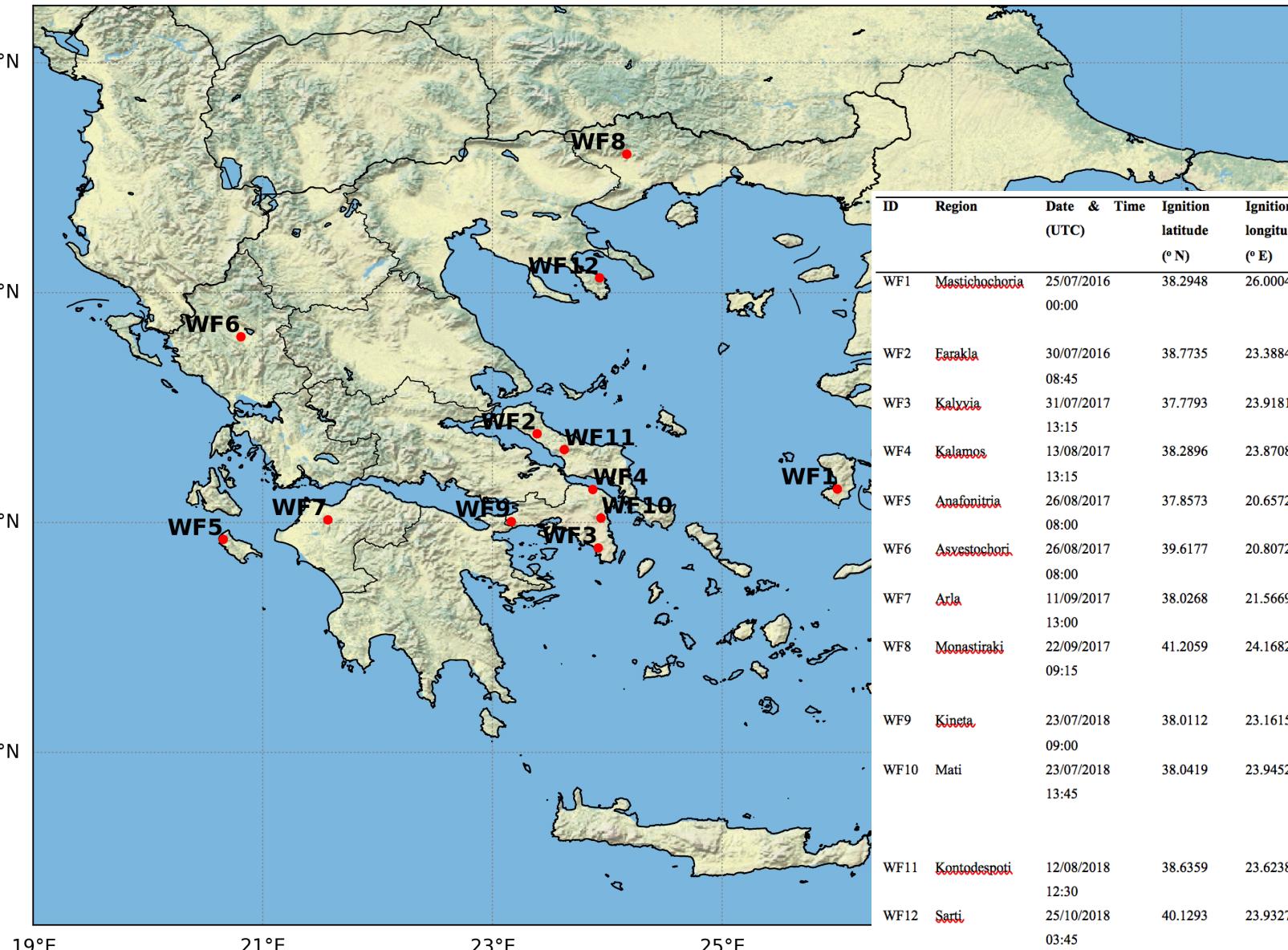
# IRIS: Χαρτογράφηση τύπων καύσιμης ύλης

[4]

Ημι-εμπειρική χαρτογράφηση με βάση υψηλής ανάλυσης (**100 m**) γεωχωρικά δεδομένα του **Copernicus Land Monitoring Service** (<https://land.copernicus.eu>).



8 πυρκαγιές για βαθμονόμηση (2016-2017) & 4 πυρκαγιές για ανεξάρτητο έλεγχο (2018)



### Βαθμονόμηση

- Εφαρμογή του IRIS για την **πρόγνωση της εξάπλωσης** των 8 πυρκαγιών.
- **Σύγκριση πραγματικών και προβλεπόμενων τελικών περιμέτρων.**
- Εισαγωγή **συντελεστών προσαρμογής της ταχύτητας εξάπλωσης** ανά τύπο καύσιμης ύλης.
- **Επανάληψη** της εφαρμογής του IRIS.

**Στόχος:** Η όσο το δυνατό **πιο ακριβής πρόγνωση της τελικής περιμέτρου** κάθε πυρκαγιάς.

ID	Uncalibrated						Calibrated					
	KC	SC	OI	BAA <sup>1</sup>	BAO <sup>2</sup>	BAU <sup>3</sup>	KC	SC	OI	BAA <sup>1</sup>	BAO <sup>2</sup>	BAU <sup>3</sup>
WF1	0.59**	0.64	0.85	3981	4145	326	0.65***++	0.71	-0.21	2886	919	1421
WF2	0.48**	0.53	0.93	2361	3976	139	0.69***++	0.73	0.76	2304	1470	196
WF3	0.47*	0.54	0.88	428	685	42	0.48***++	0.54	0.52	335	428	135
WF4	0.18**	0.22	0.98	2651	18853	229	0.59***++	0.64	0.82	2621	2679	259
WF5	0.27*	0.32	0.96	1367	5776	112	0.51***++	0.56	0.71	1208	1624	271
WF6	0.37*	0.42	0.98	575	1547	19	0.48***++	0.54	0.88	537	871	57
WF7	0.62*	0.65	0.73	1532	1417	224	0.62***++	0.65	-0.62	943	188	812
WF8	0.24*	0.27	0.99	242	1307	7	0.29***++	0.34	0.59	139	425	110

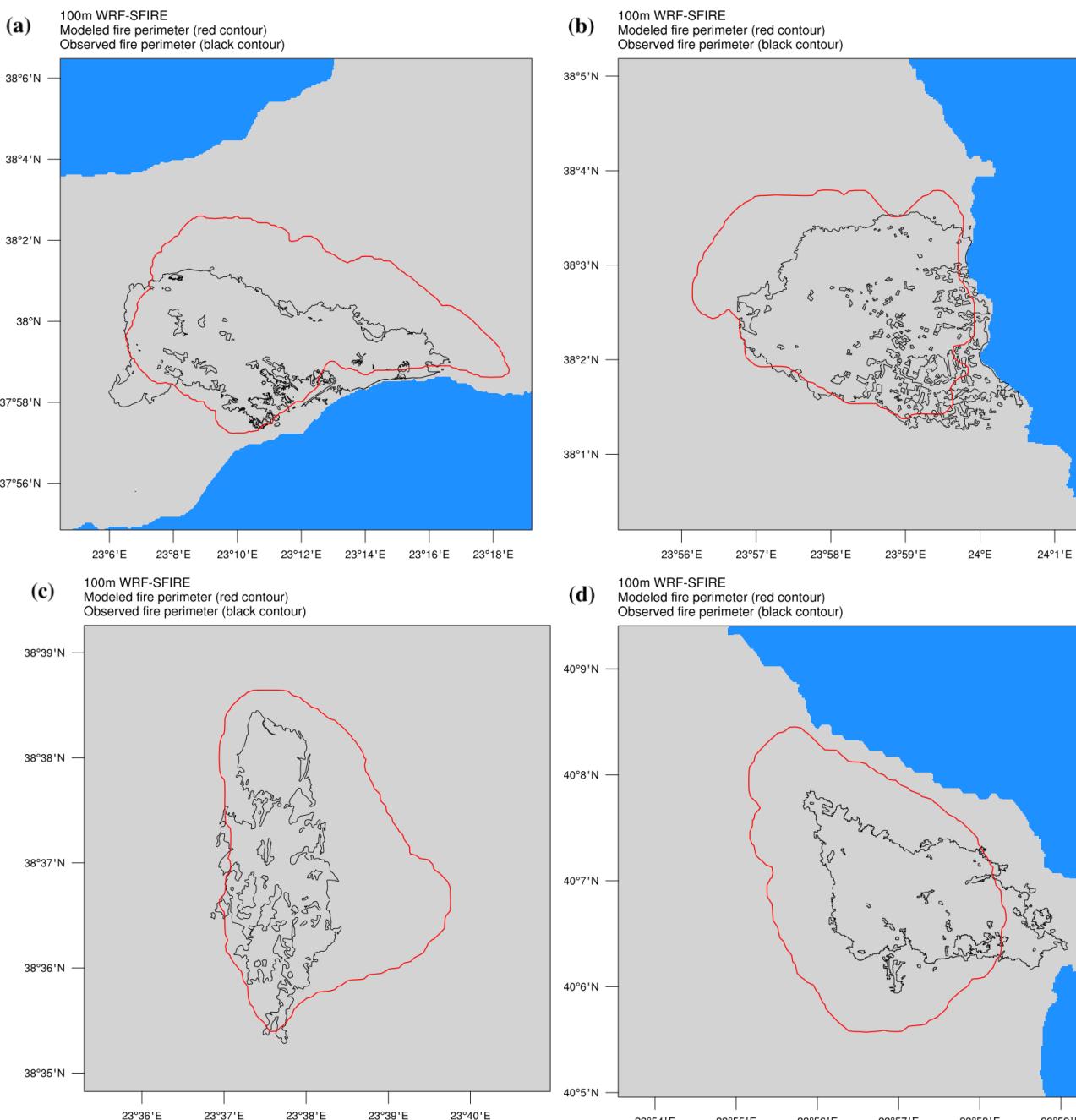
<sup>1</sup>Burnt area agreement (ha). <sup>2</sup>Burnt area overestimation (ha). <sup>3</sup>Burnt area underestimation (ha).

## Έλεγχος

- Εφαρμογή του IRIS για την **πρόγνωση της εξάπλωσης** των 4 πυρκαγιών του 2018, χρησιμοποιώντας τους συντελεστές βαθμονόμησης.
- **Σύγκριση πραγματικών και προβλεπόμενων** τελικών **περιμέτρων**.

**Στόχος:** Ο έλεγχος της **αξιοπιστίας** της βαθμονόμησης.

Wildfire	KC	SC	OI	BAA <sup>1</sup>	BAO <sup>2</sup>	BAU <sup>3</sup>
WF9	0.67**	0.71	0.84	5226	3964	345
WF10	0.62*	0.69	0.35	1032	627	303
WF11	0.55*	0.58	0.92	544	751	31
WF12	0.41*	0.45	0.62	443	881	210



Ικανοποιητική αναπαράσταση της εξάπλωσης, με το IRIS να υπερεκτιμά γενικά την έκταση των καμένων εκτάσεων (δε λαμβάνονται υπόψη οι προσπάθειες πυρόσβεσης), αναπαράγοντας ωστόσο το σχήμα των τελικών περιμέτρων.

# IRIS: Η φωτιά στο Μάτι



# IRIS: Επιχειρησιακή ετοιμότητα

---

## Πλήρως αυτοματοποιημένη εφαρμογή

- **Ενεργοποίηση** με εισαγωγή των **συντεταγμένων** και της **ώρας έναρξης** της πυρκαγιάς, μέσα από ειδική web εφαρμογή με **αυστηρά περιορισμένη πρόσβαση**.
- **Αυτόματη εκτέλεση** των διεργασιών για τον ορισμό των **πεδίων προσομοίωσης**.
- Εκτέλεση του IRIS στο **Ιδιόκτητο HPC** (532 CPUS) του **ΕΑΑ/ΙΕΠΒΑ** για την παροχή **24ωρης πρόγνωσης**.
- **Αυτόματη αποστολή** των προγνώσεων με μορφή **Google Earth KMZ**.

Μέσα σε περίπου **15 min** από την ενεργοποίηση του, το IRIS δύνανται να παράσχει **6ωρη πρόγνωση** εξάπλωσης, ενώ σε περίπου **1 h** καθίσταται διαθέσιμη η **24ωρη** πρόγνωση.

**Διαθέσιμο για την προσεχή αντιπυρική περίοδο.**

# IRIS: Μελλοντικές βελτιώσεις

- Εισαγωγή παραμετροποίησης για fire spotting.

**RandomFront 2.3: a physical parameterisation of fire spotting for operational fire spread models – implementation in WRF-SFIRE and response analysis with LSFire+**

**Andrea Trucchia<sup>1,2</sup>, Vera Egorova<sup>1</sup>, Anton Butenko<sup>3,4</sup>, Inderpreet Kaur<sup>5</sup>, and Gianni Pagnini<sup>1,6</sup>**

<sup>1</sup>BCAM–Basque Center for Applied Mathematics, Bilbao, Basque Country, Spain

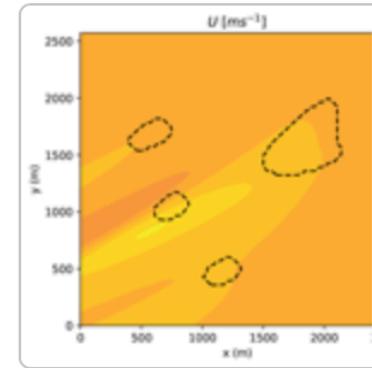
<sup>2</sup>Department of Mathematics, University of the Basque Country UPV/EHU, Bilbao, Basque Country, Spain

<sup>3</sup>Space Research Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Institute of Geography, University of Bremen, Bremen, Germany

<sup>5</sup>Department of Atmospheric Chemistry, Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany

<sup>6</sup>Ikerbasque–Basque Foundation for Science, Bilbao, Basque Country, Spain



Received: 06 Feb 2018 – Discussion started: 19 Mar 2018 – Revised: 17 Oct 2018 – Accepted: 28 Nov 2018 – Published: 03 Jan 2019

- Online υπολογισμός του fuel moisture με βάση το vapour pressure deficit.
- Ανάπτυξη παραμετροποίησης των ριπών του ανέμου και σύζευξη τους με το μοντέλο εξάπλωσης.
- Συνεχής έλεγχος και μικρο-συντονισμός (fine-tuning), όπου κρίνεται απαραίτητο, του μοντέλου.

# Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας Ερωτήσεις;

**Ανάπτυξη προγνωστικού συστήματος ταχείας απόκρισης για την πρόγνωση της  
εξάπλωσης δασικών πυρκαγιών στα πλαίσια του προγράμματος DISARM**

**Θοδωρής Μ. Γιάνναρος** (συνεργαζόμενος ερευνητής)

**Βασιλική Κοτρώνη** (Δ/ντρια Ερευνών)

**Κωνσταντίνος Λαγουβάρδος** (Δ/ντης Ερευνών)

**Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης**  
<http://disarmfire.eu>