

# «Climate Change Risk Assessment»

## *Forestry Sector*

### ΣΥΜΒΑΣΗ 22/2014

Ν ΦΥΛΛΑΣ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ, ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ADVANCED ENVIRONMENTAL STUDIES S.A.



DION. TOUMAZIS & ASSOCIATES



ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

G. KARAVOKYRIS & PARTNERS  
CONSULTING ENGINEERS S.A.



AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS



6 Νοεμβρίου 2016

# Δασικά Οικοσυστήματα



- Δάση σε παγκόσμιο επίπεδο (~31% της χέρσου)
- US\$  $64 \times 10^9$  ξυλεία, US\$  $4.7 \times 10^9$  μη ξυλώδη προϊόντα (FAO 2005)
- Αποθήκη  $1.1 \text{ PgC } \gamma^{-1}$  = Εκπομπές από αλλαγές χρήσης γης (Pan et al. 2011)

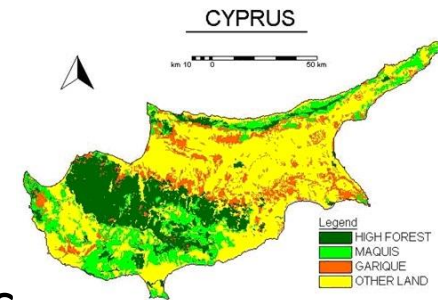
# Μεσογειακά Δάση και Κλιματική Αλλαγή

---

- Ξηρασία (διάρκεια και δριμύτητα) -> Μείωση ρυθμών αύξησης  
Αύξηση θνησιμότητας
- Αλλαγές συχνότητας και γεωγραφικού εύρους πυρκαγιών
- Αλλαγές στις κατανομές των ειδών
- Αλλαγές στις αλληλεπιδράσεις των ειδών
- Αλληλεπιδράσεις ξηρασίας, πυρκαγιών και δυναμικής των δασών

# Τα Δασικά Οικοσυστήματα στην Κύπρο

- Τρόδος, Πενταδάκτυλος και παράκτιες περιοχές
- 80% της έκτασης εντός του Natura 2000
- *P. brutia* το βασικό εμπορικό είδος, σχετικά μικρής παραγωγικότητας



Community	State	Private	Total
<i>Pinus brutia</i>	88.790	48.954	137.744
<i>Juniperus phoenicia</i>	5.350	2.940	8.290
<i>Cupressus sempervirens</i>		7.270	7.270
<i>Pinus brutia</i> - <i>Quercus alnifolia</i>	5.870		5.870
<i>Ceratonia siliqua</i> - <i>Olea europaea</i>		5.720	5.720
<i>Pinus nigra</i>	2.640		2.640
<i>Pinus brutia</i> - <i>Pinus nigra</i>	2.330		2.330
<i>Platanus</i> - <i>Alnus spp</i>	430	610	1.040
<i>Eucalyptus spp</i>	137	260	397
<i>Cedrus brevifolia</i>	130		130
<i>Cedrus brevifolia</i> - <i>Pinus brutia</i>	120		120
<i>Quercus infectoria subsp. veneris</i>		60	60

# Δάση στην Κύπρο: Οικοσυστημικές υπηρεσίες

Species	Soil and Water Conservation	Biodiversity Conservation	Cultural Values	Aesthetic Values
<i>Pinus brutia</i>	+	+		+
<i>Pinus nigra</i>	+	+	+	+
<i>Cedrus brevifolia</i>	+	+	+	+
<i>Juniperus foetidissima</i>	+	+		+
<i>Juniperus excelsa</i>	+	+		+
<i>Juniperus phoenicea</i>	+	+		+
<i>Cupressus sempervirens</i>	+	+	+	+
<i>Quercus infectoria</i> <i>subsp. veneris</i>	+	+	+	+
<i>Quercus alnifolia</i>	+	+		+
<i>Platanus orientalis</i>	+	+	+	+
<i>Alnus orientalis</i>	+	+		+
<i>Eucalyptus spp.</i>	+	+		+

# Δάση στην Κύπρο: Βασικές Πιέσεις

---

- Δασικές Πυρκαγιές ~ 2100ha/y . Έτος 2013 πολλά περιστατικά
- Βόσκηση
- Ξηρασία → Αυξημένη Θνησιμότητα
- Αλλαγές Χρήσης Γης

# Το μεθοδολογικό πλαίσιο του Cyprus CCRA

---

## Στόχοι

- Προσδιορισμός των πιθανών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής
- Προσδιορισμός των βασικών παραμέτρων επικινδυνότητας για εις βάθος ανάλυση
- Εκτίμηση της τωρινής και μελλοντικής επικινδυνότητας βάσει των σεναρίων αλλαγής κλίματος και κοινωνικό-οικονομικών παραγόντων
- Εκτίμηση τρωτότητας
- Παρουσίαση της επικινδυνότητας με στόχο την πληροφόρηση των δράσεων προσαρμογής και διαχείρισης

# Το μεθοδολογικό πλαίσιο του Cyprus CCRA

---

## ***Σύνολο 25 επιπτώσεων για τον τομέα της Δασοπονίας***

### Βασικές Κατηγορίες:

- Ξηρασία
- Καταλληλότητα δασικών ειδών
- Πυρκαγιές
- Βιοποικιλότητα
- Εισβολές
- Επιβλαβή είδη, ασθένειες και παθογόνα
- Αύξηση ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης CO<sub>2</sub>
- Αλλαγές στο ισοζύγιο του εδαφικού οργανικού C
- Διαταραχές από χιονοπτώσεις και παγετό
- Διαταραχές από πτώσεις δένδρων
- Διάβρωση Εδάφους
- Τουρισμός



$$MC_{score} = 100 \times \left( \frac{Social + Economic + Environmental}{9} \right) \times \left( \frac{Likelihood}{3} \right) \times \left( \frac{Urgency}{3} \right) > 30$$

Major impacts (incl. individual impact reference number from Tier 1 list)	Total Score	Ranking	Comments
<b>Increased risk of wildfires (5)</b>	88,9	1	
<b>Increased risk of pests, pathogens and diseases (4, 11, 19)</b>	88,9	1	
<b>Increased risk of drought damage / loss of productivity (1, 7, 8)</b>	59,3	2	
<b>Changes in tree species suitability (9, 10)</b>	51,9	3	
<b>Soil erosion and desertification (24)</b>	44,4	4	Risk covered in the Biodiversity Report
<b>Increased risk of weed and invasive alien species (14, 20)</b>	37,0	5	Risk covered in the Biodiversity Report
<b>Biodiversity loss (12, 13)</b>	29,6	6	
<b>Changes in soil organic carbon (3)</b>	24,7	7	
<b>Climate induced changes in physiological processes (15, 17, 18)</b>	24,7	7	
<b>Increased tourism (21)</b>	22,2	8	
<b>Snow and frost damage (6, 16)</b>	9,9	9	
<b>Changes in canopy density (2)</b>	9,9	9	
<b>Changes in growing season for nursery stock (25)</b>	9,9	9	
<b>Wind throw and damages caused by lightning (22, 23)</b>	7,4	10	

# Σενάρια Κλιματικής Αλλαγής για την Κύπρο

Κλιματικό Μοντέλο SMHI-MPI (EURO-CORDEX)

Σενάρια Κοινωνικό-Οικονομικής Εξέλιξης και εκπομπών:

RCP45 (ενδιάμεσο)

RCP85 (ακραίο)

Περίοδοι Αναφοράς:

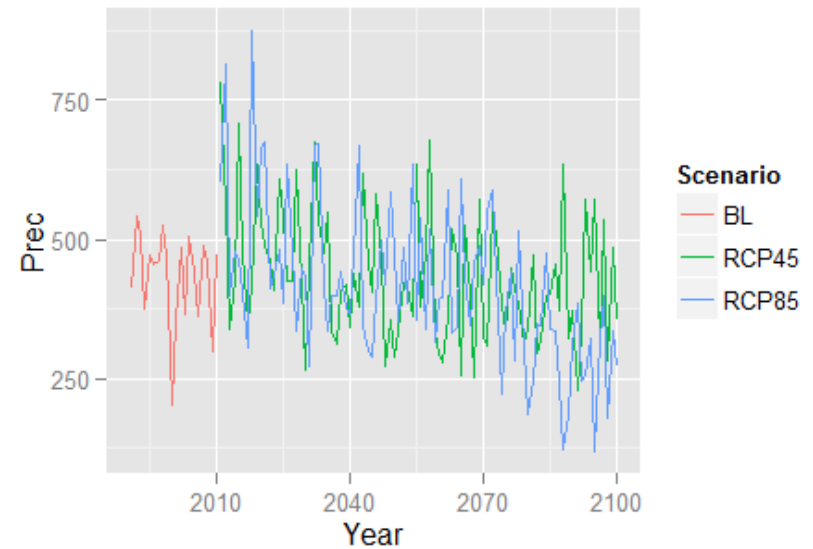
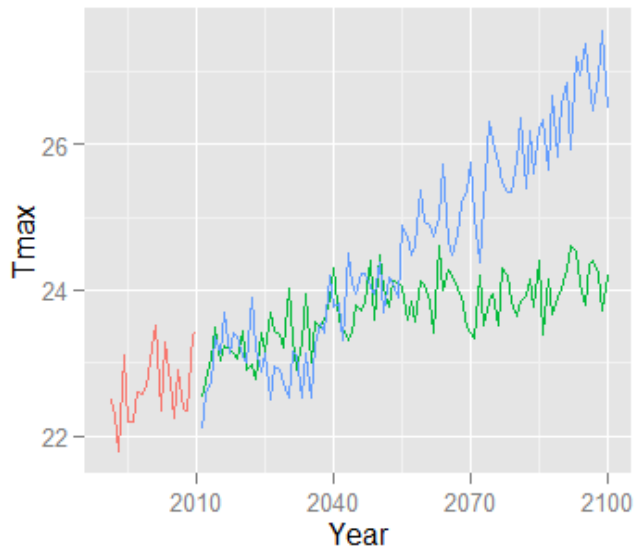
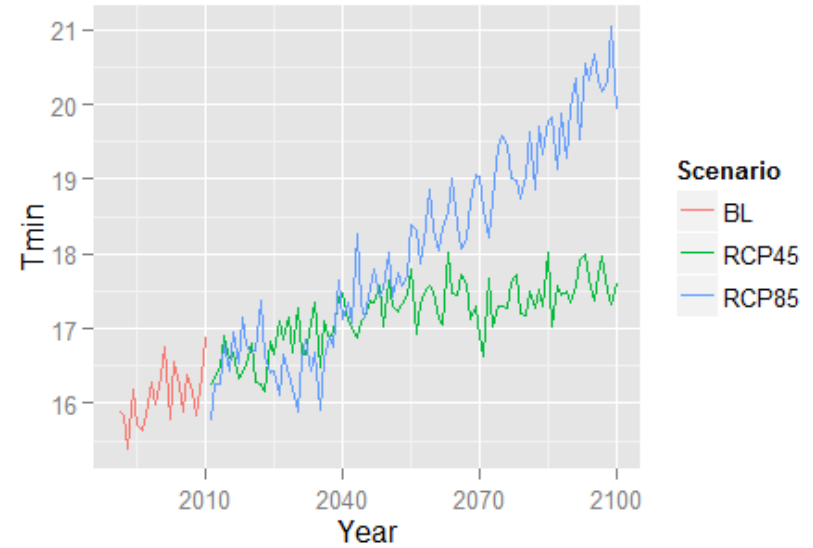
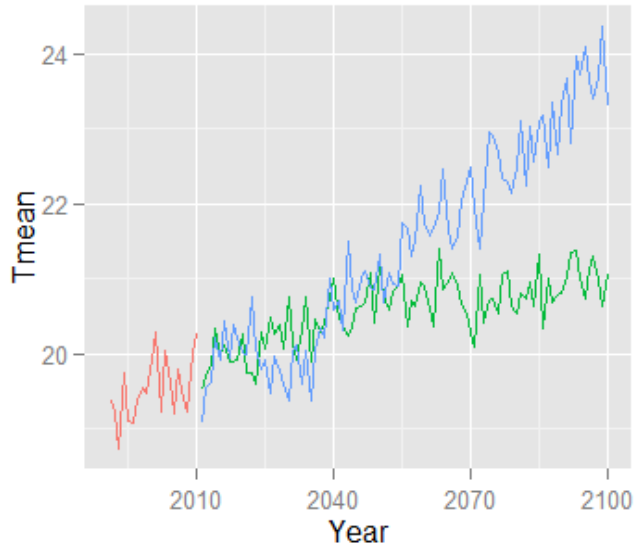
Βάσης (BaseLine): 1991-2010

Βραχυπροθεσμη (ShortTerm): 2041-2060

Μακροπρόθεσμη (LongTerm): 2071-2090

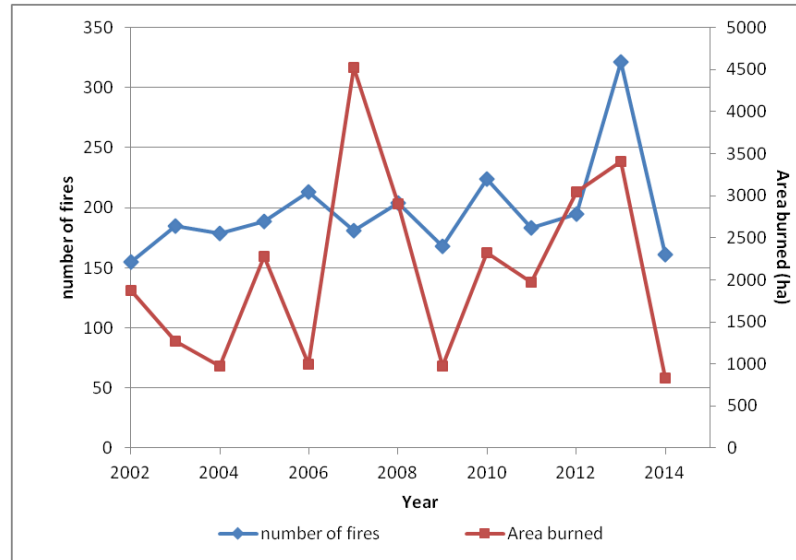
Scenario	P	Tmean (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Prec (mm)	Δ(Tmean) (°C)	Δ(Prec) (mm)
BL	BL	19.5	16.1	22.7	433		
RCP45	ST (2050)	20.7	17.3	23.8	430	+1.2	-3
RCP85	ST (2050)	21.2	17.8	24.3	438	+1.7	+5
RCP45	LT (2080)	20.8	17.4	23.9	402	+1.3	-31
RCP85	LT (2080)	22.6	19.3	25.8	342	+3.1	-91

# Σενάρια Κλιματικής Αλλαγής για την Κύπρο

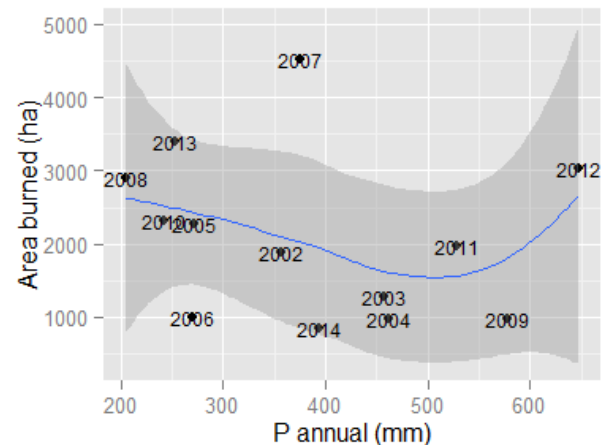
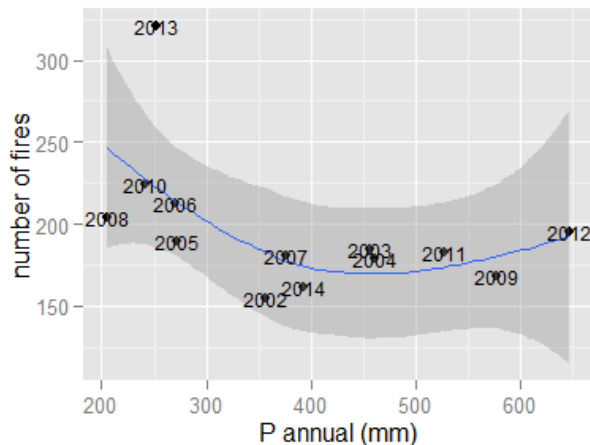


# Συναρτήσεις απόκρισης για Πυρκαγιές (FO1)

## Διαχρονική Εξέλιξη Καθεστώτος Πυρκαγιάς

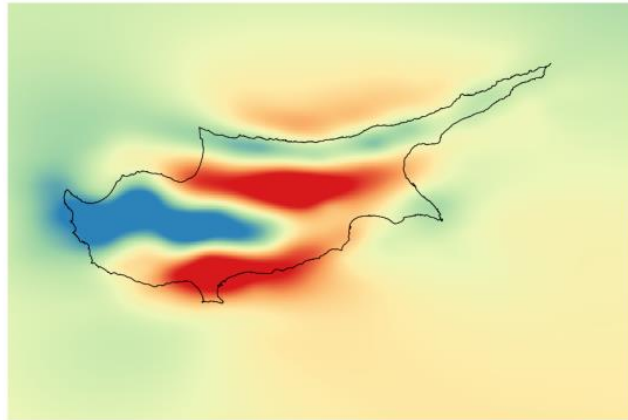


## Αριθμός Πυρκαγιών και Ετήσια Βροχόπτωση

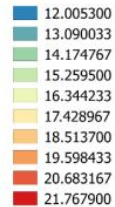


# Συναρτήσεις απόκρισης για Πυρκαγιές (FO1)

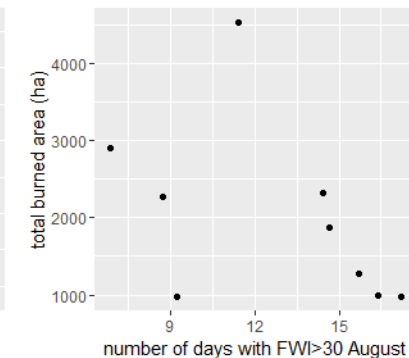
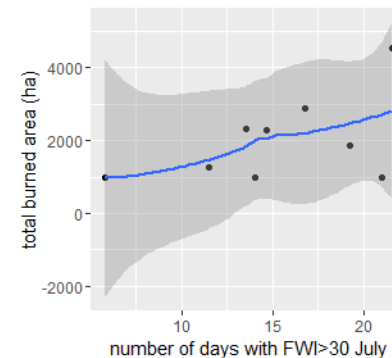
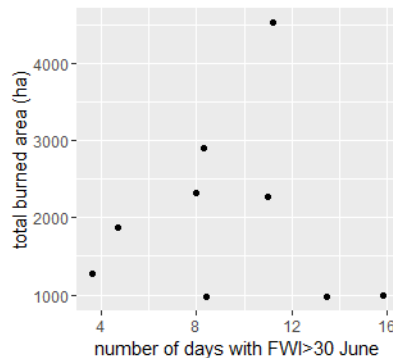
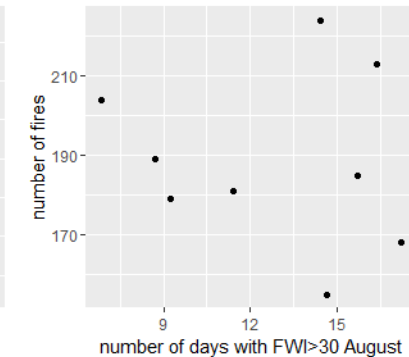
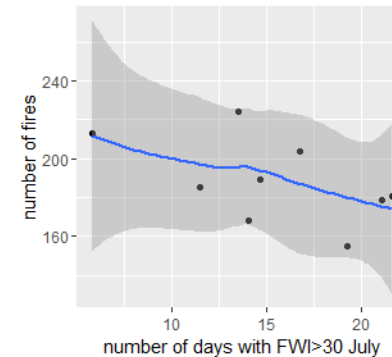
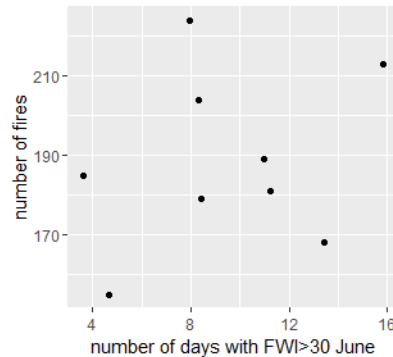
**Δείκτης FWI:** κλιματικός δείκτης επικινδυνότητας φωτιάς, FWI>30 ακραίες συνθήκες



Annual mean FWI



Διαχρονική μεταβλητότητα του FWI σε σχέση με αριθμό πυρκαγιών / καμένη έκταση



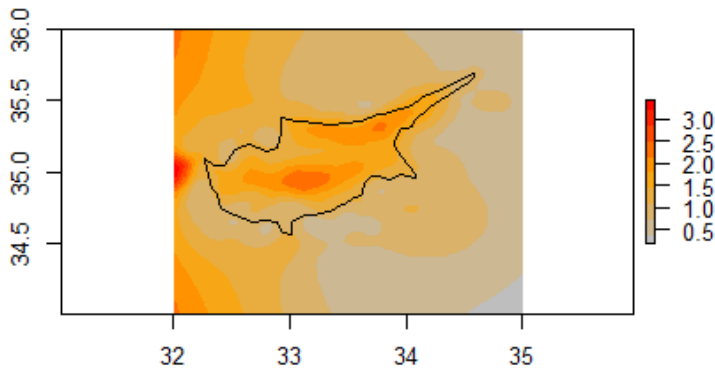
# Μελλοντικές Μεταβολές του FWI

Αύξηση του FWI στο Τρόοδος,

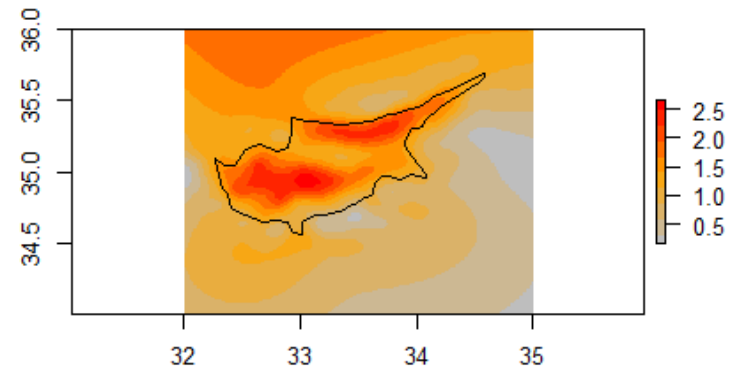
Ήμερες αυξημένου κινδύνου ( $FWI > 30$ ) Ιουνίου +4 RCP85, Ιουλίου +1 RCP45 +2 RCP85

Έκταση +13% RCP45 , +49% RCP85 (2050)

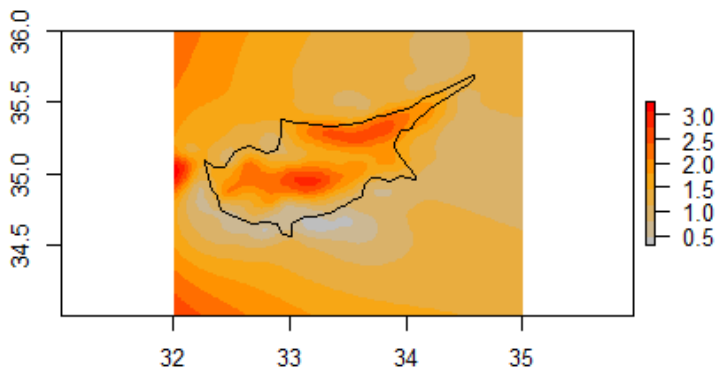
FWI differences RCP45 2050



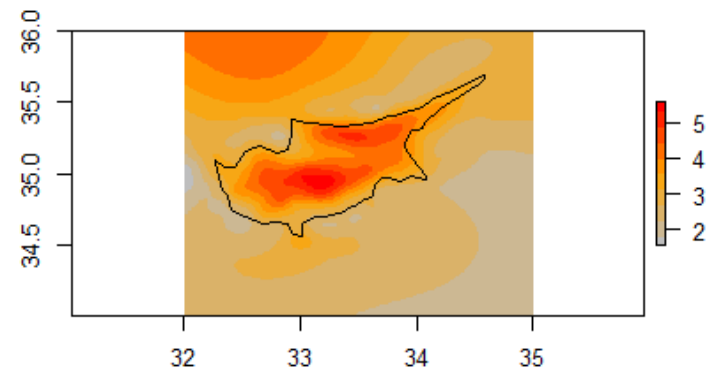
FWI differences RCP85 2050



FWI differences RCP45 2080



FWI differences RCP85 2080



# Επικινδυνότητα από Πυρκαγιές (F01)

---

Metric Code	Metric name	Confidence	Summary Class			
			2050		2080	
			l	u	l	u
F01	Increased risk of wildfires	H	2	2	2	3

## Συναρτήσεις απόκρισης για επιβλαβή είδη, ασθένειες, παθογόνα (FO2)

---

- Μη επαρκή αναλυτικά στοιχεία για διαχρονικές μεταβολές
- Εποχιακές παρατηρήσεις δείχνουν *Thaumetopoea wilkinsonii* ως την πιο συχνή αιτία διαταραχών, με προσβολές σε δάση *P. brutia* & *P. nigra*
- Ιδιαίτερα σε νεαρές αναδασωμένες συστάδες και σε συνδυασμό με ξηρασία και προσβολές από άλλα έντομα.
- Κλιματική αλλαγή -> αύξηση των ορίων εξάπλωσης



## Συναρτήσεις απόκρισης για επιβλαβή είδη, ασθένειες, παθογόνα (FO2)

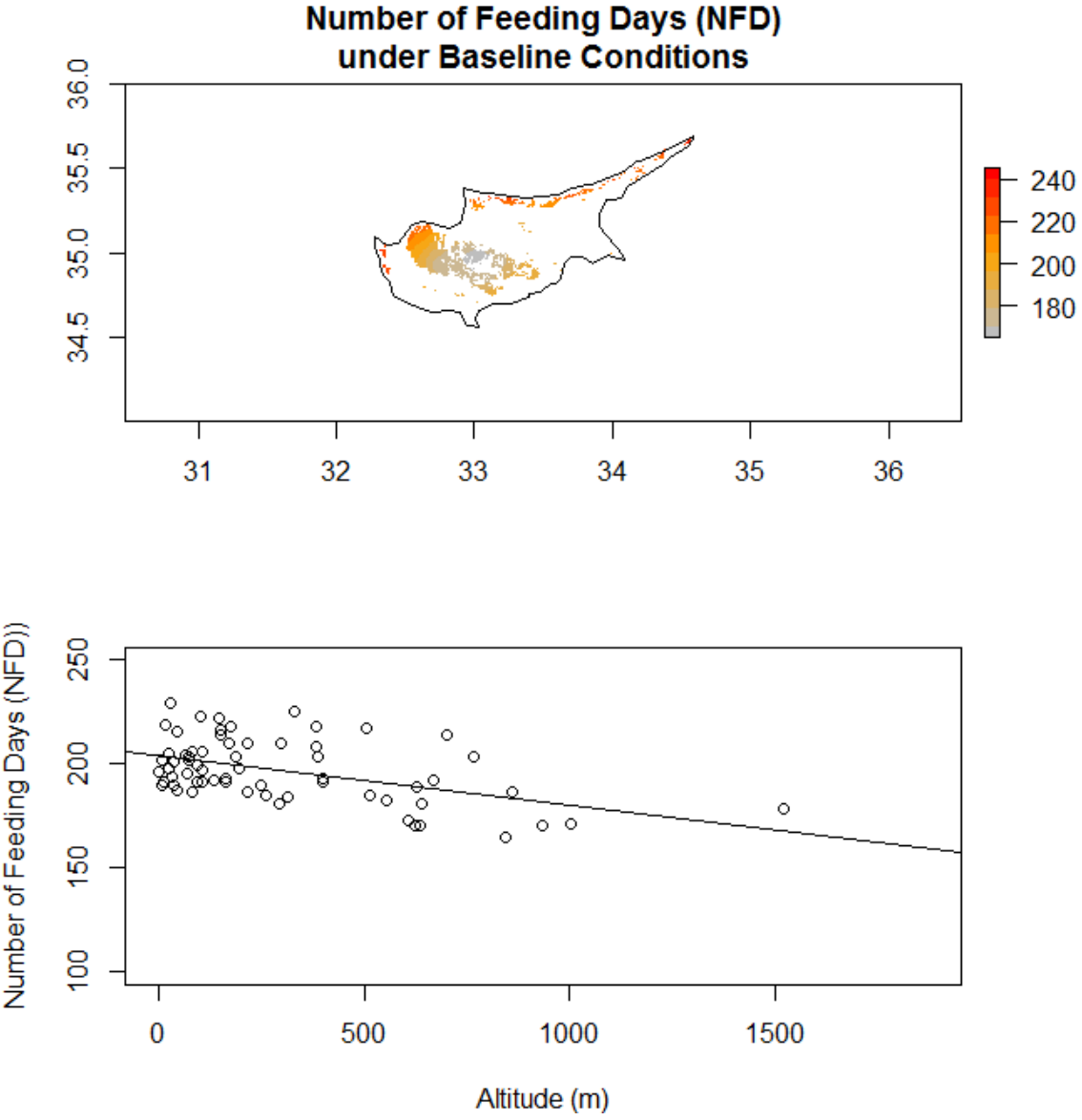
---

Δημιουργία ενός απλού αλγορίθμου για εκτίμηση αριθμού ημερών τροφής (NFD number of feeding days)

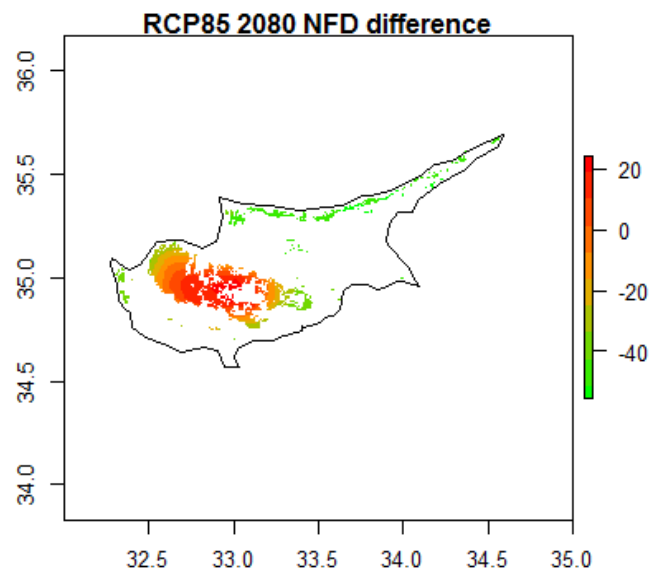
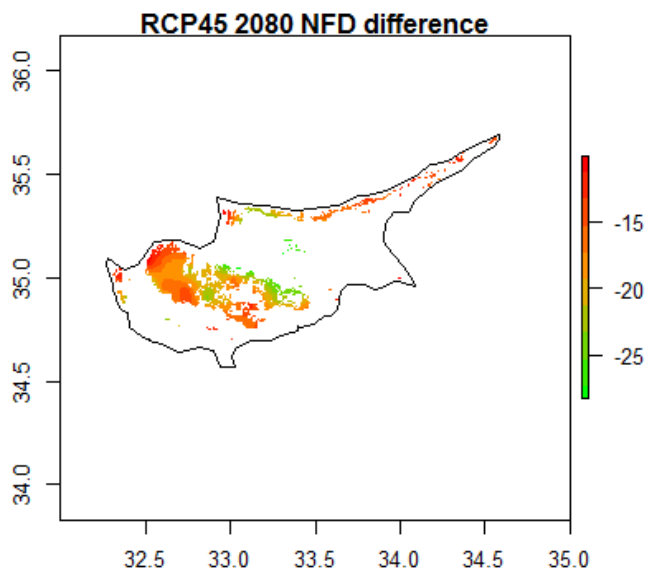
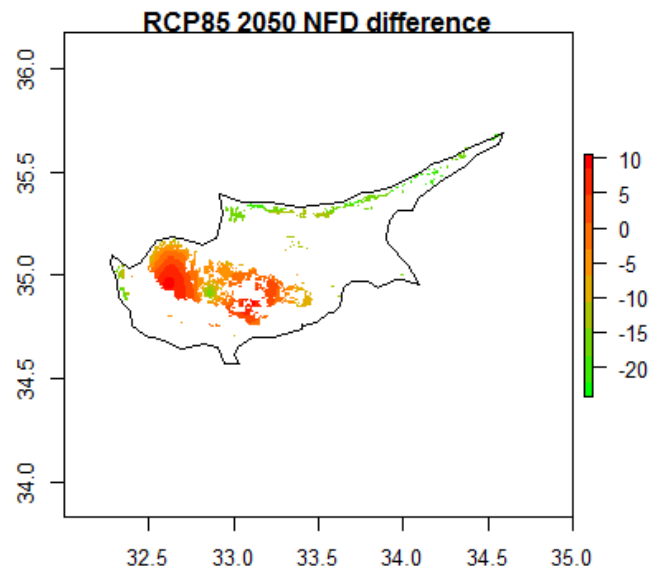
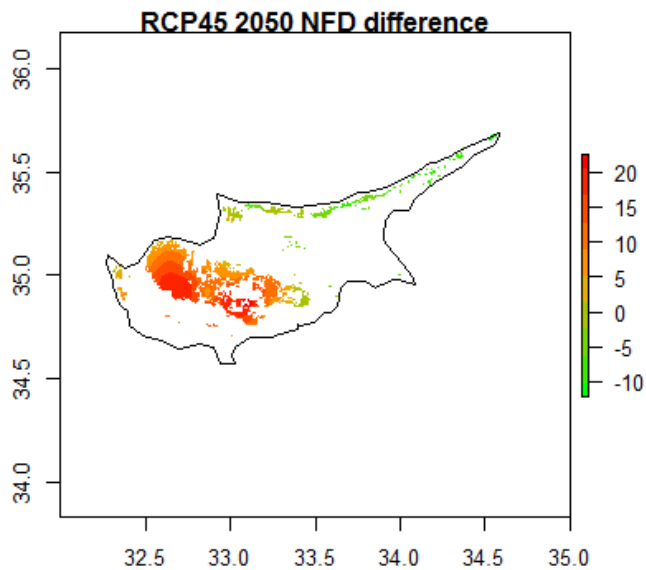
1. Ελάχιστη θερμοκρασία φωλιάς  $>0^{\circ}\text{C}$ , potential feeding temperature
2. Θερμοκρασία φωλιάς κατά τη διάρκεια της ημέρας  $>9^{\circ}\text{C}$ , activation temperature
3. Μεγίστη θερμοκρασία φωλιάς  $<25^{\circ}\text{C}$ , perturbation of physiological processes in eggs

Η θερμοκρασία φωλιάς εκτιμήθηκε από εμπειρικές εξισώσεις (Robinet et al. 2007). Εκτίμηση NFD για BL και CC

# Συναρτήσεις απόκρισης για επιβλαβή είδη, ασθένειες, παθογόνα (FO2)



# Μελλοντικές Μεταβολές του NFD



## Συναρτήσεις απόκρισης για επιβλαβή είδη, ασθένειες, παθογόνα (FO2)

---

Αύξηση έως και 20 NFD στα μεγαλύτερα υψόμετρα (~ T<sub>min</sub>)

Μείωση έως και 40 NFD στα χαμηλότερα υψόμετρα (~T<sub>max</sub>)

Έκταση δασών με μεταβολές NFD ανά σενάριο:

RCP45: 83% αύξηση ως το 2050 και μείωση ως το 2080

RCP85: 40% 2050 και 2080

*Υψηλά επίπεδα αβεβαιότητας σε αυτές τις εκτιμήσεις*

*Όριο 25°C, προσαρμοστικότητα, μετατόπιση φαινολογίας*

*Βιοτικές αλληλεπιδράσεις με δυναμική και κατανομή των συστάδων*

# Επικινδυνότητα από επιβλαβή είδη, ασθένειες, παθογόνα (FO2)

---

Metric Code	Metric name	Confidence	Summary Class			
			2050		2080	
			l	u	l	u
F02	Increased risk of pests, pathogens and diseases	L	3	2	2	2

## Συναρτήσεις απόκρισης για ξηρασία/μείωση παραγωγικότητας (FO3)

---

- Διαθεσιμότητα ύδατος και υδατική καταπόνηση βασικοί περιοριστικοί παράγοντες
- 1993, 2000 υψηλή θνησιμότητα λόγω χαμηλών χειμερινών βροχοπτώσεων

### Στοιχεία Τμήματος Δασών

Period	Number of dead stems (N/ ha)	Volume of dead wood (m <sup>3</sup> /ha)
1981-1991	1.28	0.72
1991-2001	2.50	0.95

# Συναρτήσεις απόκρισης για ξηρασία/μείωση παραγωγικότητας (FO3)

- Στην έκθεση για την Βιοποικιλότητα και τις οικοσυστημικές υπηρεσίες:

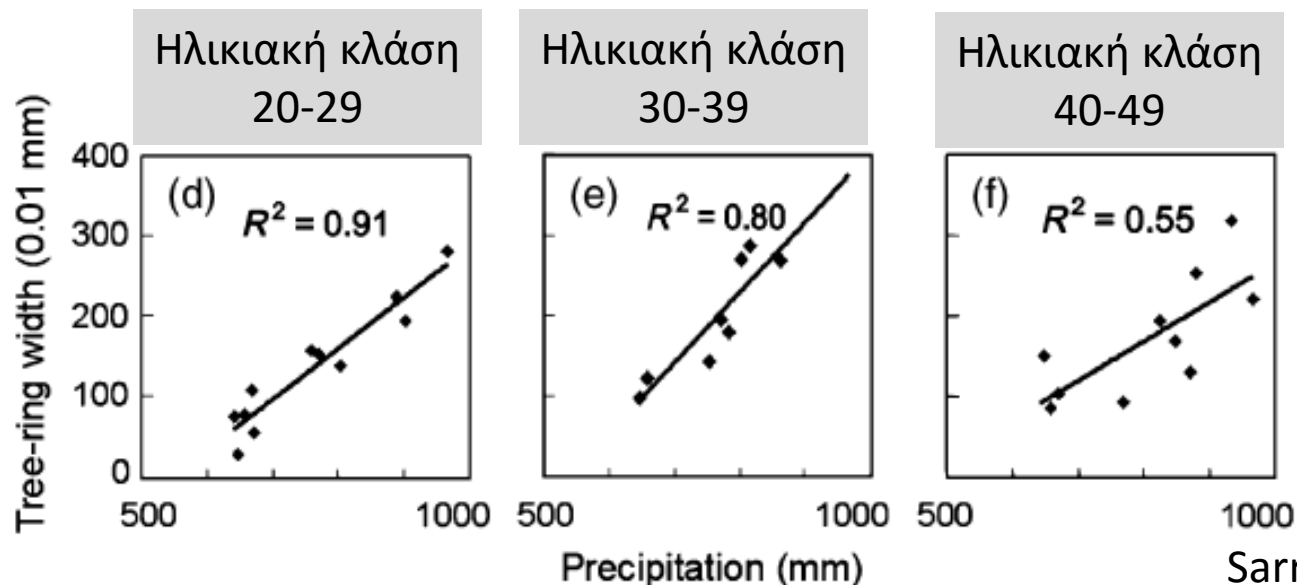
BL: NPP=76 gC m<sup>-2</sup> γ<sup>-1</sup>

RCP45 and RCP85 @ 2050: NPP=63 gC m<sup>-2</sup> γ<sup>-1</sup>

RCP45 @ 2080: NPP=61 gC m<sup>-2</sup> γ<sup>-1</sup>

RCP85 @ 2080: NPP=52 gC m<sup>-2</sup> γ<sup>-1</sup>

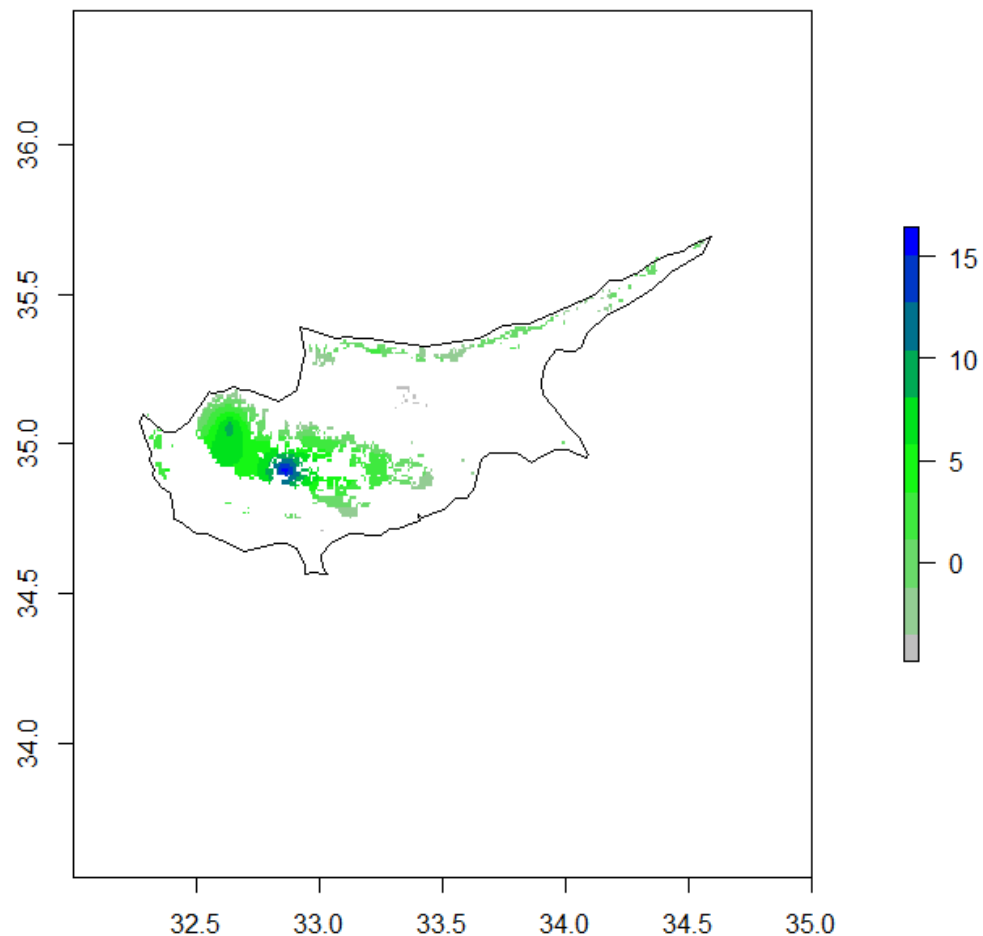
- Εδώ ακολουθήσαμε μια διαφορετική προσέγγιση (*P. brutia* Σάμος)



# Συναρτήσεις απόκρισης για ξηρασία/μείωση παραγωγικότητας (FO3)

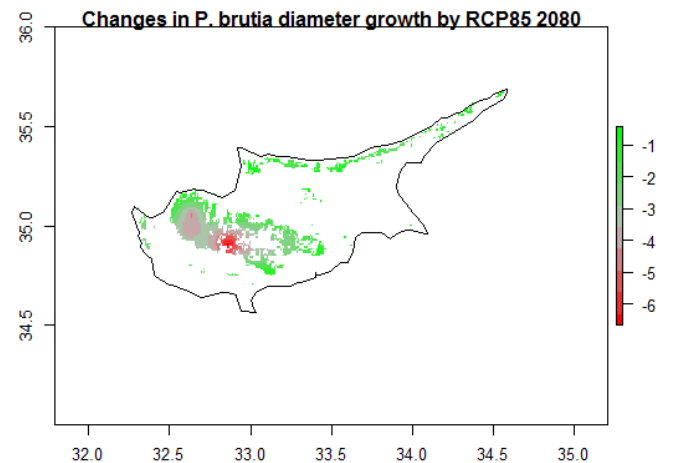
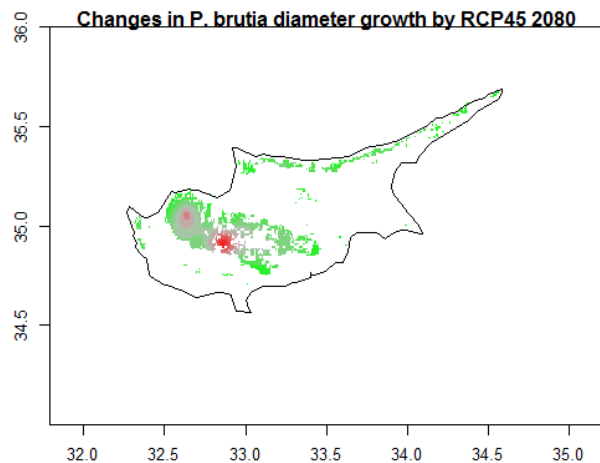
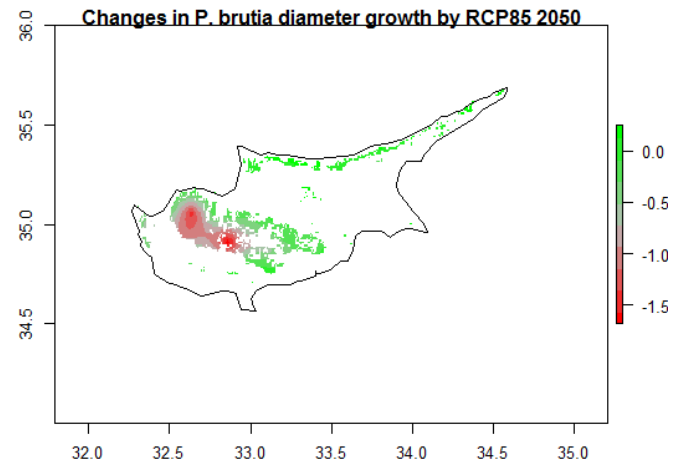
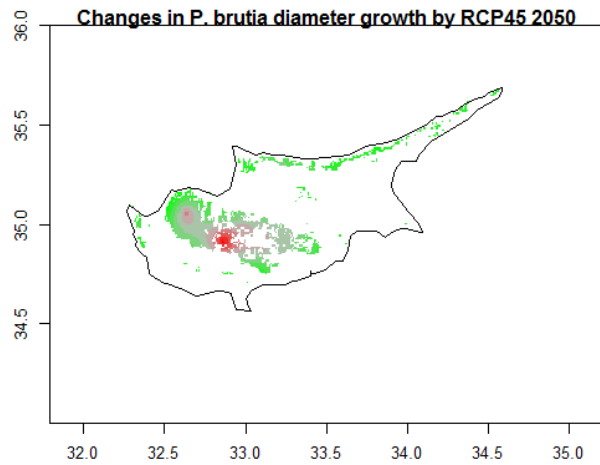
Εκτίμηση σταθμισμένης μέσης ετήσιας αύξησης διαμέτρου

**Simulated average annual diameter *P.brutia* growth (mm)  
under Baseline Conditions**





# Μελλοντικές Μεταβολές του $\Delta D/\Delta t$



Μέση μείωση για RCP45 και RCP85 @ 2050 :  $-1.5\text{mm } \gamma^{-1}$

Μέση μείωση για RCP45 @2080:  $-4\text{mm } \gamma^{-1}$

Μέση μείωση για RCP85 @2080:  $-6\text{mm } \gamma^{-1}$

# Επικινδυνότητα από ξηρασία/μείωση παραγωγικότητας (FO3)

---

Metric Code	Metric name	Confidence	Summary Class			
			2050		2080	
			l	u	l	u
F03	Increased risk of drought damage / loss of productivity	M	2	3	2	3

# Μοντελοποίηση κατανομών των βασικών δασικών ειδών (FO4)

## Μοντέλα Κατανομής Ειδών

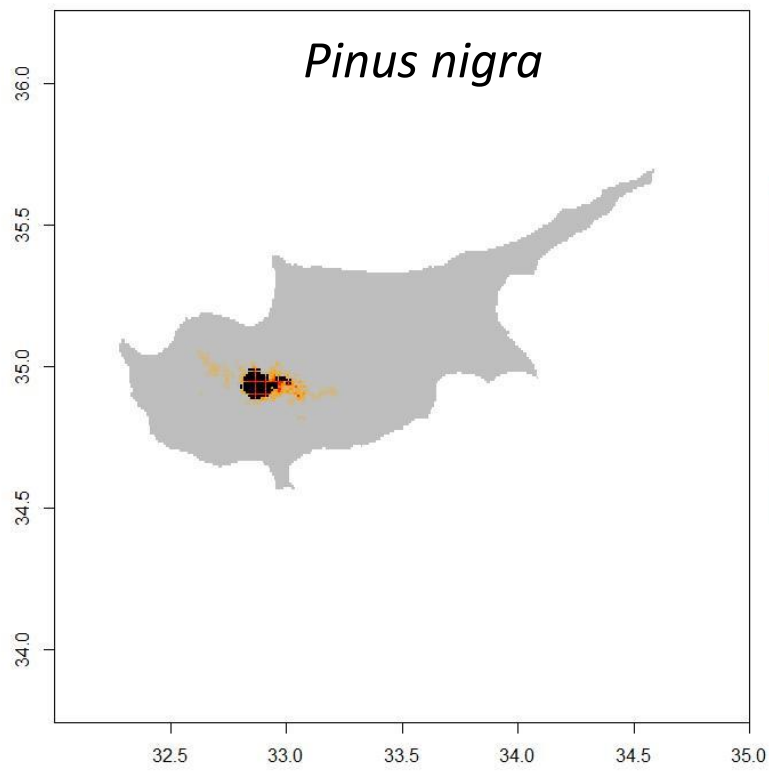
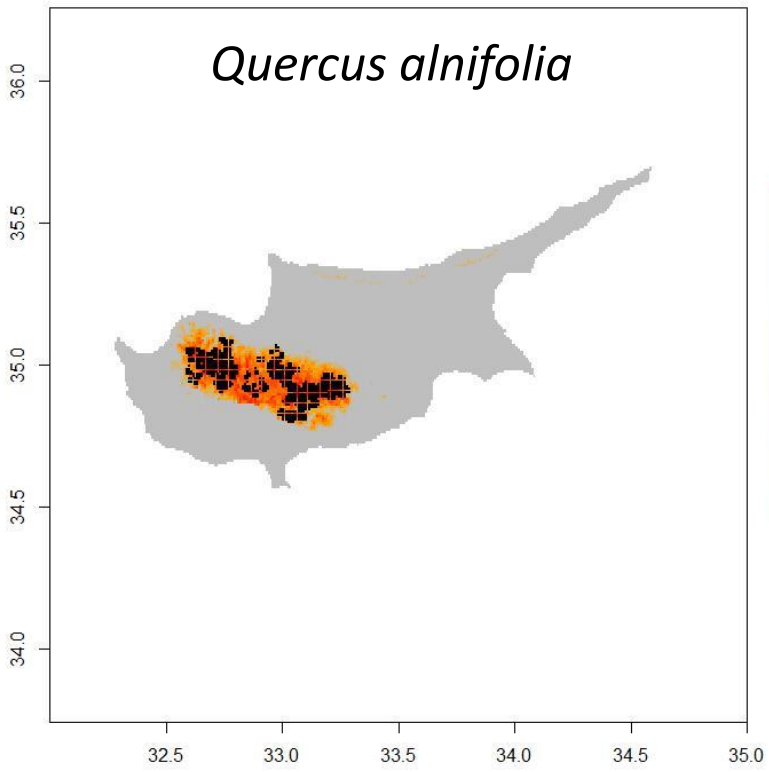
Παρουσία =  $f(\text{Αβιοτικών Συνθηκών})$

Δεδομένα Εισόδου: Χάρτες Εξάπλωσης Ειδών, Κλίμα (1km<sup>2</sup>), Γεωλογία

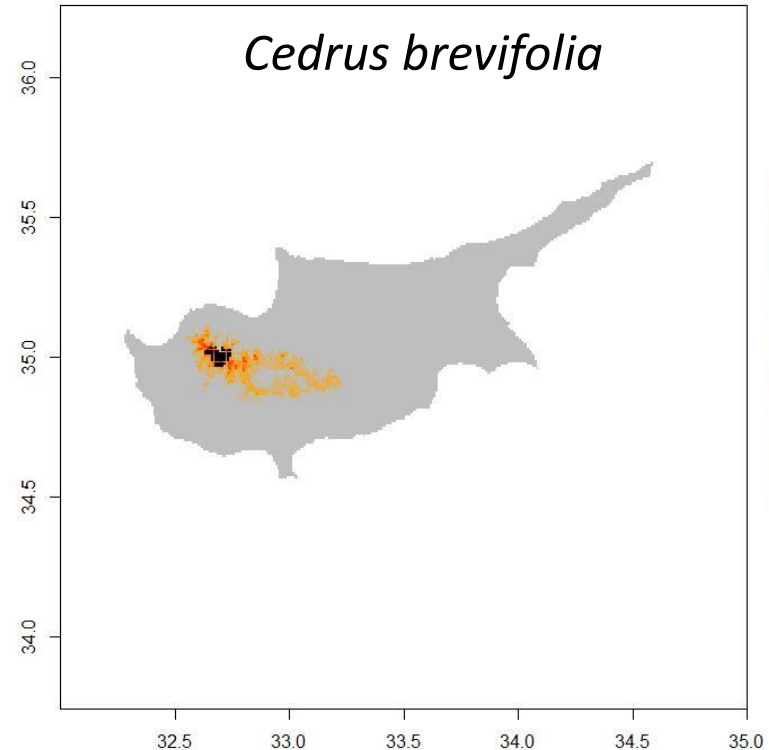
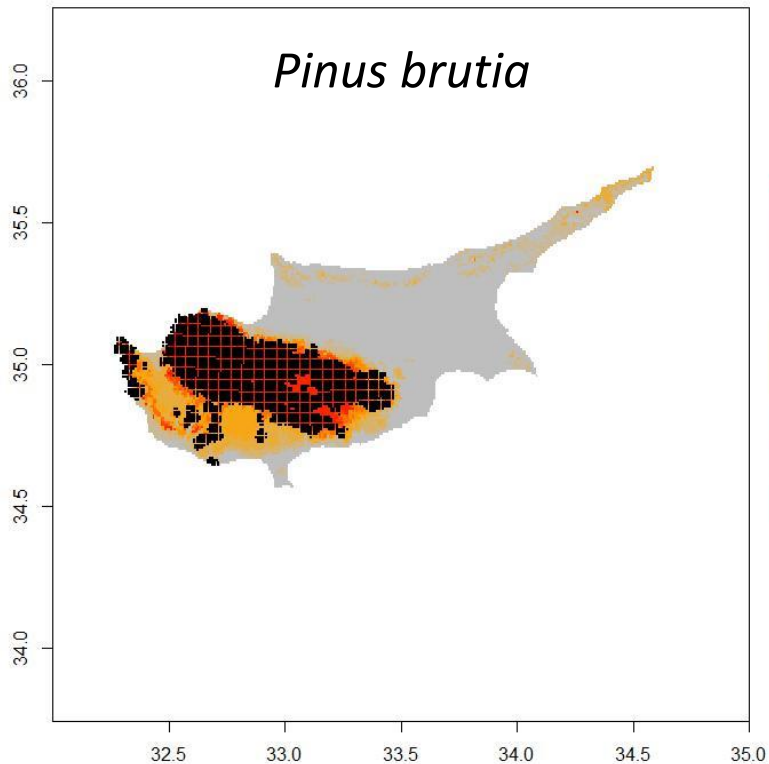
Ανάλυση: Maximum Entropy Model

Species	AUC	Geology	T <sub>A</sub>	P <sub>A</sub>	P <sub>dm</sub>	T <sub>seas</sub>	P <sub>seas</sub>
<i>Quercus alnifolia</i>	0.94	25	67	3	2	2	1
<i>Pinus nigra</i>	0.99	11	50	30	3	4	2
<i>Pinus brutia</i>	0.84	37	5	52	5	0	0
<i>Cedrus brevifolia</i>	0.99	7	1	35	56	0	1

# Μοντελοποίηση κατανομών των βασικών δασικών ειδών (FO4)

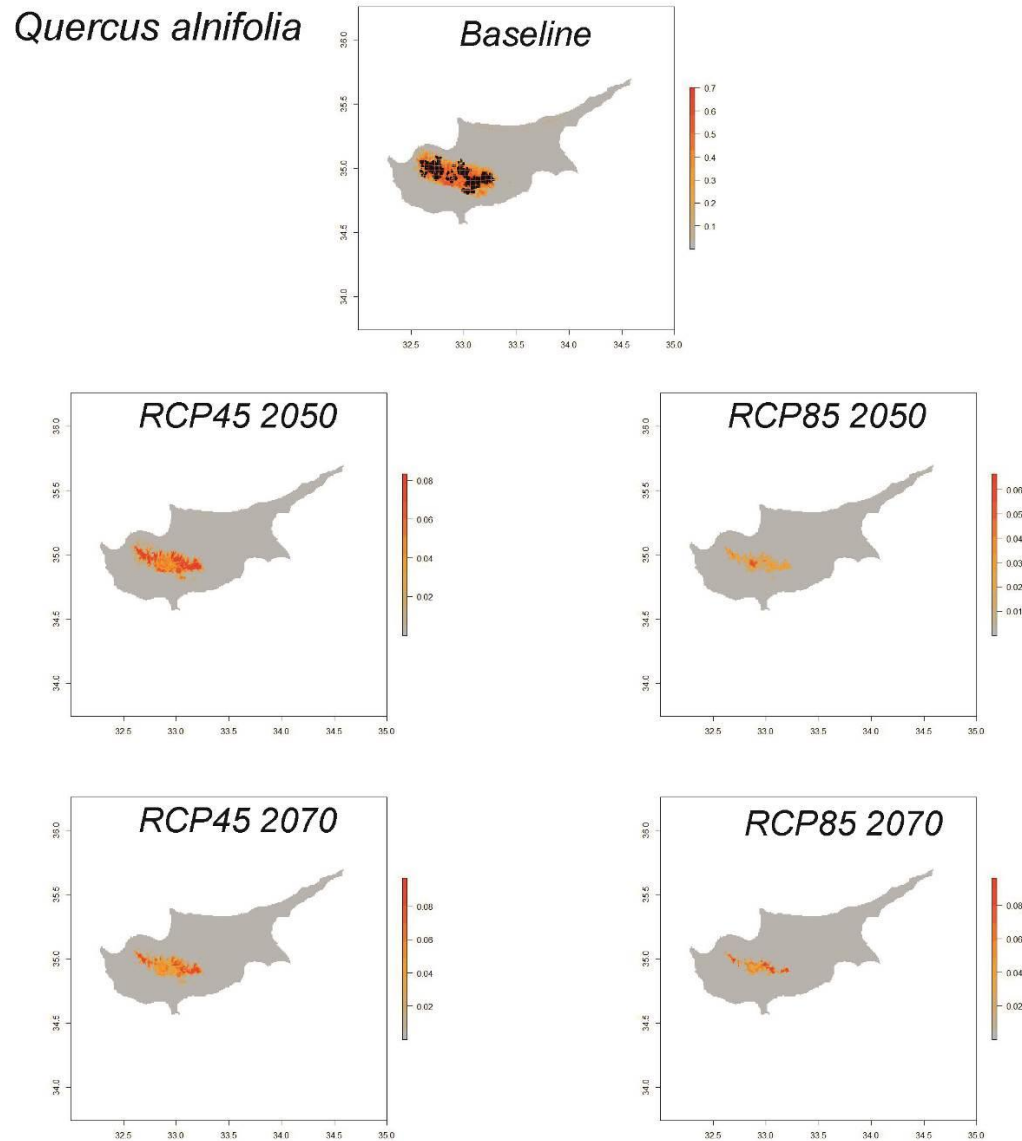


# Μοντελοποίηση κατανομών των βασικών δασικών ειδών (FO4)



# Μελλοντικές Μεταβολές στις κατανομές των ειδών

*Quercus alnifolia*



# Μελλοντικές Μεταβολές στην έκταση κατανομής των ειδών

---

Species	RCP45		RCP85	
	2050	2070	2050	2070
<i>Quercus alnifolia</i>	-93%	-95%	-98%	-98%
<i>Cedrus brevifolia</i>	-75%	-93%	-82%	-98%
<i>Pinus nigra</i>	-23%	-39%	-32%	-79%
<i>Pinus brutia</i>	-35%	-41%	-45%	-62%

# Επικινδυνότητα από απώλεια ενδιαιτημάτων δασικών ειδών (FO4)

---

Metric Code	Metric name	Confidence	Summary Class			
			2050		2080	
			l	u	l	u
F04	Changes in tree species suitability	H	2	3	3	3



# Κοινωνικό-Οικονομικές Επιδράσεις

---

Impact	Metric	Population needs/ demands	Global stability	Distribution of wealth	Land use change/ management
F01	Increased risk of wildfires	+	+	+	++
F02	Increased risk of pests, pathogens and diseases	++	+		+
F03	Increased risk of drought damage / loss of productivity				+
F04	Changes in tree species suitability	+			+

# Οικονομικό Κόστος

*Από αλλαγές στο καθεστώς πυρκαγιάς*

	Baseline	RCP45	RCP85	RCP45	RCP85
		2050	2050	2080	2080
<b>Burned Area (% Change)</b>	2000 (ha)	13	49	42	66
<b>Restoration Cost (1.500€/ha)</b>	3.000.000	3.390.000	4.470.000	4.260.000	4.980.000
<b>Fire Fighting (€ per year)</b>	30.000	33.900	44.700	42.600	49.800
<b>Fire Protection (€ per year)</b>	570.000	644.100	849.300	809.400	946.200
<b>Total (€ per year)</b>	3.600.000	4.068.000	5.364.000	5.112.000	5.976.000

# Οικονομικό Κόστος

---

*Από αλλαγές μείωση παραγωγικότητας*

Στοιχεία από το Τμήμα δασών (2006): 36K tn C  $\gamma^{-1}$

Με παραδοχή ότι η μείωση της παραγωγικότητας οδηγεί σε άμεση και αναλογική μείωση βιοαποθηκών άνθρακα

Το ακραίο RCP85 @ 2050  $\rightarrow$  απώλεια 11.5K tn C  $\gamma^{-1}$

Luckow et al. 2015 : Τιμή tn C  $\sim$  2050 (€ 75)  $\rightarrow$  864 € K  $\gamma^{-1}$

Social cost Moore and Diaz 2015) : \$220 tn C  $\rightarrow$  2185 € K  $\gamma^{-1}$

# Οικονομικό Κόστος

Από αλλαγές στις κλιματικά κατάλληλες εκτάσεις για τα δασικά είδη

Στοιχεία από το Τμήμα Δασών (2006) Ετήσια Έσοδα από ξυλεία (1992-2001) κρατικών δασών € 870.000.

Από την μείωση στις κλιματικά κατάλληλες εκτάσεις για το *P. brutia*

	Baseline	RCP45		RCP85	
		2050	2070	2050	2070
Percentage change of revenue loss due to changes in future climatically suitable area		-35%	-41%	-45%	-62%
Annual revenue obtained from round-wood extraction (€)	870.000	565.500	513.300	478.500	330.600

# Συμπεράσματα και Προτάσεις

---

*Βασικοί παράγοντες επικινδυνότητας:*

- *Αλλαγές στο καθεστώς Πυρκαγιάς*
- *Μείωση Παραγωγικότητας και αύξηση θνησιμότητας*
- *Αύξηση των προσβολών από έντομα*
- *Απώλεια κλιματικά κατάλληλων περιοχών για τα δασικά είδη*

*Σχετικά υψηλή ικανότητα προσαρμογής τόσο σε βιολογικό όσο και οργανωτικό επίπεδο*

*Τεχνικές Προτάσεις*

*Συστηματική Καταγραφή παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στις συναρτήσεις απόκρισης*

Ευχαριστούμε για την προσοχή σας

# Το μεθοδολογικό πλαίσιο του Cyprus CCRA

---

## **Βήματα:**

### 1. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Αναγνώριση των δυνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα δασικά οικοσυστήματα. Χρήση αποτελεσμάτων από ερευνητικές εργασίες, ερευνητικά προγράμματα και experts' judgment

→ Tier 1 (Συνολική) Λίστα επιπτώσεων

### 2. Συγκριτική επισκόπηση για έμμεσες επιδράσεις από άλλους τομείς

→ Εμπλουτισμός Tier 1 με έμμεσες επιπτώσεις

# Το μεθοδολογικό πλαίσιο του Cyprus CCRA

---

## **Βήματα:**

3. Ανασκόπηση των διαχειριστικών πολιτικών και δράσεων  
Πως αντιδρά ή αναμένεται να αντιδράσει η πολιτεία. Με τι επάρκεια?
  4. Κοινωνική τρωτότητα  
Ποιες ομάδες αναμένεται να πληγούν και σε ποιο βαθμό από πιθανές επιπτώσεις στις οικοσυστημικές υπηρεσίες
  5. Προσαρμοστική ικανότητα (συμπεριλαμβανομένων φορέων και οργανισμών)
- # Αναγνώριση της φυσικής ικανότητας προσαρμογής των οικοσυστημάτων



# Το μεθοδολογικό πλαίσιο του Cyprus CCRA

---

## Βήμα 6

Αναγνώριση των βασικών επιπτώσεων  
Από Tier 1 → Tier 2

Χρήση πολυκριτήριακης ανάλυσης (Multi-criteria Assessment)

$$MC_{score} = 100 \times \left( \frac{Social + Economic + Environmental}{9} \right) \times \left( \frac{Likelihood}{3} \right) \times \left( \frac{Urgency}{3} \right)$$

- Δριμύτητα (magnitude) Κοινωνικών, Οικονομικών και Περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Πιθανότητα πραγματοποίησης των επιπτώσεων
- Αναγκαιότητα (Urgency) λήψης μέτρων

**ΔΙΑΤΗΡΗΘΗΚΑΝ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕ ΣΚΟΡ>30**

# Το μεθοδολογικό πλαίσιο του Cyprus CCRA

---

## **Βήματα:**

7. Αναγνώριση και δημιουργία δεικτών επικινδυνότητας
8. Συναρτήσεις απόκρισης
9. Μεταβολές των δεικτών υπό σενάρια αλλαγής κλίματος
10. Κοινωνικό-Οικονομικές Αλλαγές:  
Πληθυσμός, Ανάγκες και Ζήτηση,  
Παγκόσμια Σταθερότητα, Κατανομή Πλούτου, Χρήσεις Γης
11. Οικονομικές Επιπτώσεις
12. Αναφορά των αποτελεσμάτων