



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΡΡΙΚΟΣ – ΜΙΧΑΗΛ Α. ΜΑΝΙΟΣ
Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΟΧΙΑΚΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙΡΟΥ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
'ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ, ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ'*

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2022





ΕΡΡΙΚΟΣ-ΜΙΧΑΗΛ Α. ΜΑΝΙΟΣ
Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΟΧΙΑΚΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών
Σπουδών 'Μετεωρολογία, Κλιματολογία και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον'

Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 01/03/2022

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Καθηγήτρια, Αναγνωστοπούλου Χριστίνα
Αναπλ. Καθηγήτρια, Τολίκα Κωνσταντία
Αναπλ Καθηγητής, Πυθαρούλης Ιωάννης

© Ερρίκος-Μιχαήλ Α. Μανιός, Γεωλόγος, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΟΧΙΑΚΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ – *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία*

© Errikos-Michail A. Manios, Geologist, 2022

All rights reserved.

EVALUATION OF SEASONAL FORECASTING OVER EUROPE – *Master Thesis*



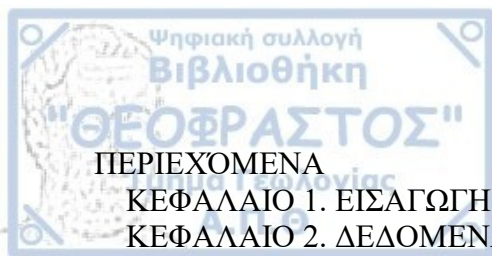
Citation:

Μανιός Ε.Μ., 2022. – Κλιματική εκτίμηση της εποχιακής πρόγνωσης καιρού στην περιοχή της Ευρώπης. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., 257 σελ.

Manios E.M., 2022. – Evaluation of seasonal forecasting over Europe. Master Thesis, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 257 pp.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



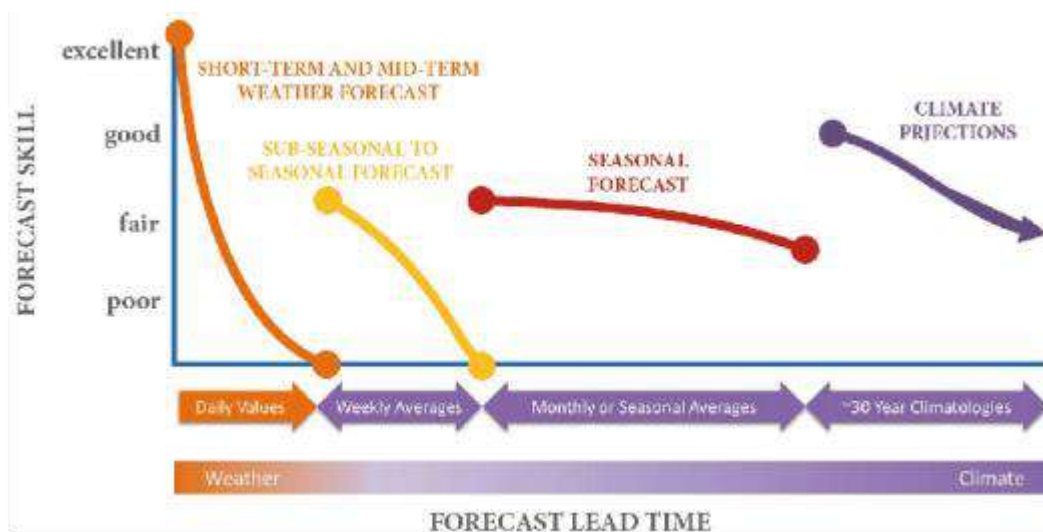
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	11
2.1 Δεδομένα.....	11
2.2 Μεθοδολογία.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	22
3.1 Στατιστική ανάλυση διαφορών προσομοιώσεων και ERA5 - Αξιολόγηση πρόγνωσης της εποχιακής μεταβολής - Θερμοκρασία	22
3.1.1. GCFS	22
3.1.2. SEAS5 (ECMWF).....	30
3.1.3. Météo-France	37
3.1.4. GloSea (UKMet)	44
3.2 Στατιστική ανάλυση διαφορών προσομοιώσεων και ERA5 - Αξιολόγηση πρόγνωσης της εποχιακής μεταβολής – Βροχόπτωση.....	51
3.2.1. GCFS	51
3.2.2. SEAS5 (ECMWF).....	58
3.2.3. Météo-France	66
3.2.4. GloSea (UKMet)	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	80
4.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΟΧΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ	80
4.1.1. Θερμοκρασία.....	80
4.1.2. Βροχόπτωση.....	88
4.2 ROC ΚΑΜΠΥΛΕΣ.....	96
4.2.1. Θερμοκρασία.....	96
4.2.2. Βροχόπτωση.....	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	111



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εποχιακή πρόγνωση χαρακτηρίζεται ως μακροπρόθεσμη. Προσδιορίζεται χρονικά, ανάμεσα στην βραχυπρόθεσμη μετεωρολογική πρόγνωση και στην μακροπρόθεσμη κλιματική εκτίμηση. Η εποχιακή πρόγνωση μπορεί να διαρκέσει από έναν έως επτά μήνες από την αρχική συνθήκη. Παράλληλα, διαφοροποιείται από την μετεωρολογική πρόγνωση ως προς την χωρική και χρονική λεπτομέρεια, αλλά και την διάρκεια αυτής. Με την πάροδο λίγων ημερών από την έναρξη της πρόγνωσης, εξαιτίας των χαοτικών συνθηκών που επικρατούν στην ατμόσφαιρα, περιορίζεται η ικανότητα ακριβούς, λεπτομερούς πρόγνωσης σε τοπική κλίμακα (Σχήμα 1.1). Συνεπώς, δημιουργείται αβεβαιότητα, η οποία είναι μια από τις δυσκολίες που συναντάται στη μακροπρόθεσμη πρόγνωση.



Σχήμα 1.1 Σχηματική απεικόνιση της ικανότητας πρόγνωσης, από την μετεωρολογική πρόγνωση στην κλιματική εκτίμηση, σε σχέση με τον χρόνο (Porras et al., 2021)

Ιστορικά, η πρώτη απόπειρα πραγματοποίησης εποχιακής πρόγνωσης καταγράφεται στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Μετά από έναν καταστροφικό λιμό στα τέλη της δεκαετίας του 1870, ξεκίνησαν οι προσπάθειες για την εποχιακή πρόγνωση της βροχόπτωσης κατά τους θερινούς μουςώνες στην περιοχή της Ινδίας. Η πρώτη εποχιακή πρόγνωση εκδόθηκε από την Ινδική Μετεωρολογική Υπηρεσία στις 4 Ιουνίου 1886, βασισμένη σε μια εμπειρική

μέθοδο του Henry Francis Blanford. Η πρόγνωση στηρίχθηκε στην παραδοχή ότι οι κλιματικές συνθήκες στις πεδινές περιοχές της βορειοδυτικής Ινδίας διαφοροποιούνται ανάλογα το πάχος και την έκταση της χιονοκάλυψης των Ιμαλαΐων (Blanford, 1884). Ο Blanford, πριν την έκδοση της πρώτης επιχειρησιακής πρόγνωσης το 1886, είχε προβεί σε πειραματικές προγνώσεις, αξιοποιώντας την παραπάνω συσχέτιση, το χρονικό διάστημα 1882-1885.

Το πολυδιάστατο πρόβλημα της πρόγνωσης, οδήγησε στην συστηματική μελέτη για την ανάπτυξη αντικειμενικών μεθόδων στον τομέα της εποχιακής πρόγνωσης (Walker, 1908). Επιπρόσθετα, η εκτενής μελέτη μετεωρολογικών παραμέτρων (ατμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία, βροχόπτωση και λοιπά) σε παγκόσμια κλίμακα από τον Walker (1910, 1914, 1923), με σκοπό την ανακάλυψη κατάλληλων δεικτών για την εποχιακή πρόγνωση, οδήγησε στην ανακάλυψη τριών, μεγάλης κλίμακας, φαινομένων ταλάντωσης της ατμοσφαιρικής πίεσης: North Atlantic Oscillation (NAO), North Pacific Oscillation (NPO) και Southern Oscillation (SO). Αξιοσημείωτο είναι ότι, για πρώτη φορά, εισήχθησαν οι έννοιες της συσχέτισης και της παλινδρόμησης, ώστε να εξαλειφθεί η υποκειμενικότητα των προγενέστερων τεχνικών εποχιακής πρόγνωσης.

Μεταγενέστερα, το SO συσχετίστηκε, από τον Jacob Bjerknes (Bjerknes, 1966, 1969), με μια ασυνήθιστη θέρμανση των επιφανειακών υδάτων, στην τροπική περιοχή του ανατολικού Ειρηνικού Ωκεανού. Το φαινόμενο αυτό, με τις αλληλένδετες διαδικασίες μεταξύ ωκεανού και ατμόσφαιρας, ονομάστηκε El Niño-Southern Oscillation (ENSO). Κατόπιν των φαινομένων El Niño της περιόδου 1972-1973 και La Niña του 1973-1974, παρατηρήθηκε ότι οι δύο διαφορετικές φάσεις του ENSO, επιφέρουν έντονες και σημαντικές διαφοροποιήσεις στο μοτίβο των κλιματικών παραμέτρων της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης σε παγκόσμια κλίμακα, ενώ ισχυρότερες μεταβολές αυτών παρατηρούνται στις τροπικές περιοχές. Ωστόσο, το φαινόμενο El Niño της περιόδου 1982-1983 και οι σχετικές κλιματικές μεταβολές τοπικής κλίμακας (Ropelewski and Halpert, 1987, Rasmusson and Carpenter, 1983) ώθησαν στο συμπέρασμα ότι το συζευγμένο (μεταξύ ωκεανού και ατμόσφαιρας) φαινόμενο ENSO αποτελεί τον καθοριστικότερο παράγοντα της παγκόσμιας ενδοετήσιας κλιματικής μεταβλητότητας (Goddard et al., 2001). Η συσχέτιση του ENSO με άλλες κλιματικές τηλεσυνδέσεις, συντέλεσε επίσης στην δημιουργία δεικτών πρόγνωσης,

καθορισμένοι από παραμέτρους συσχετισμένες με το ENSO και άλλες αργά μεταβαλλόμενες κλιματικές παραμέτρους, σε εμπειρικά και στατιστικά μοντέλα πρόγνωσης μεταβολών, μεγάλης κλίμακας, της επιφανειακής θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης σε πολλές χώρες (Barnston, 1994; Drosowsky and Chambers, 2001; Rajeevan et al., 2007; Pai et al., 2017). Αξιοσημείωτο είναι ότι τα στατιστικά μοντέλα αποτέλεσαν κριτήριο αξιολόγησης της δυνατότητας αξιοποίησης των δυναμικών μοντέλων παγκόσμιας κυκλοφορίας (GCMs) στην εποχιακή πρόγνωση.

Η αρχή της εποχιακής πρόγνωσης, με την χρήση δυναμικών μοντέλων, προσδιορίζεται χρονικά το 1956, καθώς ο Norman Phillips δημιούργησε ένα μαθηματικό μοντέλο, αποσκοπώντας στην προσομοίωση της κυκλοφορίας της τροπόσφαιρας σε μηνιαία και εποχιακή βάση (WMO, 2020). Δεκαετίες αργότερα, μετά από στοχευμένες προσπάθειες από ερευνητικές ομάδες να αναπτυχθούν μοντέλα γενικής κυκλοφορίας, επετεύχθη η πρόγνωση της μεταβλητότητας του ENSO με ένα συζευγμένο (ωκεάνιο – ατμοσφαιρικό) δυναμικό μοντέλο από τους Zebiak και Cane (1987).

Τις τελευταίες δεκαετίες, σημειώνεται χαρακτηριστική πρόοδος στην προγνωστική ικανότητα των δυναμικών μοντέλων, η οποία αποδίδεται, κατά κύριο λόγο, στην βελτιωμένη εκτίμηση των αρχικών ωκεάνιων και ατμοσφαιρικών συνθηκών, την καλύτερη παραμετροποίηση των φυσικών διεργασιών και την αύξηση της υπολογιστικής ισχύος (Bauer et al., 2015). Η προαναφερμένη πρόοδος διευκολύνθηκε από την αισθητή βελτίωση των συστημάτων παρατήρησης, την καλύτερη αντίληψη και μοντελοποίηση των διάφορων μηχανισμών που απαρτίζουν το σύστημα της Γης (Bauer et al., 2015). Η βελτιστοποίηση των μετεωρολογικών προγνώσεων και κλιματολογικών εκτιμήσεων συνοδεύτηκε και από σημαντική πρόοδο στον τομέα της μακροπρόθεσμης πρόγνωσης. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 αναπτύχθηκαν τα πρώτα δυναμικά συστήματα εποχιακής πρόγνωσης σε διάφορα επιχειρησιακά κέντρα (Ji et al., 1994, Stockdale et al., 1998). Σήμερα, τα δυναμικά συστήματα συνεισφέρουν στην μακροπρόθεσμη εποχιακή πρόγνωση και παρέχουν πληροφορίες για τις επερχόμενες κλιματικές συνθήκες σε πλανητική κλίμακα.

Τα τελευταία 120 χρόνια, συγκεκριμένα από το 1901, η μέση ετήσια, χερσαία και ωκεάνια, επιφανειακή θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί 0.7-0.9°C, ενώ ο ρυθμός αύξησης της έχει διπλασιαστεί από το 1975 στους 1.5-1.8°C σύμφωνα με τους (Blunden,

J. et al., 2018). Αποτέλεσμα της ανόδου της θερμοκρασίας είναι η αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων μετεωρολογικών και κλιματολογικών φαινομένων (όπως καύσωνες, ξηρασίες, πλημμύρες) σε διάφορες περιοχές του πλανήτη (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013). Αναπόφευκτα, η μακροπρόθεσμη κλιματική αλλαγή έχει επηρεάσει σημαντικά και την εποχιακή έως ετήσια μεταβλητότητα των συνθηκών, διαταράσσοντας την ποιότητα ζωής του κοινωνικού συνόλου (Easterling et al., 2000; Meehl and Tebaldi, 2004; Coumou and Rahmstorf, 2012). Είναι γεγονός ότι η κοινωνία ήρθε αντιμέτωπη με ακραία μετεωρολογικά και κλιματικά φαινόμενα. Ωστόσο, με αργούς ρυθμούς και την πάροδο των γενεών, επεδίωξε και πέτυχε την προσαρμογή στις νέες συνθήκες, όπως για παράδειγμα οι λαοί που ζουν σε ερημικές περιοχές, οι οποίοι τροποποίησαν την καθημερινότητα τους για να ανταπεξέλθουν στις θερμές και ξηρές ερημικές συνθήκες. Αναμφισβήτητη είναι η ανάγκη, που αναδείχθηκε από την εμπειρία των πρόσφατων ετών, η ανθρωπότητα να προλαμβάνει τους κινδύνους, ή να αναδεικνύει τις ευκαιρίες, που προκύπτουν από την προαναφερθείσα διαφοροποιημένη εποχιακή και ενδοετήσια μεταβλητότητα. Η δημιουργία, ανάπτυξη και περαιτέρω βελτίωση των συστημάτων εποχιακής πρόγνωσης παρέχει την δυνατότητα έγκαιρης, αξιόπιστης πληροφόρησης ώστε να συνεισφέρει στην λήψη αποφάσεων σε ατομικό, κοινωνικό ή σε επίπεδο φορέα διαχείρισης. Δηλαδή, σε μια υποθετική συνθήκη, κατά την οποία εκτιμάται μια επερχόμενη ξηρασία από το σύστημα εποχιακής πρόγνωσης, η έγκαιρη πληροφόρηση ενός αγρότη, του παρέχει την επιλογή μιας καλλιέργειας ανθεκτικότερης σε ξηρές συνθήκες. Αντίστοιχα, ένας φορέας διαχείρισης υδάτινων αποθεμάτων, λαμβάνοντας υπόψιν την επερχόμενη ξηρασία, δύναται να τροποποιήσει τον προγραμματισμό του.

Επίσης, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν οι τομείς, στους οποίους θα προσανατολιστεί η εφαρμογή των εποχιακών προγνώσεων και να αναδειχθεί η χρησιμότητα αυτών, προς όφελος του κοινωνικού συνόλου. (Harrison et al., 2008). Το GFCS (Global Framework for Climate Services), μια πρωτοβουλία των Ηνωμένων Εθνών, η οποία απαρτίζεται από μέλη του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας αλλά και άλλους φορείς, υποδεικνύει πέντε τομείς από την εποχιακή και ενδοετήσια κλιματική μεταβολή (WMO, 2020).

Ο πρώτος τομέας, είναι η γεωργία και η επισιτιστική ασφάλεια. Αποτελεί πολυδιάστατη πρόκληση στον 21^ο αιώνα, η ανάγκη να διαφυλαχθεί η επισιτιστική ασφάλεια από πολλές απειλές, όπως η κλιματική αλλαγή και η κλιματική μεταβλητότητα, που μπορούν να επηρεάσουν παράγοντες αυτής, όπως η προσβασιμότητα, η διαθεσιμότητα και η αξιοποίηση. Η εποχιακή πρόγνωση μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο στον προγραμματισμό αγροτικών δραστηριοτήτων και την λήψη αποφάσεων. Αξιόπιστες προγνώσεις, μειώνοντας την αβεβαιότητα της κλιματικής μεταβλητότητας, παρέχουν την δυνατότητα στους αγρότες να αποφύγουν μια καταστροφή των καλλιεργειών τους, ή να επωφεληθούν από ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες.

Αξιοσημείωτη είναι η δυνητική συνεισφορά των εποχιακών προγνώσεων στην διαχείριση φυσικών καταστροφών. Αποτελεί ζήτημα ζωτικής σημασίας, για την κοινωνία και την οικονομία, η αντιμετώπιση κινδύνων και καταστροφών που ενδέχεται να προκύψουν από ένα ακραίο μετεωρολογικό ή κλιματικό φαινόμενο. Η έγκαιρη, ακριβής και αξιόπιστη πρόγνωση ενός ακραίου φαινομένου, παρέχει την δυνατότητα να παρθούν μέτρα πρόληψης, ώστε να ανταπεξέλθει το κοινωνικό σύνολο σε δυνητικά επικίνδυνες συνθήκες.

Ευαίσθητος τομέας ως προς την κλιματική μεταβλητότητα χαρακτηρίζεται και ο τομέας της ενέργειας. Άξιος αναφοράς είναι ο περίπλοκος και πολυδιάστατος αντίκτυπος της κλιματικής μεταβλητότητας στον τομέα αυτόν, ιδιαίτερα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ένα ακραίο κλιματικό φαινόμενο μπορεί να επηρεάσει την παραγωγή ενέργειας, για παράδειγμα, μια μεγάλης διάρκειας ξηρασία δύναται να περιορίσει την λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου. Αντίστοιχα, οι εποχιακές αλλαγές σε θερμοκρασία, βροχόπτωση και η μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης εντονότερων ακραίων φαινομένων ενδέχεται να οδηγήσουν σε αύξηση των ενεργειακών αναγκών. Συνεπώς, αξιόπιστες εποχιακές προγνώσεις μπορούν να συνεισφέρουν καταλυτικά στην διαχείριση των ενεργειακών αποθεμάτων και τον σχεδιασμό της παραγωγής ενέργειας.

Επιπρόσθετα, ένας άλλος σημαντικός τομέας είναι η δημόσια υγεία. Οι εποχιακές προγνώσεις δύνανται να παρέχουν έγκαιρες προειδοποιήσεις για μια πιθανή επιδημική έξαρση. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα των προγνώσεων είναι σημαντικό να

συνδυαστεί και με επαρκή γνώση για τα περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται με παθογόνους μικροοργανισμούς.

Επίσης, κομβικής σημασίας είναι ο τομέας της διαχείρισης των υδάτινων αποθεμάτων. Τα αποθέματα αυτά, είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την βροχόπτωση και το λιώσιμο του χιονιού, την χρήση και την αποθήκευση του διαθέσιμου νερού. Η κλιματική μεταβλητότητα μπορεί να οδηγήσει σε συνθήκες μείωσης της ποσότητας των κατακρημνισμάτων, διαφοροποιήσεις στην ένταση, ακόμη και στη μορφή αυτών (βροχή ή χιόνι). Έγκυρες εποχιακές προγνώσεις μπορούν να συνδράμουν καταλυτικά σε διαδικασίες λήψης αποφάσεων σχετικά με την διαχείριση υδάτινων αποθεμάτων.

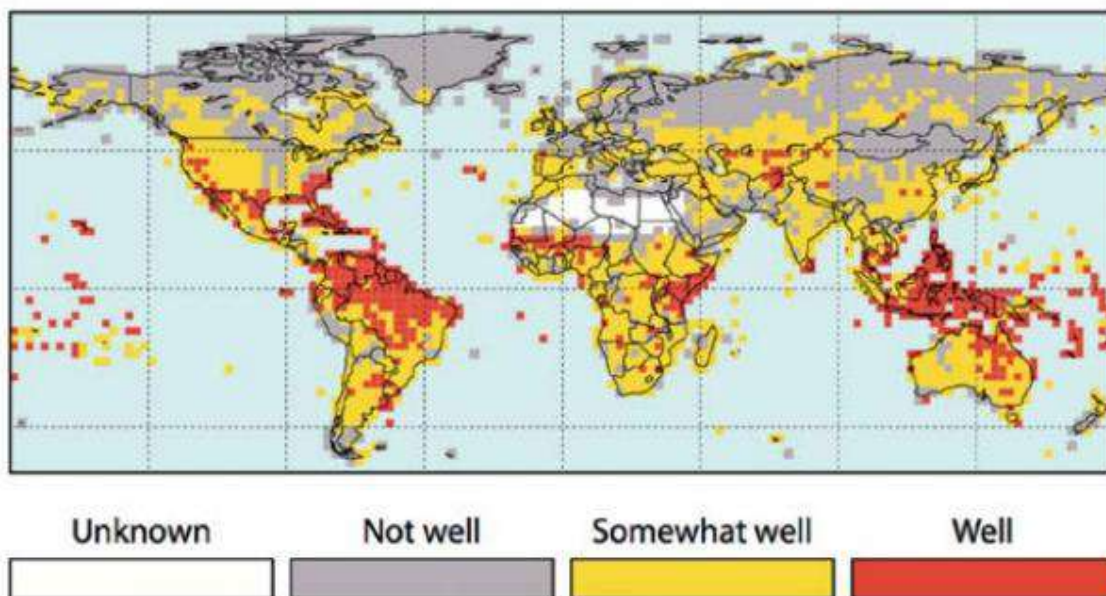
Η επιστημονική κοινότητα, αντιλαμβανόμενη την χρησιμότητα των εφαρμογών της εποχιακής πρόγνωσης και τις δυνατότητες που παρουσιάζονται, έχει στραφεί στην αξιοποίηση πόρων σε αυτόν τον κλάδο. Πολλοί επιστήμονες εκπόνησαν έρευνες σχετικές με τον τομέα της εποχιακής πρόγνωσης. Πλήθος των ερευνών αυτών πραγματεύεται την αξιοποίηση της εποχιακής πρόγνωσης προς όφελος της κοινωνίας και της οικονομίας. Αντίστοιχα, έχουν εκπονηθεί και έρευνες, με σκοπό την αξιολόγηση των συστημάτων εποχιακής πρόγνωσης, είτε με τη μελέτη της ικανότητας αυτών να παρέχουν αξιόπιστες και χρήσιμες πληροφορίες, είτε με την διερεύνηση επιλογών και κινήσεων, με στόχο την βελτίωση της προγνωστικής ικανότητας.

Στη μελέτη των Ceglar et al (2018) παρουσιάζεται τόσο η αξιολόγηση πρόγνωσης ακραίων φαινομένων ξηρασίας και καύσωνα για την παραγωγή καλαμποκιού στην Ευρώπη, αλλά και την βελτίωση της ικανότητας πρόγνωσης, με την χρήση μιας κατάλληλης αρχικοποίησης της χερσαίας επιφάνειας. Αντίστοιχα, οι Ceglar and Toreti (2021), σε μεταγενέστερη μελέτη του, προχώρησαν στην αξιολόγηση της ικανότητας και αξιοπιστίας πρόγνωσης του συστήματος ECMWF, το οποίο διαχειρίζεται το Ευρωπαϊκό Κέντρο για Μεσοπρόθεσμες Μετεωρολογικές Προγνώσεις (ECMWF), αγροκλιματικών δεικτών σχετικών με την χειμερινή καλλιέργεια σιταριού για την περιοχή της Ευρώπης. Τα ευρήματα της έρευνάς τους αναδεικνύουν την χρησιμότητα της εποχιακής πρόγνωσης στην λήψη αποφάσεων καθ' όλη την διαδικασία της χειμερινής καλλιέργειας σίτου. Παρατηρείται αξιόπιστη εκτίμηση της περιόδου ανθοφορίας του σιταριού, το οποίο είναι καθοριστικό για την λήψη αποφάσεων στην ποικιλία που θα επιλεγεί και τον σχεδιασμό των αγροτικών διαδικασιών που χρειάζονται στην καλλιέργεια αυτή. Παράλληλα,

συμπεραίνεται ότι η εποχιακή πρόγνωση υπερτερεί της κλιματικής εκτίμησης, ως προς την συνεισφορά στη λήψη αποφάσεων, ανεξάρτητα από το γεγονός της αδυναμίας της εποχιακής πρόγνωσης να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κλιματική κατάσταση μετά την ανθοφορία, λόγω του, συγκριτικά, μικρότερου χρονικού διαστήματος από την έναρξη της πρόγνωσης. Αντίστοιχα, υπάρχουν έρευνες οι οποίες υποδεικνύουν την ανάγκη να βελτιωθεί περαιτέρω η ικανότητα πρόγνωσης της απόδοσης των καλλιεργειών, ειδικά στις πιο μακροπρόθεσμες εποχιακές προγνώσεις, όπου η πρόγνωση ξεκινά μετά από διάστημα μεγαλύτερο των τριών μηνών, ώστε να δίνεται ο απαραίτητος χρόνος στους ενδιαφερόμενους να παρέμβουν καταλυτικά (Huidong et al., 2022).

Ακόλουθα, έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες για την αξιοποίηση των συστημάτων εποχιακής πρόγνωσης στον τομέα της ενέργειας, κατά κύριο λόγο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Συγκεκριμένα, οι Lee et al. (2019) διερεύνησαν την ικανότητα των συστημάτων εποχιακής πρόγνωσης να εκτιμήσουν, σε παγκόσμια κλίμακα, την ταχύτητα του ανέμου, αλλά και μεθόδους βελτίωσης της αξιοπιστίας των συστημάτων, ώστε να καθίσταται δυνατό η αξιοποίηση της εποχιακής πρόγνωσης στην παραγωγή αιολικής ενέργειας. Επιπρόσθετα, για τον ίδιο παραγωγικό τομέα, μελέτη αξιοποίησε τα συστήματα εποχιακής πρόγνωσης, υπό τη μορφή δευτερογενών δεδομένων και προϊόντων επεξεργασίας, στην εκτίμηση της παραγωγής αιολικής ενέργειας για την Ευρώπη (Lledó et al., 2019). Συμπεραίνεται από την εν λόγω έρευνα, ότι η χρήση των εποχιακών προγνώσεων είναι πιο ωφέλιμη από την κλιματική εκτίμηση σε ορισμένες περιοχές της Ευρώπης (Βόρεια Θάλασσα), ενώ ικανοποιητικές χαρακτηρίζονται οι εκτιμήσεις για προσομοιώσεις με χρονικό διάστημα 1-3 μηνών μεταξύ της έναρξης της προσομοίωσης και της έναρξης της πρόγνωσης. Επίσης, έχουν εκπονηθεί έρευνες που πραγματεύονται την χρησιμότητα της εποχιακής πρόγνωσης στην παραγωγή της ηλιακής ενέργειας. Συγκεκριμένη έρευνα πραγματεύεται τις πιθανές συνθήκες, κατά τις οποίες καθίσταται ωφέλιμη η αξιοποίηση των εποχιακών προγνώσεων στην λήψη αποφάσεων, σχετικά με την διαχείριση των φωτοβολταϊκών μονάδων. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί η βελτίωση της εκτίμησης του NAO από τα συστήματα πρόγνωσης (Scaife et al., 2014), καθώς η μεταβλητότητα της ποσότητας της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζεται από το NAO, άρα και η παραγωγή της ηλιακής ενέργειας (Pozo-Vasquez, 2004, Francois, 2016). Συνεπώς, αναμένεται περαιτέρω εφαρμογή των συστημάτων πρόγνωσης

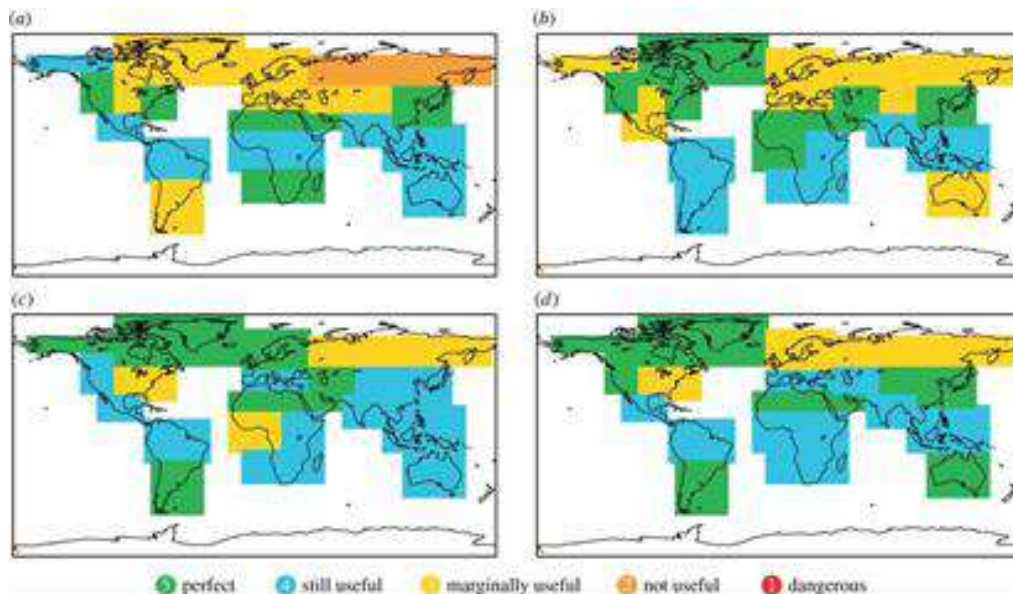
για την παραγωγή ηλιακής ενέργειας (De Felice et al., 2019). Επίσης, οι εποχιακές προγνώσεις έχουν αξιοποιηθεί και σε άλλους τομείς όπως η δημόσια υγεία. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκαν εποχιακές προγνώσεις στο εγχείρημα της δημιουργίας ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης κατά της εξάπλωσης της ελονοσίας (Kim et al., 2019). Επιπρόσθετα, έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί για την αξιολόγηση των εποχιακών προγνώσεων, με απώτερο σκοπό την εφαρμογή τους στην διαχείριση υδάτινων πόρων (Hailu Gebrechorkos and Sheffield, 2020).



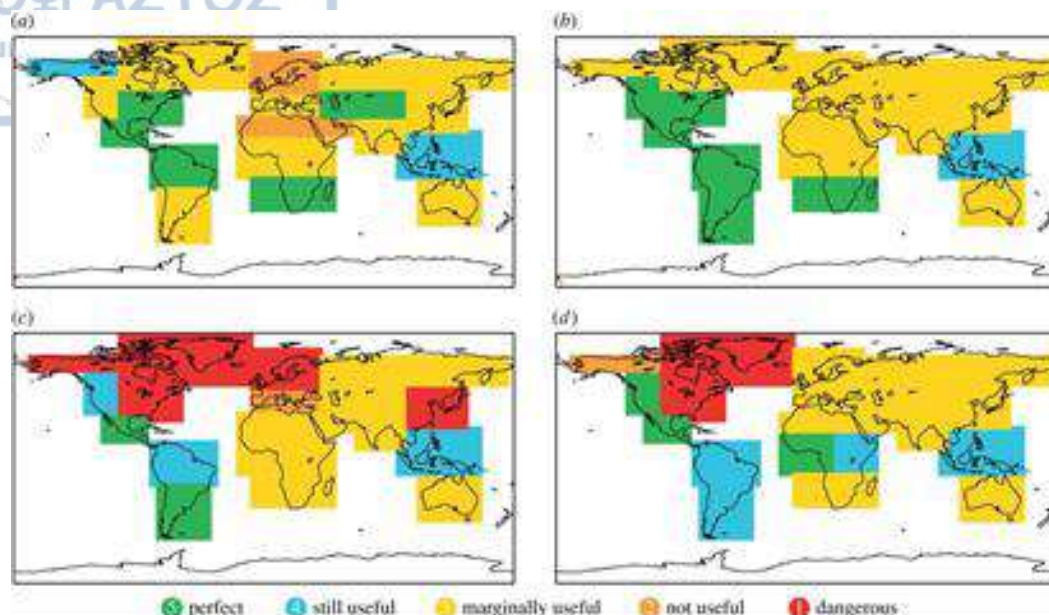
Εικόνα 1.2 Γραφική απεικόνιση της ικανότητας πρόγνωσης του εποχιακού κλίματος (Πηγή: International Research Institute for Climate and Society)

Με την πάροδο των χρόνων, η ανάπτυξη των εποχιακών προγνώσεων με την χρήση δυναμικών μοντέλων και η επιχειρησιακή εφαρμογή τους σε περισσότερους κλάδους και κοινωνικές δραστηριότητες, έχει καταστήσει αναγκαία την περαιτέρω βελτίωση της ικανότητας και αξιοπιστίας των προγνώσεων αυτών. Αποτελεί κομβικής σημασίας ζήτημα, η βαθύτερη και ουσιαστικότερη κατανόηση της αβεβαιότητας που αναπτύσσεται σε ένα δυναμικό σύστημα πρόγνωσης, καθώς και η ανάπτυξη μεθόδων για την επίλυση της αβεβαιότητας. Συνέπεια αυτού, είναι πολλές έρευνες να πραγματοποιούνται την αξιολόγηση των δυναμικών συστημάτων πρόγνωσης ως προς την ικανότητα εκτίμησης ακραίων κλιματικών φαινομένων και μηχανισμών, υπαίτιων για την ενδοετήσια κλιματική μεταβολή, όπως φαινόμενα τηλεσυνδέσεων. Οι Weisheimer και Palmer

(Weisheimer and Palmer, 2014), μελέτησαν το υπερσύγχρονο μοντέλο SEAS4. Οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η μείωση της αξιοπιστίας των προγνώσεων είναι ανάλογη της απόστασης της εξεταζόμενης περιοχής από την περιοχή που λαμβάνει χώρα το El Niño (Εικόνες 1.3 και 1.4). Παράλληλα, οι προγνώσεις της κλιματικής παραμέτρου της βροχόπτωσης παρουσίασαν μικρότερη αξιοπιστία, συγκριτικά με τη θερμοκρασία. Τα συμπεράσματα αυτά, ενισχύονται και από πορίσματα άλλων ερευνών, όπου φαίνεται ότι οι εποχιακές προγνώσεις αδυνατούν να προσομοιώσουν την παγκόσμια κυκλοφορία (Beverley et al., 2019) και υποδεικνύουν τις δυνατότητες εξέλιξης και βελτίωσης των δυναμικών συστημάτων εποχιακής πρόγνωσης. Σύμφωνα με τους Weisheimer και Palmer (2014), η βελτίωση της χωρικής ανάλυσης μπορεί να αποδώσει ρεαλιστικότερα την τοπογραφία και να παρέχει καλύτερη αναπαράσταση των κυμάτων Rossby. Αντίστοιχα, η βελτίωση της αξιοπιστίας μπορεί να επιτευχθεί με την καλύτερη παραμετροποίηση των υπολοίπων παραγόντων, όπως της χερσαίας επιφάνειας (Weisheimer et al., 2011).



Εικόνα 1.3 Αξιοπιστία του συστήματος εποχιακής πρόγνωσης SEAS4 για την παράμετρο της θερμοκρασίας επιφάνειας (a) Ψυχρό DJF, (b) Θερμό DJF, (c) Ψυχρό (JJA) και (d) Θερμό (JJA) (Weisheimer and Palmer, 2014).



Εικόνα 1.4 Αξιοπιστία του συστήματος εποχιακής πρόγνωσης SEAS4 για την παράμετρο της βροχόπτωσης (α) Ξηρό DJF, (β) Υγρό DJF, (γ) Ξηρό (JJA) και (δ) Υγρό (JJA) (Weisheimer and Palmer, 2014).

Άξια αναφοράς είναι η μελέτη της χειμερινής περιόδου 2019-2020, για το βόρειο ημισφαίριο με την αξιοποίηση των εποχιακών προγνώσεων. Κατά τον χειμώνα αυτόν, παρατηρήθηκε ισχυρός στρατοσφαιρικός πολικός στροβιλισμός και θετικό AO (Arctic Oscillation). Η πλειονότητα των συστημάτων πρόγνωσης παρουσίασαν αξιόπιστη εκτίμηση αυτής της ιδιότυπης κλιματικής μεταβλητότητας. Επίσης, πάρα τις μεγάλες διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των συστημάτων πρόγνωσης, οι μέσοι όροι των τιμών όλων των μοντέλων, παρουσίασαν καλή ικανότητα πρόγνωσης. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε ότι τα μέλη του ensemble των συστημάτων πρόγνωσης που εκτίμησαν μεγαλύτερες τιμές στρατοσφαιρικού πολικού στροβιλισμού, αντίστοιχα εκτίμησαν ορθά και το AO. Συνεπώς, η σωστή προσομοίωση του αρκετά δυνατού πολικού στροβιλισμού συνέβαλε στις ακριβείς προγνώσεις επιφανειακής κυκλοφορίας μεγάλης κλίμακας (Lee et al., 2020).

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση τεσσάρων συστημάτων εποχιακής πρόγνωσης που συμμετέχουν στο C3S (Copernicus Climate Change Services), σε σύγκριση με πραγματικές τιμές, όπως αυτές αποδίδονται από τα δεδομένα reanalysis ERA5, για τις κλιματικές παραμέτρους της θερμοκρασίας επιφάνειας και της βροχόπτωσης στην Ευρώπη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Δεδομένα

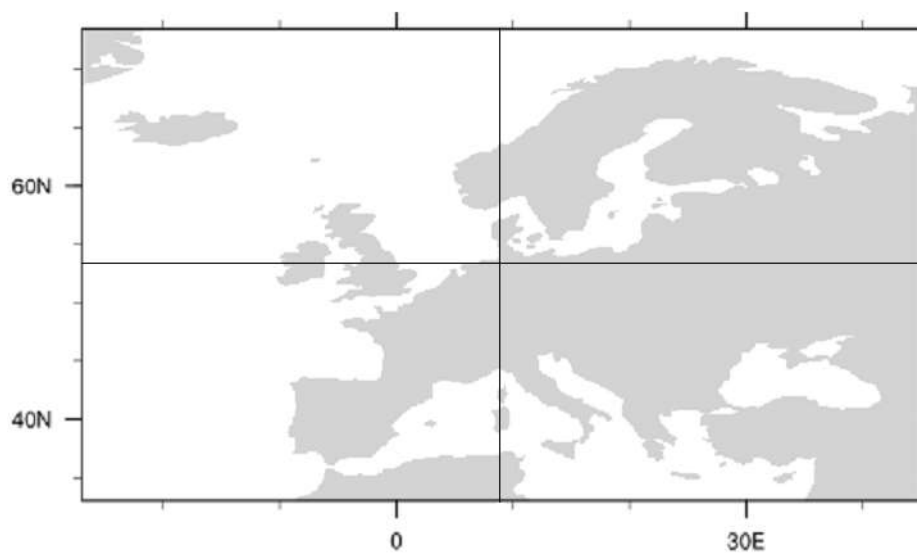
Για την επίτευξη των στόχων της παρούσας μελέτης, αξιοποιήθηκαν τα προσομοιωμένα μεσοποιημένα μηνιαία δεδομένα από τέσσερα (4) συστήματα εποχιακής πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Météo-France, UKMet.), τα οποία διατίθενται σε οριζόντια χωρική ανάλυση $1 \times 1^\circ$ την χρονική περίοδο 2018-2021, κατά την οποία υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα από την επιχειρησιακή τους λειτουργία. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν τα μέσα μηνιαία δεδομένα reanalysis ERA5 -οριζόντια χωρική ανάλυση 0.25° - των κλιματικών παραμέτρων της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, όπως παρέχονται από την βάση δεδομένων C3S (Copernicus Climate Change Service) για το χρονικό διάστημα 2002-2021. Η εξεταζόμενη περιοχή αποτελείται από την ευρωπαϊκή ήπειρο, ενιαία αλλά και διαιρεμένη σε τέσσερις (4) υποπεριοχές, όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.1).

Τα τέσσερα συστήματα πρόγνωσης, των οποίων τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

GCFS

Η Γερμανική Μετεωρολογική Υπηρεσία (DWD), το Max Planck Institute for Meteorology και το Center for Earth System Research and Sustainability (CEN) συνεισφέρουν από κοινού στην λειτουργία του GCFS. Το συγκεκριμένο σύστημα πρόγνωσης βασίζεται στο μοντέλο (MPI-ESM) του Max Planck Institute for Meteorology. Κατά την εξεταζόμενη χρονική περίοδο, το GCFS λειτούργησε σε δύο

διαφορετικές εκδόσεις (GCFS 2.0 και GCFS 2.1). Το GCFS 2.0 είναι ένα συζευγμένο σύστημα πρόγνωσης με συχνότητα σύζευξης μίας ώρας. Χρησιμοποιεί το ατμοσφαιρικό μοντέλο ECHAM 6.3.04 και το μοντέλο JSBACH, για την προσομοίωση της ξηράς. Το ωκεάνιο μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το MPIOM 1.6.3, με αντίστοιχη ανάλυση λειτουργούν οι παραμετροποιήσεις της θαλάσσιας παγοκάλυψης και της θερμοδυναμικής, που αξιοποιούνται στο σύστημα πρόγνωσης. (Baehr et al. 2015). Στην έκδοση 2.1 το GCFS λειτουργεί με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με μια μικρή διαφοροποίηση ως προς την αρχικοποίηση των συνθηκών της ατμόσφαιρας.



Σχήμα 2. 1 Η περιοχή μελέτης και η διαίρεσή της σε τέσσερις υποπεριοχές (βορειοανατολική, βορειοδυτική, νοτιοανατολική, νοτιοδυτική)

ECMWF

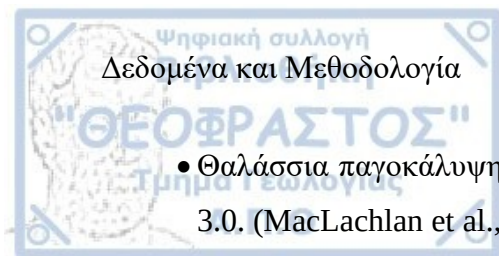
Το σύστημα πρόγνωσης ECMWF αναπτύχθηκε από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Μετεωρολογικών Προγνώσεων (ECMWF). Οι παραμετροποιήσεις του εν λόγω συστήματος πρόγνωσης, το οποίο πραγματοποιεί σύζευξη κάθε μία ώρα, είναι για την προσομοίωση της ατμόσφαιρας και της ξηράς το μοντέλο IFS Cycle 43r1, το ωκεάνιο μοντέλο NEMO v3.4 και το μοντέλο θαλάσσιας παγοκάλυψης LIM2 (Johnson et al., 2019).

Το σύστημα πρόγνωσης Météo-France δημιουργήθηκε από την Γαλλική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Κατά την χρονική περίοδο που πραγματεύεται η παρούσα μελέτη, το εν λόγω σύστημα πρόγνωσης λειτούργησε σε τέσσερις διαφορετικές εκδόσεις (Météo-France System 5-6-7-8). Το Météo-France System 5 είναι συζευγμένο σε ημερήσια συχνότητα σύζευξης. Αποτελείται από το ατμοσφαιρικό μοντέλο ARPEGE v6.1, το μοντέλο αναπαράστασης ξηράς SURFEX 7.3, το ωκεάνιο μοντέλο NEMO v3.2 και το GELATO v5 μοντέλο θαλάσσιου πάγου. Αντίστοιχα, το Météo-France System 6 λειτουργεί με συχνότητα σύζευξης κάθε τρεις ώρες και διαμορφώνεται από το ατμοσφαιρικό μοντέλο ARPEGE v6.2, το χερσαίο μοντέλο SURFEX 8.1, το ωκεάνιο μοντέλο NEMO v3.4 και το μοντέλο θαλάσσιου πάγου GELATO v6. Κατά την επόμενη έκδοση (System 7), το σύστημα πρόγνωσης είναι συζευγμένο με ωριαία συχνότητα σύζευξης και συμπεριλαμβάνει το ατμοσφαιρικό μοντέλο ARPEGE v6.4, τα ίδια μοντέλα ξηράς και θαλάσσιου πάγου με την προηγούμενη έκδοση και το ωκεάνιο μοντέλο NEMO v3.6. Στην πιο πρόσφατη έκδοση του (System 8), το εν λόγω σύστημα πρόγνωσης αποτελείται από τα ίδια μοντέλα με την προηγούμενη έκδοση του, με εξαίρεση το μοντέλο ξηράς (SURFEX 8), αλλά με διαφοροποιήσεις ως προς την αρχικοποίηση του για την ατμόσφαιρα, την ξηρά, την υγρασία του εδάφους και το χιόνι. (Batté et al., 2021)

UKMet

Το σύστημα πρόγνωσης UKMet δημιουργήθηκε από την Μετεωρολογική Υπηρεσία του Ηνωμένου Βασιλείου (UK MetOffice). Κατά την περίοδο αναφοράς της παρούσας μελέτης, το UKMet λειτούργησε στις εκδόσεις UKMet5 και UKMet6, πραγματοποιώντας συζεύξεις σε ωριαία βάση. Στην προτελευταία έκδοση του, χρησιμοποιήθηκε η έκδοση του συζευγμένου μοντέλου HadGEM3, η οποία αποτελείται από τις εξής παραμετροποιήσεις:

- Ατμόσφαιρα: MetUM, Global Atmosphere 3.0
- Ξηρά: Joint UK Land Environment Simulator (JULES), Global Land 3.0
- Ωκεανός: NEMO, Global Ocean 3.0



- Θαλάσσια παγοκάλυψη: The Los Alamos Sea Ice Model (CICE), Global Sea-Ice 3.0. (MacLachlan et al., 2015)

Αντίστοιχα, η τελευταία έκδοση του συστήματος πρόγνωσης (UKMet6) χρησιμοποιεί τις εξής παραμετροποιήσεις:

- Ατμόσφαιρα: Met Office Unified Model (UM) – Global Atmosphere 7.2
- Ξηρά: Joint UK Land Environment Simulator (JULES), Global Land 8.0
- Ωκεανός: NEMO v3.6, Global Ocean 6.0
- Θαλάσσια παγοκάλυψη: CICE v5.1.2, Global Sea-Ice 8.1 ([Description of HadGEM3-GC3.2-v20200929 C3S contribution - Copernicus Knowledge Base - ECMWF Confluence Wiki](#))

ERA5

Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Μετεωρολογικών Προγνώσεων (ECMWF), στο πλαίσιο του C3S (Copernicus Climate Change Service), παράγει τα δεδομένα reanalysis ERA5. Η βάση δεδομένων ERA5 ξεκίνησε να λειτουργεί το 2016 και βασίζεται στο προγνωστικό σύστημα (IFS) Cy41r2, το οποίο λειτουργούσε επιχειρησιακά εκείνο το χρονικό διάστημα. Διατίθενται δεδομένα με οριζόντια χωρική ανάλυση 31 χιλιομέτρων ($\sim 0,25^\circ$), κατακόρυφη χωρική ανάλυση 137 επιπέδων με ανώτερο ατμοσφαιρικό στρώμα στο 1 Pa. Πρόκειται για σαφώς βελτιωμένη χωρική ανάλυση σε σχέση με τον προκάτοχό του (ERA-Interim), που τα δεδομένα παρέχονταν με 79 χιλιόμετρα οριζόντια και κατακόρυφα σε 60 επίπεδα, με ανώτερο στρώμα στα 10 Pa. Επίσης, η εξαγωγή δεδομένων σε ωριαία βάση, ενώ προγενέστερα η συχνότητα κυμαινόταν από τρεις ώρες, για δεδομένα πρόγνωσης, έως έξι ώρες, για δεδομένα αναλύσεων (Hersbach et al., 2020).

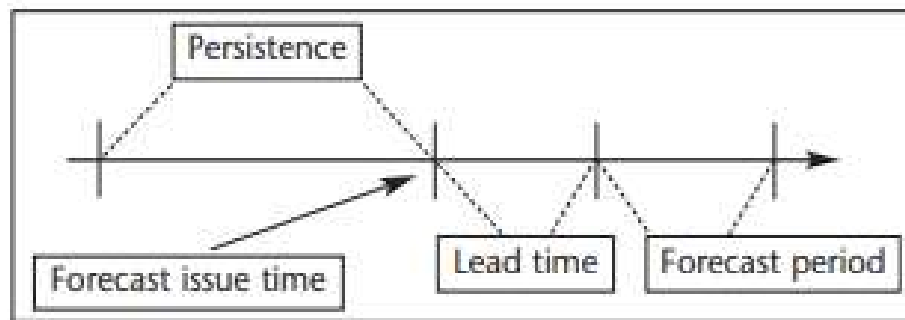
Τις τελευταίες δεκαετίες, σε μια ευρύτερη προσπάθεια να ποσοτικοποιηθεί η επίδραση των λαθών που προκύπτουν από την αβεβαιότητα στις αρχικές συνθήκες και τις ελλείψεις των μοντέλων, έχει καθιερωθεί η χρήση προσομοιώσεων που χαρακτηρίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία ως «ensemble». Εν προκειμένω, τα συστήματα πρόγνωσης παράγουν ένα σύνολο, ελάχιστα διαφοροποιημένων, προσομοιώσεων για την ίδια πρόγνωση. Συνεπώς, τα δεδομένα εξόδου των

προαναφερμένων συστημάτων δεν αποτελούν μια και μοναδική επίλυση (solution), αλλά ένα σύνολο επιλύσεων. Δεδομένου ότι όλες οι προσομοιώσεις είναι της ίδιας σημασίας, προκύπτει μια κατανομή αποτελεσμάτων, υποδεικνύοντας μια πιο στοχαστική προσέγγιση στην πρόγνωση, σε σύγκριση με την ντετερμινιστική προσέγγιση της μιας επίλυσης. Στο πλαίσιο της στοχαστικής προσέγγισης στην εποχιακή πρόγνωση, έχουν δημιουργηθεί από την επιστημονική κοινότητα διάφορες τεχνικές ανάπτυξης των μελών του συστήματος πρόγνωσης, ώστε να λαμβάνεται υπόψιν η αβεβαιότητα των μοντέλων στις αρχικές συνθήκες. Στα συστήματα πρόγνωσης, των οποίων τα δεδομένα χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη, συναντώνται δυο διαφορετικές τεχνικές. Κατά την πρώτη τεχνική, επονομαζόμενη διεθνώς ως «burst», όλα τα μέλη ξεκινούν την προσομοίωση από την ίδια ημερομηνία έναρξης, με ελαφρά διαφοροποιημένες αρχικές συνθήκες. Κατά την δεύτερη τεχνική, διεθνώς αναφερόμενη ως «lagged», διαφοροποιείται η ημερομηνία έναρξης των μελών (Seasonal forecasts and the Copernicus Climate Change Service - Copernicus Knowledge Base - ECMWF Confluence Wiki).

Με την τεχνική «burst» έχουν δομηθεί τα συστήματα πρόγνωσης GCFS, ECMWF και Météo-France. Οι προσομοιώσεις του GCFS αποτελούνται από 50 μέλη, ενώ αυτές των συστημάτων πρόγνωσης ECMWF και Météo-France αποτελούνται από 51 μέλη. Αντίθετα, το UKMet έχει αναπτυχθεί με την τεχνική «lagged», όπου κάθε ημέρα συγκεκριμένος αριθμός μελών του «ensemble» ξεκινά την προσομοίωση. Κατά την περίοδο αναφοράς που εξετάζεται στην παρούσα μελέτη, ο αριθμός των μελών κυμαίνεται από 50 έως 62.

Σε αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να αποσαφηνιστούν όροι που συναντώνται συχνά στην εποχιακή πρόγνωση. Δεν υπάρχει, μέχρι στιγμής, καθολικά αποδεκτός ορισμός των εννοιών lead time και περίοδος πρόγνωσης (forecast period). Κατά την παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται οι έννοιες, όπως προσδιορίζονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (WMO) στο εγχειρίδιο «Standardized Verification System for Long Range Forecasts» και σχηματικά αποδίδονται παρακάτω (Σχήμα 2.2). Ως περίοδος πρόγνωσης ορίζεται το χρονικό διάστημα, κατά το οποίο, η πρόγνωση είναι έγκυρη. Για παράδειγμα, η πρόγνωση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του μήνα Ιουλίου παρουσιάζει περίοδο πρόγνωσης 30 ημερών. Το lead time αναφέρεται στο χρονικό

διάστημα μεταξύ της έναρξης της προσομοίωσης του συστήματος πρόγνωσης και την αρχή της περιόδου πρόγνωσης. Το εύρος των τιμών του lead time για τα συστήματα πρόγνωσης κυμαίνεται από 1-6 μήνες. Για την επίτευξη των στόχων της παρούσας μελέτης, αξιοποιήθηκαν δεδομένα των συστημάτων πρόγνωσης, όπως παρέχονται από την βάση δεδομένων Κοπέρνικος (Copernicus Climate Change Service) με lead time της τάξεως των δύο, τεσσάρων και έξι μηνών.



Σχήμα 2. 2 Σχηματική απεικόνιση της περιόδου πρόγνωσης, lead time, της εμμονής και της έναρξης της πρόγνωσης

Ο όρος «Forecast issue time» αντιπροσωπεύει την χρονική στιγμή της έναρξης της προσομοίωσης. Ως εμμονή (persistence) μιας δεδομένης κλιματικής παραμέτρου, ορίζεται μια επίμονη ανωμαλία, η οποία παρατηρείται για χρονικό διάστημα ίσο με την περίοδο πρόγνωσης και ακριβώς πριν από την έναρξη της προσομοίωσης.

Πίνακας 2. 1 Τα χαρακτηριστικά των συστημάτων πρόγνωσης.

Σύστημα Πρόγνωσης	Οργανισμός	Ατμοσφαιρικό Μοντέλο	Μοντέλο Χερσαίας Επιφάνειας	Ωκεάνιο Μοντέλο	Μοντέλο Θαλάσσιου Πάγου
GCFS	Deutscher Wetterdienst, Center for Earth System Research and Sustainability, Max Planck Institute for Meteorology	ECHAM 6.3.05 T127(100 km – Gaussian)	JSBACH 3.20 T127(100 km – Gaussian)	MPIOM 1.6.3 TP04(0.4° – tripolar)	Thermodynamics and sea ice dynamics TP04(0.4° – tripolar)
ECMWF	European Center for Medium Range and Weather Forecast	IFS Cycle 43r1 Dynamics: T _{CO} 319 cubic octahedral grid Physics: O320 Gaussian grid (36 km)	IFS Cycle 43r1 Dynamics: T _{CO} 319 cubic octahedral grid Physics: O320 Gaussian grid (36 km)	NEMO v3.4 ORCA 0.25	LIM2 ORCA 0.25
Météo-France (System 8)	Météo France	ARPEGE v6.4 TL359; 0.5° reduced Gauss grid	SURFEX v8 TL359; 0.5° reduced Gauss grid	NEMO v3.6 0.25° ORCA grid	GELATO v6 0.25° ORCA grid
UKMet	UK Met Office	Met Office Unified Model (UM) - Global Atmosphere 7.2 N216: 0.83 degrees x 0.56 degrees (approx 60km in mid-latitudes)	Joint UK Land Environment Simulator (JULES) - Global Land 8.0 N216: 0.83 degrees x 0.56 degrees (approx 60km in mid-latitudes)	NEMO v3.6 - Global Ocean 6.0 ORCA 0.25	CICE v5.1.2 - Global Sea-Ice 8.1 ORCA 0.25

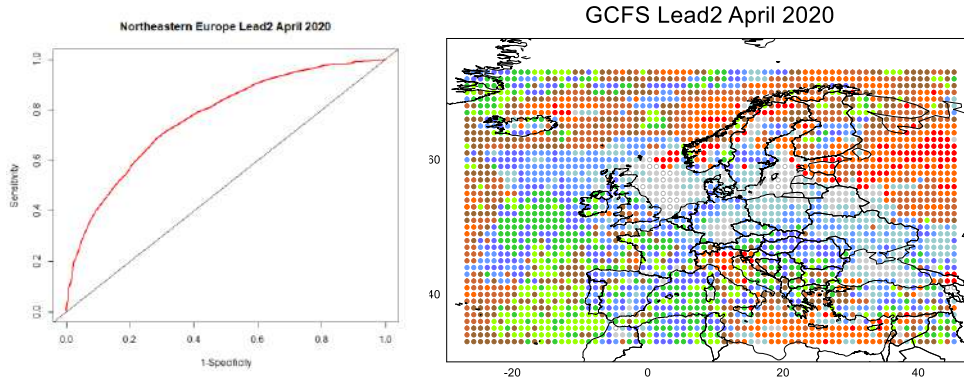
Αρχικά πραγματοποιήθηκε η μεσοποίηση των δεδομένων εξόδου των συστημάτων πρόγνωσης, διακριτά για τα lead time (2-4-6), σε εποχιακή βάση, σε κάθε έτος της περιόδου αναφοράς (2018-2021), για τις κλιματικές παραμέτρους της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε διγραμμική παρεμβολή στα δεδομένα reanalysis ώστε να αλλάξει η χωρική ανάλυση του πλέγματος τους από $0.25 \times 0.25^\circ$ σε $1 \times 1^\circ$ για να επιτευχθεί η σύγκριση με τα δεδομένα των συστημάτων πρόγνωσης.

Από την επεξεργασία των μεσοποιημένων δεδομένων των προσομοιώσεων και των δεδομένων reanalysis, δημιουργήθηκαν οι χάρτες διαφορών και τα διαγράμματα διασποράς για τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και την μηνιαία βροχόπτωση, σε εποχιακή βάση, για κάθε έτος της περιόδου αναφοράς. Ο έλεγχος της στατιστικής σημαντικότητας των διαφορών πραγματοποιήθηκε για στάθμη σημαντικότητας 95%, ενώ η τιμή z πάνω από την οποία χαρακτηρίζεται στατιστικά σημαντική η διαφορά, για στάθμη σημαντικότητας 95%, είναι 1.960. Επίσης, σε κάποια από τα διαγράμματα διασποράς, διαφοροποιείται η βαθμονόμηση των αξόνων. Στη συνέχεια, εμβαθύνοντας στην στατιστική ανάλυση των διαφορών των μεσοποιημένων τιμών των προσομοιώσεων και των πραγματικών δεδομένων, δημιουργήθηκαν πίνακες με τους υπολογισμούς των στατιστικών παραμέτρων της διαμέσου, των ακραίων τιμών (μέγιστη και ελάχιστη) και του ενδοτεταρτημοριακού εύρους για κάθε μια από τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης, όπως παρουσιάζονται σε προηγούμενη ενότητα.

Ως εδώ συνοψίζεται η ντετερμινιστική προσέγγιση στην αξιολόγηση των συστημάτων πρόγνωσης που πραγματεύεται η παρούσα διατριβή, με τις συγκρίσεις των μεσοποιημένων τιμών των προσομοιώσεων και των δεδομένων reanalysis. Ακολούθως παρατίθενται οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν, για την στοχαστική προσέγγιση, στην αξιολόγηση των συστημάτων πρόγνωσης.

Καταρχάς, υπολογίσθηκε από τα δεδομένα ERA5 της χρονικής περιόδου 2002-21 το κλιματικό μέσο για τις παραμέτρους της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης σε κάθε σημείο πλέγματος της εξεταζόμενης περιοχής. Για το χρονικό διάστημα 2019-2021 βρέθηκε σε κάθε σημείο πλέγματος, σε εποχιακή βάση κάθε έτους, η μεταβολή των

πραγματικών τιμών μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας και μηνιαίας βροχόπτωσης ως προς τη μέση κλιματική κατάσταση. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε, για τα lead time 2-4-6, το πλήθος των μελών του ensemble όλων των εξεταζόμενων συστημάτων πρόγνωσης, το οποίο προσομοιάζει σωστά την μεταβολή της πραγματικής τιμής των κλιματικών παραμέτρων, σε κάθε σημείο πλέγματος και το οποίο αποδίδεται σχηματικά με την χρήση χαρτών βαθμονομημένης ταξινόμησης (classed post maps) (Σχήμα 2.3) για την περιοχή της Ευρώπης. Ως σωστή εκτίμηση της εποχιακής μεταβολής της εκάστοτε παραμέτρου χαρακτηρίζεται όταν η πραγματική τιμή και η προσομοίωση, βρίσκονται αμφότερες, κάτω ή πάνω από το όριο (threshold) της κλιματικής διαμέσου. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η μέθοδος των ROC καμπυλών για την αξιολόγηση των προσομοιώσεων των συστημάτων πρόγνωσης ως προς την μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας και της μηνιαίας βροχόπτωσης, σε σύγκριση με την μέση κλιματική κατάσταση, στις τέσσερις υποπεριοχές, όπως διαιρέθηκε η περιοχή μελέτης.



Σχήμα 2.3 Διάγραμμα ROC καμπύλης (αριστερά) και χάρτης βαθμονομημένης ταξινόμησης (δεξιά) που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των συστημάτων πρόγνωσης

Οι καμπύλες λειτουργικού χαρακτηριστικού δείκτη – ROC (Receiver Operating Characteristic curve) (Σχήμα 2.3) αποτελούν ένα στατιστικό εργαλείο αξιολόγησης, με εφαρμογή σε πολλούς κλάδους της επιστήμης. Ως δημιουργοί των ROC καμπυλών αναγνωρίζονται Peterson and Birdsall (1954), προτείνοντας τις καμπύλες ως έναν ποιοτικό έλεγχο για την ικανότητα λήψης μηνυμάτων από έναν δέκτη. Επίσης, οι ROC καμπύλες χρησιμοποιούνται και στον Ιατρικό κλάδο ως εργαλείο καθοριστικό για τη λήψη αποφάσεων (Lusted 1971). Πέρα από τον τομέα της Ιατρικής, οι ROC καμπύλες εφαρμόζονται και στον κλάδο της πληροφορικής για την ανάπτυξη και αξιολόγηση

αλγορίθμων (Spackman 1989). Επιπλέον, ενδείκνυται η χρήση των καμπυλών για τον προσδιορισμό της αξιοπιστίας ενός ελεγκτικού μηχανισμού για τον διαχωρισμό προβληματικών και φυσιολογικών καταστάσεων (Metz, 1978; Zweig & Campbell 1993). Συνοπτικά, οι ROC καμπύλες είναι μια μέθοδος χρήσιμη στην δυαδική κατηγοριοποίηση ενός δείγματος. Ένα μέτρο της διαγνωστικής ακρίβειας είναι η περιοχή κάτω από την καμπύλη, καθώς η αξιοπιστία είναι ανάλογη του εμβαδού κάτω από την καμπύλη.

Για την αξιολόγηση των στοχαστικών εποχιακών ή κλιματικών προγνώσεων, οι ROC καμπύλες εφαρμόστηκαν, όπως προτείνει ο παγκόσμιος οργανισμός μετεωρολογίας (WMO, 1992), με την χρήση πίνακα (Πίνακας 2.2), όπου πραγματοποιήθηκε κατηγοριοποίηση ως προς τον αριθμό των μελών του ensemble.

Πίνακας 2. 2 Πίνακας ενδεχομένων για πιθανολογικές προβλέψεις δυαδικών συμβάντων (ROC).

<i>Bin number</i>	<i>Member distribution</i>	<i>Observed occurrences</i>	<i>Observed non-occurrences</i>
1	$F = 0, NF = M$	O_1	NO_1
2	$F = 1, NF = M-1$	O_2	NO_2
3	$F = 2, NF = M-2$	O_3	NO_3
...		...	...
n	$F = n-1, NF = M-n+1$	O_n	NO_n
...		...	...
N	$F = M, NF = 0$	O_N	NO_N

Η πρώτη στήλη είναι ο αύξων αριθμός των κατηγοριών και ισούται με τον αριθμό των μελών του ensemble συν ένα (καθώς η πρώτη γραμμή αντιπροσωπεύει τον μηδενικό αριθμό εύστοχων προσομοιώσεων). Η δεύτερη στήλη αποτελείται από την κατανομή των μελών του ensemble, όπου F είναι ο αριθμός των μελών που προέβλεψε την πραγματοποίηση ενός γεγονότος, NF είναι ο αριθμός των μελών που προέβλεψε την μη πραγματοποίηση ενός γεγονότος. Η τρίτη στήλη (O_n) προσδιορίζει τον αριθμό των περιπτώσεων όπου ένα γεγονός, που είχε προβλεφθεί από n αριθμό μελών, συνέβη και η τέταρτη στήλη (NO_n) αντίστοιχα τον αριθμό των περιπτώσεων, τις οποίες το γεγονός δεν έλαβε χώρα. Στη συνέχεια για κάθε κατηγορία (πρώτη στήλη) πραγματοποιείται ο υπολογισμός των δεικτών για τις εύστοχες και τις άστοχες προσομοιώσεις, όπως φαίνεται στις παρακάτω εξισώσεις. Στην συνέχεια, από τις δύο στήλες που προέκυψαν (hit rate

(HR) και false alarm rate FAR), σχηματίζεται η ROC καμπύλη, όπου το HR βρίσκεται στον κατακόρυφο άξονα και FAR στον οριζόντιο.

$$HR_n = \left(\sum_{i=n}^N O_i \right) / \left(\sum_{i=1}^N O_i \right)$$

$$FAR_n = \left(\sum_{i=n}^N NO_i \right) / \left(\sum_{i=1}^N NO_i \right)$$

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να αποσαφηνιστεί το εξής: Για τους σκοπούς της παρούσας διατριβής, κατά την οποία αξιολογούνται συστήματα εποχιακής πρόγνωσης, επιλέχθηκαν συγκεκριμένοι μήνες, αντιπροσωπευτικοί της εποχής τους (Ιανουάριος – χειμώνας, Απρίλιος-άνοιξη, Ιούλιος-καλοκαίρι, Οκτώβριος-Φθινόπωρο), στο πλαίσιο της διερεύνησης της επίδρασης που μπορεί να επιφέρει η διαφοροποίηση του Lead time στην πρόγνωση.

Επίσης, στα σχήματα που εμπεριέχονται στην παρούσα διατριβή, προς διευκόλυνση της ανάγνωσης αυτών, τα συστήματα πρόγνωσης προσδιορίζονται ως εξής:

Σύστημα πρόγνωσης	Αναφορά
GCFS	GCFS
ECMWF	ECMWF
Météo-France	Météo-France
UKMet	UKMet

3.1 Στατιστική ανάλυση διαφορών προσομοιώσεων και ERA5 - Αξιολόγηση πρόγνωσης της εποχιακής μεταβολής - Θερμοκρασία

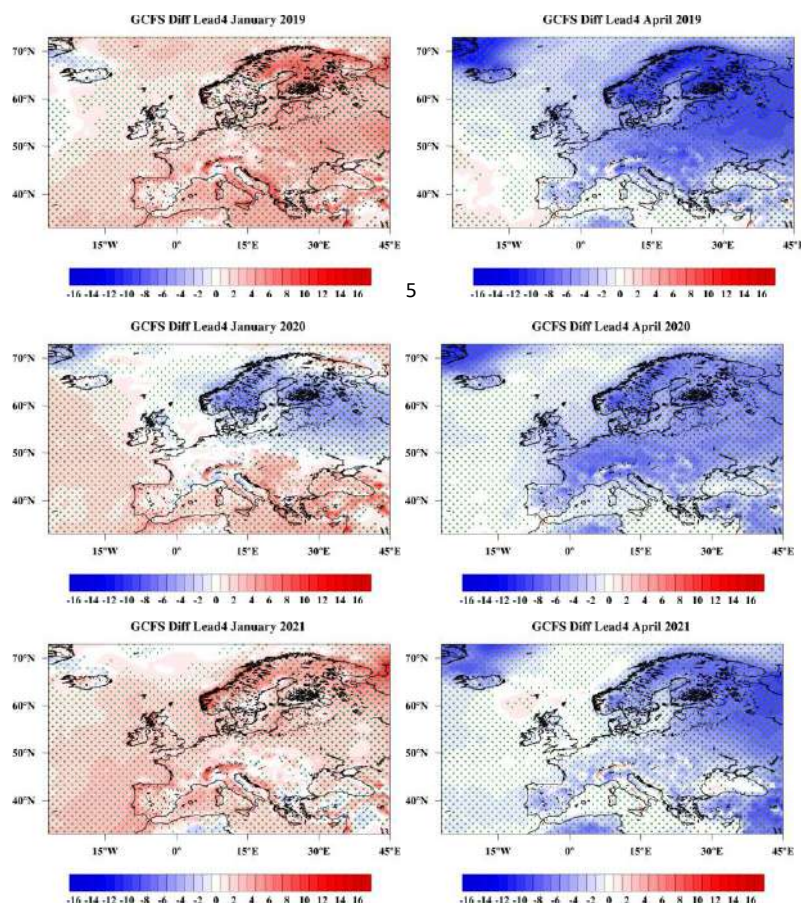
Τα αποτελέσματα των επεξεργασιών, που πραγματοποιήθηκαν στα δεδομένα των συστημάτων εποχιακής πρόγνωσης και τα δεδομένα από την βάση reanalysis, παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο. Η περιγραφή των αποτελεσμάτων πραγματοποιείται διακριτά για κάθε υπό εξέταση κλιματική παράμετρο και κάθε σύστημα εποχιακής πρόγνωσης.

3.1.1. GCFS

Η σύγκριση μεταξύ των μεσοποιημένων τιμών μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του συστήματος πρόγνωσης GCFS και της βάσης reanalysis ERA5 παρουσιάζεται στους χάρτες διαφορών, όπως αυτοί παρατίθενται στο Σχήμα 3.1 και στα Σχήματα Π.1-5. Συγκεκριμένα, στους χάρτες απεικονίζονται οι διαφορές των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για την Ευρώπη, κατ' έτος, και για τους επιλεγμένους αντιπροσωπευτικούς μήνες για κάθε εποχή. Ο κάθε χάρτης παρουσιάζει τη πρόγνωση με το αντίστοιχο lead-time (2, 4, 6).

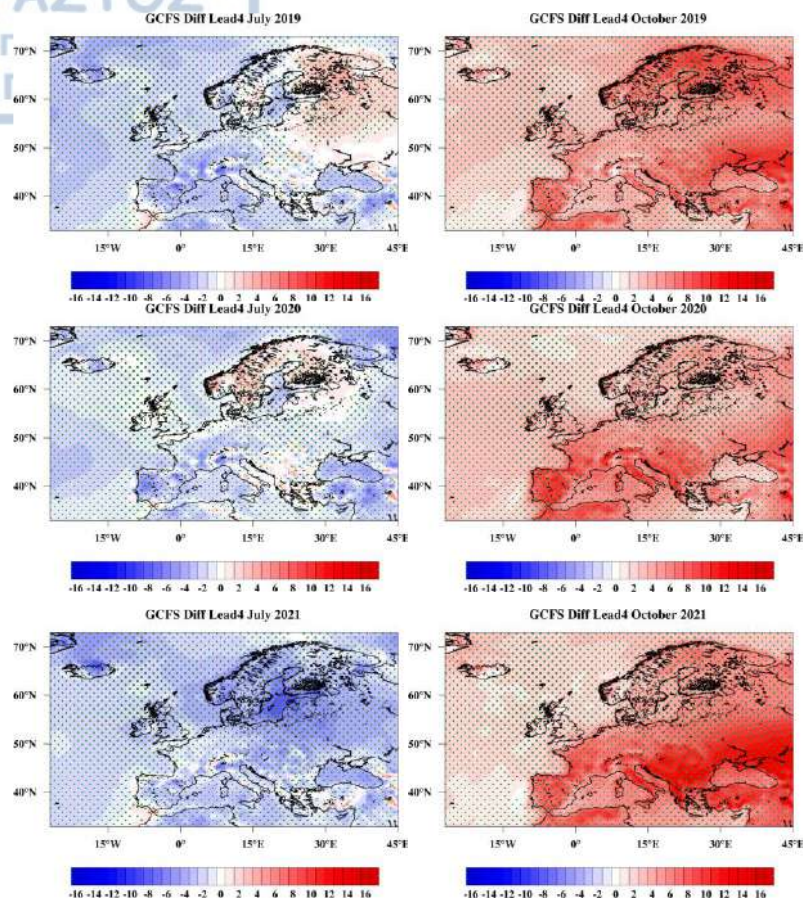
Ειδικότερα, κατά τον Ιανουάριο 2019, παρατηρείται υπερεκτίμηση της θερμοκρασίας από το σύστημα πρόγνωσης σε σύγκριση με τα reanalysis δεδομένα σε όλη την εξεταζόμενη περιοχή και σημαντική υπερεκτίμηση αυτής στις οροσειρές των Άλπειων, της Βαλκανικής χερσονήσου και της Σκανδιναβίας. Εξαίρεση αποτελεί η περιοχή της Ισλανδίας, όπου παρατηρείται υποεκτίμηση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας. Επιπλέον, ικανοποιητική χαρακτηρίζεται η προσέγγιση της κλιματικής παραμέτρου για την νότια ενδοχώρα της σκανδιναβικής χερσονήσου. Αντιστοίχως, κατά τον Ιανουάριο 2021, το σήμα δεν διαφοροποιείται από τον Ιανουάριο 2019. Ωστόσο, παρατηρείται μεταβολή της εκτίμησης του GCFS στην ηπειρωτική Ελλάδα, τη Μέση Ανατολή και την Βόρεια Αφρική (οροσειρά Άτλαντα), η οποία είναι εντονότερη κατά την εξάμηνη πρόγνωση (lead-time 6). Αντίθετα, κατά τον Ιανουάριο 2020, παρατηρείται διαφορετική εικόνα. Η

βόρεια Ευρώπη παρουσιάζεται ψυχρότερη και η νότια Ευρώπη, θερμότερη από τις πραγματικές καταγραφές. Παράλληλα, ικανοποιητική εκτίμηση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας παρατηρείται στον βόρειο Ατλαντικό ωκεανό και σε τμήματα της κεντρικής Ευρώπης.



Σχήμα 3. 1 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCFS με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ .

Για τον Απρίλιο φαίνεται ότι υπάρχει υποεκτίμηση των θερμοκρασιών σε όλη την Ευρώπη, με μεγαλύτερες αρνητικές διαφορές στα βορειοδυτικά, και ειδικότερα στην Σκανδιναβία. Η εικόνα παραμένει ίδια, σε όλα τα χρόνια με το 2019 να εμφανίζει τις μεγαλύτερες διαφορές και το 2021 τις μικρότερες. Επιπρόσθετα, κατά τον Απρίλιο 2019, εκτιμώνται ως ψυχρότερα σχεδόν όλα τα χερσαία τμήματα της ευρωπαϊκής ηπείρου από το σύστημα πρόγνωσης.



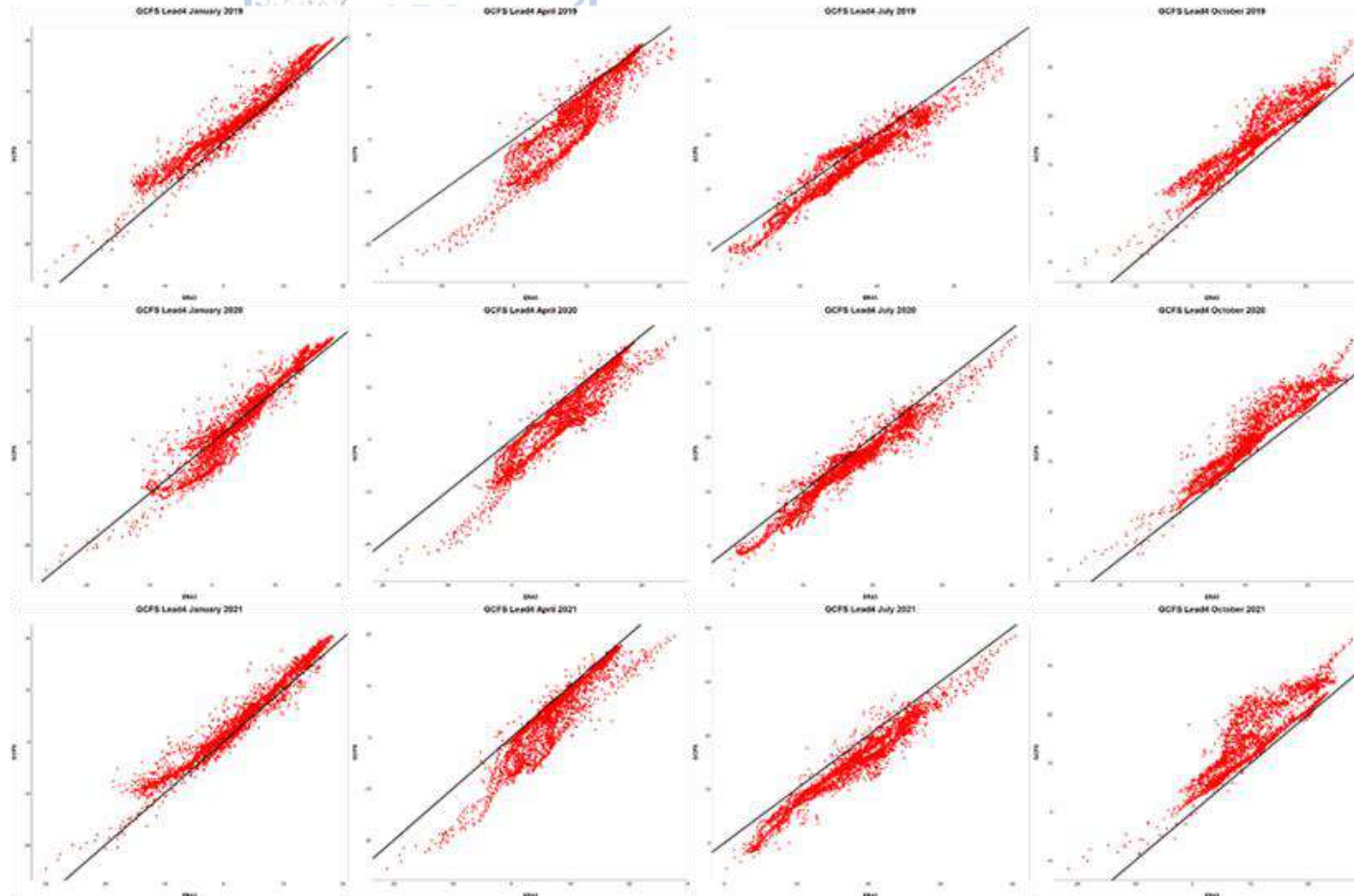
Σχήμα 3. 2 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCMs με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ .

Κατά την θερινή περίοδο (Ιούλιος) του 2019, παρουσιάζεται θερμότερη η βορειοανατολική Ευρώπη (Ρωσία, Φινλανδία) και περιοχές των Βαλκανίων, ενώ ψυχρότερη απεικονίζεται η υπόλοιπη εξεταζόμενη περιοχή. Αντίστοιχο σήμα παρουσιάζεται και τον Ιούλιο 2018. Επιπλέον, κατά τον Ιούλιο 2020, το σύστημα πρόγνωσης υπερεκτιμά την μέση μηνιαία θερμοκρασία στις περιοχές της σκανδιναβικής χερσονήσου, τμήμα των Βαλκανίων και της Βαλκανικής χερσονήσου και την Ιταλία. Ωστόσο, η πρόγνωση χαρακτηρίζεται ικανοποιητική στην κεντρική Ευρώπη, τα Βαλκάνια, τη Μεγάλη Βρετανία και τις χώρες της Βαλτικής. Αντίθετα, κατά την θερινή περίοδο του 2021, παρατηρείται υποεκτίμηση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας σε σύγκριση με τα πραγματικά δεδομένα, σε όλη την ευρωπαϊκή ήπειρο.

Όσον αφορά την φθινοπωρινή περίοδο (Οκτώβριος) (Σχήμα 3.2), στα τέσσερα εξεταζόμενα έτη παρουσιάζεται υπερεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων από το σύστημα πρόγνωσης GCFS. Άξιο αναφοράς είναι ότι η προαναφερόμενη υπερεκτίμηση, είναι σημαντικότερη στη νότια Ευρώπη σε σχέση με την βόρεια Ευρώπη, κατά τα έτη 2020 και 2021.

Στο Σχήμα 3.3 (και Σχήμα Π.24-26) απεικονίζεται, με την μορφή διαγραμμάτων διασποράς (scatter plots), η συσχέτιση μεταξύ των μεσοποιημένων τιμών των προσομοιώσεων του συστήματος πρόγνωσης GCFS (άξονας y) και των δεδομένων της βάσης reanalysis ERA5 (άξονας x), ενώ η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία της εξίσωσης $y=x$. Στα διαγράμματα διασποράς παρατηρείται ότι κατά την χειμερινή περίοδο (Ιανουάριος), για κάθε πρόγνωση ανεξαρτήτως lead-time, οι προσομοιώσεις του GCFS υποδεικνύουν ως θερμότερη την εξεταζόμενη περιοχή τα έτη 2018,2019 και 2021. Ωστόσο, παρατηρείται ότι η προσομοίωση βρίσκεται πολύ κοντά στην εξίσωση $y=x$. Αντίθετα, κατά τον Απρίλιο όλων των ετών της περιόδου αναφοράς, η Ευρώπη απεικονίζεται ψυχρότερη. Επίσης η κατανομή, στις υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας, βρίσκεται πλησιέστερα στην ευθεία της εξίσωσης $y=x$ σε σύγκριση με τις χαμηλότερες τιμές. Κατά την θερινή περίοδο, το σύστημα πρόγνωσης υποεκτιμά τις πραγματικές τιμές, καθώς τα περισσότερα σημεία πλέγματος απεικονίζονται κάτω από την ευθεία $y=x$. Επιπλέον, κατά τον Οκτώβριο όλων των εξεταζόμενων ετών, το σύστημα πρόγνωσης GCFS υπερεκτιμά τις πραγματικές τιμές της θερμοκρασίας. Αξιοσημείωτη είναι η μεγάλη διασπορά της κατανομής των τιμών θερμοκρασίας τον Οκτώβριο 2021.

Στα Σχήματα 3.4 και 3.5 (Σχήματα Π.42-45) παρατίθενται χάρτες της Ευρώπης, οι οποίοι απεικονίζουν τον αριθμό των μελών (members) του συστήματος πρόγνωσης, από τα οποία εκτιμήθηκε σωστά η μεταβολή της θερμοκρασίας, προς την κλιματική διάμεσο, ανά σημείο πλέγματος του, για την εξεταζόμενη περίοδο αναφοράς. Λευκά σημεία πλέγματος υποδεικνύουν ότι κανένα μέλος δεν εκτίμησε την μεταβολή της θερμοκρασίας, τα γκρι σημεία αντιστοιχούν σε 1 έως 5 εύστοχα μέλη, οι κυανές αποχρώσεις απεικονίζουν από 6 έως 20 έγκυρες εκτιμήσεις, οι πράσινες από 21 έως 30 μέλη, οι καφέ και πορτοκαλί αποχρώσεις από 31 έως 45 και οι ερυθρές αποχρώσεις προσδιορίζουν τα σημεία πλέγματος με περισσότερα από 45 μέλη να εκτιμούν σωστά την μεταβολή της εξεταζόμενης κλιματικής παραμέτρου.



Σχήμα 3. 3 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCF5 (άξονας y) με Lead time 4 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

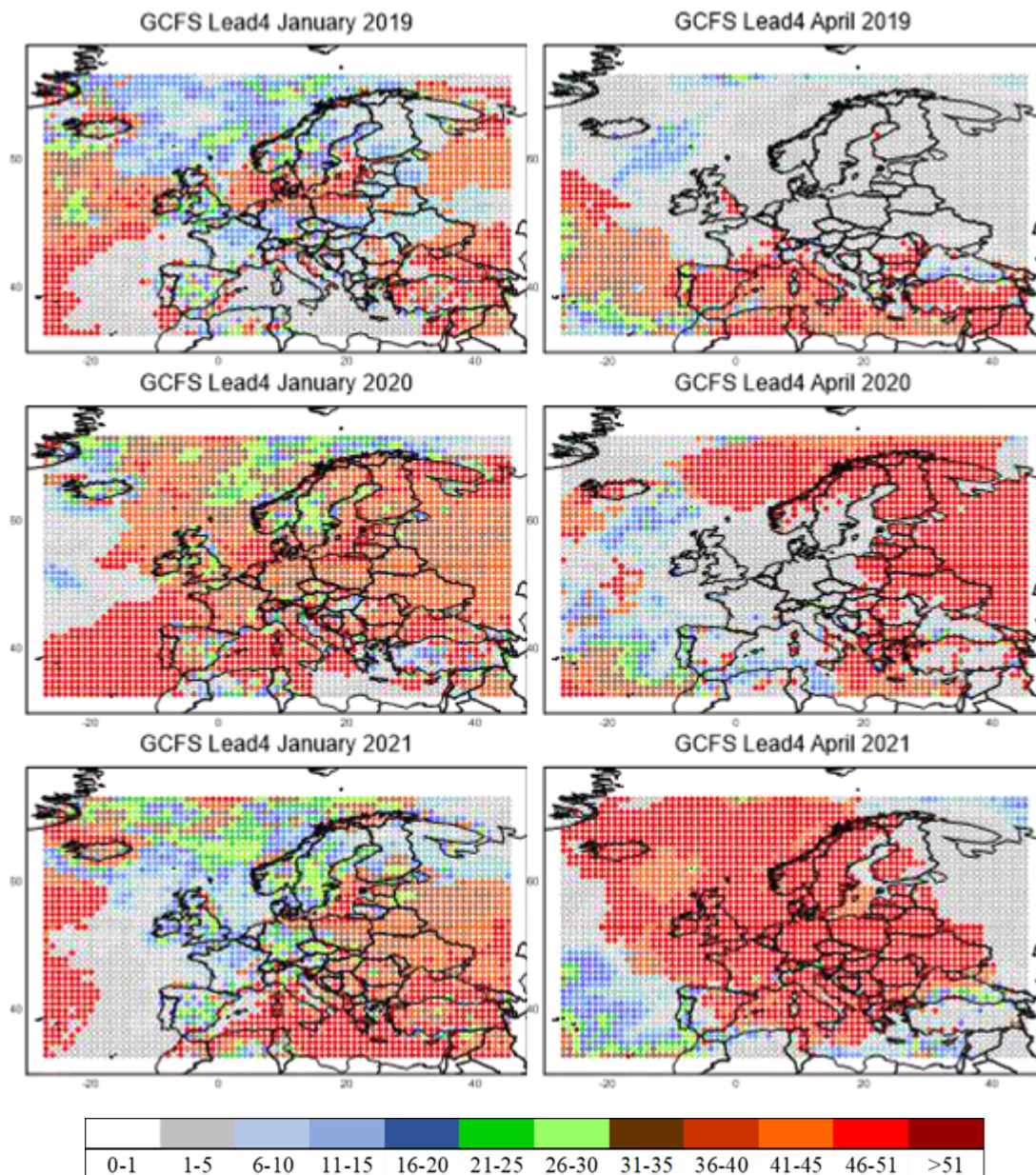
Όσον αφορά τον Ιανουάριο 2019, το σύστημα πρόγνωσης αποδίδει ικανοποιητικά την μεταβολή της θερμοκρασίας ως προς την κλιματική διάμεσο, στην περιοχή του Ατλαντικού ωκεανού (πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα), στη Βόρεια και την Βαλτική θάλασσα, τμήματα της Ρωσικής πεδιάδας, την περιοχή του Καυκάσου και στη Μέση Ανατολή (περισσότερα από 40 μέλη παρουσίασαν ορθή εκτίμηση). Τον Ιανουάριο του επόμενου έτους, παρατηρείται αξιόπιστη εκτίμηση της εποχιακής μεταβολή το μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιοχής. Επιπλέον, τον Ιανουάριο 2021, παρατηρείται ικανοποιητική εικόνα προς την πρόγνωση της εποχιακής μεταβολής της θερμοκρασίας στην ανατολική Ευρώπη, στη Μεσόγειο θάλασσα και στα δυτικά περιθώρια της υπό εξέταση περιοχής.

Τον Απρίλιο 2019, το GCFS αδυνατεί να προσομοιάσει την μεταβολή της θερμοκρασίας στη βόρεια Ευρώπη (γκρι χρώμα). Ωστόσο, αποδίδει ικανοποιητικά την Μεσόγειο και τμήματα του Ατλαντικού Ωκεανού, δυτικά της Ιβηρικής Χερσονήσου. Τον ίδιο μήνα του επόμενου έτους, παρατηρείται ικανοποιητική προσέγγιση στις περιοχές της ανατολικής Μεσογείου, της ανατολικής Ευρώπης και βορειότερα της Σκανδιναβίας. Ακόλουθα, τον Απρίλιο 2021, το σύστημα πρόγνωσης δεν προσομοιάζει ικανοποιητικά τα δυτικά, νότια και ανατολικά περιθώρια της εξεταζόμενης περιοχής, σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ευρώπη, όπου η εκτίμηση της μεταβολής χαρακτηρίζεται εύστοχη.

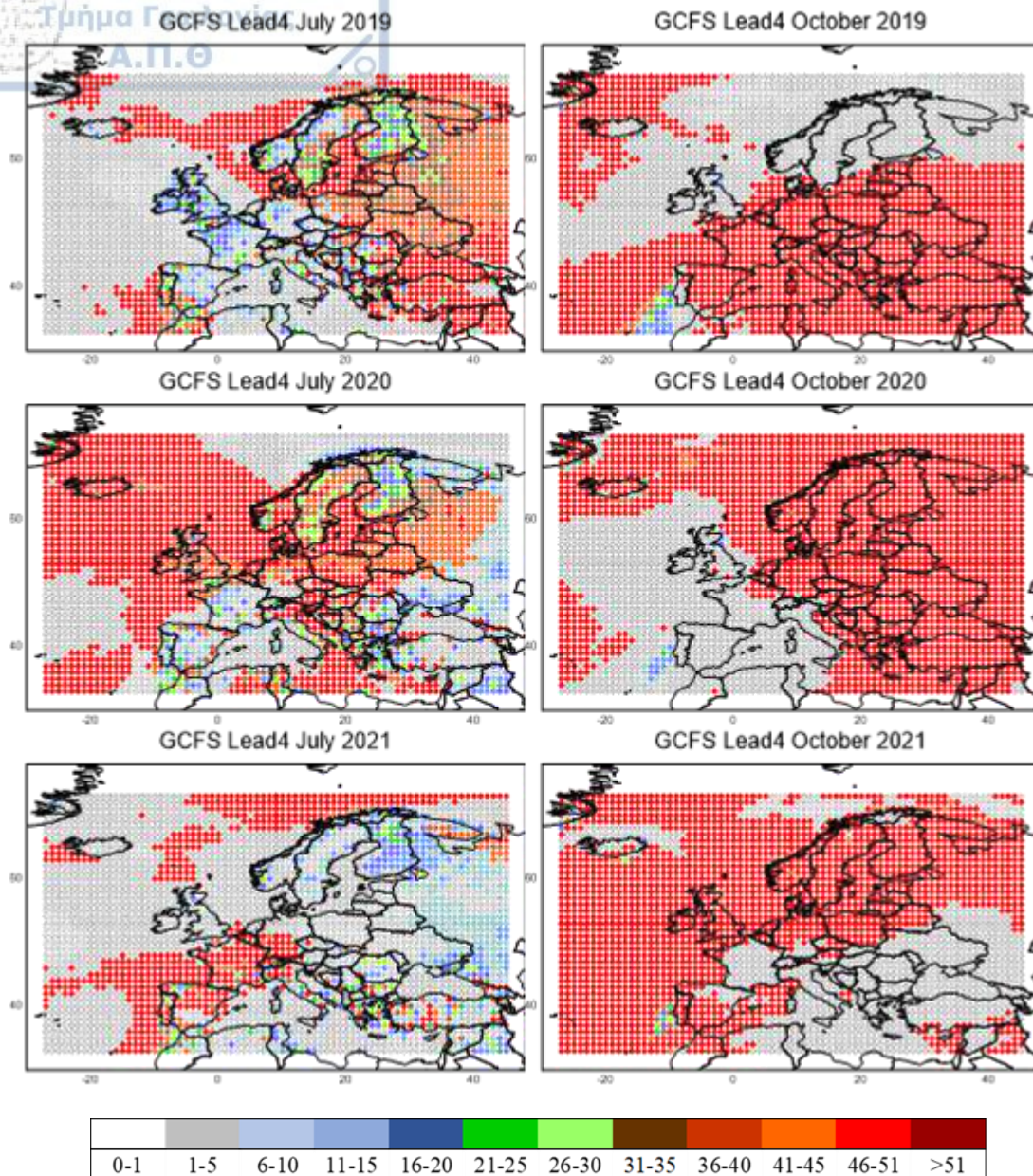
Κατά την θερινή περίοδο, η εικόνα είναι αρκετά περίπλοκη. Με τον αριθμό των μελών να αλλάζει χωρίς να ακολουθεί κάποιο μοτίβο. Τη θερινή περίοδο του 2019 η μεγαλύτερη αστοχία των μελών εντοπίζεται στη δυτική και κεντρική Ευρώπη, ενώ για το καλοκαίρι του 2021 η περιοχή με τα λιγότερα εύστοχα μέλη είναι η ανατολική Ευρώπη – Σκανδιναβία.

Αντίθετα η εικόνα για την φθινοπωρινή περίοδο είναι ξεκάθαρη. Στη περίπτωση του φθινοπώρου υπάρχουν περιοχές που κανένα μέλος δεν πλησιάζει το κλιματικό μέσο και περιοχές που όλα τα μέλη εντοπίζουν το στόχο. Ειδικότερα για τον Οκτώβριο του 2019, το GCFS εκτιμά σωστά την μεταβολή της θερμοκρασίας, ως προς την κλιματική διάμεσο, στη νότια και κεντρική Ευρώπη, ενώ είναι άστοχη η πρόγνωση στο βορειότερο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Για τον Οκτώβριο 2020, το GCFS παρουσιάζει διαφορετική ικανότητα πρόγνωσης της μεταβολής της θερμοκρασίας ως προς την κλιματική διάμεσο, ισχυρή ικανότητα εκτίμησης στα ανατολικότερα τμήματα της

εξεταζόμενης περιοχής και αδυναμία πρόγνωσης στα δυτικότερα αυτής. Αντίθετα για τον Οκτώβριο 2021, με το σύστημα πρόγνωσης να αδυνατεί να προσομοιάσει την νοτιοανατολική Ευρώπη και την Ισλανδία, ενώ στην υπόλοιπη περιοχή μελέτης απεικονίζεται ορθή εκτίμηση.



Σχήμα 3. 4 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCFS με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



Σχήμα 3. 5 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCFS με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Ιούλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη

Στα ακόλουθα σχήματα (Σχήματα 3.6 και 3.7 και Π.6-11) παρουσιάζονται, ως χάρτες διαφορών, τα αποτελέσματα από την σύγκριση μεταξύ των μεσοποιημένων τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του συστήματος πρόγνωσης ECMWF και της βάσης reanalysis ERA5.

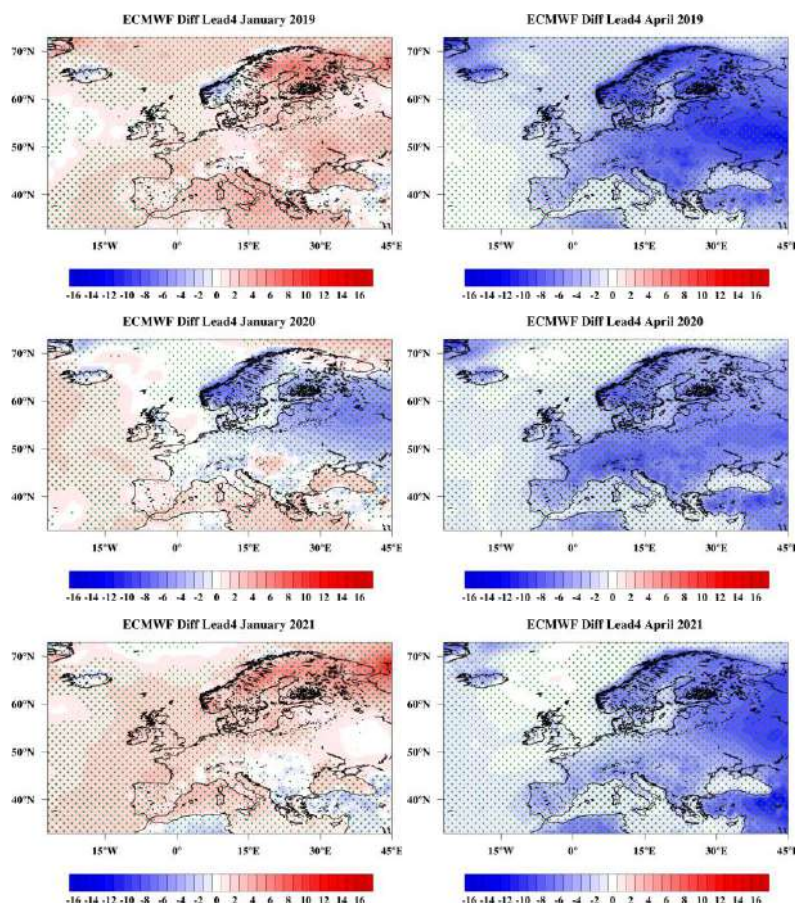
Τον Ιανουάριο του 2018, απεικονίζεται το μεγαλύτερο τμήμα της ηπειρωτικής Ευρώπης ψυχρότερο από τα πραγματικά δεδομένα, ενώ θερμότερο εκτιμάται το θαλάσσιο τμήμα της -υπό εξέταση- περιοχής. Κατά τον Ιανουάριο 2019, παρατηρείται υπερεκτίμηση της θερμοκρασίας από το σύστημα πρόγνωσης σε σύγκριση με τα reanalysis δεδομένα στο μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιοχής και σημαντική υπερεκτίμηση αυτής στη βορειοανατολική Σκανδιναβία. Εξαίρεση αποτελούν οι περιοχές της Ισλανδίας και της Νορβηγίας, όπου παρατηρείται υποεκτίμηση της κλιματικής παραμέτρου. Αντίθετα, κατά τον Ιανουάριο 2020, παρατηρείται διαφορετική εικόνα. Η κεντρική Ευρώπη προσομοιάζεται ικανοποιητικά από το σύστημα πρόγνωσης, ενώ η βορειοανατολική Ευρώπη εκτιμάται ψυχρότερη από τις πραγματικές καταγραφές. Επίσης, ικανοποιητική εκτίμηση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας παρατηρείται στον βόρειο Ατλαντικό ωκεανό και στις μεσογειακές χώρες. Το σήμα διαφοροποιείται τον Ιανουάριο 2021, καθώς στη κεντρική Ευρώπη οι πραγματικές τιμές προσεγγίζονται ικανοποιητικά από το ECMWF, όμως, η βόρεια Ευρώπη αποδίδεται θερμότερη συγκριτικά με τα πραγματικά δεδομένα.

Για τον Απρίλιο απεικονίζεται υποεκτίμηση των θερμοκρασιών σε όλη την Ευρώπη, με μεγαλύτερες αρνητικές διαφορές στα βορειοανατολικά. Η εικόνα παραμένει ίδια, σε όλα τα εξεταζόμενα έτη, ωστόσο με την πάροδο των ετών, παρατηρείται μείωση των διαφορών των προσομοιώσεων και των πραγματικών καταγραφών. Επιπρόσθετα, κατά τον Απρίλιο 2020 και τον Απρίλιο 2021, εκτιμώνται ικανοποιητικά σχεδόν όλα τα θαλάσσια τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής από το σύστημα πρόγνωσης.

Όσον αφορά την θερινή περίοδο όλων των ετών της περιόδου αναφοράς, η Ευρώπη εκτιμάται ψυχρότερη. Εξαίρεση αποτελεί η Ρωσική πεδιάδα, η οποία παρουσιάζεται θερμότερη το 2019, ενώ προσεγγίζεται ικανοποιητικά από το σύστημα πρόγνωσης το

2020. Επιπλέον, σε τμήματα της Δυτικής Ευρώπης οι εκτιμήσεις προσεγγίζουν τις πραγματικές καταγραφές κατά το καλοκαίρι του 2021.

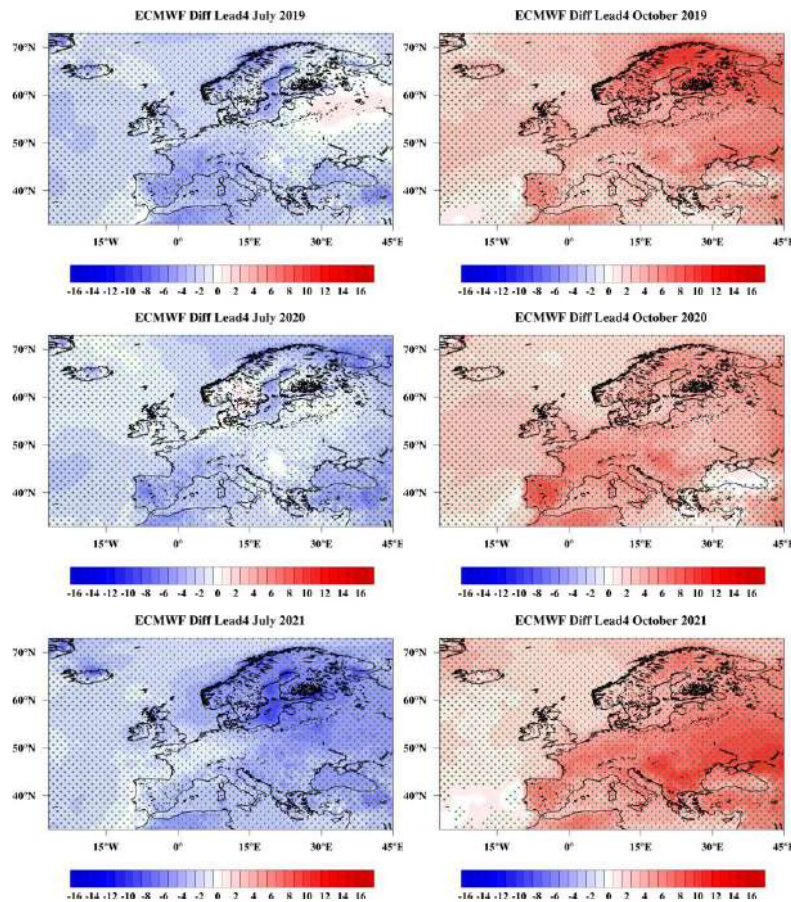
Για την φθινοπωρινή περίοδο (Οκτώβριος) (Σχήμα 3.7), κατά την εξεταζόμενη χρονική περίοδο παρουσιάζεται υπερεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων από το σύστημα πρόγνωσης ECMWF. Αξιοσημείωτο είναι ότι η προαναφερόμενη υπερεκτίμηση, απεικονίζεται σημαντικότερη στη βόρεια Ευρώπη το 2019, ενώ το 2021 παρατηρούνται μεγαλύτερες διαφορές της κλιματικής παραμέτρου στις χώρες της ανατολικής Μεσογείου.



Σχήμα 3. 6 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή.

Στο Σχήμα 3.8 και στα Σχήματα Π.27-29 απεικονίζεται, με την μορφή διαγραμμάτων διασποράς (scatter plots), η συσχέτιση μεταξύ των μεσοποιημένων τιμών των

προσομοιώσεων του συστήματος πρόγνωσης ECMWF (άξονας y) και των δεδομένων reanalysis ERA5 (άξονας x). Στα διαγράμματα διασποράς, παρατηρείται για τον Ιανουάριο, ότι για κάθε πρόγνωση ανεξαρτήτως lead-time, η εξεταζόμενη περιοχή



Σχήμα 3. 7 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ.

παρουσιάζεται θερμότερη τα έτη 2019 και 2021, ενώ στο σύνολο της περιόδου αναφοράς παρατηρείται ότι η προσομοίωση βρίσκεται πολύ κοντά στην εξίσωση $y=x$. Στον αντίποδα αυτού, κατά τον Απρίλιο όλων των ετών, η Ευρώπη απεικονίζεται ψυχρότερη. Ωστόσο, η κατανομή, στις υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας, βρίσκεται πλησιέστερα στην ευθεία της εξίσωσης $y=x$ σε σύγκριση με τις χαμηλότερες τιμές, ενώ μεγάλη είναι η διασπορά της κατανομής των τιμών. Κατά τον Ιούλιο, το σύστημα πρόγνωσης παρουσιάζει ψυχρότερη την Ευρώπη από τις πραγματικές καταγραφές, καθώς τα περισσότερα σημεία πλέγματος απεικονίζονται κάτω την διαγώνιο. Αντίθετη εικόνα

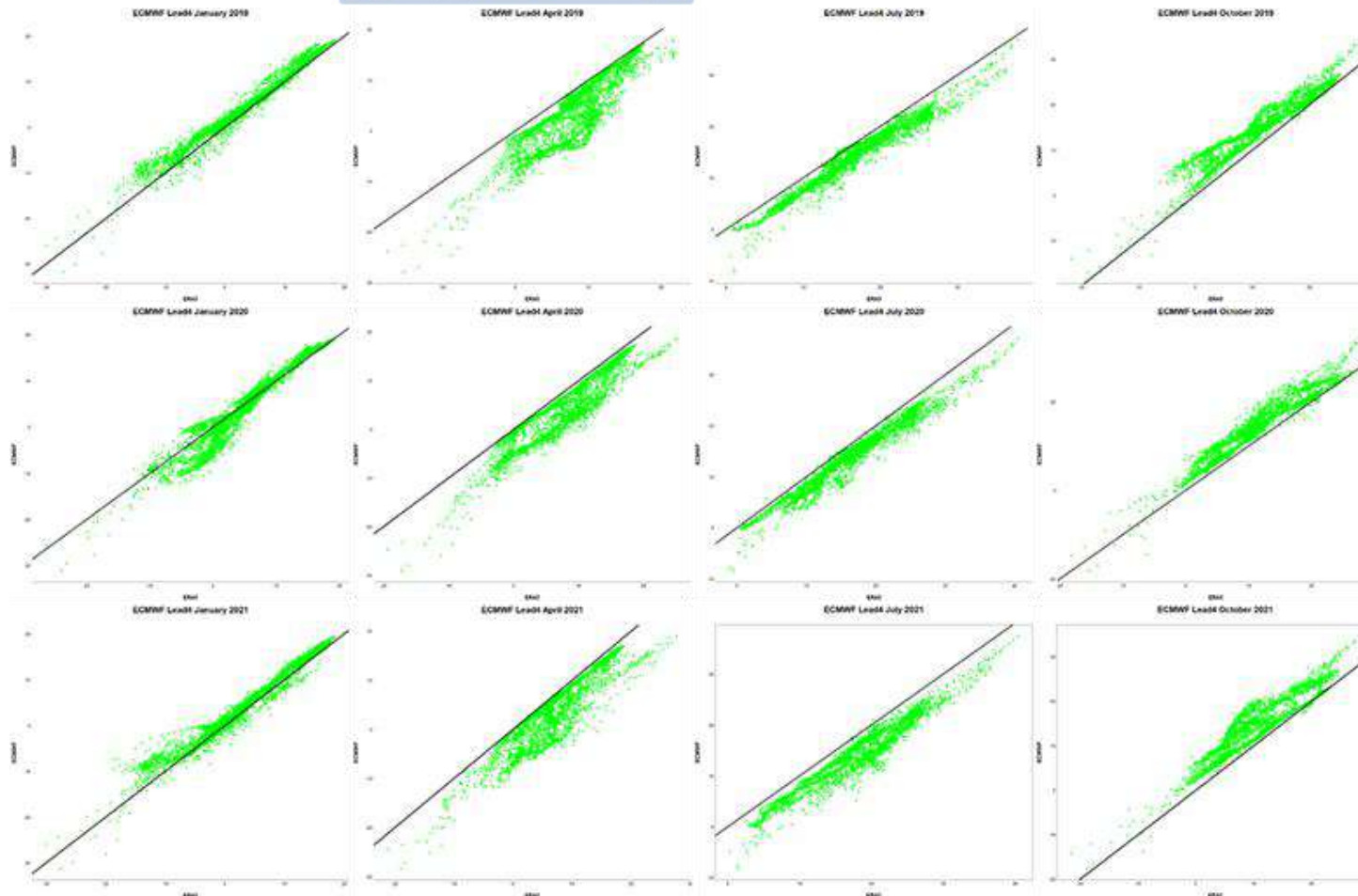
παρατηρείται τον Οκτώβριο όλων των εξεταζόμενων ετών, καθώς η κατανομή βρίσκεται πάνω από την ευθεία. Συνεπώς, το σύστημα πρόγνωσης ECMWF υπερεκτιμά τις πραγματικές τιμές της κλιματικής παραμέτρου. Αξιοσημείωτη είναι η μεγάλη διασπορά της κατανομής των τιμών θερμοκρασίας τον Οκτώβριο 2021.

Οι χάρτες της Ευρώπης των σχημάτων 3.9 και 3.10 (Παράρτημα Π.46-49) απεικονίζουν τον αριθμό των μελών του ECMWF, από τα οποία προσομοιώθηκε σωστά η μεταβολή της θερμοκρασίας, προς την κλιματική διάμεσο, ανά σημείο πλέγματος του, για το χρονικό διάστημα που πραγματεύεται η παρούσα μελέτη.

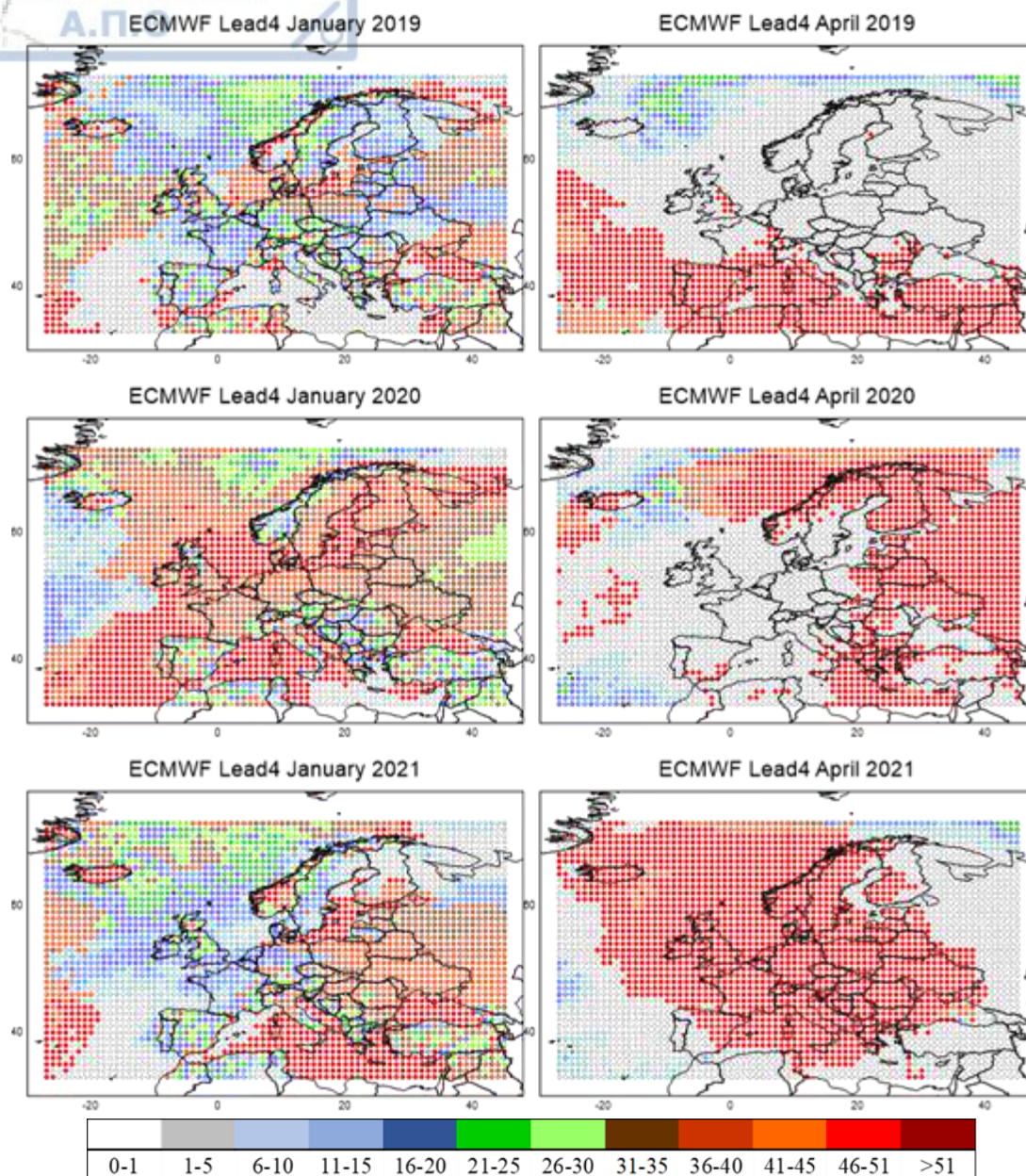
Τον Ιανουάριο 2019, δεν διακρίνεται κάποιο καθαρό σήμα για το ρόλο των members του μοντέλου, με συνεχείς εναλλαγές μεταξύ σημείων πλέγματος με μεγάλο-μικρό αριθμό έγκυρων προσομοιώσεων. Αντίθετα, τον Ιανουάριο του επόμενου έτους, παρατηρείται αξιόπιστη εκτίμηση της μεταβολής για το μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιοχής (πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα), εκτός από τμήμα της ανατολικής Μεσογείου και του Ατλαντικού Ωκεανού (μπλε και γκρίζα χρώματα). Όσον αφορά τον Ιανουάριο 2021, παρατηρείται ικανοποιητική προσέγγιση της εποχιακής μεταβολής της θερμοκρασίας από το σύστημα πρόγνωσης στη νότια και την ανατολική Ευρώπη, συγκριτικά με την βόρεια και την δυτική.

Τον Απρίλιο 2019, το σύστημα πρόγνωσης ECMWF αδυνατεί να προσομοιάσει την μεταβολή της θερμοκρασίας στη βόρεια Ευρώπη. Ωστόσο, αποδίδει ικανοποιητικά την Μεσόγειο και τμήματα του Ατλαντικού Ωκεανού. Για τον Απρίλιο 2020, παρατηρείται ικανοποιητική προσέγγιση της μεταβολής της κλιματικής παραμέτρου στις περιοχές της ανατολικής Μεσογείου, της ανατολικής Ευρώπης και βορειότερα της Σκανδιναβίας. Ακόλουθα, την εαρινή περίοδο του 2021, το σύστημα πρόγνωσης δεν προσομοιάζει ικανοποιητικά τα δυτικά, νότια και ανατολικά περιθώρια της εξεταζόμενης περιοχής, σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ευρώπη, όπου η εκτίμηση της μεταβολής της θερμοκρασίας χαρακτηρίζεται εύστοχη.

Κατά τον Ιούλιο, παρατηρείται εναλλαγή μεταξύ περιοχών με πολλά εύστοχα μέλη και περιοχών με ελάχιστα έως μηδενικά εύστοχα μέλη. Τη θερινή περίοδο του 2019 η μεγαλύτερη αστοχία των μελών εντοπίζεται στη δυτική και νότια Ευρώπη, ενώ για το καλοκαίρι του 2020, η αστοχία περιορίζεται σε τμήμα της ανατολικής Ευρώπης και την δυτική Μεσόγειο. Αντίθετα, εκτενής είναι η αδυναμία εκτίμησης της



Σχήμα 3. 8 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF (άξονας y) με Lead time 4 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

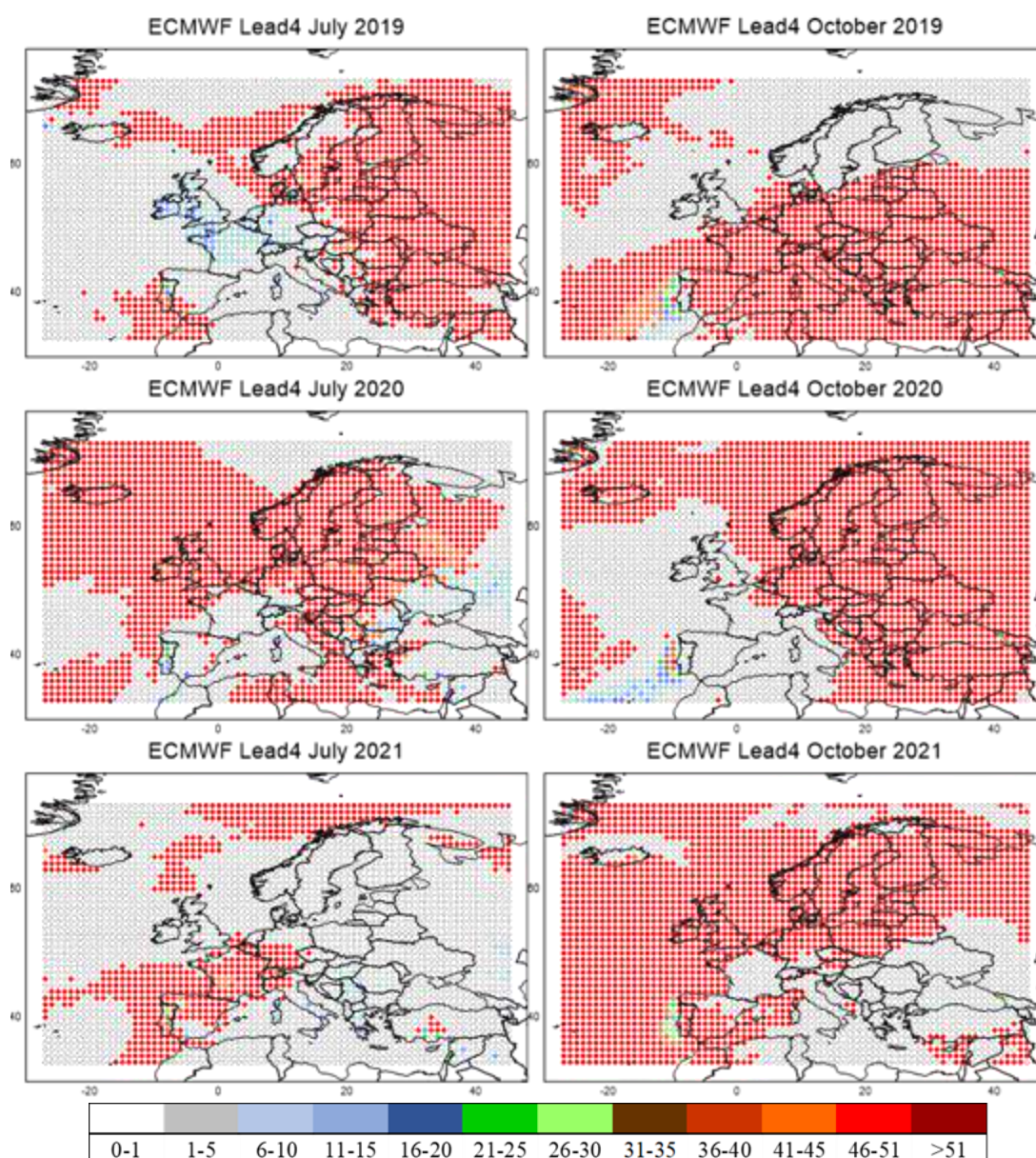


Σχήμα 3. 9 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του ECMWF με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη

μεταβολής της θερμοκρασίας τον Ιούλιο 2021, με καλές προσομοιώσεις μόνο στη Γαλλία και την Ιβηρική Χερσόνησο.

Όσον αφορά την φθινοπωρινή περίοδο, δεν διαφοροποιείται σημαντικά η εικόνα, από αυτήν της θερινής περιόδου. Στη περίπτωση του φθινοπώρου του 2019, η εκτίμηση της μεταβολής της θερμοκρασίας, ως προς την κλιματική διάμεσο, είναι σωστή στη νότια και κεντρική Ευρώπη, ενώ είναι άστοχη η πρόγνωση στο βορειότερο τμήμα της

εξεταζόμενης περιοχής και ειδικότερα στην Σκανδιναβία και την Μεγάλη Βρετανία. Για τον Οκτώβριο 2020, το σύστημα πρόγνωσης υποδεικνύει διαφορετική ικανότητα πρόγνωσης της μεταβολής της θερμοκρασίας ως προς την κλιματική διάμεσο, ισχυρή ικανότητα εκτίμησης στα ανατολικότερα τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής και αδυναμία πρόγνωσης στα δυτικότερα αυτής. Αντίθετα για τον Οκτώβριο 2021, το ECMWF αδυνατεί να προσομοιάσει την νοτιοανατολική Ευρώπη και την Ισλανδία, στον αντίποδα αυτού, παρουσιάζει χαρακτηριστική ευστοχία στην υπόλοιπη εξεταζόμενη περιοχή.



Σχήμα 3. 10 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του ECMWF με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη

3.1.3. Météo-France

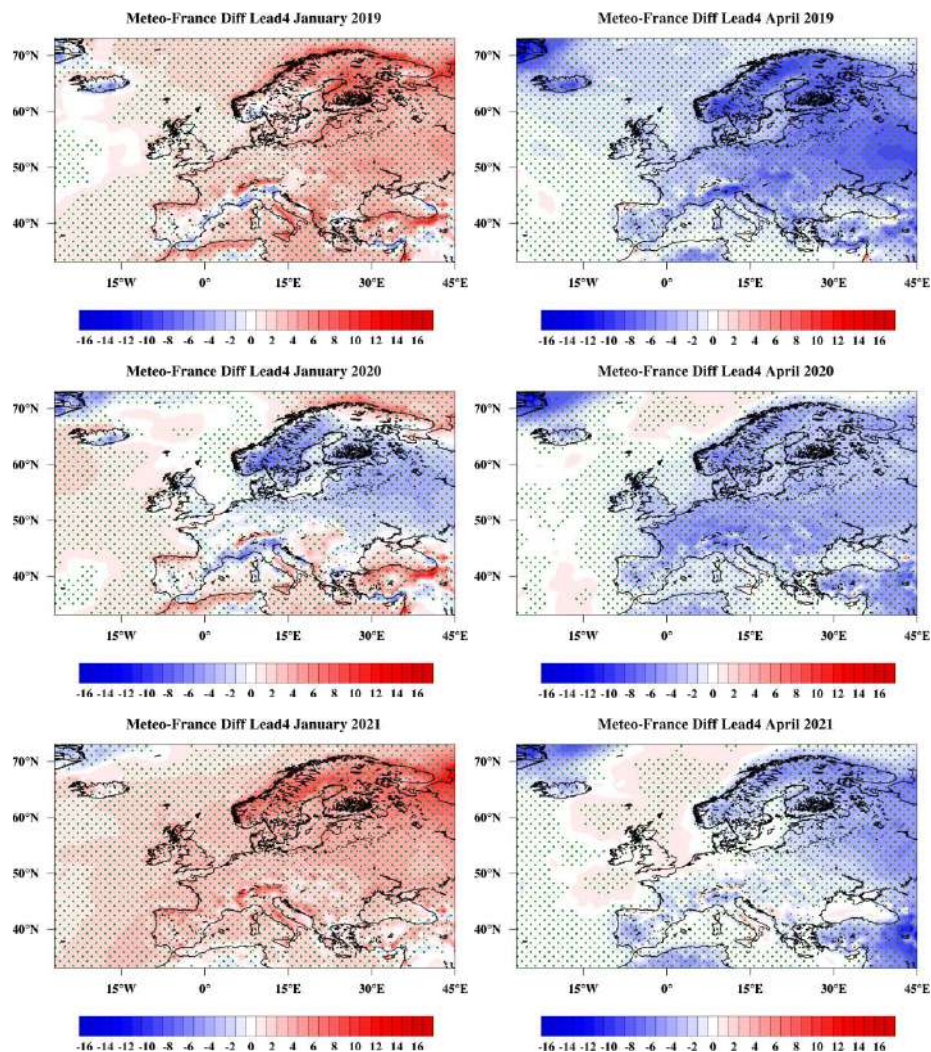
Με τους παρακάτω χάρτες της Ευρώπης (Σχήματα 3.11 και 3.12 και Π.12-17) αποδίδονται οι διαφορές των μεσοποιημένων τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του συστήματος πρόγνωσης Météo-France και της βάσης reanalysis ERA5.

Τον Ιανουάριο του 2018, η κεντρική Ευρώπη απεικονίζεται ψυχρότερη από τις πραγματικές καταγραφές, ενώ θερμότερη εκτιμάται η βόρεια και ανατολική Ευρώπη. Κατά τον Ιανουάριο 2019, παρατηρείται υπερεκτίμηση της θερμοκρασίας από το σύστημα πρόγνωσης σε σύγκριση με τα reanalysis δεδομένα στο μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιοχής και στατιστικά σημαντική υπερεκτίμηση αυτής στη βορειοανατολική Σκανδιναβία. Εξαίρεση αποτελεί η Ισλανδία και μεγάλο μέρος της ακτογραμμής της Μεσογείου, όπου παρατηρείται υποεκτίμηση της κλιματικής παραμέτρου. Αντίστοιχο είναι το σήμα και τον Ιανουάριο 2021 χωρίς, ωστόσο, να παρατηρούνται οι προαναφερθείσες διαφορές στην Ισλανδία και την Μεσόγειο. Αντίθετα, κατά τον Ιανουάριο 2020, παρατηρείται διαφορετική εικόνα. Η κεντρική και βόρεια Ευρώπη προσομοιάζεται ψυχρότερη από το σύστημα πρόγνωσης, σε σύγκριση με τις πραγματικές καταγραφές. Επίσης, εναλλαγές μεταξύ υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας παρατηρείται στις μεσογειακές χώρες.

Για τον Απρίλιο απεικονίζεται υποεκτίμηση των θερμοκρασιών σε όλη την Ευρώπη, με μεγαλύτερες αρνητικές διαφορές στα βορειοανατολικά. Η εικόνα παραμένει ίδια, κατά την περίοδο αναφοράς, ωστόσο με την πάροδο των ετών, παρατηρείται μείωση των διαφορών των εκτιμήσεων του συστήματος πρόγνωσης και των πραγματικών τιμών θερμοκρασίας. Επιπρόσθετα, τον Απρίλιο 2021, απεικονίζονται ικανοποιητικά τμήματα της κεντρικής Ευρώπης, ενώ αποδίδεται θερμότερη η περιοχή της Μεγάλης Βρετανίας.

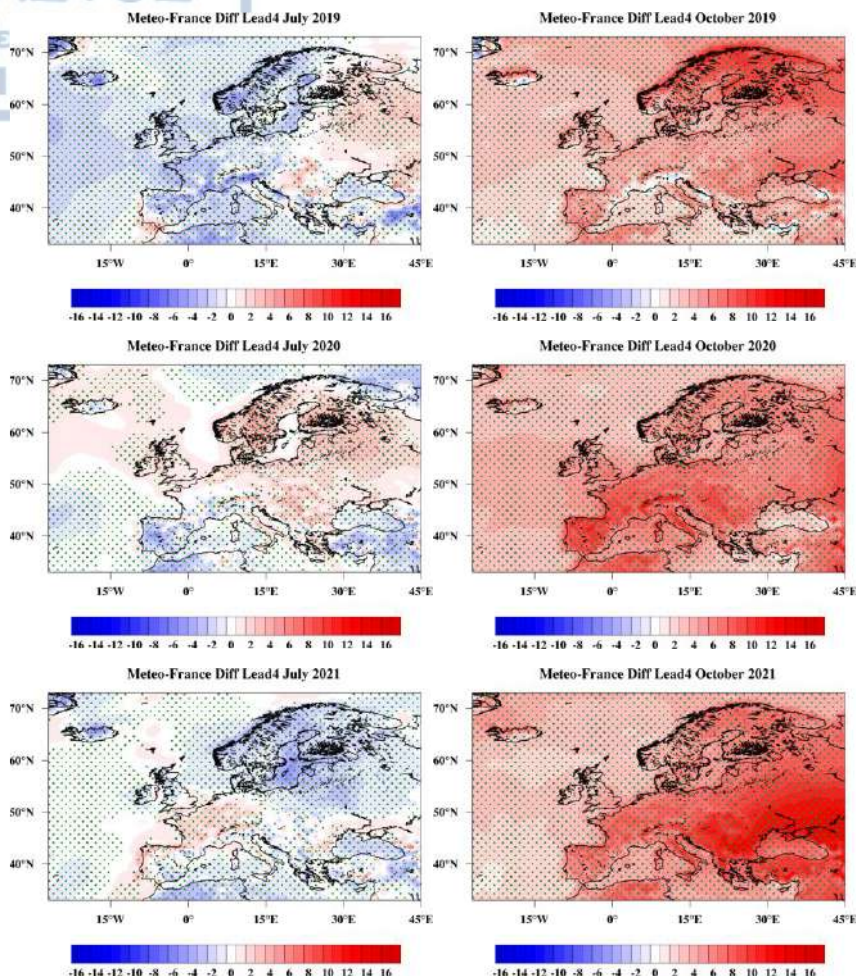
Όσον αφορά την θερινή περίοδο, δεν παρατηρείται σαφές σήμα για την εκτίμηση του συστήματος πρόγνωσης, καθώς το 2018, η μέση μηνιαία θερμοκρασία υποεκτιμάται στο σύνολο της εξεταζόμενης περιοχής από το σύστημα πρόγνωσης. Αντίθετα, το 2019 η δυτική Ευρώπη εκτιμάται ψυχρότερη, ενώ η ανατολική Ευρώπη εκτιμάται θερμότερη σε σύγκριση με τις πραγματικές καταγραφές. Το 2020 πολλές περιοχές της κεντρικής Ευρώπης δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ενώ η γενική εικόνα εμφανίζει θερμότερη τη κεντρική και βόρεια Ευρώπη. Τον

Ιούλιο 2021, υπερεκτιμάται η δυτική Ευρώπη από το Météo-France, ενώ υποεκτιμάται το βορειότερο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Χαρακτηριστική είναι η μείωση των διαφορών των τιμών θερμοκρασίας μεταξύ του συστήματος πρόγνωσης και των δεδομένων reanalysis, με την πάροδο των ετών της περιόδου αναφοράς.



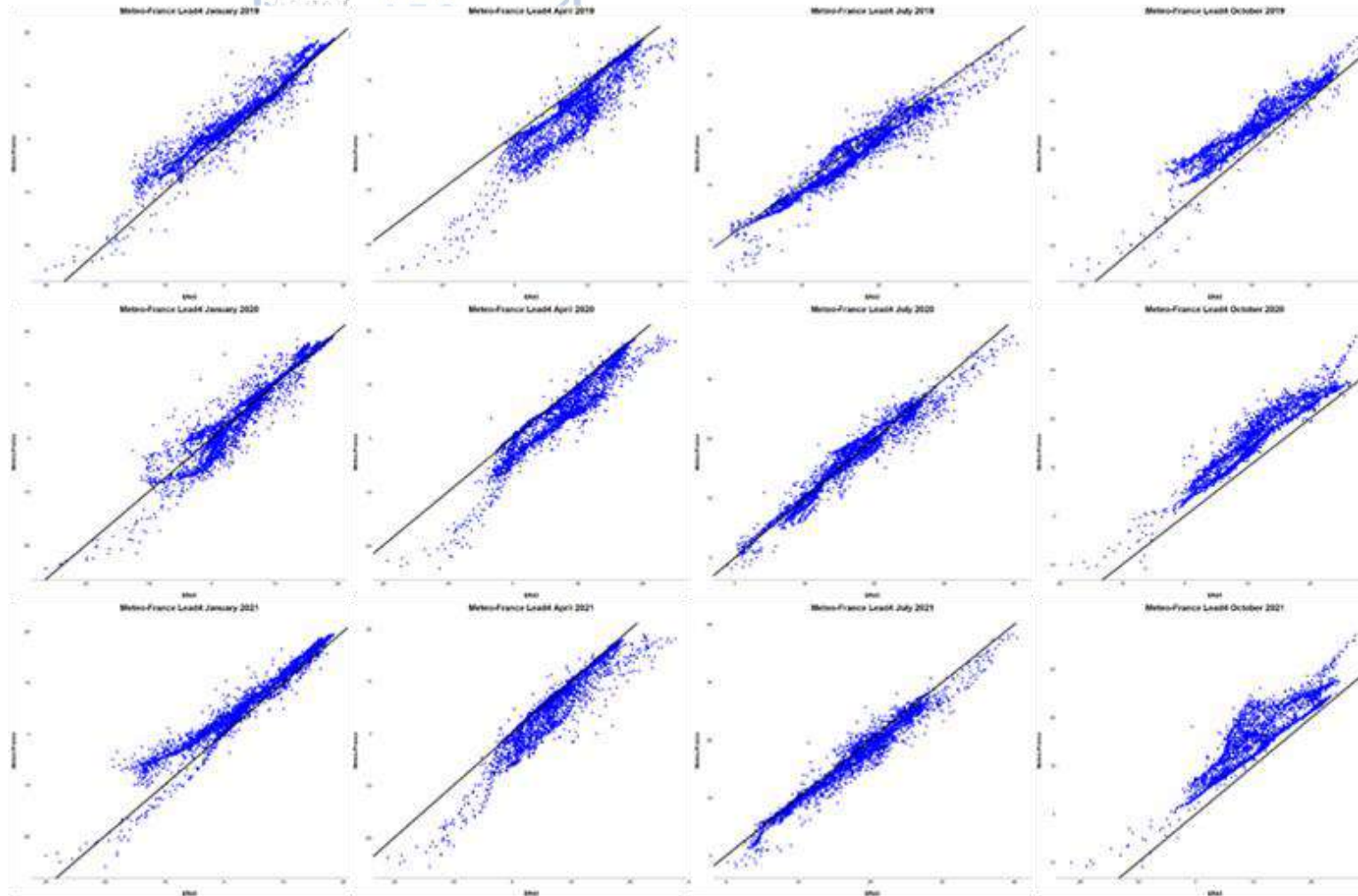
Σχήμα 3. 11 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Météo-France με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ.

Για τον Οκτώβριο, αντιπροσωπευτικό μήνα της φθινοπωρινής περιόδου (σχήμα), κατά την εξεταζόμενη χρονική περίοδο παρουσιάζεται υπερεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων από το σύστημα πρόγνωσης Météo-France. Αξιοσημείωτο είναι ότι στατιστικά σημαντική υπερεκτίμηση, απεικονίζεται στη βόρεια Ευρώπη το 2019, ενώ το 2021 παρατηρούνται μεγαλύτερες διαφορές των τιμών της κλιματικής παραμέτρου στις χώρες της ανατολικής Μεσογείου και τις παρευξείνιες περιοχές.



Σχήμα 3. 12 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Μétéo-France με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ.

Η γραφική απεικόνιση της συσχέτισης των τιμών της κλιματικής παραμέτρου της θερμοκρασίας, όπως παρέχονται από το σύστημα πρόγνωσης Météo-France (κατακόρυφος άξονας) και τα δεδομένα reanalysis ERA5 παρουσιάζονται στα διαγράμματα διασποράς των σχημάτων (Σχήμα 3.13 και Π.30-32) αποτελούν την (οριζόντιος άξονας).. Παρατηρείται για τον Ιανουάριο, ότι για κάθε πρόγνωση ανεξαρτήτως lead-time, η εξεταζόμενη περιοχή παρουσιάζεται θερμότερη τα έτη 2019 και 2021. Παράλληλα, όσο αυξάνονται οι τιμές της θερμοκρασίας, η κατανομή προσεγγίζει τη διαγώνιο. Στον αντίποδα αυτού, κατά τον Απρίλιο όλης της εξεταζόμενης περιόδου αναφοράς, η Ευρώπη απεικονίζεται ψυχρότερη, ενώ χαρακτηριστική είναι η απόσταση της κατανομής από την ευθεία στις ακραίες τιμές θερμοκρασίας.



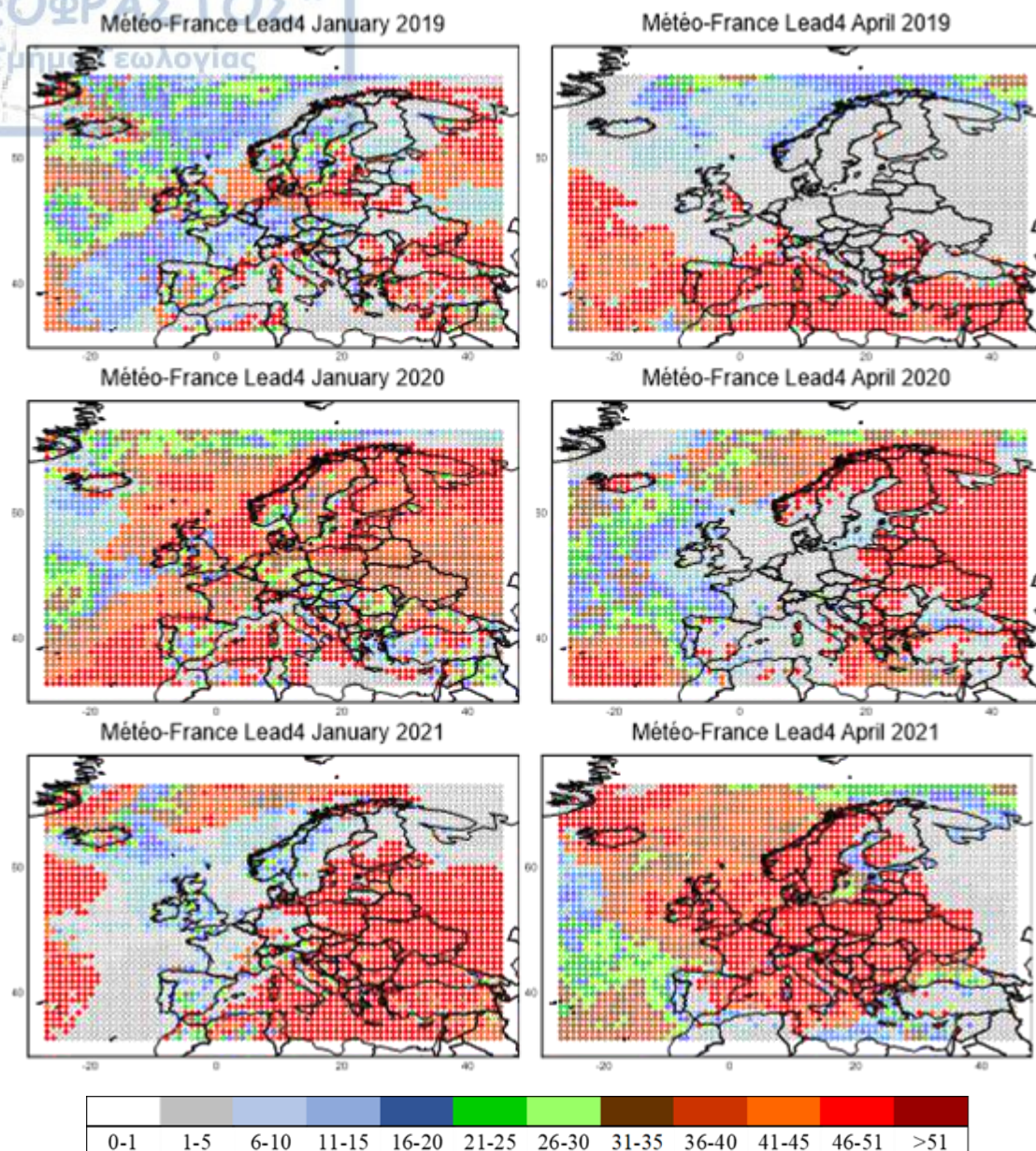
Σχήμα 3. 13 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Μétéo-France (άξονας y) με Lead time 4 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

Τον Ιούλιο 2018, αντιπροσωπευτικό μήνα της θερινής περιόδου, η κατανομή των σημείων πλέγματος απεικονίζεται κάτω από την ευθεία $y=x$. Την υπόλοιπη εξεταζόμενη χρονική περίοδο, η κατανομή βρίσκεται κοντά στην προαναφερόμενη ευθεία. Άξια αναφοράς είναι η διασπορά και η απόσταση της κατανομής από την ευθεία στα σημεία που αντιπροσωπεύονται ακραίες τιμές της κλιματικής παραμέτρου. Διαφορετική εικόνα παρατηρείται τον Οκτώβριο όλων των εξεταζόμενων ετών, καθώς η κατανομή βρίσκεται πάνω από την διαγώνιο. Συνεπώς, το σύστημα πρόγνωσης Météo-France υπερεκτιμά τις πραγματικές τιμές της θερμοκρασίας. Αξιοσημείωτη είναι η μεγάλη διασπορά της κατανομής των τιμών θερμοκρασίας τον Οκτώβριο 2021.

Στα Σχήματα 3.14 και 3.15 (Π.50-53) αποδίδεται, με τη χρήση ευρωπαϊκών χαρτών ο αριθμός των μελών του ensemble του Météo-France, από τα οποία προσομοιώθηκε σωστά η μεταβολή της θερμοκρασίας, προς την κλιματική διάμεσο, ανά σημείο πλέγματος του, για την εξεταζόμενη περίοδο αναφοράς.

Τον Ιανουάριο 2019 δεν διακρίνεται κάποιο σήμα, καθώς παρατηρούνται συνεχείς, ακανόνιστες εναλλαγές μεταξύ σημείων πλέγματος με μεγάλο αριθμό εύστοχων και αντίστοιχα, άστοχων προσομοιώσεων. Αντίθετα, τον Ιανουάριο του επόμενου έτους, παρατηρείται αξιόπιστη εκτίμηση της μεταβολής για το μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιοχής (πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα), εκτός από τις βόρειες μεσογειακές χώρες και τμήμα του Ατλαντικού Ωκεανού (μπλε και γκριζα χρώματα). Όσον αφορά τον Ιανουάριο 2021, παρατηρείται ικανοποιητική προσέγγιση της μεταβολής της θερμοκρασίας από το σύστημα πρόγνωσης στη νότια και την ανατολική Ευρώπη, συγκριτικά με την βόρεια και την δυτική.

Τον Απρίλιο 2019, το σύστημα πρόγνωσης παρουσιάζει αδυναμία προσομοίωσης της μεταβολής της θερμοκρασίας στη βόρεια Ευρώπη (γκρι, μπλε και πράσινο χρώμα). Αντίθετα, αποδίδει ικανοποιητικά την Μεσόγειο και τμήματα του Ατλαντικού Ωκεανού. Για τον Απρίλιο 2020, παρατηρείται ικανοποιητική προσέγγιση της μεταβολής της κλιματικής παραμέτρου στις περιοχές της ανατολικής Μεσογείου, της ανατολικής Ευρώπης και βορειότερα της Σκανδιναβίας. Στη συνέχεια, τον Απρίλιο 2021, το σύστημα πρόγνωσης δεν προσομοιάζει ικανοποιητικά τα δυτικά, νότια και ανατολικά περιθώρια της περιοχής μελέτης, σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ευρώπη, όπου η εκτίμηση της μεταβολής χαρακτηρίζεται εύστοχη (πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα).

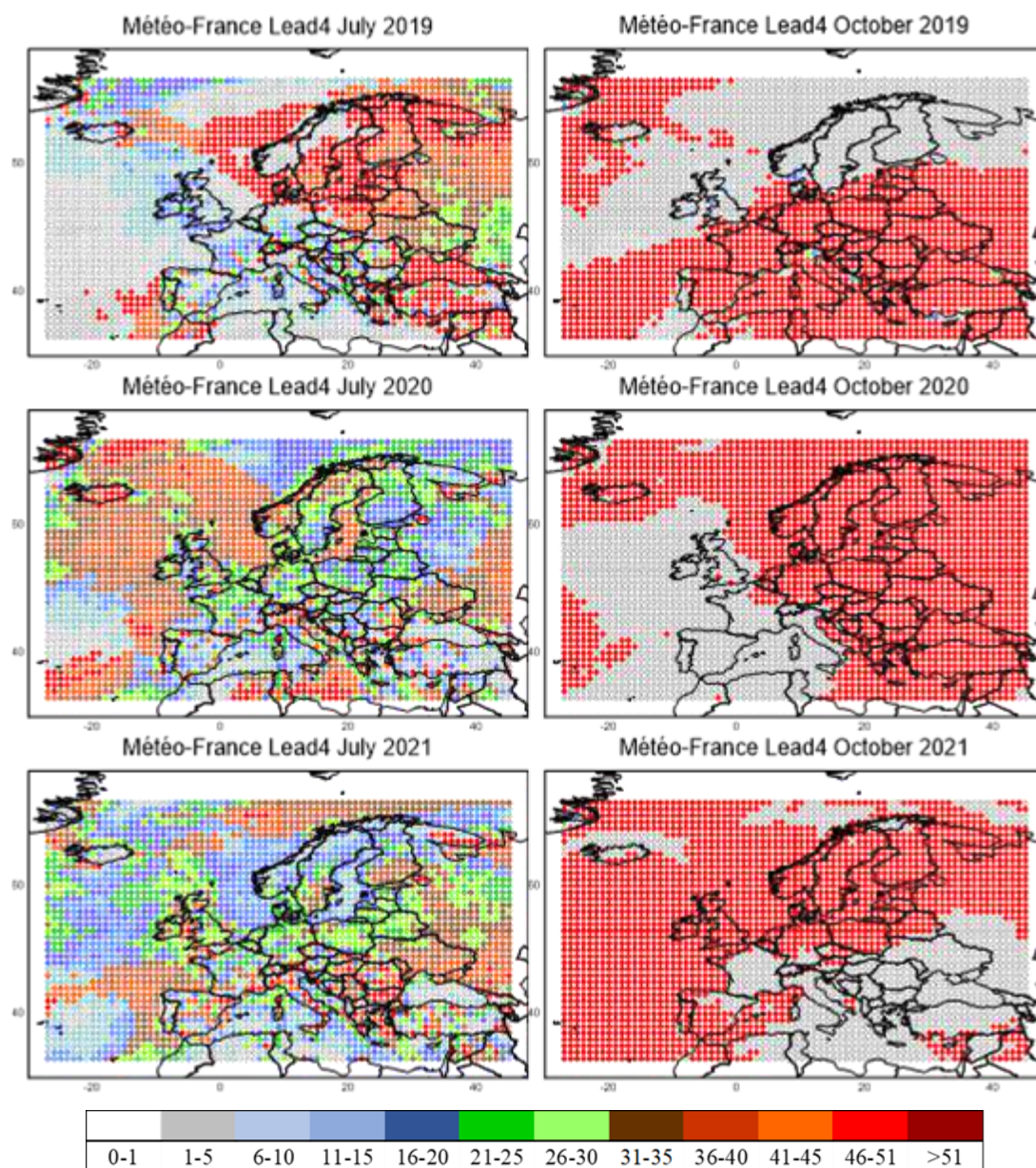


Σχήμα 3. 14 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του Météo-France με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη

Κατά την θερινή περίοδο, παρατηρείται εναλλαγή μεταξύ περιοχών με πολλά εύστοχα μέλη και περιοχών με ελάχιστα έως μηδενικά εύστοχα μέλη. Τον Ιούλιο 2019, η μεγαλύτερη αστοχία των μελών εντοπίζεται στη δυτική και νότια Ευρώπη, ενώ για το καλοκαίρι του 2020, παρατηρείται εκτενής αστοχία του συστήματος πρόγνωσης στην ηπειρωτική Ευρώπη. Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται και τον Ιούλιο 2021.

Σε αντίθεση με το καλοκαίρι, την φθινοπωρινή περίοδο αποδίδεται ξεκάθαρη εικόνα. Στη περίπτωση του φθινοπώρου υπάρχουν περιοχές που κανένα μέλος δεν

πλησιάζει το κλιματικό μέσο και περιοχές που όλα τα μέλη εντοπίζουν το στόχο. Ειδικότερα για τον Οκτώβριο του 2019, το σύστημα πρόγνωσης εκτιμά σωστά την μεταβολή της θερμοκρασίας, ως προς την κλιματική διάμεσο, στη νότια και κεντρική Ευρώπη, ενώ είναι άστοχη η πρόγνωση στο βορειότερο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Τον Οκτώβριο 2020, το Météo-France παρουσιάζει διαφορετική ικανότητα πρόγνωσης της μεταβολής της θερμοκρασίας ως προς την κλιματική διάμεσο, ισχυρή ικανότητα εκτίμησης στα ανατολικότερα τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής και αδυναμία πρόγνωσης στα δυτικότερα αυτής. Αντίθετα τον Οκτώβριο 2021, το



Σχήμα 3. 15 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του Météo-France με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη

σύστημα πρόγνωσης φέρεται να αδυνατεί να προσομοιάσει την νοτιοανατολική Ευρώπη και την Ισλανδία, ενώ στην υπόλοιπη περιοχή μελέτης απεικονίζεται ορθή εκτίμηση.

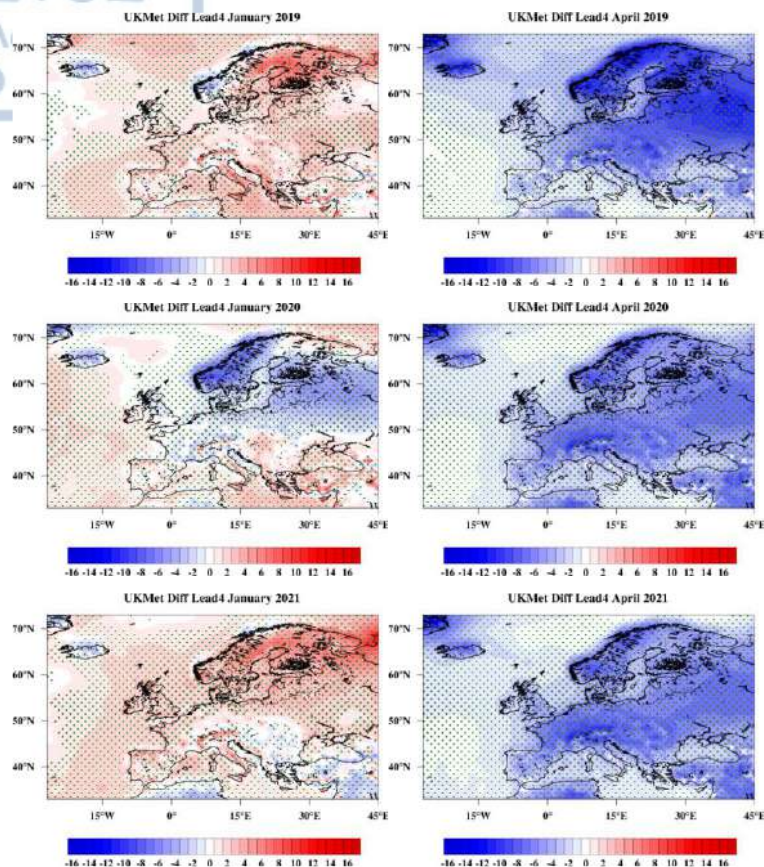
3.1.4. GloSea (UKMet)

Η σύγκριση μεταξύ των μεσοποιημένων τιμών μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του συστήματος πρόγνωσης UKMet και της βάσης reanalysis ERA5 παρουσιάζεται στους χάρτες διαφορών, όπως αυτοί παρατίθενται στα Σχήματα 3.16 και 3.17 (Π.18-23).

Ειδικότερα, κατά τον Ιανουάριο 2019, παρατηρείται υπερεκτίμηση της θερμοκρασίας από το σύστημα πρόγνωσης σε σύγκριση με τα reanalysis δεδομένα σε όλη την εξεταζόμενη περιοχή και στατιστική σημαντική υπερεκτίμηση αυτής στις οροσειρές των Άλπεων, της Βαλκανικής χερσονήσου και της Σκανδιναβίας. Εξαίρεση αποτελεί η περιοχή της Ισλανδίας και τα δυτικά παράλια της Σκανδιναβίας, όπου παρατηρείται στατιστικά σημαντική υποεκτίμηση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας. Αντιστοίχως, κατά τον Ιανουάριο 2021, το σήμα δεν διαφοροποιείται από τον Ιανουάριο 2019. Ωστόσο, παρατηρείται μεταβολή της εκτίμησης του UKMet στην ηπειρωτική Ελλάδα, τη Μέση Ανατολή και την Βόρεια Αφρική. Αντίθετα, κατά τον Ιανουάριο 2020, παρατηρείται διαφορετική εικόνα. Η βόρεια Ευρώπη παρουσιάζεται ψυχρότερη και η νότια Ευρώπη θερμότερη από τις πραγματικές καταγραφές. Παράλληλα, απεικονίζονται μεγάλες στατιστικά σημαντικές διαφορές τιμών μεταξύ συστήματος πρόγνωσης και δεδομένων reanalysis στα προαναφερθέντα παράλια της Σκανδιναβικής χερσονήσου.

Για τον Απρίλιο παρουσιάζεται ψυχρότερη όλη η Ευρώπη, με μεγαλύτερες αρνητικές διαφορές στα βόρεια και ειδικότερα στην Σκανδιναβία. Η εικόνα παραμένει ίδια, σε όλα τα χρόνια, με τα 2018 και 2019 να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες διαφορές σε σύγκριση με τα 2020 και 2021.

Κατά την θερινή περίοδο (Ιούλιος), παρατηρείται, γενικότερα, υποεκτίμηση της κλιματικής παραμέτρου της θερμοκρασίας, από το σύστημα πρόγνωσης, στην Ευρώπη. Ωστόσο, η πρόγνωση χαρακτηρίζεται ικανοποιητική στην ανατολική Ευρώπη τα έτη 2019 και 2020. Επιπλέον, απεικονίζονται θερμότερες οι οροσειρές των Άλπεων και του Καυκάσου κατά την χρονική περίοδο 2019-21, ανεξαρτήτως lead time (Σχήμα Π19, 21-23). Επιπρόσθετα, κατά την θερινή περίοδο του 2021, παρατηρείται υποεκτίμηση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας σε σύγκριση με τα πραγματικά δεδομένα, ενώ σε τμήματα της κεντρικής και δυτικής Ευρώπης, η μικρή υποεκτίμηση είναι στατιστικά σημαντική.



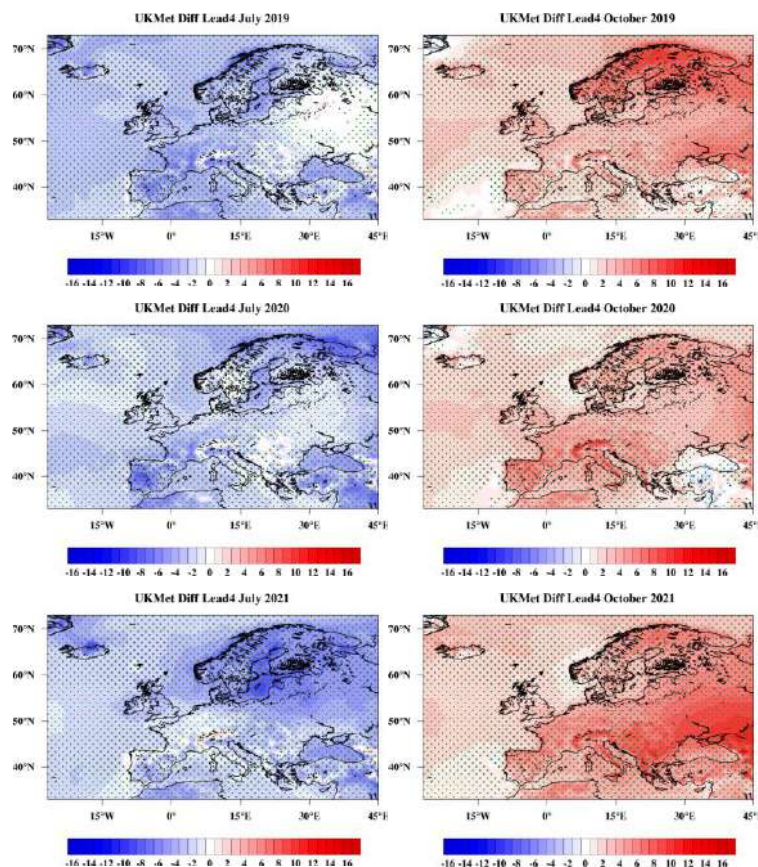
Σχήμα 3. 16 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ.

Όσον αφορά την φθινοπωρινή περίοδο (Οκτώβριος) (σχήμα), στα τέσσερα εξεταζόμενα έτη παρουσιάζεται υπερεκτίμηση των πραγματικών δεδομένων από το σύστημα πρόγνωσης. Άξιο αναφοράς είναι ότι οι στατιστικά σημαντικές θετικές διαφορές, απεικονίζεται στη βόρεια Ευρώπη σε σχέση με την νότια Ευρώπη, κατά το έτος 2019. Σε αντίθεση με το έτος 2021 όπου η υπερεκτίμηση, απεικονίζεται σημαντικότερη στη νότια Ευρώπη σε σχέση με την βόρεια Ευρώπη.

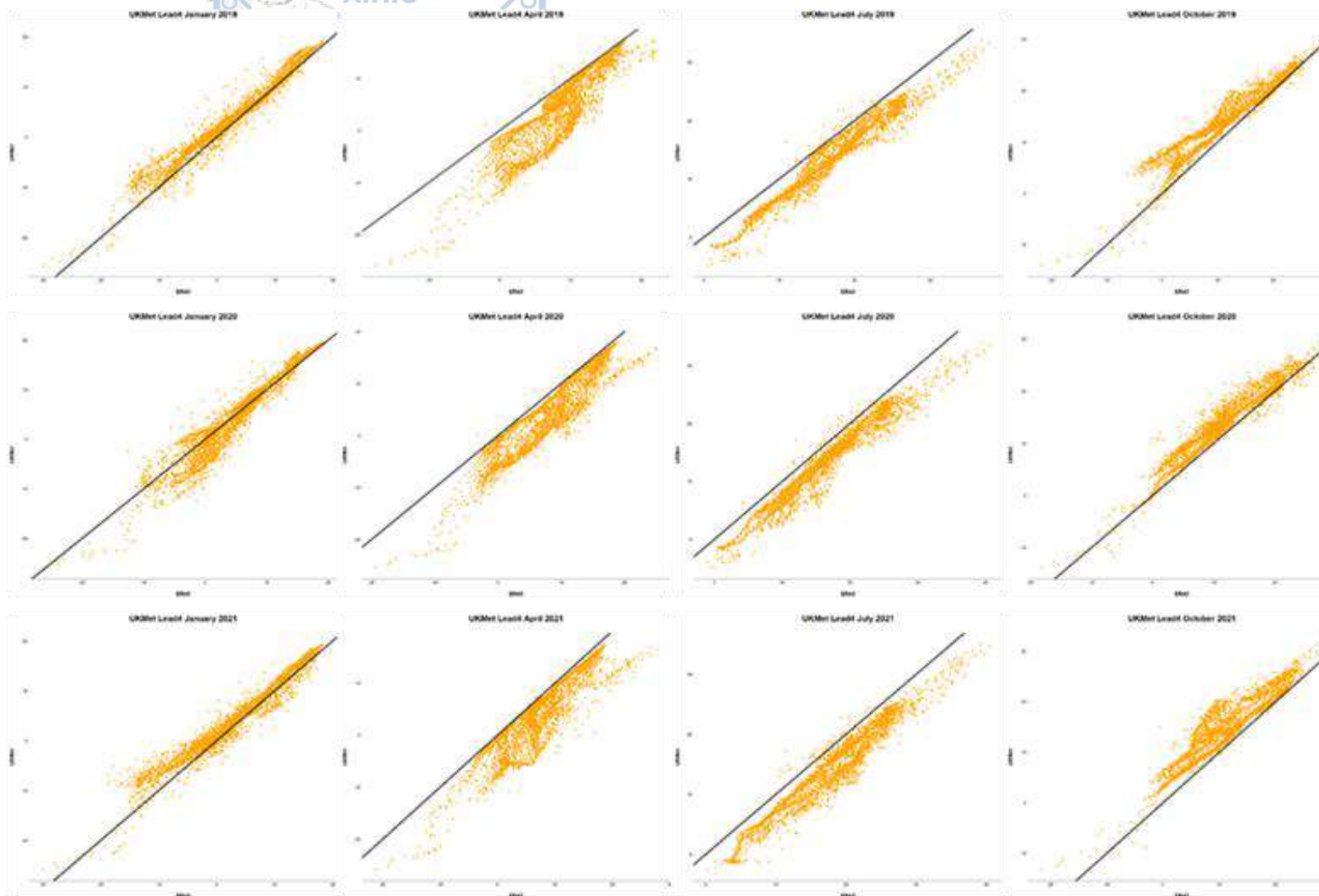
Στο Σχήμα 3.18 απεικονίζεται, με την μορφή διαγραμμάτων διασποράς (scatter plots), η συσχέτιση μεταξύ των μεσοποιημένων τιμών των προσομοιώσεων του συστήματος πρόγνωσης UKMet (άξονας y) και των δεδομένων reanalysis ERA5 (άξονας x), ενώ η ευθεία προσδιορίζει την ευθεία της εξίσωσης $y=x$. Στα διαγράμματα διασποράς παρατηρείται ότι κατά την χειμερινή περίοδο (Ιανουάριος), για κάθε πρόγνωση ανεξαρτήτως lead-time, οι προσομοιώσεις του UKMet παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τις άλλες χρονικές περιόδους με

τις τιμές να βρίσκονται πολύ κοντά στην διαγώνιο. Οι μικρότερες τιμές της μέσης θερμοκρασίας φαίνεται να μην αποδίδονται το ίδιο καλά με τις μέγιστες μέσες θερμοκρασίες.

Στον αντίποδα αυτού, κατά τον Απρίλιο της της εξεταζόμενης περιόδου αναφοράς, η Ευρώπη απεικονίζεται ψυχρότερη, ενώ χαρακτηριστική είναι η απόσταση και η διασπορά των τιμών από τη ευθεία $y=x$. Παρόμοια εικόνα παρατηρείται και κατά την θερινή περίοδο του εξεταζόμενου χρονικού διαστήματος. Στον αντίποδα αυτού, τον Οκτώβριο όλων των εξεταζόμενων ετών, η κατανομή βρίσκεται πάνω από την ευθεία $y=x$. Συνεπώς, το σύστημα πρόγνωσης υπερεκτιμά τις πραγματικές τιμές της θερμοκρασίας, με τη διασπορά των τιμών να μεταβάλλεται ανάλογα με το έτος.



Σχήμα 3. 17 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ .



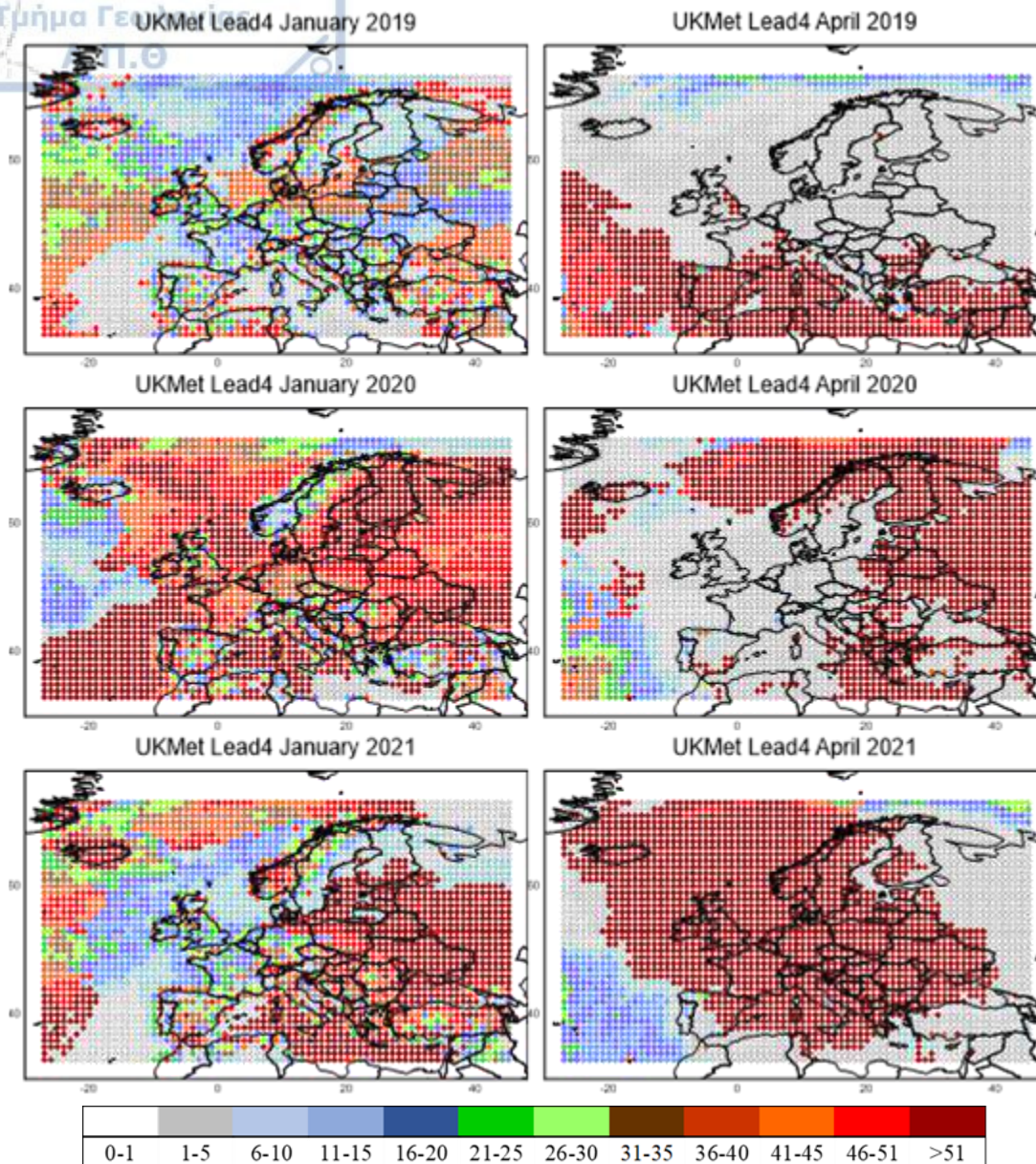
Σχήμα 3. 18 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet (άξονας y) με Lead time 4 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

Ο αριθμός των μελών (members) του συστήματος πρόγνωσης, από τα οποία εκτιμήθηκε ικανοποιητικά η μεταβολή της θερμοκρασίας, προς την κλιματική διάμεσο, ανά σημείο πλέγματος του, για την εξεταζόμενη περίοδο αναφοράς, αποδίδεται στους ευρωπαϊκούς χάρτες των Σχημάτων 3.19, 3.20 και Π.54-57. Λόγω της διαφορετικής τεχνικής ανάπτυξης των μελών του συγκεκριμένου συστήματος πρόγνωσης (lagged mode), στην γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων προστέθηκε μια επιπλέον κλάση (σκούρο κόκκινο χρώμα), η οποία δείχνει αριθμό εύστοχων μελών μεγαλύτερο των 52.

Τον Ιανουάριο 2019, δεν παρατηρείται κάποιο διακριτό σήμα, καθώς σημεία πλέγματος με μεγάλο αριθμό έγκυρων προσομοιώσεων εναλλάσσονται με σημεία πλέγματος, όπου αποδίδεται μικρός αριθμός. Αντίθετα, τον Ιανουάριο του επόμενου έτους, παρατηρείται αξιόπιστη εκτίμηση της μεταβολής για το μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιοχής (ερυθρές αποχρώσεις), εκτός από τμήμα της ανατολικής Μεσογείου και του Ατλαντικού Ωκεανού (μπλε και γκρίζα χρώματα). Ακολουθώντας, τον Ιανουάριο 2021 παρατηρείται ικανοποιητική προσέγγιση της μεταβολής της θερμοκρασίας, ως προς την κλιματική διάμεσο, από το σύστημα πρόγνωσης στη νότια και την ανατολική εξεταζόμενη περιοχή, σε σύγκριση με την βόρεια και την δυτική.

Τον Απρίλιο 2019, παρατηρείται αδυναμία εκτίμησης της μεταβολής της θερμοκρασίας στη βόρεια Ευρώπη. Αντίθετα, αποδίδεται εύστοχα η Μεσόγειος και τμήματα του Ατλαντικού Ωκεανού. Για τον Απρίλιο 2020, παρατηρείται ικανοποιητική προσέγγιση της μεταβολής της θερμοκρασίας στην ανατολική Μεσόγειο, την ανατολική Ευρώπη και βορειότερα της Σκανδιναβίας. Επιπλέον, τον Απρίλιο 2021, το σύστημα πρόγνωσης δεν προσομοιάζει ικανοποιητικά τα δυτικά, νότια και ανατολικά περιθώρια της περιοχής μελέτης, σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ευρώπη, όπου η εκτίμηση της μεταβολής χαρακτηρίζεται εύστοχη.

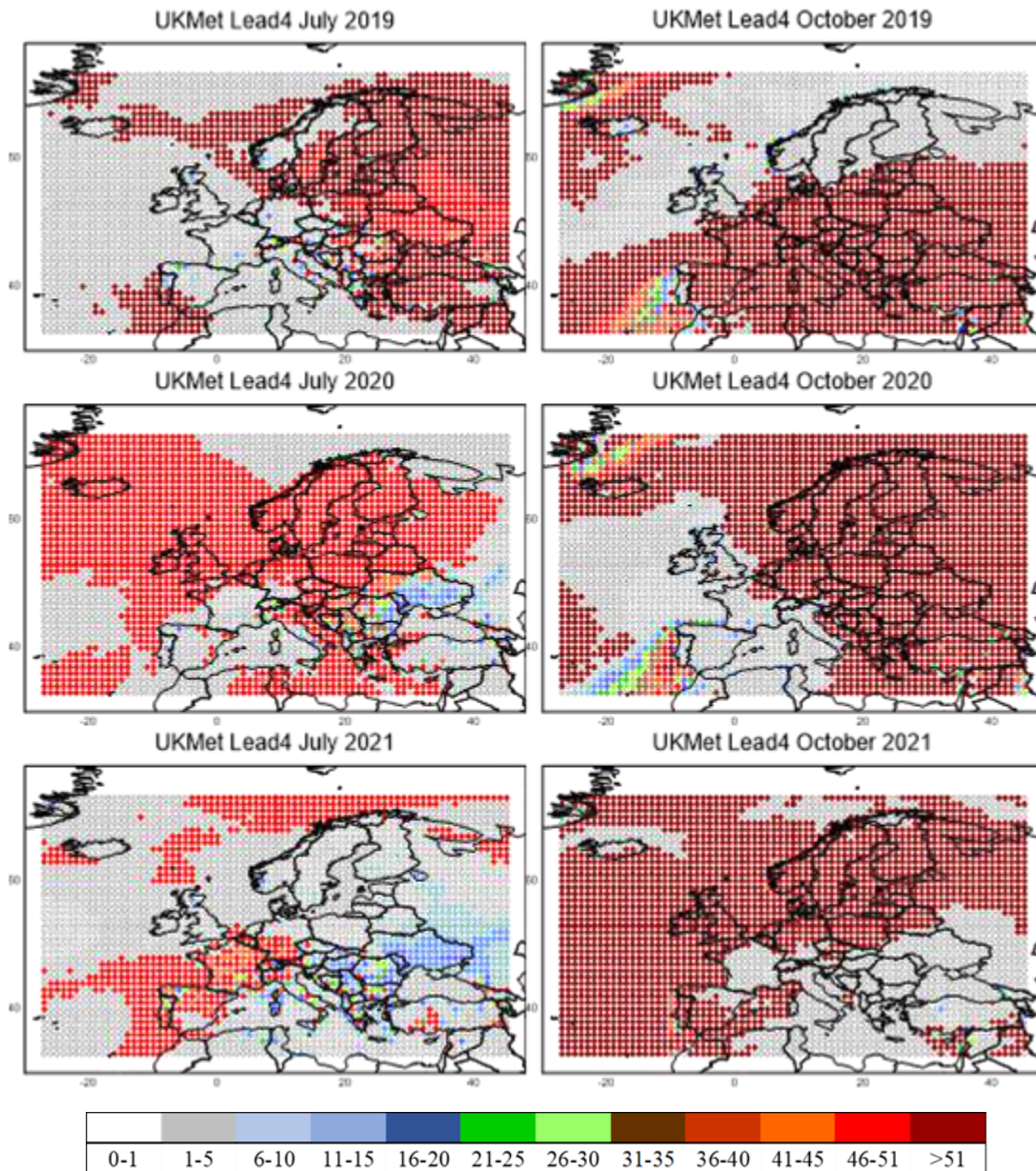
Κατά την θερινή περίοδο, παρατηρείται εναλλαγή μεταξύ περιοχών με πολλά εύστοχα μέλη και περιοχών με ελάχιστα έως μηδενικά εύστοχα μέλη. Τη θερινή περίοδο του 2019 η μεγαλύτερη αστοχία των μελών εντοπίζεται στη δυτική και νότια Ευρώπη, ενώ για τον Ιούλιο 2020, η αστοχία περιορίζεται σε τμήμα της ανατολικής Ευρώπης και την δυτική Μεσόγειο όπου όμως ο αριθμός members που είναι εύστοχα είναι μικρότερος. Αντίθετα, είναι συντριπτικά περισσότερες οι περιοχές, όπου παρατηρείται αδυναμία εκτίμησης της μεταβολής της θερμοκρασίας τον Ιούλιο 2021.



Σχήμα 3. 19 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη.

Την φθινοπωρινή περίοδο παρατηρείται παρόμοια εικόνα με το άνοιξη με πλήρη (όλα τα members-κόκκινο σκούρο) ή καθόλου ευστοχία (κανένα members-γκρι). Στη περίπτωση του φθινοπώρου του 2019, η εκτίμηση της μεταβολής της θερμοκρασίας, ως προς την κλιματική διάμεσο, είναι σωστή στη νότια και κεντρική Ευρώπη, ενώ αστοχία εκτίμησης απεικονίζεται στο βορειότερο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Για τον Οκτώβριο 2020, το σύστημα πρόγνωσης παρουσιάζει διαφορετική ικανότητα

πρόγνωσης της μεταβολής της θερμοκρασίας ως προς την κλιματική διάμεσο, ισχυρή ικανότητα εκτίμησης στις ανατολικές ευρωπαϊκές περιοχές και αδυναμία πρόγνωσης στις δυτικές. Επιπρόσθετα για τον Οκτώβριο 2021, το σύστημα πρόγνωσης αδυνατεί να προσομοιάσει την νοτιοανατολική Ευρώπη και την Ισλανδία, σε αντίθεση με την υπόλοιπη εξεταζόμενη περιοχή, όπου παρουσιάζει χαρακτηριστική ευστοχία.



Σχήμα 3. 20 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη.

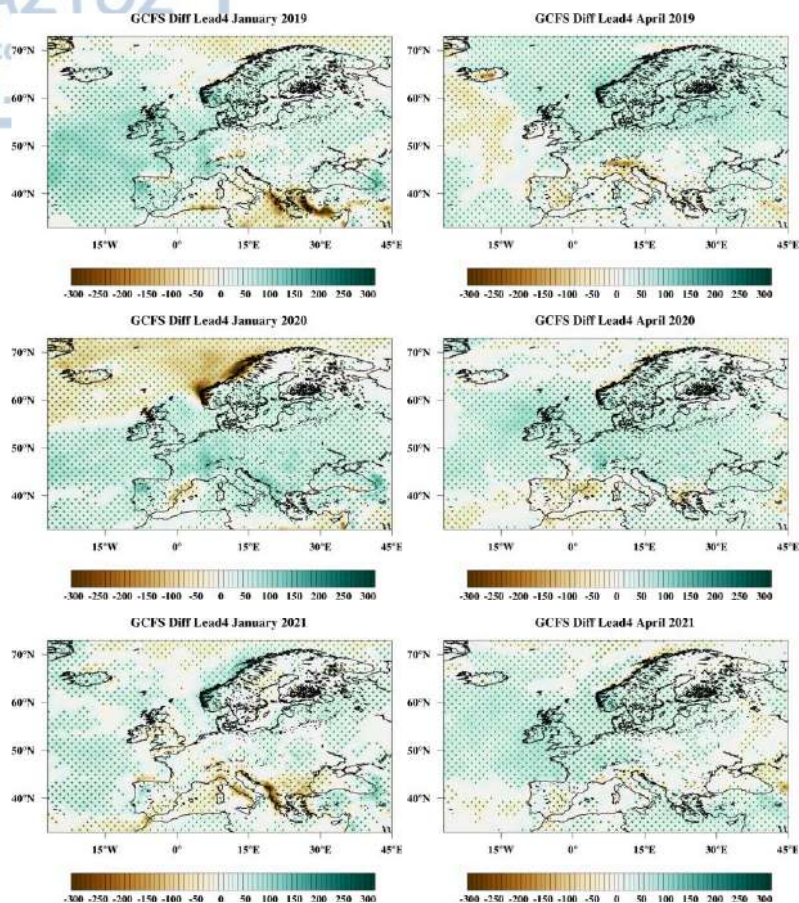
3.2 Στατιστική ανάλυση διαφορών προσομοιώσεων και ERA5 - Αξιολόγηση πρόγνωσης της εποχιακής μεταβολής – Βροχόπτωση

3.2.1. GCFS

Η σύγκριση μεταξύ του ensembles της μηνιαίας βροχόπτωσης του συστήματος πρόγνωσης GCFS και της βάσης reanalysis ERA5 παρουσιάζεται στους χάρτες διαφορών, όπως αυτοί παρατίθενται στα Σχήματα 3.21. 3.22 και Π.58-61. Συγκεκριμένα, στους χάρτες απεικονίζονται οι διαφορές των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης για την Ευρώπη, κατ' έτος, και για τους επιλεγμένους αντιπροσωπευτικούς μήνες για κάθε εποχή. Ο κάθε χάρτης παρουσιάζει τη πρόγνωση με το αντίστοιχο lead-time (2, 4, 6).

Ειδικότερα, τον Ιανουάριο 2019 παρατηρείται υπερεκτίμηση της βροχόπτωσης από το σύστημα πρόγνωσης, σε σύγκριση με τα reanalysis δεδομένα στη δυτική και την βόρεια Ευρώπη, ενώ έντονη υποεκτίμηση απεικονίζεται στην ανατολική Μεσόγειο. Το σήμα δεν διαφοροποιείται τον Ιανουάριο του 2021. Ωστόσο, παρατηρούνται μικρότερες διαφορές των τιμών της κλιματικής παραμέτρου, συγκριτικά με την χειμερινή περίοδο του 2019. Αντίθετα, τον Ιανουάριο 2020 παρατηρείται διαφορετική εικόνα. Παρά το γεγονός ότι η βροχόπτωση υπερεκτιμάται από το σύστημα πρόγνωσης στην κεντρική Ευρώπη και την εν λόγω χρονική περίοδο, τα δυτικά παράλια της Σκανδιναβίας παρουσιάζονται έντονα ξηρότερα από τις πραγματικές καταγραφές. Παράλληλα, υπερεκτίμηση της μηνιαίας βροχόπτωσης παρατηρείται στην Μεσόγειο.

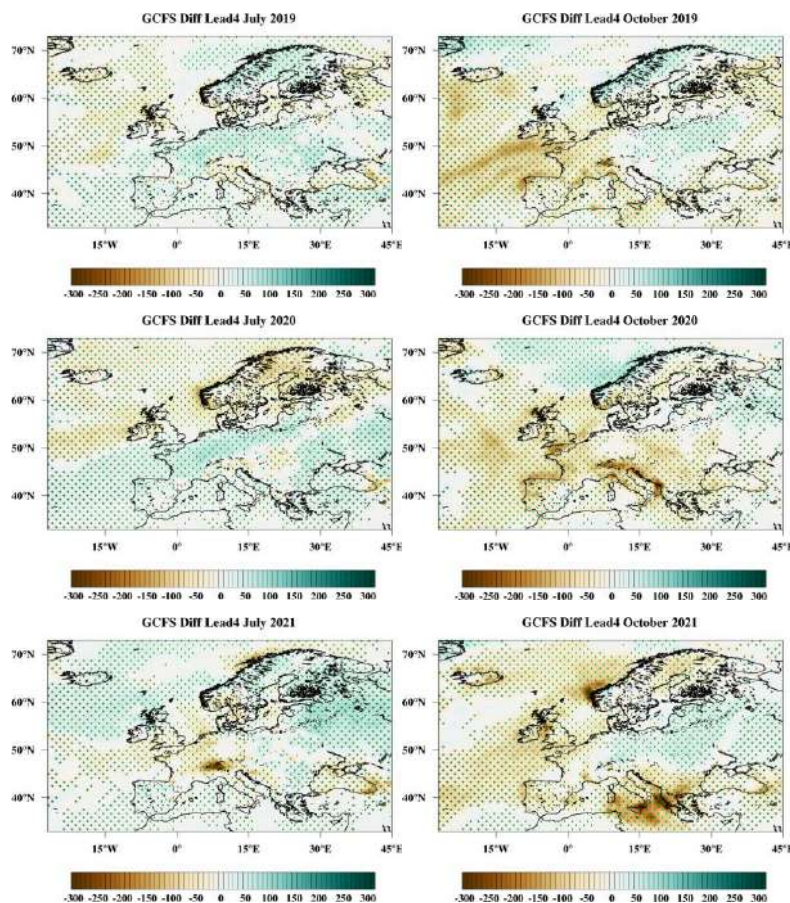
Τον Απρίλιο 2019 παρουσιάζεται υπερεκτίμηση των βροχοπτώσεων στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη, με μεγαλύτερες διαφορές στις χώρες της Βαλτικής και την Σκανδιναβία, ενώ υποεκτίμηση παρατηρείται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο (οροσειρές Άλπεων, Καυκάσου). Στη συνέχεια, τον Απρίλιο 2020 εκτιμάται υγρότερη η κεντρική Ευρώπη συγκριτικά με τις πραγματικές τιμές, ενώ το σύστημα πρόγνωσης προσομοιάζει ξηρότερη την περιοχή της Μεσογείου. Παράλληλα, απεικονίζονται μικρότερες διαφορές των τιμών της βροχόπτωσης στην οροσειρά των Άλπεων. Αντίστοιχο σήμα παρατηρείται και την εαρινή περίοδο του 2021, ωστόσο παρατηρούνται μικρότερες διαφορές μεταξύ των προσομοιώσεων και των πραγματικών καταγραφών, ιδιαίτερα στις μεσογειακές χώρες και την ανατολική Ευρώπη.



Σχήμα 3. 21 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης (mm) του GCFS με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ .

Τον Ιούλιο 2018, το GCFS παρουσιάζει πιο υγρή την δυτική Ευρώπη και την Σκανδιναβία συγκριτικά με τις πραγματικές καταγραφές (Σχήμα Π62). Αντίθετα, ξηρότερη προσομοιάζει την Ισλανδία και την ανατολική Ευρώπη. Χαρακτηριστική υποεκτίμηση της μηνιαίας βροχόπτωσης παρατηρείται σε σημεία με έντονες εξάρσεις του ανάγλυφου στο νότιο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής (Πυρηναία Όρη, Άλπεις, Βαλκάνια, Καύκασος). Κατά την θερινή περίοδο (Ιούλιος 2019), το σύστημα πρόγνωσης υπερεκτιμά την βροχόπτωση στην κεντρική Ευρώπη και την Σκανδιναβία, ενώ προσομοιάζει ξηρότερη την βορειοδυτική Ευρώπη και τμήματα της ανατολικής Μεσογείου. Αντίθετα, τον Ιούλιο 2020 το σύστημα πρόγνωσης υπερεκτιμά την κλιματική παράμετρο της βροχόπτωσης στη νότια Ευρώπη, εκτός των περιοχών των

δυτικών Βαλκανίων και των οροσειρών των Άλπεων και του Καυκάσου, ενώ υποεκτιμά την βόρεια Ευρώπη, σε σύγκριση με τα δεδομένα reanalysis. Επιπρόσθετα, την θερινή περίοδο του 2021 η βροχόπτωση υπερεκτιμάται από το σύστημα πρόγνωσης στα Βαλκάνια, την βορειοανατολική Ευρώπη και στα ενδότερα της Σκανδιναβίας. Αντίθετα, χαρακτηριστική υποεκτίμηση παρατηρείται στις οροσειρές των Άλπεων και του Καυκάσου.



Σχήμα 3. 22 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης (mm) του GCFS με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ .

Τον Οκτώβριο, αντιπροσωπευτικό μήνα του φθινοπώρου, καθ' όλη την εξεταζόμενη περίοδο αναφοράς παρατηρείται συγκεκριμένη εικόνα. Οι προσομοιώσεις του συστήματος πρόγνωσης υπερεκτιμούν την κλιματική παράμετρο στα βορειοανατολικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, ενώ ξηρότερη παρουσιάζεται η υπόλοιπη περιοχή.

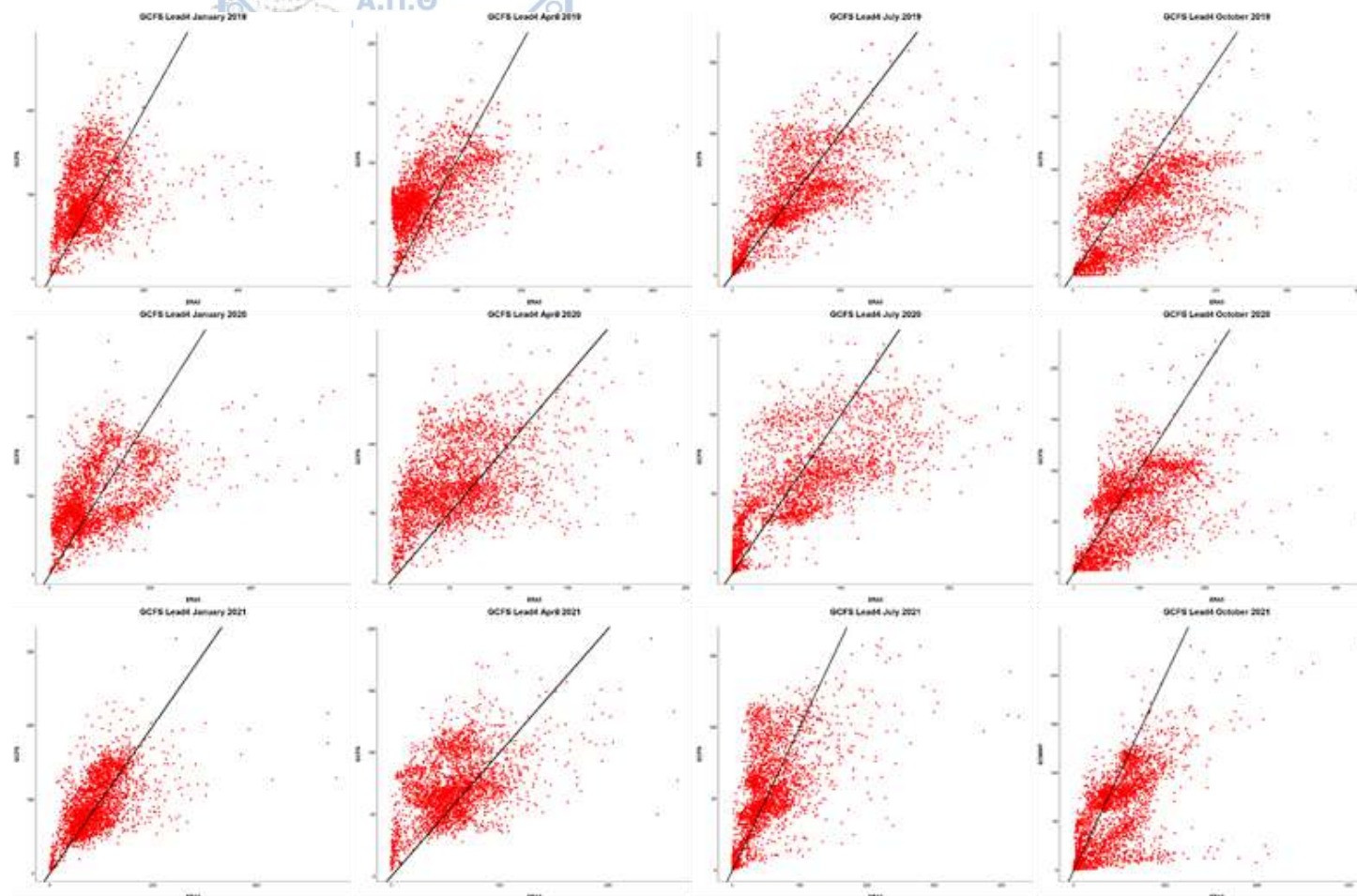
Στατιστικά σημαντικές είναι οι διαφορές των τιμών της βροχόπτωσης, μεταξύ του GCFS και των ERA5, στην περιοχή της Μεσογείου (2018,2020,2021), στις δυτικές ακτές της Σκανδιναβίας (2018) και στον Ατλαντικό ωκεανό (2018,2019).

Στο Σχήμα 3.23 απεικονίζεται, με την μορφή διαγραμμάτων διασποράς (scatter plots), η συσχέτιση μεταξύ του ensembles των προσομοιώσεων του συστήματος πρόγνωσης GCFS (άξονας y) και των δεδομένων reanalysis ERA5 (άξονας x). Στα διαγράμματα διασποράς παρατηρείται μεγάλη διασπορά των τιμών, για κάθε πρόγνωση ανεξαρτήτως lead-time. Η διασπορά παρατηρείται μεγαλύτερη κατά την θερινή περίοδο και μικρότερη κατά την χειμερινή. Επίσης, η διασπορά των τιμών περιορίζεται με την πάροδο των ετών της περιόδου μελέτης. Επιπλέον, τα περισσότερα σημεία κατά την εαρινή περίοδο, βρίσκονται πάνω από την ευθεία $y=x$, υποδεικνύοντας ότι εκτιμάται πιο υγρή η εξεταζόμενη περιοχή από το GCFS. Αντίθετα, κατά την φθινοπωρινή περίοδο όλων των εξεταζόμενων περιοχών, η πλειονότητα των σημείων βρίσκεται κάτω από την ευθεία $y=x$.

Στα Σχήματα 3.24, 3.25 παρατίθενται χάρτες της Ευρώπης, οι οποίοι απεικονίζουν τον αριθμό των μελών (members) του συστήματος πρόγνωσης, από τα οποία εκτιμήθηκε σωστά η μεταβολή της κλιματικής παραμέτρου της βροχόπτωσης, προς την κλιματική διάμεσο, ανά σημείο πλέγματος του, για την εξεταζόμενη περίοδο αναφοράς.

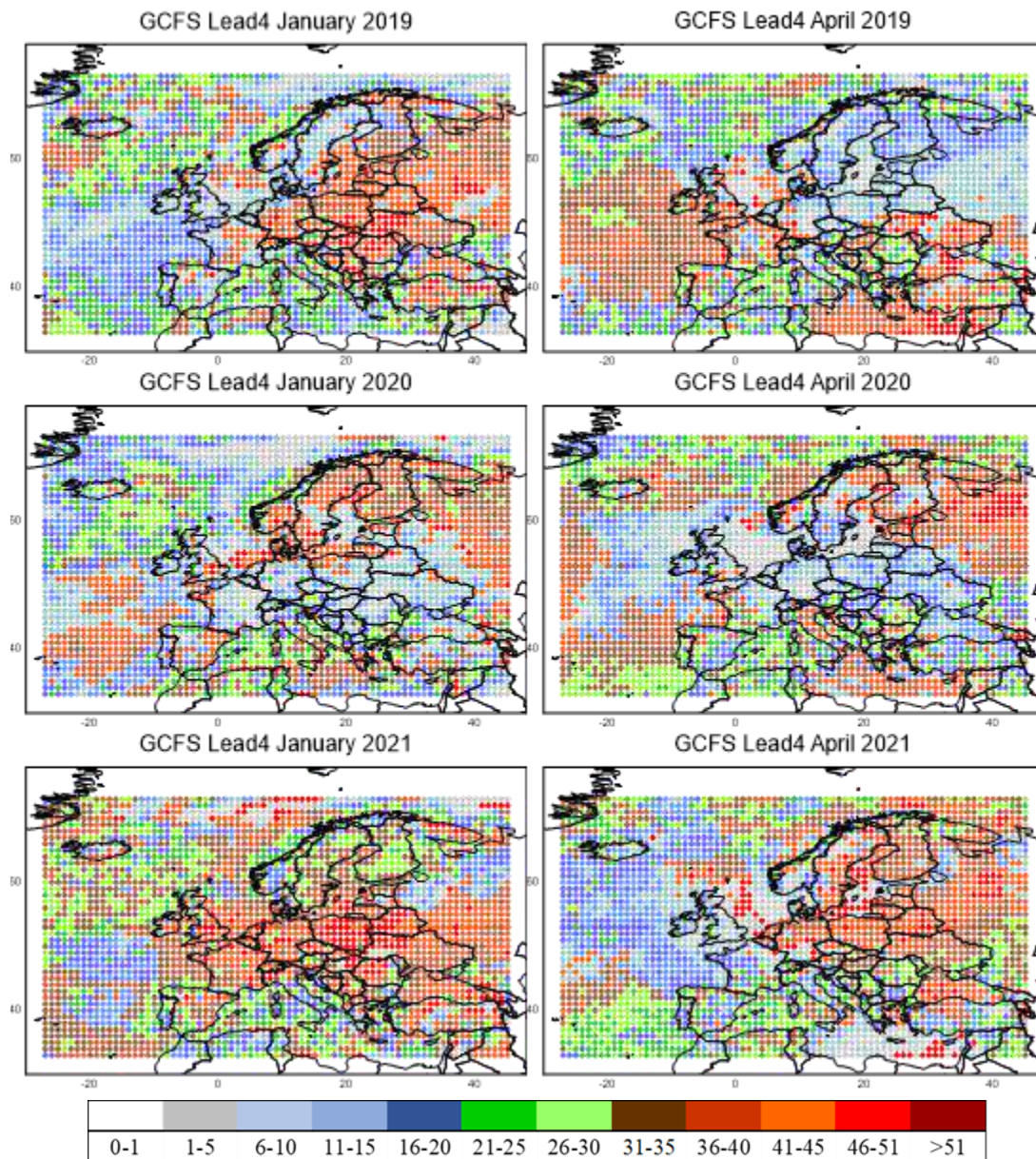
Όσον αφορά τον Ιανουάριο 2019, το σύστημα πρόγνωσης αποδίδει ικανοποιητικά την μεταβολή της βροχόπτωσης ως προς την κλιματική διάμεσο, στην κεντρική και την ανατολική Ευρώπη, ενώ αδυναμία εκτίμησης παρατηρείται στην υπόλοιπη εξεταζόμενη περιοχή. Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται και τον Ιανουάριο 2021. Αντίθετα, τον Ιανουάριο 2020 παρατηρείται αξιόπιστη εκτίμηση της μεταβολής, σε περιορισμένο αριθμό σημείων πλέγματος, στη Σκανδιναβία και την Ρωσία.

Την εαρινή περίοδο των ετών 2019 και 2020, παρατηρείται εναλλαγή μεταξύ σημείων πλέγματος με πολλές εύστοχες προσομοιώσεις και σημείων με ελάχιστες, ενώ η πλειονότητα των εύστοχων σημείων πλέγματος βρίσκεται σε θαλάσσια τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής. Στον αντίποδα αυτού, τον Απρίλιο 2021 η εικόνα είναι ξεκάθαρη. Παρατηρείται σωστή εκτίμηση της μεταβολής της βροχόπτωσης στη βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης.



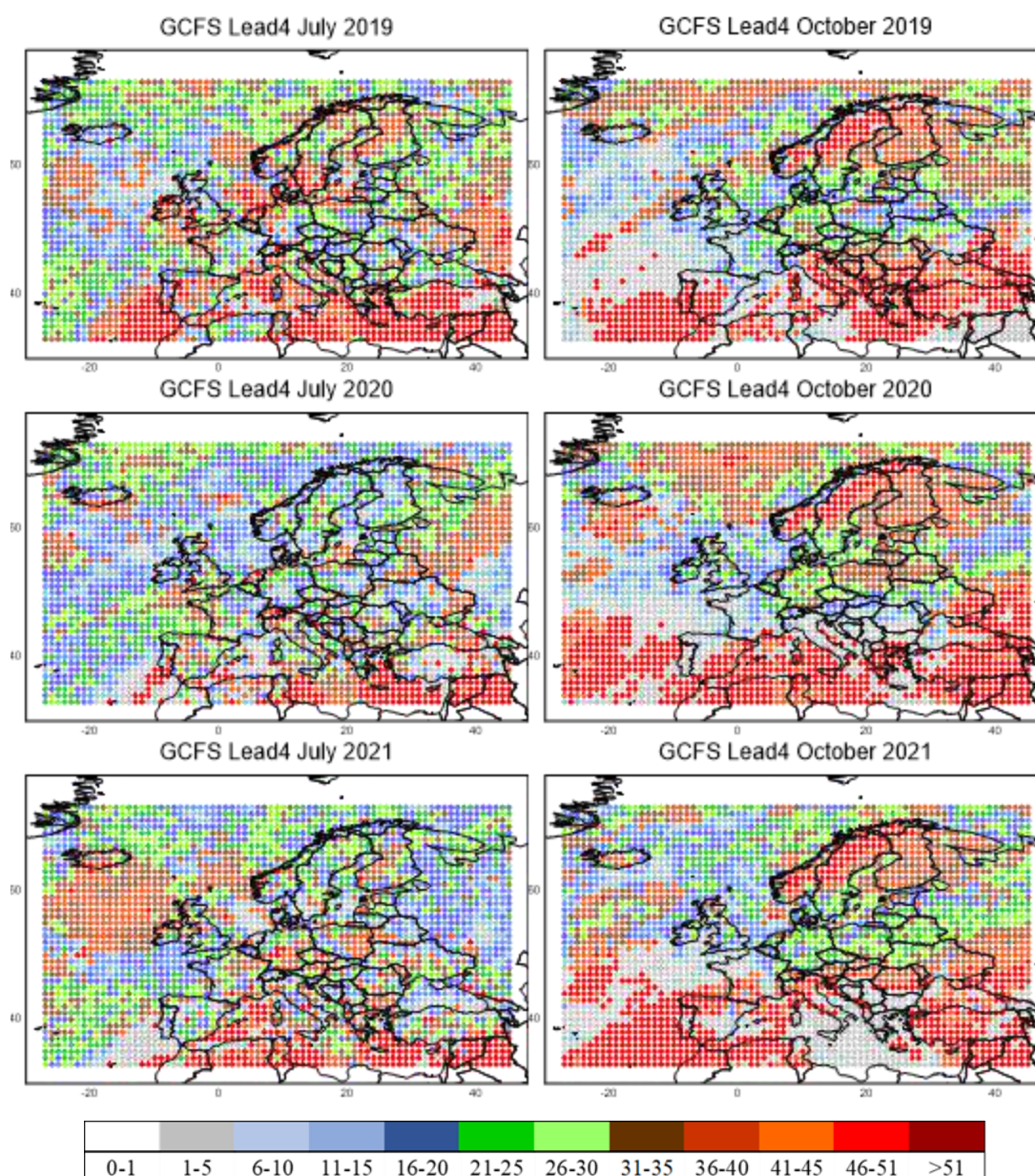
Σχήμα 3. 23 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης του GCFS (άξονας y) με Lead time 4 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

Το καλοκαίρι της εξεταζόμενης περιόδου αναφοράς, παρουσιάζεται παρόμοια εικόνα σε όλα τα έτη, καθώς το σύστημα πρόγνωσης εκτιμά ορθά την μεταβολή της βροχόπτωσης στην Μεσόγειο, ιδιαίτερα το ανατολικό τμήμα, και σε μεμονωμένες περιοχές της βόρειας Ευρώπης, διαφορετικές ανά έτος.



Σχήμα 3. 24 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCMFS με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη.

Τον Οκτώβριο 2019, απεικονίζεται σωστή εκτίμηση της μεταβολής της κλιματικής παραμέτρου στην Σκανδιναβία, τα Βαλκάνια και την ανατολική Μεσόγειο, αλλά και δυτικά της Ιβηρικής Χερσονήσου. Ελάχιστα διαφοροποιημένη εικόνα παρατηρείται το φθινόπωρο του 2020. Η δυτική Μεσόγειος εκτιμάται ορθά, σε αντίθεση με τον Οκτώβριο 2019, ενώ αδυναμία πρόγνωσης της μεταβολής της βροχόπτωσης φαίνεται στην Ιταλία



Σχήμα 3. 25 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCFS με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη.

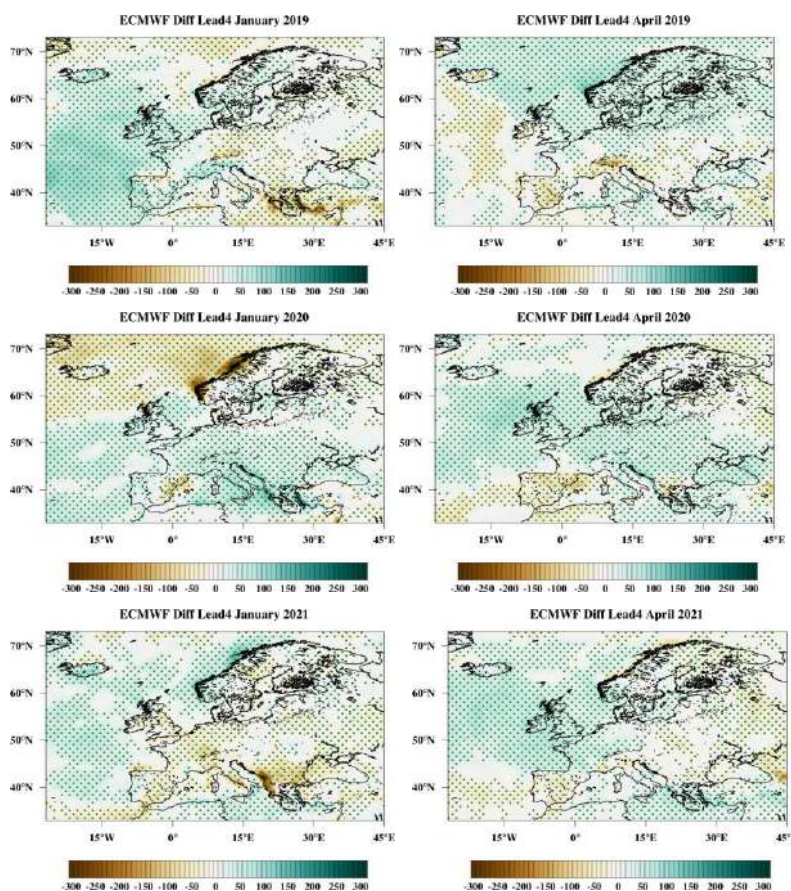
και τα Βαλκάνια. Αντίθετα για τον Οκτώβριο 2021, το GCFS αδυνατεί να προσομοιάσει την κλιματική παράμετρο στην περιοχή της Μεσογείου, όμως, εκτιμά ορθά την βροχόπτωση στην περιοχή της Σκανδιναβίας. Παράλληλα, εξακολουθεί να απεικονίζεται ανομοιογενής εναλλαγή μεταξύ σημείων πλέγματος με πολλές εύστοχες προσομοιώσεις και σημείων πλέγματος με πολλές άστοχες.

3.2.2. SEAS5 (ECMWF)

Οι χάρτες διαφορών, όπως αυτοί παρατίθενται στα Σχήματα 3.26, 3.27 και Π.62-68 απεικονίζουν την σύγκριση μεταξύ των μεσοποιημένων τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του συστήματος πρόγνωσης ECMWF και των δεδομένων reanalysis ERA5. Συγκεκριμένα, στους χάρτες απεικονίζονται οι διαφορές των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης για την Ευρώπη, κατ' έτος, και για τους επιλεγμένους αντιπροσωπευτικούς μήνες για κάθε εποχή. Ο κάθε χάρτης παρουσιάζει τη πρόγνωση με το αντίστοιχο lead-time (2, 4, 6).

Συγκεκριμένα, τον Ιανουάριο 2018 απεικονίζεται, από το ECMWF, έντονα ξηρότερη η κεντρική Ευρώπη, ιδιαίτερα η Γαλλία, ενώ μεγαλύτερα ποσά βροχής αποδόθηκαν από τις προσομοιώσεις του συστήματος πρόγνωσης στην περιοχή της Μεσογείου και βορείά της Σκανδιναβίας, σε σύγκριση με τις πραγματικές καταγραφές. Διαφορετική εικόνα παρουσιάζεται τον Ιανουάριο 2019, καθώς παρατηρείται υπερεκτίμηση της μηνιαίας βροχόπτωσης από το σύστημα πρόγνωσης, σε σύγκριση με τα reanalysis δεδομένα στη δυτική Ευρώπη, ενώ στατιστικά σημαντική υποεκτίμηση απεικονίζεται στην ανατολική Μεσόγειο. Αντίθετα, τον Ιανουάριο 2020 η μηνιαία βροχόπτωση υπερεκτιμάται από το σύστημα πρόγνωσης στην κεντρική Ευρώπη, ωστόσο, τα δυτικά παράλια της Σκανδιναβίας παρουσιάζονται έντονα ξηρότερα από τις πραγματικές καταγραφές. Παράλληλα, ικανοποιητικά προσεγγίζεται η μηνιαία βροχόπτωση στην ανατολική Ευρώπη και την σκανδιναβική ενδοχώρα. Επιπρόσθετα, τον Ιανουάριο 2021, απεικονίζονται υγρότερα τα βορειότερα τμήματα της περιοχής μελέτης, ενώ ξηρότερες παρατηρούνται η κεντρική και νότια Ευρώπη. Χαρακτηριστική υποεκτίμηση της κλιματικής παραμέτρου, από το σύστημα πρόγνωσης σε σχέση με τις πραγματικές τιμές, καταγράφεται στα Βαλκάνια και στην Οροσειρά της Πίνδου.

Τον Απρίλιο 2019 παρουσιάζεται υπερεκτίμηση των βροχοπτώσεων στην βόρεια Ευρώπη, ενώ υποεκτίμηση παρατηρείται στην Ιβηρική Χερσόνησο και την οροσειρά των Άλπεων. Στη συνέχεια, τον Απρίλιο 2020 εκτιμάται υγρότερη η κεντρική Ευρώπη συγκριτικά με τις πραγματικές τιμές, ενώ το σύστημα πρόγνωσης προσομοιάζει ξηρότερες τις μεσογειακές χώρες, εκτός από την Ιταλία, και την Ρωσία. Παράλληλα, ικανοποιητικά προσεγγίζονται οι πραγματικές τιμές της μηνιαίας βροχόπτωσης στην Σκανδιναβία. Αντίθετα, κατά την εαρινή περίοδο του 2021, αποδίδεται υπερεκτίμηση της κλιματικής παραμέτρου από το σύστημα πρόγνωσης στην δυτική Ευρώπη και την ανατολική Μεσόγειο, ενώ παρατηρούνται ξηρότερες οι υπόλοιπες περιοχές. Όσον αφορά τις περιοχές που παρουσιάζεται υποεκτίμηση, επισημαίνεται ότι χαρακτηρίζονται μικρές



Σχήμα 3. 26 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης (mm) του ECMWF με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή.

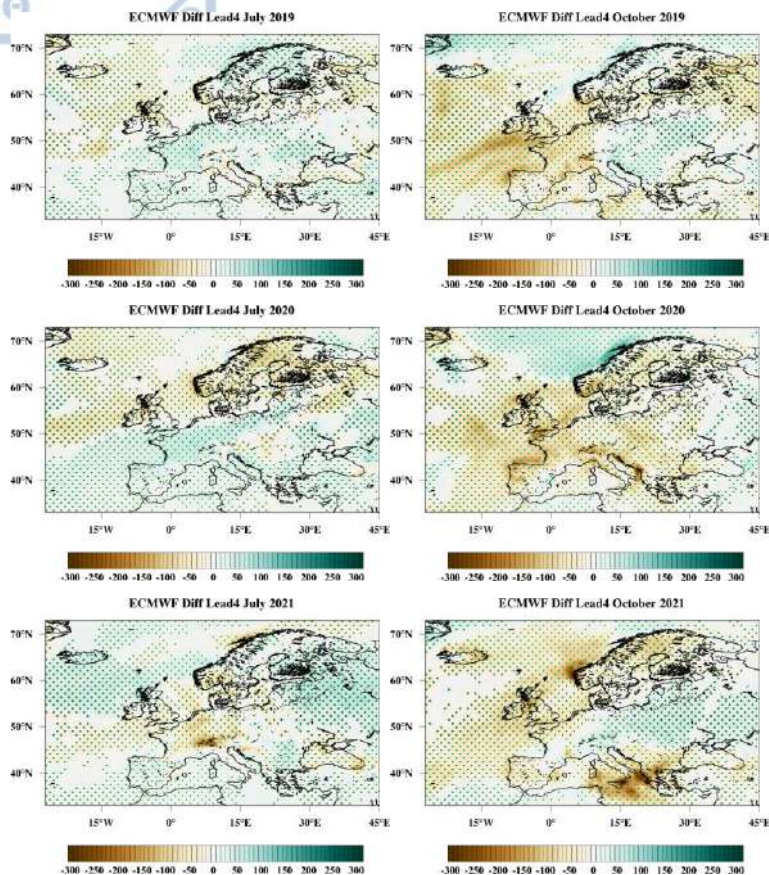
οι διαφορές μεταξύ των προσομοιώσεων και των πραγματικών καταγραφών, ιδιαίτερα στην Ιβηρική Χερσόνησο και στα Βαλκάνια.

Τον Ιούλιο 2018, το ECMWF παρουσιάζει πιο υγρή την δυτική Ευρώπη και την Σκανδιναβία συγκριτικά με τις πραγματικές καταγραφές. Αντίθετα, ξηρότερη προσομοιάζει την Ισλανδία και την ανατολική Ευρώπη. Χαρακτηριστική υποεκτίμηση της μηνιαίας βροχόπτωσης παρατηρείται σε σημεία με έντονες εξάρσεις του ανάγλυφου στο νότιο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής (Πυρηναία Όρη, Βαλκάνια, Καύκασος). Κατά την θερινή περίοδο (Ιούλιος 2019), το σύστημα πρόγνωσης υπερεκτιμά την βροχόπτωση στην κεντρική Ευρώπη και την Σκανδιναβία, ενώ προσομοιάζει ξηρότερη την βορειοδυτική Ευρώπη και τμήματα της ανατολικής Μεσογείου. Αντίθετα, τον Ιούλιο 2020 το σύστημα πρόγνωσης υπερεκτιμά την κλιματική παράμετρο της βροχόπτωσης στη νότια Ευρώπη, εκτός των περιοχών των δυτικών Βαλκανίων, ενώ υποεκτιμά την βόρεια Ευρώπη, σε σύγκριση με τα δεδομένα reanalysis. Επιπρόσθετα, την θερινή περίοδο του 2021 η βροχόπτωση υπερεκτιμάται από το σύστημα πρόγνωσης στα Βαλκάνια, την βορειοανατολική Ευρώπη και στα ενδότερα της Σκανδιναβίας. Αντίθετα, χαρακτηριστική υποεκτίμηση παρατηρείται στην οροσειρά των Άλπεων.

Το φθινόπωρο του 2018 οι προσομοιώσεις του συστήματος πρόγνωσης υπερεκτιμούν την κλιματική παράμετρο στην κεντρική Ευρώπη, τα Βαλκάνια και την Σκανδιναβία, ενώ ξηρότερη παρουσιάζεται η υπόλοιπη περιοχή. Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται και τον Οκτώβριο 2019, καθώς αλλάζει η εκτίμηση του συστήματος πρόγνωσης μόνο στις περιοχές της δυτικής Ευρώπης και της Ρωσίας. Αντίθετα, τον Οκτώβριο 2020, απεικονίζονται ξηρότερες οι περιοχές της κεντρικής, δυτικής Ευρώπης, καθώς και η σκανδιναβική ενδοχώρα. Παράλληλα, υπερεκτίμηση της μηνιαίας βροχόπτωσης παρατηρείται στην δυτική ακτογραμμή της Σκανδιναβίας, την ανατολική Ευρώπη και τμήματα της Μεσογείου. Τέλος, τον Οκτώβριο 2021 παρατηρείται υποεκτίμηση, κατά τόπους έντονη, στη βόρεια και την νότια Ευρώπη, σε αντίθεση με την κεντρική και ανατολική Ευρώπη, η οποία προσομοιάζεται υγρότερη από το σύστημα πρόγνωσης.

Χαρακτηριστικά έντονες είναι οι διαφορές των τιμών της βροχόπτωσης, μεταξύ του συστήματος πρόγνωσης και των δεδομένων reanalysis, στη Μεσόγειο (2018,2021), στις δυτικές ακτές της Σκανδιναβίας (2018,2020) και στον Ατλαντικό ωκεανό (2018,2019).

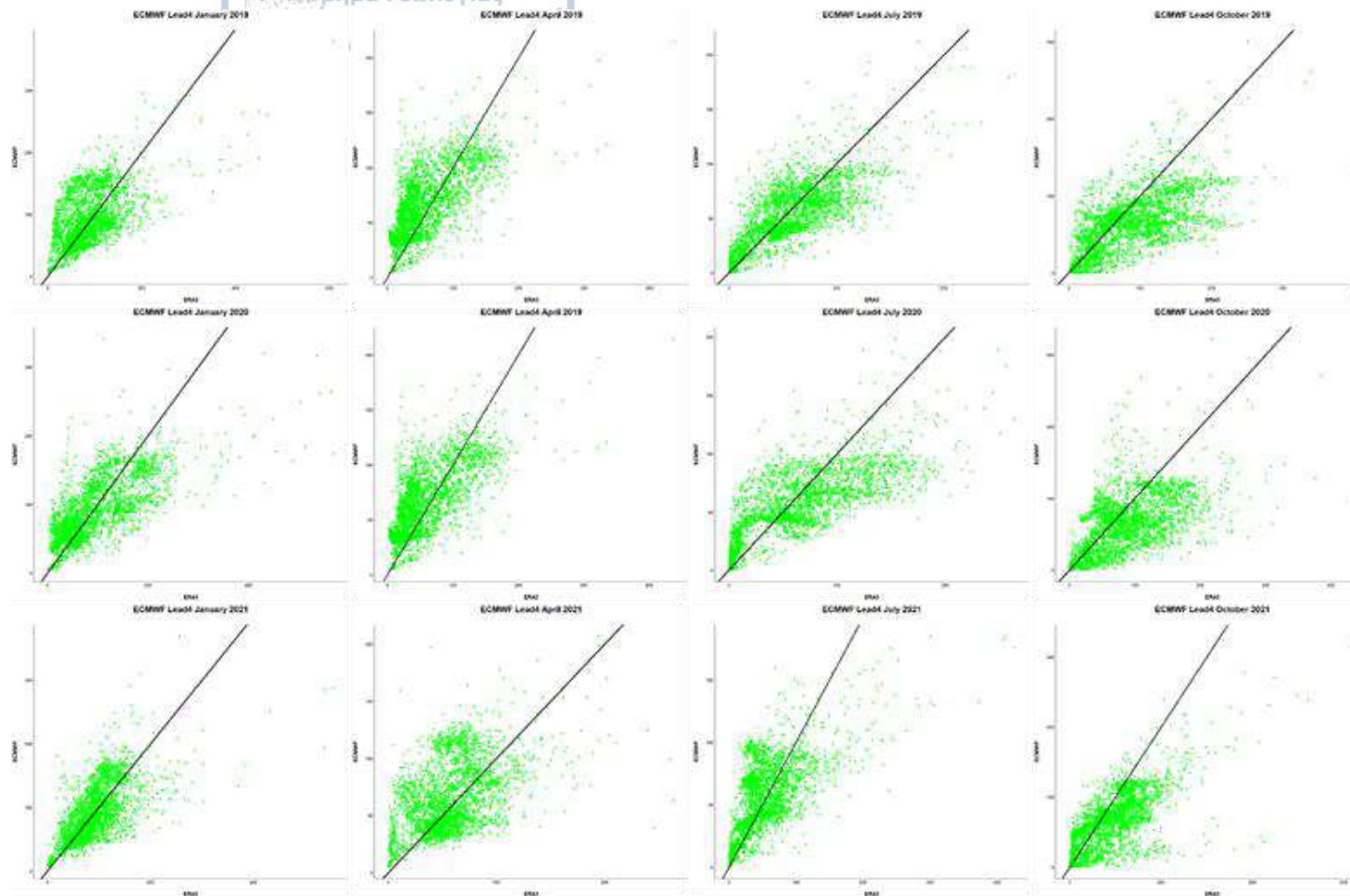
Τα αντίστοιχα διαγράμματα διασποράς των τιμών του ECMWF (άξονας y) και των



Σχήμα 3. 27 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης (mm) του ECMWF με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή.

δεδομένων reanalysis ERA5 (άξονας x), παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.28 και Π.84-86.

Τον Ιανουάριο η κατανομή βρίσκεται κοντά στην ευθεία $y=x$, ωστόσο παρατηρείται μείωση της διασποράς τον Ιανουάριο του 2021, κατόπιν αύξησης αυτής το 2020. Στη συνέχεια, κατά την εαρινή περίοδο παρατηρείται μεγάλη διασπορά της κατανομής, χαρακτηριστικά μεγαλύτερη στα σημεία όπου αντιπροσωπεύουν υψηλές τιμές βροχόπτωσης. Επίσης, η διασπορά της κατανομής παρουσιάζεται μεγαλύτερη κατά τα έτη 2018 και 2021 σε σύγκριση με τα έτη 2019 και 2020. Το καλοκαίρι παρατηρείται



Σχήμα 3. 28 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης του ECMWF (άξονας y) με Lead time 4 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

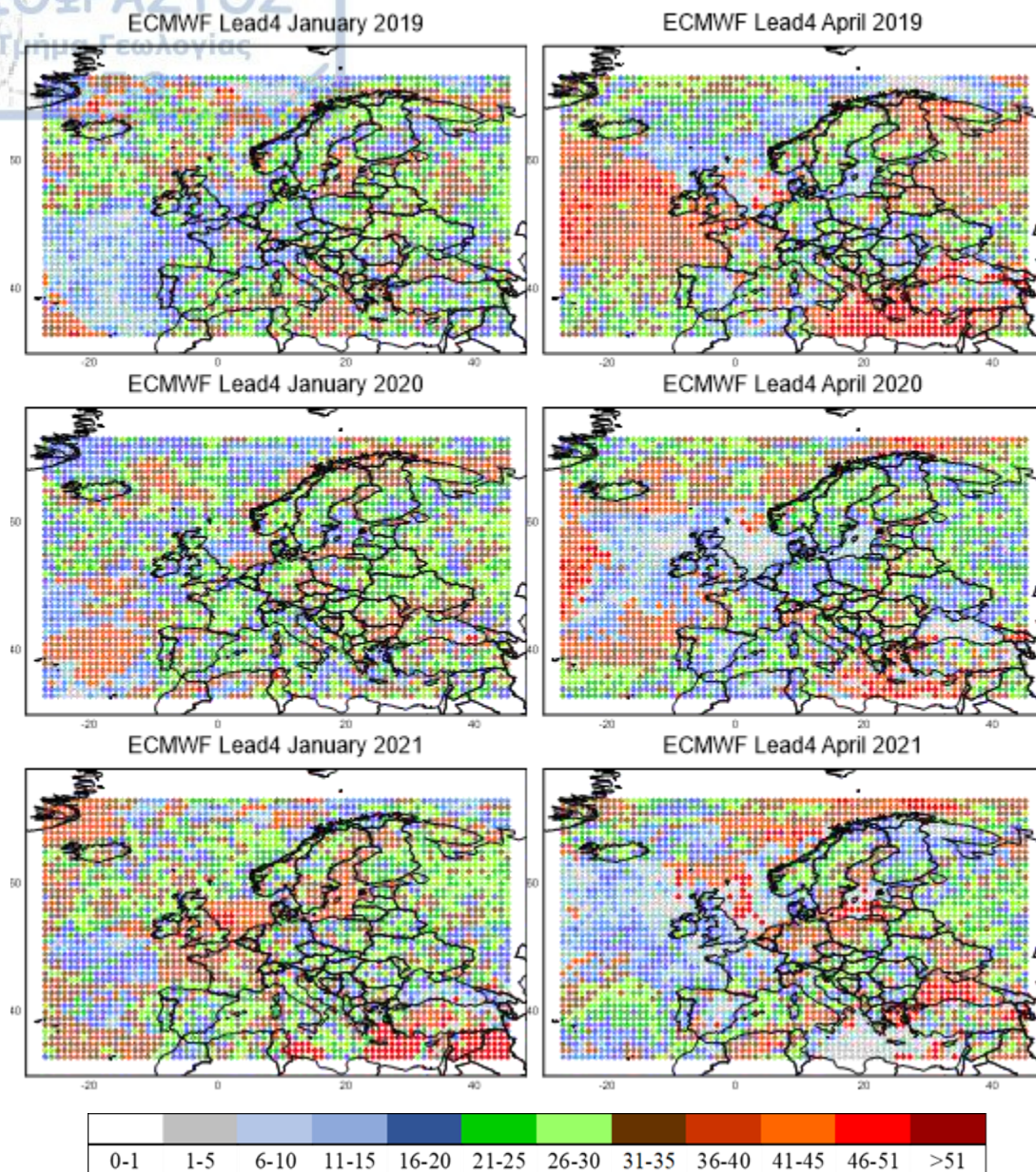
μικρότερη διασπορά της κατανομής τα έτη 2018, 2019 και 2021 συγκριτικά με το 2020. Τον Οκτώβριο, όλων των ετών της εξεταζόμενης περιόδου αναφοράς, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος των τιμών της βροχόπτωσης βρίσκεται κάτω από την ευθεία $y=x$. Δηλαδή, το σύστημα πρόγνωσης τείνει να προσομοιάζει ξηρότερη την περιοχή μελέτης κατά την φθινοπωρινή περίοδο. Παράλληλα, τα έτη 2020 και 2021 η διασπορά της κατανομής είναι μικρότερη, σε σύγκριση με τα έτη 2018 και 2019.

Ο αριθμός των μελών (members) του συστήματος πρόγνωσης, από τα οποία εκτιμήθηκε σωστά η μεταβολή της κλιματικής παραμέτρου της βροχόπτωσης, προς την κλιματική διάμεσο, ανά σημείο πλέγματος του, για την εξεταζόμενη περίοδο αναφοράς, απεικονίζεται στους ευρωπαϊκούς χάρτες των Σχημάτων 3.29, 3.30 και Π.103-106.

Τον Ιανουάριο η εικόνα είναι αρκετά πολύπλοκη. Παρατηρούνται συνεχείς, ακανόνιστες εναλλαγές μεταξύ σημείων πλέγματος με μεγάλο αριθμό έγκυρων προσομοιώσεων και σημείων πλέγματος με μικρό αριθμό. Ωστόσο, τον Ιανουάριο 2021 παρατηρείται αξιόπιστη εκτίμηση της μεταβολής της βροχόπτωσης, κυρίως σε θαλάσσιες περιοχές, όπως η ανατολική Μεσόγειος και η Βαλτική (πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα).

Την εαρινή περίοδο του 2019, παρατηρείται εναλλαγή μεταξύ σημείων πλέγματος με πολλές εύστοχες προσομοιώσεις και σημείων με ελάχιστες, ενώ η πλειονότητα των εύστοχων σημείων πλέγματος βρίσκεται σε θαλάσσια τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής (ανατολική Μεσόγειος, Ατλαντικός), αλλά και την βορειοανατολική Ευρώπη. Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται και τον Απρίλιο των ετών 2020 και 2021. Ωστόσο, παρατηρείται, συγκριτικά με το 2019, περιορισμένος αριθμός σημείων πλέγματος με σωστή εκτίμηση της μεταβολής της βροχόπτωσης.

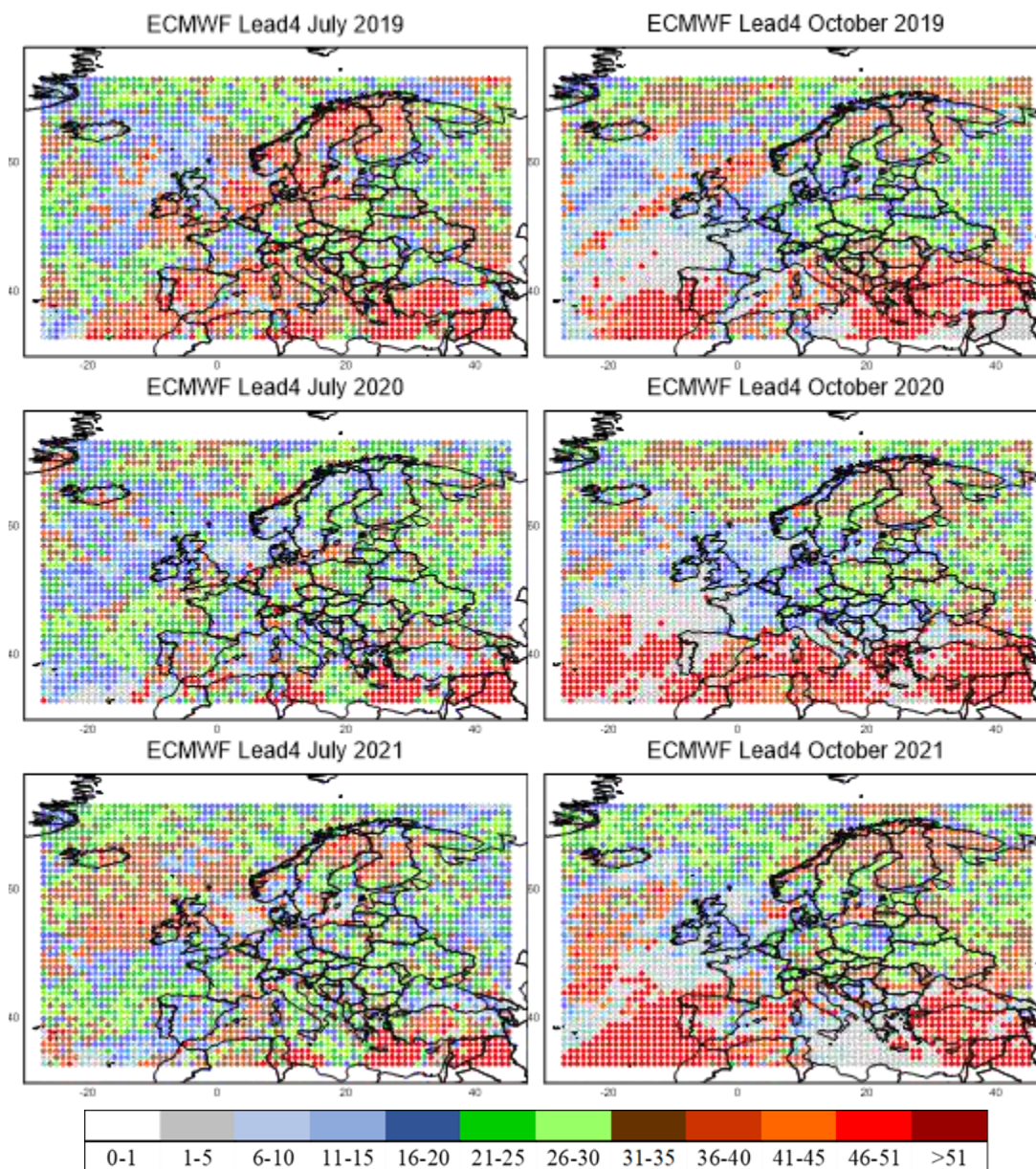
Το καλοκαίρι του 2019 παρατηρείται ορθή εκτίμηση της μεταβολής της βροχόπτωσης, από το σύστημα πρόγνωσης, στα νοτιότερα τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής και την Σκανδιναβία, ενώ αδυναμία προσομοίωσης παρουσιάζεται στην υπόλοιπη περιοχή μελέτης. Αντίθετα, κατά την θερινή περίοδο των ετών 2020 και 2021 τα σημεία πλέγματος με διαφορετικό αριθμό εύστοχων μελών αλλάζει χωρίς να ακολουθεί κάποιο μοτίβο. Τον Ιούλιο 2020, η μεγαλύτερη αστοχία των μελών εντοπίζεται στη δυτική Ευρώπη, ενώ για το καλοκαίρι του 2021 η περιοχή με τα λιγότερα εύστοχα μέλη είναι η ανατολική Ευρώπη.



Σχήμα 3. 29 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του ECMWF με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη.

Τον Οκτώβριο 2019, απεικονίζεται ορθή εκτίμηση της μεταβολής της κλιματικής παραμέτρου στην νότια Ευρώπη. Ελάχιστα διαφοροποιημένη εικόνα παρατηρείται το φθινόπωρο του 2020. Η δυτική Μεσόγειος εκτιμάται ορθά, σε αντίθεση με τον Οκτώβριο 2019, ενώ αδυναμία πρόγνωσης της μεταβολής της βροχόπτωσης φαίνεται στην Ιταλία και τα Βαλκάνια. Αντίθετα για τον Οκτώβριο 2021, το σύστημα πρόγνωσης αδυνατεί να

προσομοιάσει την κλιματική παράμετρο στην περιοχή της κεντρικής Μεσογείου, όμως, εκτιμά ορθά την βροχόπτωση στην περιοχή της Σκανδιναβίας. Παράλληλα, εξακολουθεί να απεικονίζεται ανομοιογενής εναλλαγή μεταξύ σημείων πλέγματος με πολλές εύστοχες προσομοιώσεις και σημείων πλέγματος με πολλές άστοχες.



Σχήμα 3. 30 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του ECMWF με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη.

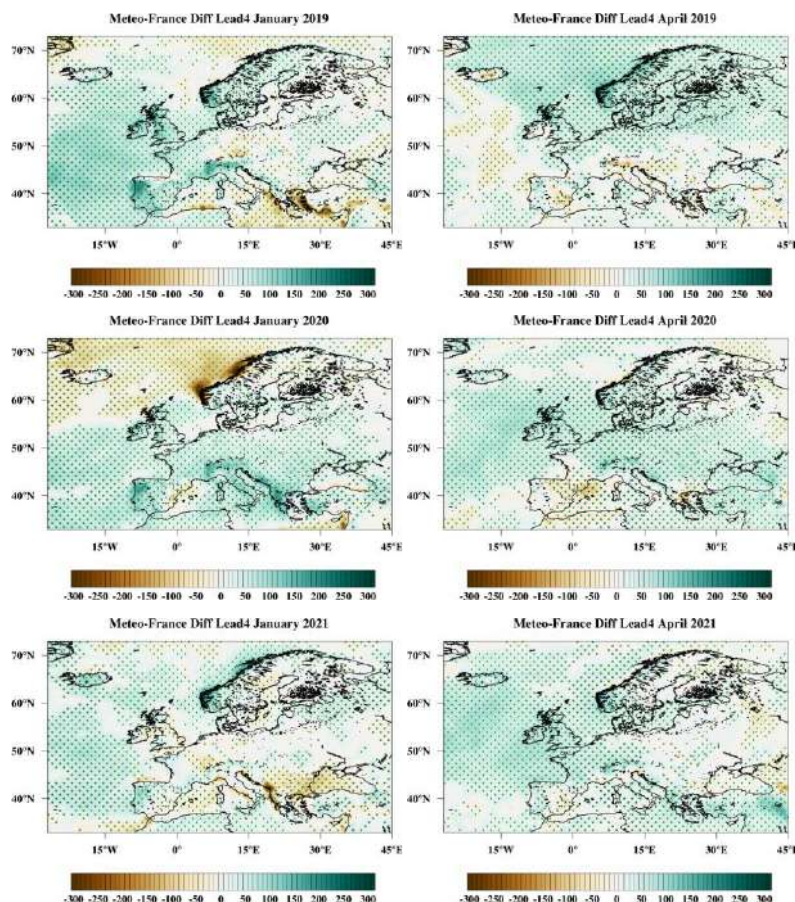
3.2.3. Météo-France

Στα Σχήματα 3.31, 3.32 και Π.69-74 απεικονίζεται, ως χάρτες διαφορών, η σύγκριση μεταξύ των μεσοποιημένων τιμών (ensembles) της μηνιαίας βροχόπτωσης του συστήματος πρόγνωσης Météo-France και των δεδομένων reanalysis ERA5.

Συγκεκριμένα, τον Ιανουάριο 2018 (Σχήμα Π.73-74) απεικονίζεται, από το Météo-France, έντονα ξηρότερη η κεντρική Ευρώπη, ιδιαίτερα η Γαλλία, ενώ μεγαλύτερα ποσά βροχής αποδόθηκαν από τις προσομοιώσεις του συστήματος πρόγνωσης στις μεσογειακές χώρες και βορειά της Σκανδιναβίας, σε σύγκριση με τις πραγματικές καταγραφές. Τον Ιανουάριο 2019 παρατηρείται υπερεκτίμηση της μηνιαίας βροχόπτωσης από το σύστημα πρόγνωσης στη δυτική Ευρώπη, ενώ έντονη υποεκτίμηση απεικονίζεται στην ανατολική Μεσόγειο. Παράλληλα, ικανοποιητικά προσεγγίζεται η μηνιαία βροχόπτωση στην βορειοανατολική Ευρώπη. Αντίθετα, τον Ιανουάριο 2020 παρατηρείται διαφορετική εικόνα. Η βροχόπτωση υπερεκτιμάται από το σύστημα πρόγνωσης στην κεντρική Ευρώπη, ενώ χαρακτηριστικά εντονότερη υπερεκτίμηση παρατηρείται σε περιοχές της Μεσογείου. Ωστόσο, τα δυτικά παράλια της Σκανδιναβίας παρουσιάζονται έντονα ξηρότερα από τις πραγματικές καταγραφές. Παράλληλα, ικανοποιητικά προσεγγίζεται η μηνιαία βροχόπτωση στην ανατολική Ευρώπη και την σκανδιναβική ενδοχώρα. Επιπρόσθετα, τον Ιανουάριο 2021, απεικονίζονται υγρότερη η βόρεια Ευρώπη, ενώ παρατηρείται έντονη διαφορά μεταξύ των τιμών του συστήματος πρόγνωσης και των δεδομένων ERA5 κατά μήκος των δυτικών σκανδιναβικών ακτών. Αντίθετα, ξηρότερες παρατηρούνται η κεντρική και νότια Ευρώπη. Χαρακτηριστική υποεκτίμηση της κλιματικής παραμέτρου καταγράφεται στα Βαλκάνια και στην Οροσειρά της Πίνδου.

Την εαρινή περίοδο του 2018, το Météo-France προσομοιάζει υγρότερη την περιοχή μελέτης, εκτός από την οροσειρά των Πυρηναίων, η οποία απεικονίζεται ξηρότερη. Παράλληλα, ικανοποιητικά προσεγγίζεται η μηνιαία βροχόπτωση στη βορειοανατολική Ευρώπη. Τον Απρίλιο 2019 παρουσιάζεται υπερεκτίμηση των βροχοπτώσεων στην βόρεια Ευρώπη, ενώ υποεκτίμηση παρατηρείται στην Ιβηρική Χερσόνησο και την οροσειρά των Άλπεων. Επίσης, ικανοποιητικά προσεγγίζονται ορισμένες μεσογειακές χώρες. Επιπλέον, τον Απρίλιο 2020 εκτιμάται υγρότερη η κεντρική Ευρώπη συγκριτικά με τις πραγματικές τιμές, ενώ το σύστημα πρόγνωσης προσομοιάζει ξηρότερες τις

μεσογειακές χώρες, εκτός από την Ιταλία, και την Ρωσία. Αντίθετα, κατά την εαρινή περίοδο του 2021, αποδίδεται υπερεκτίμηση της κλιματικής παραμέτρου από το σύστημα πρόγνωσης στην δυτική Ευρώπη και την ανατολική Μεσόγειο, ενώ παρατηρούνται ξηρότερες οι υπόλοιπες περιοχές. Όσον αφορά τις περιοχές που παρουσιάζεται υποεκτίμηση, επισημαίνεται ότι χαρακτηρίζονται μικρές οι διαφορές μεταξύ των προσομοιώσεων και των πραγματικών καταγραφών, ιδιαίτερα στα Βαλκάνια και την ανατολική Ευρώπη.



Σχήμα 3. 31 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης (mm) του Μétéo-France με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ.

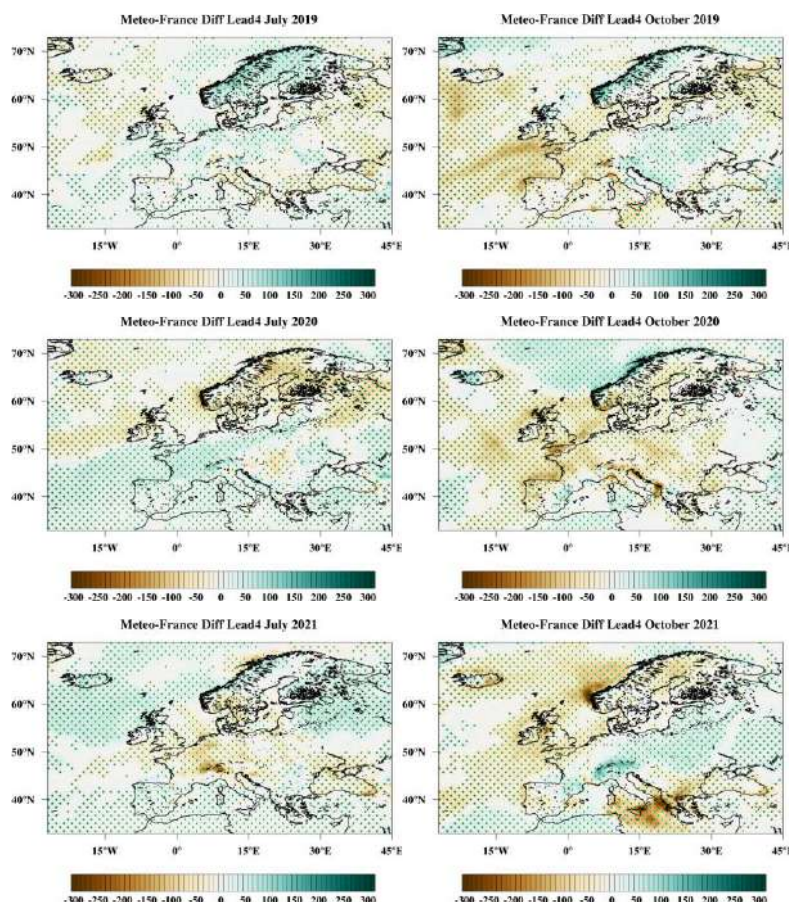
Στη συνέχεια, τον Ιούλιο 2018, το σύστημα πρόγνωσης παρουσιάζει πιο υγρή την δυτική Ευρώπη και την Σκανδιναβία συγκριτικά με τις πραγματικές καταγραφές. Αντίθετα, ξηρότερη προσομοιάζει την Ισλανδία και την ανατολική Ευρώπη. Χαρακτηριστική υποεκτίμηση της μηνιαίας βροχόπτωσης παρατηρείται σε σημεία με

έντονες εξάρσεις του ανάγλυφου στο νότιο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής (Πυρηναία Όρη, Βαλκάνια). Επιπρόσθετα, ικανοποιητικά προσεγγίζεται η κλιματική παράμετρος στην περιοχή της Μεσογείου. Κατά την θερινή περίοδο (Ιούλιος 2019), το σύστημα πρόγνωσης υπερεκτιμά την βροχόπτωση στην Σκανδιναβία, ενώ προσομοιάζει ξηρότερη την βορειοδυτική Ευρώπη. Αντίστοιχα, ικανοποιητικά προσομοιάζεται η μηνιαία βροχόπτωση στην Μεσόγειο. Παρόμοια εικόνα παρατηρείται για την Μεσόγειο και τον Ιούλιο 2020. Ωστόσο, το σύστημα πρόγνωσης υπερεκτιμά την κλιματική παράμετρο της βροχόπτωσης στην κεντρική Ευρώπη, εκτός των περιοχών των δυτικών Βαλκανίων, ενώ υποεκτιμά την βόρεια Ευρώπη, σε σύγκριση με τα δεδομένα reanalysis. Επιπρόσθετα, την θερινή περίοδο του 2021 δεν παρατηρείται διακριτό κλιματικό σήμα, καθώς η βροχόπτωση υπερεκτιμάται από το σύστημα πρόγνωσης στην βορειοανατολική Ευρώπη και στα ενδότερα της Σκανδιναβίας. Αντίθετα, χαρακτηριστική υποεκτίμηση παρατηρείται στην οροσειρά των Άλπεων, ενώ ικανοποιητική προσέγγιση απεικονίζεται σε εκτεταμένες περιοχές της Μεσογείου.

Ακολούθως, το φθινόπωρο του 2018 οι προσομοιώσεις του συστήματος πρόγνωσης υπερεκτιμούν την κλιματική παράμετρο στην κεντρική Ευρώπη, τα Βαλκάνια και την Σκανδιναβία, ενώ ξηρότερη παρουσιάζεται η υπόλοιπη περιοχή. Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται και τον Οκτώβριο 2019, καθώς αλλάζει η εκτίμηση του συστήματος πρόγνωσης μόνο στις περιοχές της Γαλλίας και της Ρωσίας. Αντίθετα, τον Οκτώβριο 2020, απεικονίζεται ξηρότερη η κεντρική και η δυτική Ευρώπη, καθώς και η σκανδιναβική ενδοχώρα. Παράλληλα, υπερεκτίμηση της μηνιαίας βροχόπτωσης παρατηρείται στην δυτική ακτογραμμή της Σκανδιναβίας, την ανατολική Ευρώπη και τμήματα της Μεσογείου. Τέλος, τον Οκτώβριο 2021 παρατηρείται υποεκτίμηση, κατά τόπους έντονη, στη βόρεια και την νότια Ευρώπη, σε αντίθεση με την κεντρική Ευρώπη, η οποία προσομοιάζεται υγρότερη από το σύστημα πρόγνωσης. Χαρακτηριστικά έντονες είναι οι διαφορές των τιμών της βροχόπτωσης, μεταξύ του συστήματος πρόγνωσης και των δεδομένων reanalysis, στη Μεσόγειο (2018,2021), στις δυτικές ακτές της Σκανδιναβίας (2018,2020) και στον Ατλαντικό ωκεανό (2018,2019).

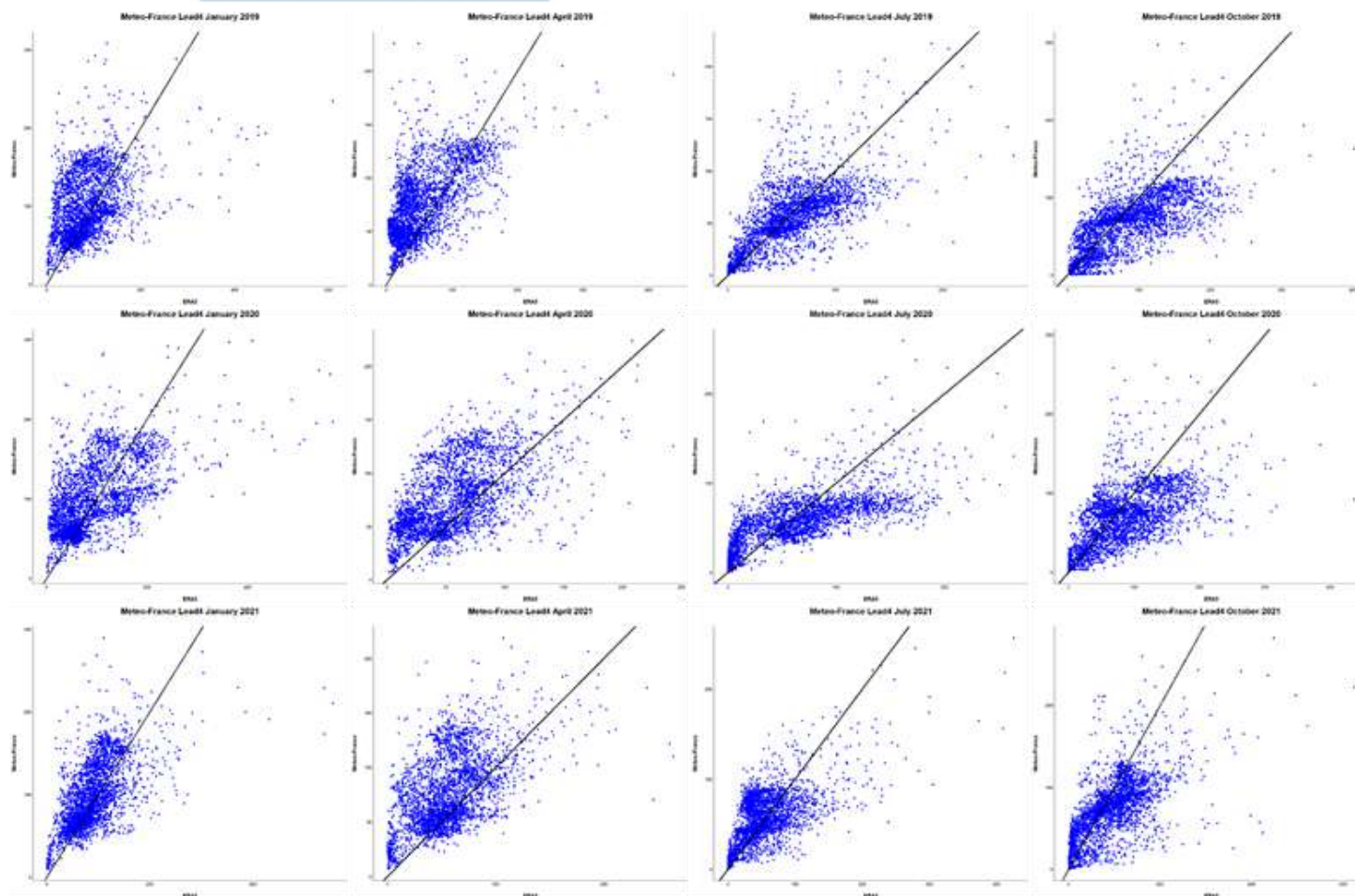
Τα διαγράμματα διασποράς των βροχοπτώσεων μεταξύ Météo-France (άξονας y) και των δεδομένων reanalysis ERA5 (άξονας x), παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.33 (Π.87-89). Και στη περίπτωση του μοντέλου Météo-France φαίνεται η μεγάλη διασπορά των τιμών

της βροχόπτωσης υποδεικνύοντας τη μικρή συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων του μοντέλου και των reanalysis. Από το Σχήμα 3.33 προκύπτει ότι την άνοιξη οι περισσότερες βροχοπτώσεις υπερεκτιμούνται – με το μεγαλύτερο μέρος των τιμών είναι πάνω από τη διαγώνιο.

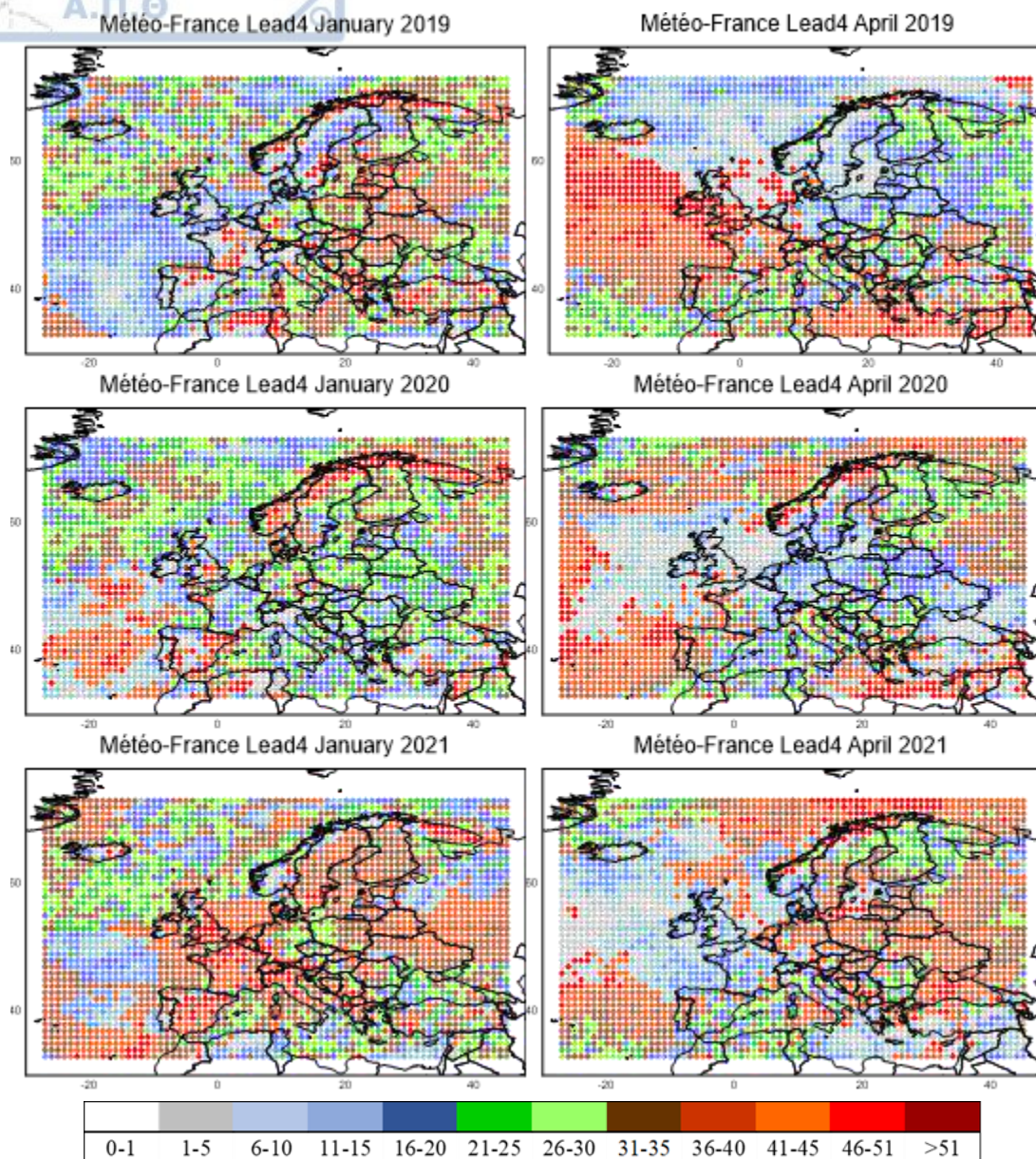


Σχήμα 3. 32 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης (mm) του Μétéο-France με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή.

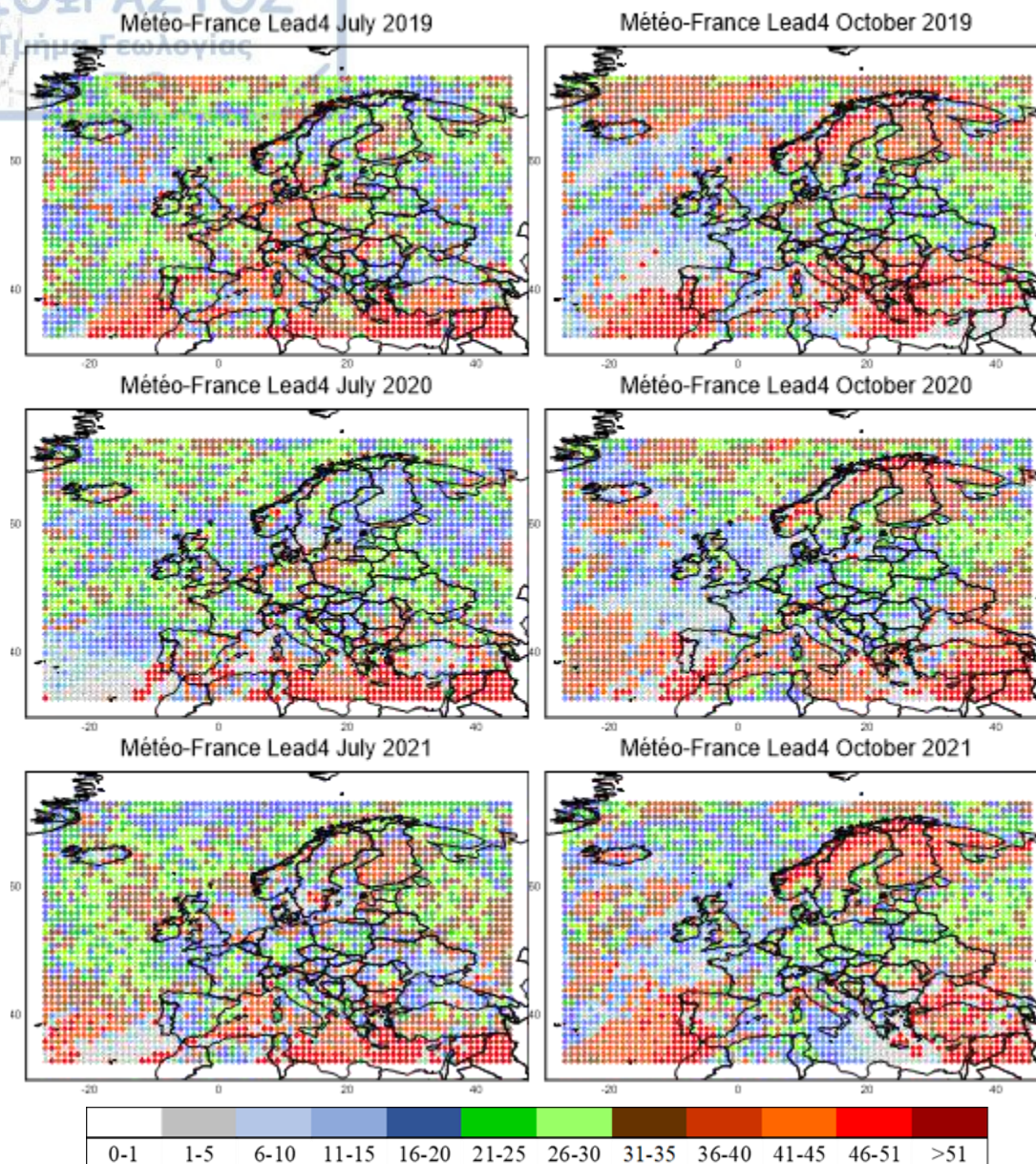
Οι χάρτες ευστοχίας των μελών (members) του συστήματος πρόγνωσης Μétéο-France παρουσιάζονται στα Σχήματα 3.34 και 3.35 (Π.107-110). Τα μέλη του μοντέλου Μétéο-France δεν καταφέρνουν να αποδώσουν στον ίδιο βαθμό τη βροχόπτωση στην Ευρώπη, και αυτό είναι φανερό από την έντονη εναλλαγή των χρωματικών κλάσεων στα σχήματα 3.34 και 3.35. Με την ανατολική Μεσόγειο να είναι μία περιοχή όπου τα διαφορετικά μέλη του μοντέλου εμφανίζουν ικανοποιητική εικόνα της βροχόπτωσης



Σχήμα 3. 33 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης του Μétéο-France (άξονας y) με Lead time 4 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



Σχήμα 3. 34 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του Météo-France με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη.



Σχήμα 3. 35 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του Météo-France με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη.

3.2.4. GloSea (UKMet)

Στη περίπτωση του συστήματος πρόγνωσης UKMet οι χάρτες των διαφορών με τα δεδομένα reanalysis, για τον Ιανουάριο 2018 (Σχήμα Π,79) παρουσιάζουν έντονα ξηρότερη η κεντρική Ευρώπη, ιδιαίτερα η Γαλλία, ενώ μεγαλύτερα ποσά βροχής αποδόθηκαν από τις προσομοιώσεις του συστήματος πρόγνωσης στις μεσογειακές χώρες

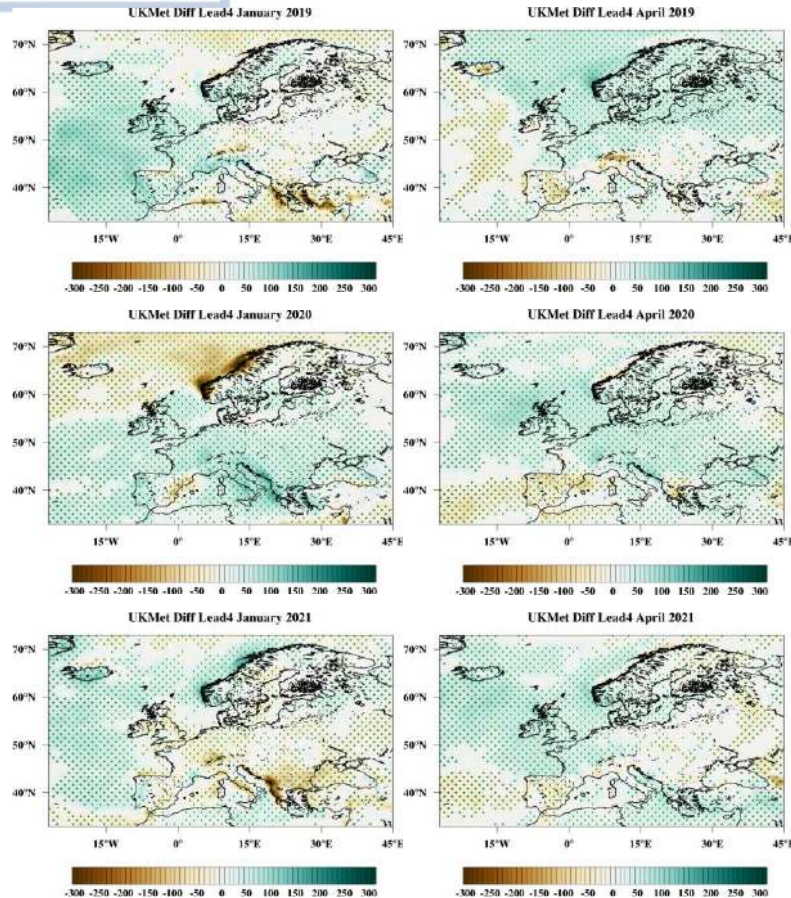
και βορειά της Σκανδιναβίας, σε σύγκριση με τις πραγματικές καταγραφές. Επίσης, ικανοποιητικά προσεγγίζεται η μηνιαία βροχόπτωση στη βορειοανατολική Ευρώπη και την ενδοχώρα της Σκανδιναβίας. Τον Ιανουάριο 2019 παρατηρείται υπερεκτίμηση της μηνιαίας βροχόπτωσης από το σύστημα πρόγνωσης στη δυτική Ευρώπη, ενώ έντονη υποεκτίμηση απεικονίζεται στην ανατολική Μεσόγειο. Αντίθετα, τον Ιανουάριο 2020 παρατηρείται διαφορετική εικόνα. Η βροχόπτωση υπερεκτιμάται σε περιοχές της Μεσογείου. Ωστόσο, τα δυτικά παράλια της Σκανδιναβίας παρουσιάζονται έντονα ξηρότερα από τις πραγματικές καταγραφές. Η βροχόπτωση για τον Ιανουάριο 2021 προσομοιάζει με αυτή του Ιανουαρίου 2019 με χαρακτηριστική υποεκτίμηση στα Βαλκάνια.. Την εαρινή περίοδο για όλα τα έτη μελέτης, το UKMet προσομοιάζει υγρότερη την περιοχή μελέτης, εκτός από την Μεσόγειο και ιδιαίτερα την Ιβηρική χερσόνησο.

Τον Ιούλιο 2018, το σύστημα πρόγνωσης παρουσιάζει πιο υγρή την δυτική Ευρώπη και την Σκανδιναβία συγκριτικά με τις πραγματικές καταγραφές. Αντίθετα, ξηρότερη προσομοιάζει την Ισλανδία και την ανατολική Ευρώπη. Χαρακτηριστική υποεκτίμηση της μηνιαίας βροχόπτωσης παρατηρείται σε σημεία με έντονες εξάρσεις του ανάγλυφου στο νότιο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής (Πυρηναία Όρη, Βαλκάνια). Κατά την θερινή περίοδο (Ιούλιος 2019), το σύστημα πρόγνωσης υπερεκτιμά την βροχόπτωση στην Σκανδιναβία, ενώ προσομοιάζει ξηρότερη την βορειοδυτική και την ανατολική Ευρώπη. Το 2020, το UKMet υπερεκτιμά την βροχόπτωση στην κεντρική Ευρώπη, εκτός των περιοχών των Βαλκανίων, ενώ υποεκτιμά την βόρεια Ευρώπη. Την θερινή περίοδο του 2021 παρατηρείται χαρακτηριστική υποεκτίμηση στην οροσειρά των Άλπεων και την ευρύτερη περιοχή, ενώ ικανοποιητική προσέγγιση απεικονίζεται σε εκτεταμένες περιοχές της Μεσογείου.

Το φθινόπωρο εμφανίζει χαρακτηριστική υποεκτίμηση των βροχοπτώσεων στην δυτική Ευρώπη και υπερεκτίμηση αυτών στην ανατολική Ευρώπη. Τα Βαλκάνια παρουσιάζουν σημαντική υποεκτίμηση τον Οκτώβριο του 2021.

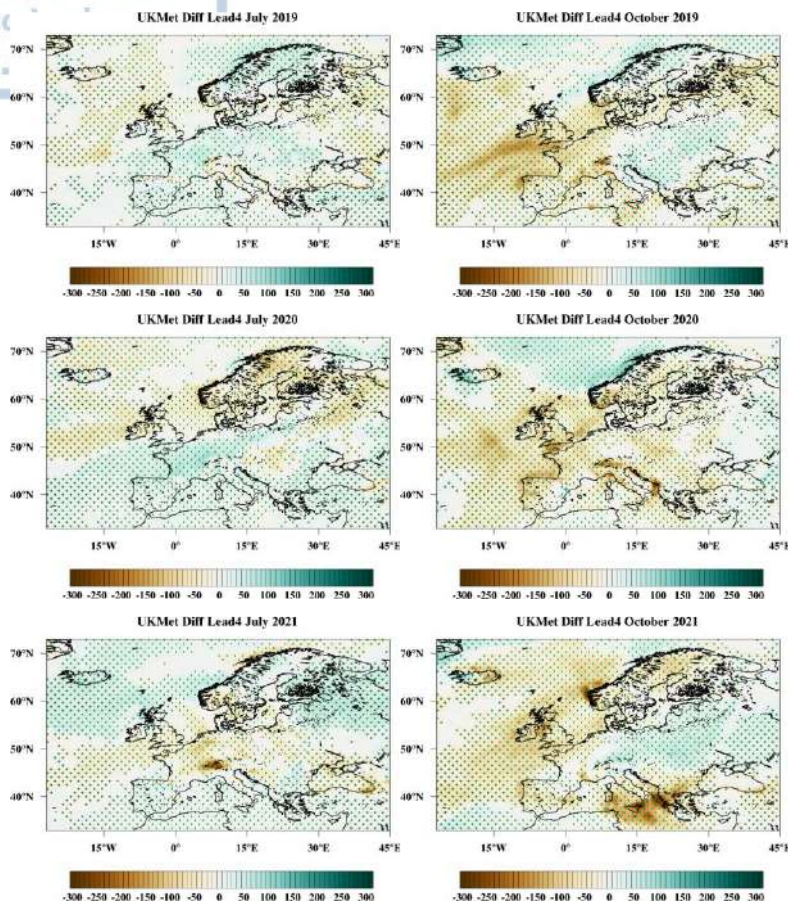
Τα διαγράμματα διασποράς της βροχόπτωσης των δεδομένων του UKMet (άξονας y) και των δεδομένων ERA5 (άξονας x), Σχήμα 3.38 (Π.90-92) παρουσιάζουν έντονη διασπορά που φανερώνει και σε αυτό το μοντέλο τη χαμηλή συσχέτιση του με δεδομένα

reanalysis, με τη θερμή περίοδο του έτους να παρουσιάζει την μικρότερη συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων.



Σχήμα 3. 36 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης (mm) του UKMet με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ.

Στα Σχήματα 3.39, 3.40 (Π.111-114) παρατίθενται χάρτες της Ευρώπης, οι οποίοι απεικονίζουν τον αριθμό των μελών (members) του συστήματος πρόγνωσης, από τα οποία εκτιμήθηκε σωστά η μεταβολή της κλιματικής παραμέτρου της βροχόπτωσης, προς την κλιματική διάμεσο, ανά σημείο πλέγματος του, για την εξεταζόμενη περίοδο αναφοράς. Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι, λόγω της διαφορετικής τεχνικής ανάπτυξης των μελών του συγκεκριμένου συστήματος πρόγνωσης (lagged mode), στην γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων προστέθηκε μια επιπλέον κλάση (σκούρο κόκκινο χρώμα), η οποία δείχνει αριθμό εύστοχων μελών μεγαλύτερο των 52.



Σχήμα 3. 37 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης (mm) του UKMet με Lead time 4 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη. Με πράσινες κουκκίδες απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, με στάθμη σημαντικότητας 95% σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο για τη μέση τιμή μ.

Τον Ιανουάριο 2019 παρατηρούνται συνεχείς εναλλαγές μεταξύ σημείων πλέγματος με μεγάλο αριθμό έγκυρων προσομοιώσεων και σημείων πλέγματος με μικρό αριθμό, ενώ είναι μικρό το πλήθος των σημείων πλέγματος με πολλές έγκυρες προσομοιώσεις. Αντίθετα, τον Ιανουάριο 2020 τα σημεία πλέγματος, όπου παρατηρείται, συγκριτικά με το 2019, μεγαλύτερος αριθμός εύστοχων προσομοιώσεων και απεικονίζονται κύρια στην βόρεια Ευρώπη και στον Ατλαντικό Ωκεανό. Διαφορετική εικόνα παρατηρείται την χειμερινή περίοδο του 2021, καθώς απεικονίζεται μεγάλο πλήθος σημείων πλέγματος με πολλές ορθές εκτιμήσεις της μεταβολής της μηνιαίας βροχόπτωσης, κυρίως στην δυτική και βόρεια Ευρώπη.

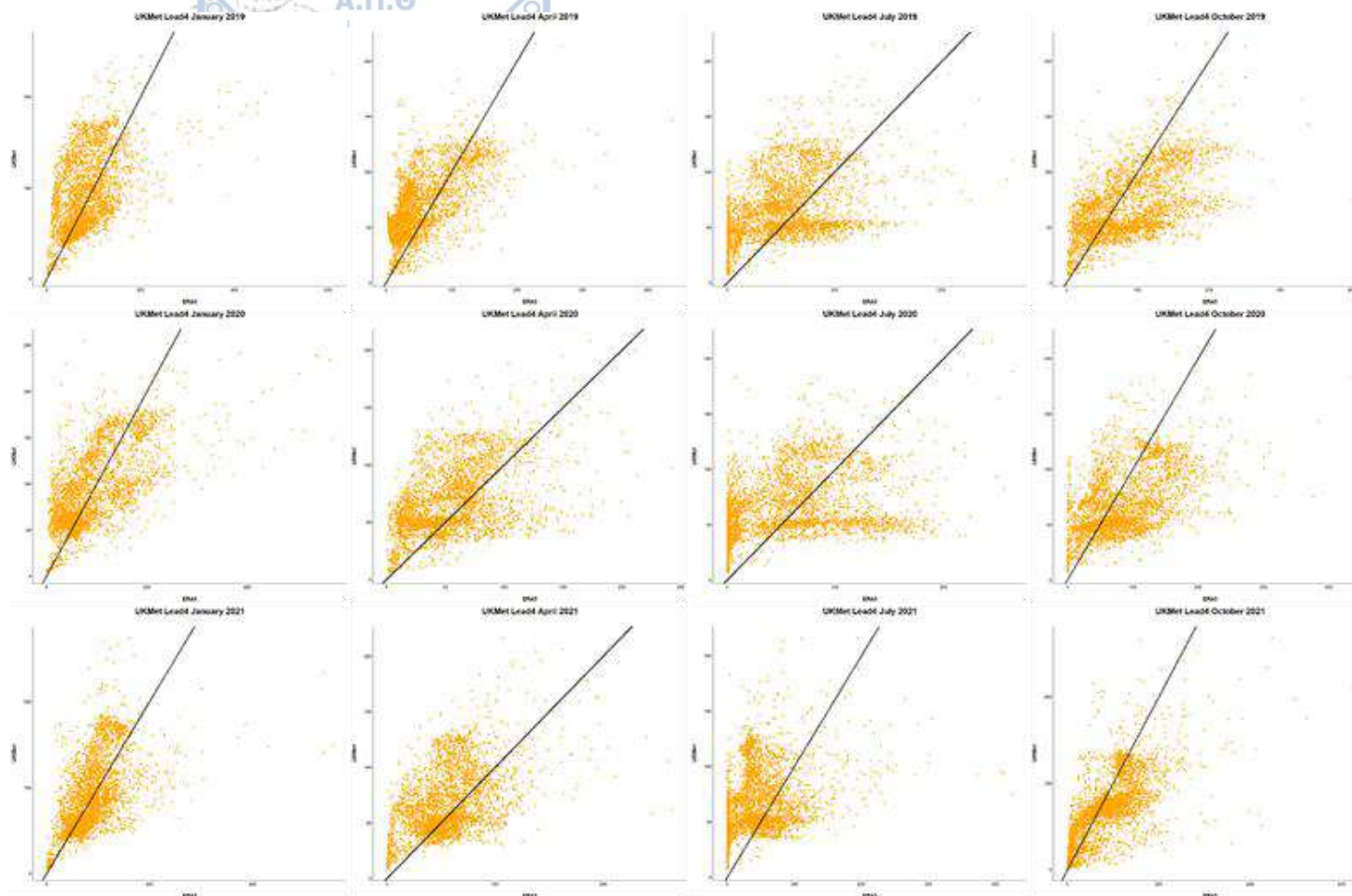
Την εαρινή περίοδο του 2019, παρατηρείται αδυναμία του συστήματος πρόγνωσης να εκτιμήσει την μεταβολή της κλιματικής παραμέτρου στη βόρεια Ευρώπη. Ωστόσο ορθή

εκτίμηση παρουσιάζει στα νότια και δυτικά αυτής, ενώ η πλειονότητα των εύστοχων σημείων πλέγματος βρίσκεται σε θαλάσσια τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής (ανατολική Μεσόγειος, Ατλαντικός). Αντίστοιχη εναλλαγή σημείων με διαφορετικό αριθμό εύστοχων προσομοιώσεων παρατηρείται και τον Απρίλιο 2020. Ωστόσο, η πλειονότητα των εύστοχων σημείων βρίσκεται σε θαλάσσιες περιοχές, κυρίως στα περιθώρια της περιοχής μελέτης. Αντίθετα, τον Απρίλιο 2021 παρατηρείται ορθή εκτίμηση στην κεντρική και ανατολική Ευρώπη και στην Αρκτική θάλασσα.

Το καλοκαίρι, όλων των εξεταζόμενων ετών, παρατηρείται ορθή εκτίμηση της μεταβολής της βροχόπτωσης, από το σύστημα πρόγνωσης, στο νότιο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής, κυρίως στην Μεσόγειο θάλασσα, ενώ αδυναμία προσομοίωσης παρουσιάζεται στην υπόλοιπη περιοχή μελέτης. Το 2019 παρατηρείται ικανοποιητική προσομοίωση της μεταβολής της μηνιαίας βροχόπτωσης στην Σκανδιναβία και την κεντρική Ευρώπη.

Τον Οκτώβριο 2019, απεικονίζεται ορθή εκτίμηση της μεταβολής της μηνιαίας βροχόπτωσης στην Σκανδιναβία και περιοχές της νότιας Ευρώπης. Ελάχιστα διαφοροποιημένη εικόνα παρατηρείται το φθινόπωρο του 2020. Η δυτική Μεσόγειος εκτιμάται ορθά, σε αντίθεση με τον Οκτώβριο 2019, ενώ αδυναμία πρόγνωσης της μεταβολής της βροχόπτωσης φαίνεται στην Ιταλία και τα Βαλκάνια. Αντίθετα για τον Οκτώβριο 2021, το σύστημα πρόγνωσης αδυνατεί να προσομοιάσει την κλιματική παράμετρο στην περιοχή της Μεσογείου, όμως, εκτιμά ορθά την βροχόπτωση στην περιοχή της Σκανδιναβίας και των Αζορών. Παράλληλα, εξακολουθεί να απεικονίζεται ανομοιογενής εναλλαγή μεταξύ σημείων πλέγματος με πολλές έγκυρες προσομοιώσεις και σημείων πλέγματος με, συγκριτικά, λιγότερες

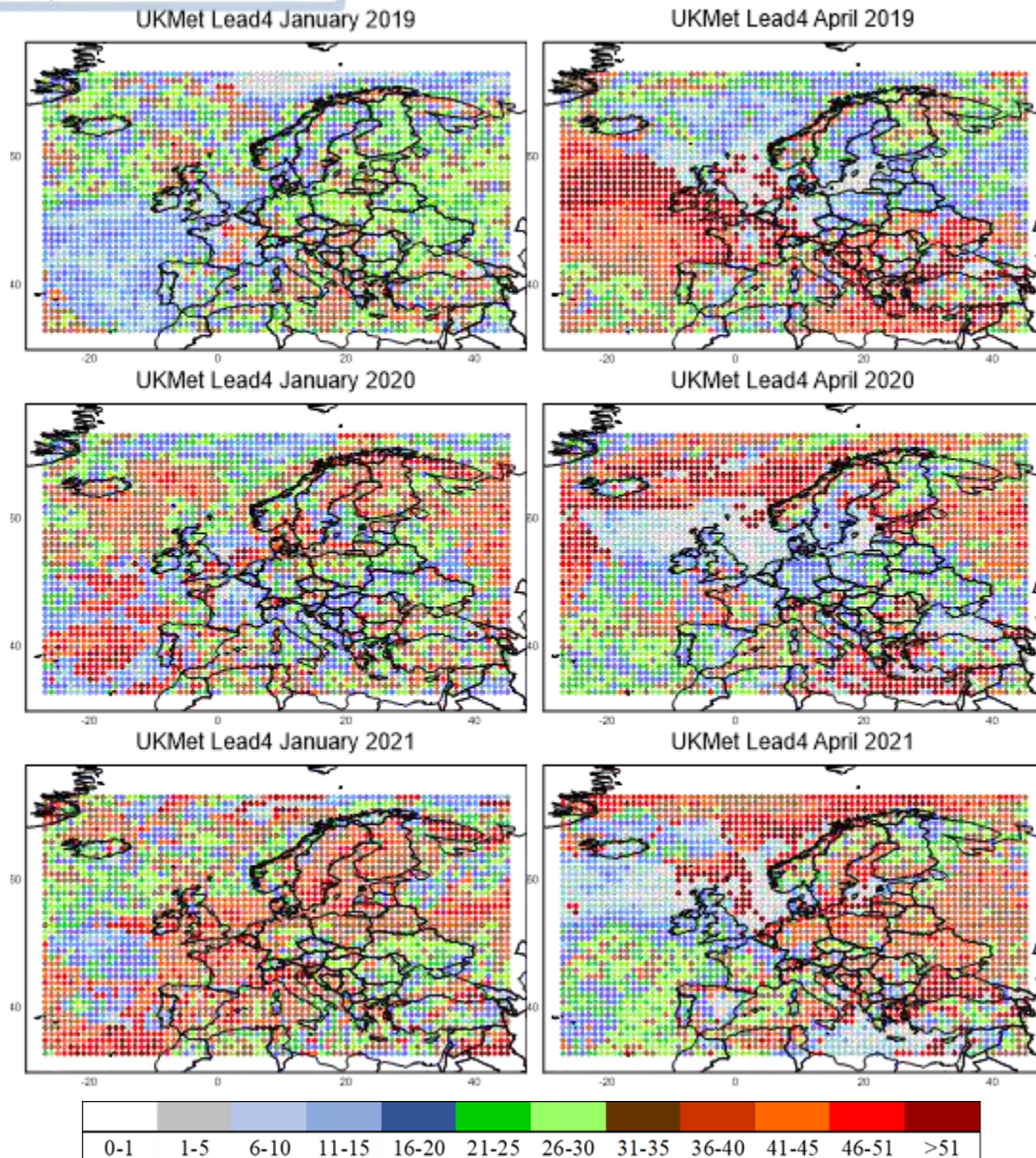
Τον Οκτώβριο 2019, απεικονίζεται ορθή εκτίμηση της μεταβολής της μηνιαίας βροχόπτωσης στην Σκανδιναβία και περιοχές της νότιας Ευρώπης. Ελάχιστα διαφοροποιημένη εικόνα παρατηρείται το φθινόπωρο του 2020. Η δυτική Μεσόγειος εκτιμάται ορθά, σε αντίθεση με τον Οκτώβριο 2019, ενώ αδυναμία πρόγνωσης της μεταβολής της βροχόπτωσης φαίνεται στην Ιταλία και τα Βαλκάνια. Αντίθετα για τον Οκτώβριο 2021, το σύστημα πρόγνωσης αδυνατεί να προσομοιάσει την κλιματική παράμετρο στην περιοχή της Μεσογείου, όμως, εκτιμά ορθά την βροχόπτωση στην περιοχή της Σκανδιναβίας και των Αζορών. Παράλληλα, εξακολουθεί να απεικονίζεται



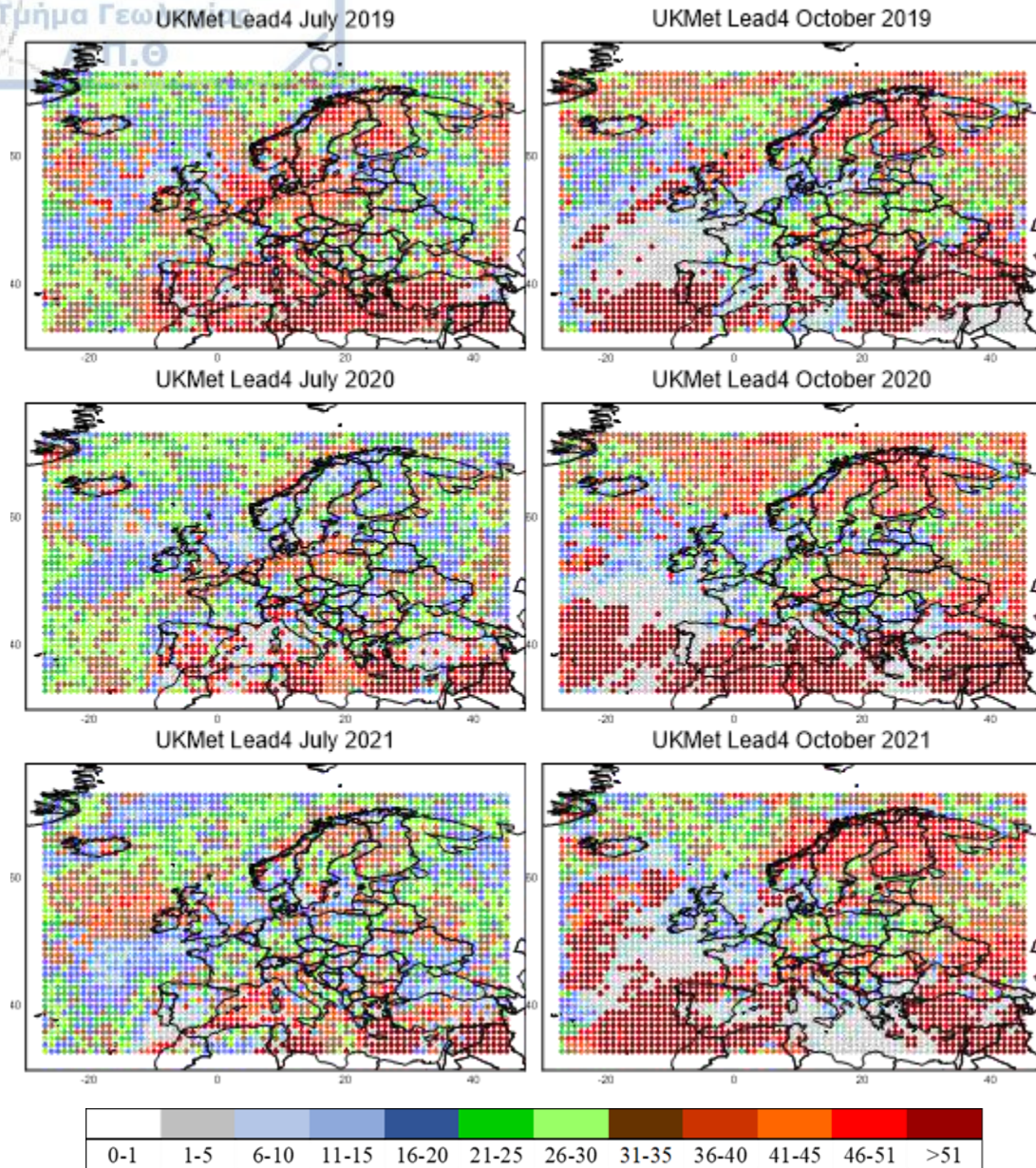
Σχήμα 3. 38 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης του UKMet (άξονας y) με Lead time 4 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

Ψηφιακή συλλογή
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Αποτελέσματα

ανομοιογενής εναλλαγή μεταξύ σημείων πλέγματος με πολλές έγκυρες προσομοιώσεις και σημείων πλέγματος με, συγκριτικά, λιγότερες.



Σχήμα 3. 39 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη.



Σχήμα 3. 40 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 4, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό των στατιστικών τιμών για τις μέσες τιμές των συστημάτων εποχικής πρόγνωσης και των δεδομένων reanalysis, αλλά και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της στατιστικής μεθόδου ROC καμπυλών για την αξιολόγηση της εκτίμησης της μεταβολής των μηνιαίων τιμών των κλιματικών παραμέτρων στις τέσσερις εξεταζόμενες υποπεριοχές.

4.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΟΧΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

4.1.1. Θερμοκρασία

Βορειοανατολική Ευρώπη

Στη Βορειοανατολική Ευρώπη για την χειμερινή περίοδο, Ιανουάριος 2018-Ιανουάριος 2021 (Πίνακας 4.1, Πίνακας Π.1-3), παρατηρείται ότι όλα τα συστήματα πρόγνωσης υπερεκτιμούν την διάμεσο των πραγματικών τιμών. Επίσης, όλα τα μοντέλα υποεκτιμούν το ενδοτεταρτημοριακό εύρος. Επιπρόσθετα, υπερεκτίμηση της μέγιστης και ελάχιστης μηνιαίας θερμοκρασίας παρατηρείται από όλα τα συστήματα πρόγνωσης, ενώ το παρουσιάζει την μικρότερη απόκλιση από τις πραγματικές καταγραφές. Για το Ιανουάριο του 2020, παρουσιάζεται μία διαφορετική εικόνα, η διάμεσος και η μέγιστη θερμοκρασία υποεκτιμάται, ενώ το ενδοτεταρτημοριακό εύρος υποεκτιμάται.

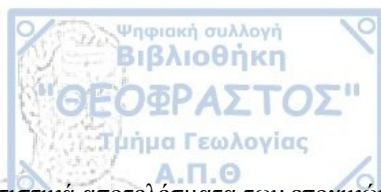
Ακόλουθα, τον Απρίλιο 2019 στη ΒΑ Ευρώπη απεικονίζεται έντονα ψυχρότερη η βορειοανατολική Ευρώπη από όλα τα συστήματα πρόγνωσης, καθώς οι αποκλίσεις των μέγιστων, ελάχιστων και διάμεσων τιμών της κλιματικής παραμέτρου της θερμοκρασίας είναι από 3 έως 10 βαθμούς κελσίου. Ωστόσο, το ενδοτεταρτημοριακό εύρος προσομοιώνεται καλύτερα από τις υπόλοιπες στατιστικές παραμέτρους, ενώ ικανοποιητικά προσεγγίζεται από το ECMWF (lead time 4) και Météo-France (lead time 2-4). Παρόμοια εικόνα παρατηρείται και τα έτη 2020 και 2021 με τις διαφορές μεταξύ συστημάτων πρόγνωσης και δεδομένων reanalysis να είναι μικρότερες.

Κατά την θερινή περίοδο (Ιούλιος 2019) στη ΒΑ Ευρώπη, εκτιμάται ικανοποιητικά η διάμεσος και η μέγιστη τιμή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας από το GCFS από το Météo-France (διάμεσος, lead time 2). Αντίθετα, όλα τα συστήματα πρόγνωσης υποεκτιμούν το ενδοτεταρτημοριακό εύρος και παρουσιάζουν μικρότερη ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία από τα δεδομένα ERA5. Παρόμοια εικόνα παρατηρείται και το 2020, ενώ την θερινή περίοδο του 2021, ικανοποιητικά εκτιμάται η ελάχιστη τιμή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας από το Météo-France σε προσομοιώσεις με lead time 2 και 4.

Αντίθετα, τον Οκτώβριο 2019 στη ΒΑ Ευρώπη, χαρακτηριστικά θερμότερη προσομοιάζεται η βορειοανατολική Ευρώπη, καθώς ιδιαίτερα μεγαλύτερες προσομοιάζονται, από τα συστήματα πρόγνωσης, οι μέγιστες, ελάχιστες και διάμεσες πραγματικές τιμές της κλιματικής παραμέτρου. Ωστόσο, παρατηρείται υποεκτίμηση του ενδοτεταρτημοριακού εύρους. Παρόμοια εικόνα παρατηρείται και τον Οκτώβριο 2020 (Πίνακας Π.3), ενώ το 2021 αδυναμία προσομοίωσης παρατηρείται και για το ενδοτεταρτημοριακό εύρος.

Την χειμερινή περίοδο στη Βορειοδυτική Ευρώπη (Πίνακας 4.2 (Π.4-Π.6)), παρατηρείται ότι όλα τα συστήματα πρόγνωσης υπερεκτιμούν την διάμεσο των πραγματικών καταγραφών με εξαίρεση το 2020 (Πίνακας Π.5) όπου η διάμεσος στις περισσότερες περιπτώσεις υποεκτιμάται. Επιπρόσθετα, υπερεκτίμηση ελάχιστης μηνιαίας θερμοκρασίας παρατηρείται από όλα τα συστήματα πρόγνωσης, εκτός του ECMWF, το οποίο απεικονίζει ψυχρότερη την περιοχή σε όλα τα έτη. Τα συστήματα πρόγνωσης υπερεκτιμούν την μέγιστη τιμή της μηνιαίας θερμοκρασίας, με το έτος 2019 να παρουσιάζει αρκετά αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Τον Απρίλιο απεικονίζεται ψυχρότερη η βορειοδυτική Ευρώπη από τα συστήματα πρόγνωσης για όλα τα έτη, καθώς οι διαφορές των μέγιστων, ελάχιστων και διάμεσων τιμών της θερμοκρασίας είναι μεγάλες, ιδιαίτερα αυτή της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας. Το 2021, ωστόσο το GCFS και το Météo-France προσεγγίζουν ικανοποιητικά την πραγματική μέγιστη τιμή της μηνιαίας θερμοκρασίας. Ωστόσο, το ενδοτεταρτημοριακό εύρος υπερεκτιμάται από τα συστήματα πρόγνωσης.

**Πίνακας 4. 1** Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Βορειοανατολική Ευρώπη

January 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-2.8	-4.3	-5.0	-4.3	-4.1	-4.6	-0.9	-1.6	-1.1	-3.3	-3.1	-3.5	-5.5
IQR	6.5	7.3	7.6	7.9	7.8	8.2	5.9	6.2	5.6	7.0	7.1	7.1	9.1
Maximum	5.7	4.7	4.3	4.8	5.0	4.9	6.0	5.6	5.9	4.8	4.8	4.8	3.4
Minimum	-10.9	-11.0	-12.0	-13.3	-13.0	-13.5	-9.5	-10.4	-10.0	-13.6	-13.5	-14.1	-18.7
April 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	-2.6	-1.9	-2.2	-2.7	-2.3	-2.3	-0.6	0.3	-0.3	-3.9	-2.6	-3.2	3.0
IQR	6.1	5.3	5.6	4.7	4.9	4.9	5.4	4.7	5.0	6.0	5.6	5.6	4.0
Maximum	5.0	4.8	4.8	4.1	4.2	3.9	5.7	5.9	5.7	4.1	4.2	3.6	8.4
Minimum	-10.0	-9.2	-9.4	-11.6	-11.9	-11.8	-9.2	-7.9	-8.8	-13.3	-12.6	-12.7	-5.0
July 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	14.0	13.8	14.3	12.5	11.8	11.9	15.0	15.7	15.4	11.7	11.8	10.9	18.1
IQR	6.3	6.0	6.5	7.0	6.9	6.5	7.5	7.4	7.4	6.8	7.1	6.7	7.9
Maximum	18.4	18.6	19.0	17.4	17.0	16.7	21.4	21.3	21.4	17.5	17.6	17.1	23.6
Minimum	2.7	1.2	2.0	3.1	2.7	3.3	4.9	4.9	5.1	2.9	1.8	1.7	4.9
October 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	10.1	9.8	9.9	10.0	9.8	9.3	10.8	11.0	11.6	9.8	9.5	9.5	5.4
IQR	5.6	5.2	5.5	5.0	5.1	4.8	6.2	5.9	5.3	4.8	4.9	4.9	3.3
Maximum	16.2	15.8	16.5	16.2	15.7	15.2	16.7	16.7	17.2	15.0	14.6	14.4	12.3
Minimum	3.6	3.7	3.6	2.7	2.3	1.8	4.3	4.4	5.3	4.4	4.1	4.1	-2.2

Κατά την θερινή περίοδο στη Βορειοδυτική Ευρώπη, τα συστήματα πρόγνωσης υποεκτιμούν τις στατιστικές παραμέτρους, με εξαίρεση το 2020 για το Météo-France όπου η μέση θερμοκρασία της περιοχής είναι ικανοποιητικά κοντά στα re-analysis δεδομένα γεγονός που πιθανά να οφείλεται στην υπερεκτίμηση των μέγιστων θερμοκρασιών στην περιοχή.

Αντίθετα, τον Οκτώβριο προσομοιάζεται θερμότερη η βορειοδυτική Ευρώπη, καθώς ιδιαίτερα μεγαλύτερες προσομοιάζονται, από τα συστήματα πρόγνωσης, οι μέγιστες, ελάχιστες και διάμεσες πραγματικές τιμές της κλιματικής παραμέτρου. Ωστόσο, παρατηρείται ικανοποιητική προσομοίωση του ενδοτεταρτημοριακού εύρους από το GCFS το 2019 και το UKMet το 2020. Αντίστοιχα το 2021 καταγράφεται υπερεκτίμηση της ελάχιστης τιμής της κλιματικής παραμέτρου από τα συστήματα πρόγνωσης. Όμως, παρατηρείται υποεκτίμηση του ενδοτεταρτημοριακού εύρους, σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα.

Νοτιοανατολική Ευρώπη

Στη Νοτιοανατολική Ευρώπη, την χειμερινή περίοδο του τα προγνωστικά μοντέλα δεν παρουσιάζουν ένα καθαρό σήμα, η ποιότητα των εκτιμήσεων μεταβάλλεται τόσο ως προς το χρόνο όσο και ως προς τη στατιστική παράμετρο. Ενδεικτικά, 2019 (Πίνακας Π.8), παρουσιάζεται υπερεκτίμηση των στατιστικών παραμέτρων από τα συστήματα πρόγνωσης, ενώ το 2021 (Πίνακας 4.3), το GCFS και το ECMWF προσομοιώνουν ικανοποιητικά την διάμεσο, η μέγιστη τιμή προσομοιώνεται σωστά από το UKMET και η ελάχιστη θερμοκρασία από ECMWF.

Τον Απρίλιο σε όλα τα έτη, στη ΝΑ Ευρώπη παρατηρείται υποεκτίμηση της διάμεσου, της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής και υπερεκτίμηση του ενδοτεταρτημοριακού εύρους. Ωστόσο, στη περίπτωση της ελάχιστης θερμοκρασίας, το GCFS και το Météo-France για τα έτη 2020 και 2021 υπερεκτιμούν τις τιμές σε όλα τα lead time.

Στην συνέχεια, την θερινή περίοδο, τα συστήματα πρόγνωσης υποεκτιμούν την διάμεσο και το ενδοτεταρτημοριακό εύρος, αδυνατούν να προσομοιάσουν την ελάχιστη τιμή της μηνιαίας θερμοκρασίας στη περιοχή της ΝΑ Ευρώπης. Ειδικότερα η ελάχιστη θερμοκρασία υπερεκτιμάται από όλα τα μοντέλα εκτός από το ECMWF που την



Πίνακας 4. 2 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Βορειοδυτική Ευρώπη

January 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	4.2	4.3	4.0	4.4	4.5	4.3	5.3	5.1	5.2	4.3	4.5	4.3	3.5
IQR	7.2	6.7	6.5	6.1	6.2	6.1	6.3	6.2	6.5	6.8	6.2	6.4	5.2
Maximum	10.3	10.6	10.3	9.5	9.9	9.7	10.2	10.1	10.1	9.8	9.7	9.6	8.9
Minimum	-25.6	-24.5	-25.8	-30.7	-31.2	-31.1	-26.4	-25.9	-26.4	-26.6	-25.9	-26.3	-29.9
April 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	3.4	3.4	3.5	3.7	3.6	3.5	4.3	4.5	4.3	3.3	3.2	3.2	4.4
IQR	7.5	7.7	7.4	6.0	6.4	6.4	6.4	6.7	6.7	7.3	7.0	6.7	5.8
Maximum	9.2	9.0	9.4	8.8	8.5	8.9	9.4	9.3	9.3	8.8	8.4	8.7	9.5
Minimum	-26.4	-25.5	-24.8	-28.4	-28.3	-28.5	-24.8	-25.5	-25.0	-26.2	-25.8	-25.4	-21.2
July 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	9.1	8.8	8.8	9.1	8.9	8.7	10.4	10.7	10.5	8.6	8.5	7.8	11.4
IQR	6.2	5.9	6.6	5.4	5.4	5.6	5.5	5.0	5.4	5.3	5.4	5.8	5.3
Maximum	15.6	15.3	16.2	16.0	15.6	15.3	17.9	18.2	18.3	15.0	15.3	14.6	19.0
Minimum	-5.0	-4.8	-4.5	-7.8	-8.2	-8.5	-2.5	-1.9	-2.0	-2.2	-2.6	-5.4	0.3
October 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	10.3	9.9	9.8	10.3	9.9	9.7	10.6	10.8	11.6	10.3	10.0	9.9	8.5
IQR	5.8	6.1	6.5	5.4	5.8	5.9	5.7	5.8	5.5	5.5	5.6	5.5	6.8
Maximum	16.9	17.0	17.4	16.3	16.3	16.0	16.8	17.3	18.0	16.0	15.7	15.5	14.4
Minimum	-12.6	-11.7	-11.6	-15.8	-17.6	-17.8	-11.0	-10.9	-9.6	-13.0	-13.3	-13.4	-21.5

υποεκτιμά σε όλη τη χρονική περίοδο μελέτης. Αντίστοιχα, οι μέγιστες θερμοκρασίες υποεκτιμούνται με το Météo-France και το UKMet να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες διαφορές.

Την φθινοπωρινή περίοδο, όλων των ετών, παρατηρείται υπερεκτίμηση της ελάχιστης, μέγιστης και της διαμέσου τιμής και υποεκτίμηση του ενδοτεταρτημοριακού εύρους από όλα τα συστήματα πρόγνωσης. Από τους πίνακες (4.3 & Π.7-10) φαίνεται ότι οι μεγαλύτερες διαφορές εμφανίζονται στις ελάχιστες θερμοκρασίες όπου τα μοντέλα προβλέπουν ελάχιστες θερμοκρασίες έως και 10°Celsius μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των re-analysis δεδομένων.

Νοτιοδυτική Ευρώπη

Την χειμερινή περίοδο στη Νοτιοδυτική Ευρώπη για όλα τα έτη (Πίνακας 4.4 & Π.10-12), τα τέσσερα εξεταζόμενα συστήματα παρουσιάζουν μικρή υπερεκτίμηση της πραγματικής τιμής της διαμέσου, αντίθετα καταγράφεται αδυναμία εκτίμησης των ακραίων τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας. Τα μοντέλα υπερεκτιμούν τις ακραίες θερμοκρασίες με τις μεγαλύτερες διαφορές να εμφανίζονται στις ελάχιστες θερμοκρασίες. Εξαίρεση αποτελεί το Météo-France, καθώς προσεγγίζει ικανοποιητικά την μέγιστη τιμή (lead time 4-6). Ικανοποιητική εκτίμηση του ενδοτεταρτημοριακού εύρους αποτυπώνεται από όλα τα συστήματα πρόγνωσης.

Τον Απρίλιο και πάλι στην περίπτωση της Νοτιοδυτικής Ευρώπης σημειώνεται υποεκτίμηση της διαμέσου και των ακραίων τιμών των πραγματικών δεδομένων από τα συστήματα πρόγνωσης. Αντίθετα, παρουσιάζεται υπερεκτίμηση του ενδοτεταρτημοριακού εύρους. Παράλληλα, το Météo-France αποδίδει αξιόπιστη ελάχιστη τιμή της κλιματικής παραμέτρου της θερμοκρασίας το 2019. Το 2021, το GCFS υπερεκτιμά την ελάχιστη τιμή αυτής.

Τον Ιούλιο 2019, τα συστήματα πρόγνωσης παρέχουν αξιόπιστη εκτίμηση του ενδοτεταρτημοριακού εύρους, ωστόσο υποεκτιμούν τις υπόλοιπες στατιστικές παραμέτρους. Ελάχιστα διαφοροποιημένη προσέγγιση παρατηρείται το 2020, όπου μόνο το GCFS και το UKMet προσομοιώνουν ικανοποιητικά το ενδοτεταρτημοριακό εύρος.

Παράλληλα, το 2021 το GCFS (lead time 4-6) και το UKMet (lead time 6) αποδίδουν σωστά την ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας.



Πίνακας 4.3 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη

January 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	4.0	3.1	2.6	1.2	2.1	1.7	4.3	4.3	4.1	2.3	2.2	2.3	2.6
IQR	10.6	11.5	11.5	12.9	12.4	12.6	10.2	10.4	10.4	10.5	10.5	10.6	12.1
Maximum	19.3	19.2	18.6	18.5	18.4	18.1	19.3	18.8	18.7	18.5	17.8	17.4	17.7
Minimum	-3.5	-5.1	-6.1	-10.2	-9.4	-9.7	-5.0	-4.8	-5.4	-6.7	-7.5	-7.7	-10.2
April 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	7.1	7.1	6.8	4.9	4.9	4.9	7.7	8.1	7.8	5.4	5.3	4.8	10.1
IQR	9.6	9.4	9.7	10.4	10.3	10.4	8.9	8.4	8.4	9.9	9.6	10.2	7.3
Maximum	20.0	19.6	20.1	18.0	18.8	19.5	17.9	18.1	17.8	17.2	16.8	16.7	27.6
Minimum	-0.2	-0.4	-0.8	-6.2	-5.8	-5.7	-1.4	-1.7	-2.1	-4.1	-3.8	-4.6	-2.6
July 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	21.4	21.7	21.9	20.6	20.2	20.1	23.4	23.9	23.6	21.0	21.4	20.1	24.9
IQR	5.0	5.2	4.9	5.0	5.4	5.6	4.3	4.4	4.2	5.4	5.3	5.3	3.9
Maximum	37.8	38.4	38.9	37.3	37.4	37.4	37.2	38.2	38.3	34.4	34.9	33.4	40.4
Minimum	12.1	11.9	12.6	8.6	7.6	7.2	12.0	12.5	12.5	12.9	13.1	11.8	10.5
October 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	21.6	22.0	22.7	18.8	19.0	18.7	21.5	21.8	22.0	18.3	18.6	18.6	11.2
IQR	7.8	7.6	7.4	8.4	8.1	8.4	7.2	6.9	7.1	8.6	8.2	8.1	10.9
Maximum	35.8	36.0	36.3	34.5	34.6	34.5	36.7	37.1	37.2	30.8	31.3	31.1	28.2
Minimum	10.9	11.4	11.8	7.3	7.3	7.1	9.7	9.9	10.4	11.0	10.6	10.4	-0.7

Πίνακας 4. 4 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Νοτιοδυτική Ευρώπη

January 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	12.4	12.5	12.2	11.4	11.9	11.8	12.3	12.0	12.1	11.5	11.4	11.3	10.7
IQR	6.9	7.1	7.2	7.6	7.4	7.4	6.3	6.3	6.3	7.3	7.1	6.8	6.1
Maximum	19.9	20.4	20.3	18.9	19.4	19.1	19.6	19.4	19.3	19.4	19.3	18.9	18.4
Minimum	-1.6	-2.0	-2.3	-8.5	-7.6	-7.6	-2.2	-2.5	-2.5	-4.5	-4.3	-4.5	-10.3
April 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	12.0	11.6	11.7	10.9	10.9	11.0	12.0	11.9	11.6	10.8	10.9	10.7	12.8
IQR	5.3	5.3	5.5	4.9	5.1	5.2	5.2	5.2	4.8	4.8	5.2	5.0	5.8
Maximum	18.1	17.8	18.2	17.0	17.0	17.3	19.0	18.9	18.4	17.3	17.4	17.3	22.9
Minimum	1.5	1.1	1.0	-5.0	-5.3	-5.1	-0.2	-0.3	-0.3	-3.4	-2.8	-3.7	-2.3
July 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	17.3	16.8	17.0	17.3	16.8	16.9	18.7	19.1	19.1	17.2	16.9	16.2	18.9
IQR	5.0	5.0	4.7	4.8	4.6	4.5	4.5	4.5	4.7	5.0	4.8	4.8	4.9
Maximum	32.6	32.7	32.9	31.9	31.5	31.7	33.8	34.4	34.4	32.5	32.3	30.8	36.6
Minimum	11.7	10.8	10.8	9.2	8.5	8.1	12.8	12.6	12.5	11.6	11.3	10.3	10.7
October 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	19.7	19.7	19.7	18.6	18.9	18.8	19.4	20.0	20.5	18.9	19.0	18.7	17.1
IQR	6.0	5.8	5.3	5.9	5.5	5.5	5.5	5.3	5.2	5.4	5.4	5.2	6.5
Maximum	29.7	30.2	30.9	29.3	29.3	28.9	31.3	31.1	31.4	28.1	28.2	27.9	24.3
Minimum	12.0	12.5	13.0	8.1	8.3	8.1	11.1	11.4	11.9	12.0	11.7	11.5	2.0

Το φθινόπωρο της εξεταζόμενης περιόδου αναφοράς, παρατηρείται υπερεκτίμηση των ακραίων τιμών και της διαμέσου, οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται στις ελάχιστες θερμοκρασίες. Αντίθετα, υποεκτιμάται το ενδοτεταρτημοριακό εύρος, εκτός από το GCFS (lead time 2) το 2019 και το 2021.

4.1.2. Βροχόπτωση

Βορειοανατολική Ευρώπη

Στη περίπτωση της βροχόπτωσης, τα εποχικά μοντέλα πρόγνωσης εμφανίζουν μία πιο καθαρή εικόνα για την χειμερινή περίοδο (Πίνακες 4.5 και Π.13-15). Ειδικότερα παρατηρείται ότι όλα τα συστήματα πρόγνωσης προσεγγίζουν αρκετά ικανοποιητικά, την διάμεσο των πραγματικών τιμών, με το UKMet να εμφανίζει τη καλύτερη προσέγγιση, το ECMWF να εμφανίζει μία μικρή υποεκτίμηση και το GCFS μία μικρή υπερεκτίμηση. Επίσης, όλα τα μοντέλα υποεκτιμούν το ενδοτεταρτημοριακό εύρος, εξαιρουμένου του Météo-France (lead time 6). Επιπρόσθετα, παρατηρείται αδυναμία προσομοίωσης των ακραίων τιμών βροχόπτωσης από όλα τα συστήματα πρόγνωσης, με τις μέγιστες βροχοπτώσεις να υποεκτιμούνται και τις ελάχιστες να υπερεκτιμούνται, το ECMWF παρουσιάζει την μικρότερη απόκλιση από τις πραγματικές καταγραφές.

Παρόμοια εικόνα με τον Ιανουάριο εμφανίζει και ο Απρίλιος στη Βορειοανατολική Ευρώπη, εξαίρεση αποτελεί το 2019 όπου σημειώνεται υπερεκτίμηση της διαμέσου της μηνιαίας βροχόπτωσης των πραγματικών δεδομένων από τα συστήματα πρόγνωσης (Πίνακες Π.14). Για όλα τα μοντέλα εποχικής πρόγνωσης, οι ελάχιστες βροχοπτώσεις υπερεκτιμούνται, ενώ για τις μέγιστες βροχοπτώσεις δεν υπάρχει κάποιο καθαρό σήμα.

Οι βροχοπτώσεις για τον Ιούλιο στην περιοχή της βορειοανατολικής Ευρώπης εμφανίζουν μία εκτιμώμενη μέση τιμή περίπου 70mm, σε όλη τη διάρκεια της χρονικής περιόδου μελέτης, η οποία όμως αποκλίνει από τη μέση πραγματική βροχόπτωση. Άξια αναφοράς είναι η αδυναμία προσομοίωσης των ακραίων τιμών μηνιαίας βροχόπτωσης, σε σύγκριση με τις πραγματικές καταγραφές, παρουσιάζοντας παρόμοια εικόνα με τη χειμερινή περίοδο.

Τα εποχικά κλιματικά μοντέλα εμφανίζουν αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα για την φθινοπωρινή περίοδο (Πίνακες 4.5 & Π.14-16), με τη διάμεσο να εκτιμάται

καλύτερα και τις ακραίες βροχοπτώσεις να εντοπίζονται σε αρκετές περιπτώσεις. Αντίθετα, χαρακτηριστική είναι η υποεκτίμηση του ενδοτεταρτημοριακού εύρους από τα συστήματα πρόγνωσης. Η διάμεσος προσομοιώνεται ικανοποιητικά από το GCFS, ενώ το UKMet παρουσιάζει αξιόπιστη προσέγγιση της μέγιστης τιμής της κλιματικής παραμέτρου.

Βορειοδυτική Ευρώπη

Για την περιοχή της βορειοδυτικής Ευρώπης, τον Ιανουάριο 2019 και 2021 (Πίνακας 4.6 και Π.17) παρατηρείται μικρή υπερεκτίμηση της διαμέσου, ενώ σημαντική υποεκτίμηση παρατηρείται το 2020, η οποία συνδέεται και με υποεκτίμηση των μεγίστων και ελαχίστων βροχοπτώσεων (Πίνακας Π.18). Αντίθετα το 2019 υπάρχει ικανοποιητική εκτίμηση των μεγίστων και ελαχίστων βροχοπτώσεων, ενώ το 2021 οι ελάχιστες βροχοπτώσεις υπερεκτιμούνται.. Ειδικότερα, το 2019 το ECMWF εκτιμά ορθά την διάμεσο (lead time 4), το GCFS (lead time 2) την μέγιστη τιμή της βροχόπτωσης και τα ECMWF, Météo-France και UKMet την ελάχιστη τιμή της μηνιαίας βροχόπτωσης και το 2021 το GCFS (lead time 6) παρουσιάζει αξιόπιστη προσομοίωση της μέγιστης τιμής βροχόπτωσης.

Τον Απρίλιο, δεν προσομοιώνεται σωστά καμία στατιστική παράμετρος από τα συστήματα πρόγνωσης, καθώς υπερεκτιμώνται η ελάχιστη τιμή και η διάμεσος. Το ενδοτεταρτημοριακό εύρος υπερεκτιμάται και αυτό σε όλα τα έτη εκτός από το έτος 2019. Αντίθετα, οι μέγιστες βροχοπτώσεις προβλέπονται ικανοποιητικά για τα έτη 2020 και 2021.

Την θερινή περίοδο η διάμεσος της βροχόπτωσης υποεκτιμάται με εξαίρεση το Ιούλιο του 2021. Το GCFS εμφανίζει τις μεγαλύτερες διαφορές σε σχέση με τα δεδομένα του ERA5. , Επίσης, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι όλα τα εποχικά μοντέλα εμφανίζουν σημαντική υποεκτίμηση των μεγίστων βροχοπτώσεων, ενώ για τις ελάχιστες θερμοκρασίες δεν υπάρχει καθαρό σήμα.

Τον Οκτώβριο, παρατηρείται σημαντική υποεκτίμηση των στατιστικών παραμέτρων της διαμέσου, του ενδοτεταρτημοριακού εύρους και της μέγιστης τιμής. Αντίθετα,



Πίνακας 4. 5 Στατιστικά αποτελέσματα της βροχόπτωσης για τη Βορειοανατολική Ευρώπη

January 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	82.6	71.8	72.0	51.8	53.8	53.4	70.5	70.8	69.6	62.5	61.9	62.3	63.9
IQR	24.6	23.8	22.4	29.8	28.0	30.2	20.6	18.3	21.9	19.4	18.5	19.5	32.0
Maximum	163.4	144.5	142.4	198.4	180.9	165.9	206.3	189.2	204.1	197.6	174.5	161.5	137.8
Minimum	35.7	36.2	37.2	30.9	31.6	31.2	43.8	40.9	42.9	39.1	38.2	39.5	17.1
April 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	68.5	62.8	61.4	40.6	45.0	44.2	56.3	55.0	53.4	51.7	51.2	48.0	53.0
IQR	15.7	14.2	13.1	16.4	17.0	17.2	18.3	17.8	18.3	9.8	13.8	12.0	29.6
Maximum	139.1	115.8	111.9	152.0	142.9	139.0	154.8	196.6	189.9	167.3	167.1	160.3	196.7
Minimum	39.7	38.3	38.6	25.3	23.8	24.2	31.7	35.3	34.0	33.8	30.6	31.4	15.7
July 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	75.6	79.9	69.8	72.6	74.3	76.8	73.2	69.3	69.3	77.0	73.2	70.4	54.4
IQR	39.9	44.5	35.7	30.8	37.5	38.6	33.7	28.2	29.6	27.4	27.1	25.7	34.4
Maximum	122.6	128.3	117.8	134.1	147.8	143.9	177.3	169.5	164.0	139.8	147.4	142.8	264.9
Minimum	28.2	32.7	32.5	37.6	34.2	32.5	36.1	39.4	38.4	36.2	36.0	37.2	14.4
October 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	78.1	78.2	78.0	69.2	69.6	67.9	65.2	76.5	71.3	75.0	75.9	73.7	76.9
IQR	22.1	16.6	20.0	14.7	15.3	13.5	16.5	20.8	12.1	17.3	15.6	14.3	45.9
Maximum	176.9	174.3	166.9	234.8	239.9	243.5	220.0	246.7	231.3	216.2	242.0	219.6	270.2
Minimum	37.7	30.7	36.6	43.9	41.6	39.5	36.3	44.7	42.6	45.3	40.5	42.6	7.9

καταγράφεται υπερεκτίμηση της πραγματικής ελάχιστης τιμής.. Εξαίρεση, κατά το 2019, αποτελούν τα Météo-France (lead time 6) και ECMWF (lead time 2), τα οποία παρουσιάζουν αξιοπιστία, όσον αφορά την μέγιστη τιμή της μηνιαίας βροχόπτωσης

Νοτιοανατολική Ευρώπη

Στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης, την χειμερινή περίοδο παρατηρείται υποεκτίμηση της μέγιστης τιμής της μηνιαίας βροχόπτωσης και αξιοπιστία των συστημάτων πρόγνωσης στην προσομοίωση της πραγματικής ελάχιστης τιμής (Πίνακες 4.7 & Π.19-21), κατά το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα. Ωστόσο το 2019 και το 2021, σημειώνεται υποεκτίμηση του ενδοτεταρτημοριακού εύρους, ενώ το 2020 προσεγγίζεται ικανοποιητικά από επιμέρους προσομοιώσεις των συστημάτων πρόγνωσης. Για τη περίπτωση της διαμέσου, μισά χρόνια παρουσιάζουν υποεκτίμηση και μισά υπερεκτίμηση, στα έτη όπου υπάρχει υποεκτίμηση, το GCFS εμφανίζει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Επιπλέον, τον Απρίλιο όλων των εξεταζόμενων ετών, προσεγγίζεται ικανοποιητικά η ελάχιστη τιμή της μηνιαίας βροχόπτωσης, αντίθετα υποεκτιμάται το ενδοτεταρτημοριακό εύρος. Η διάμεσος προσεγγίζεται ικανοποιητικά από το ECMWF (2019, 2021), το Météo-France (2019), το GCFS (2021), το UKMet (2021), ενώ υπερεκτιμάται το 2020. Επιπρόσθετα, η μέγιστη τιμή της μηνιαίας βροχόπτωσης υποεκτιμάται, σχεδόν, όλη την εξεταζόμενη περίοδο αναφοράς. Εξαίρεση αποτελεί το Météo-France (lead time 4-6) το 2020.

Κατά την θερινή περίοδο του εξεταζόμενου χρονικού διαστήματος, προσομοιώνεται ικανοποιητικά η ελάχιστη τιμή της της μηνιαίας βροχόπτωσης, ενώ υποεκτιμάται η μέγιστη τιμή αυτής, εκτός από το Météo-France (lead time 6) το 2020. Ακόλουθα, το ενδοτεταρτημοριακό εύρος υπερεκτιμάται το 2020, ενώ προσεγγίζεται ικανοποιητικά από μεμονωμένες προσομοιώσεις όλων των συστημάτων πρόγνωσης το 2019 και το 2021. Όσον αφορά τη στατιστική παράμετρο της διαμέσου, , δεν παρατηρείται καθαρή εικόνα, καθώς υπερεκτιμάται το 2020 (εκτός του Météo-France στο lead time 4), ενώ το 2019 αποδίδεται αξιόπιστα από κάποια συστήματα πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, UKMet) και το 2021 προσεγγίζεται ικανοποιητικά από επιμέρους προσομοιώσεις αυτών.

Στη συνέχεια, τον Οκτώβριο των εξεταζόμενων ετών, παρουσιάζεται ορθή εκτίμηση της ελάχιστης τιμής και υποεκτίμηση της μέγιστης τιμής της καταγεγραμμένης μηνιαίας βροχόπτωσης από τα συστήματα πρόγνωσης. Το ενδοτεταρτημοριακό εύρος, προσεγγίζεται ικανοποιητικά το 2019, ενώ υποεκτιμάται το 2020 και το 2021. Για την στατιστική παράμετρο της διαμέσου, παρατηρείται υποεκτίμηση αυτής το 2020. Αντίθετα, προσομοιώνεται ικανοποιητικά το 2019 και το 2021 από τα ECMWF, Météo-France και UKMet.

Νοτιοδυτική Ευρώπη

Για τον Ιανουάριο (Πίνακας 4.8 & Π.22-24), καθ' όλη την περίοδο αναφοράς, παρατηρείται ικανοποιητική εκτίμηση της ελάχιστης τιμής της μηνιαίας βροχόπτωσης. Αντίθετα, η στατιστική παράμετρος της μέγιστης τιμής, προσομοιώνεται ικανοποιητικά το 2020 από τα GCFS (lead time 2), ECMWF (lead time 6), UKMet (lead time 2-6), ενώ υποεκτιμάται κατά τα έτη 2019 και 2021. Το ενδοτεταρτημοριακό εύρος προσεγγίζεται ικανοποιητικά από επιμέρους προσομοιώσεις των συστημάτων πρόγνωσης, σε όλο το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα. Αντίστοιχα, η διάμεσος υπερεκτιμάται το 2019 και το 2020, ενώ αξιόπιστη προσομοίωση καταγράφεται, για το 2021, από το GCFS (lead time 2), ECMWF (lead time 4-6), UKMet (lead time 2-4-6).

Τον Απρίλιο παρουσιάζονται αξιόπιστες εκτιμήσεις από τα συστήματα πρόγνωσης για την καταγεγραμμένη ελάχιστη μηνιαία βροχόπτωση. Αντίθετα, παρατηρείται αδυναμία εκτίμησης της πραγματικής μέγιστης τιμής της κλιματικής παραμέτρου. Η διάμεσος αποδίδεται ικανοποιητικά από το ECMWF και το UKMet το 2019 και το 2020, ενώ υπερεκτιμάται το 2021. Το ενδοτεταρτημοριακό εύρος υποεκτιμάται το 2019, ενώ προσεγγίζεται ικανοποιητικά από μεμονωμένες προσομοιώσεις των συστημάτων πρόγνωσης το 2020 και το 2021.

Κατά την θερινή περίοδο, σημειώνεται σωστή προσομοίωση της ελάχιστης τιμής της μηνιαίας βροχόπτωσης από τα συστήματα πρόγνωσης. Παράλληλα, αδυναμία εκτίμησης της πραγματικής μέγιστης μηνιαίας βροχόπτωσης παρατηρείται καθ' όλη την περίοδο αναφοράς. Εξαίρεση αποτελούν οι προσομοιώσεις του Météo-France το 2020. Καταγράφεται υπερεκτίμηση της διαμέσου τα έτη 2019 και 2020, ωστόσο ικανοποιητική προσέγγιση παρουσιάζεται το 2021 από όλα τα συστήματα πρόγνωσης. Το

Πίνακας 4. 6 Στατιστικά αποτελέσματα της βροχόπτωσης για τη Βορειοδυτική Ευρώπη

January 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	121.7	115.8	118.9	110.9	113.6	110.6	118.0	117.1	118.4	119.3	118.6	113.9	102.9
IQR	63.7	58.5	61.8	52.0	57.1	66.5	61.4	56.8	68.1	58.2	71.1	65.8	38.7
Maximum	292.8	230.1	222.6	279.1	309.4	312.2	308.8	289.3	320.3	282.7	273.8	255.7	212.0
Minimum	23.5	30.8	28.0	20.7	19.1	21.0	32.2	32.1	35.1	18.5	22.7	20.0	7.0
April 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	92.4	84.9	79.9	86.8	84.9	83.3	87.0	93.3	88.1	93.7	94.0	86.9	60.4
IQR	35.3	34.2	38.6	40.0	45.9	48.4	43.7	44.1	43.2	41.5	41.4	39.4	28.4
Maximum	218.9	179.5	168.3	215.4	207.1	204.3	193.9	218.7	211.1	216.0	216.3	201.6	204.6
Minimum	20.3	23.9	23.1	15.2	17.4	17.1	22.0	18.4	24.3	12.2	17.8	16.7	8.6
July 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	52.2	52.8	51.7	54.0	54.9	56.5	52.5	57.7	59.0	60.1	60.1	57.7	38.1
IQR	20.9	19.5	21.1	24.1	28.2	25.2	23.3	30.6	29.5	25.7	25.1	21.6	23.2
Maximum	129.5	141.4	124.4	147.6	159.5	169.5	157.5	164.7	171.8	150.6	147.3	155.0	205.7
Minimum	21.7	23.3	24.1	11.4	11.2	9.7	19.1	19.8	23.3	15.4	18.1	17.1	9.5
October 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	99.1	100.4	98.0	101.7	100.7	92.9	94.2	99.3	105.8	97.9	96.3	94.2	128.5
IQR	35.4	33.3	37.4	30.6	31.6	32.8	35.8	29.4	41.1	35.8	28.9	35.2	50.1
Maximum	218.5	237.6	224.2	331.7	329.8	304.3	252.1	281.8	267.8	269.9	289.0	258.6	624.4
Minimum	34.6	42.0	34.0	30.9	25.9	20.1	36.8	40.8	57.8	24.6	24.2	22.0	8.1

Πίνακας 4. 7 Στατιστικά αποτελέσματα της βροχόπτωσης για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη

January 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	73.5	79.3	80.6	58.9	60.9	54.2	63.8	70.9	66.7	60.7	57.8	59.8	73.0
IQR	34.1	35.3	34.9	36.7	35.5	32.3	30.9	34.9	33.5	33.5	33.4	35.5	55.0
Maximum	267.7	317.3	290.3	362.6	369.3	331.5	234.2	272.6	254.0	259.9	233.4	263.6	554.9
Minimum	2.4	4.7	3.5	6.8	7.1	6.3	8.8	12.1	8.1	6.4	6.2	6.0	0.7
April 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	52.8	60.3	57.1	47.0	47.9	50.4	60.7	58.3	56.0	52.6	53.8	54.5	51.2
IQR	27.4	28.1	21.7	26.1	22.5	21.4	29.0	29.4	29.6	25.0	26.1	30.2	41.8
Maximum	200.4	192.0	180.0	170.5	170.0	173.2	213.6	196.4	217.7	182.9	195.2	213.8	264.2
Minimum	2.6	5.7	7.8	6.3	4.8	5.2	11.3	9.3	10.0	7.8	8.4	10.9	0.0
July 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	28.1	25.7	29.5	32.7	38.5	34.8	32.4	23.2	31.6	31.9	28.1	33.7	32.5
IQR	77.3	77.6	75.8	64.8	69.9	71.7	51.0	49.3	51.0	59.9	52.5	57.4	74.7
Maximum	144.9	162.0	164.2	198.2	185.0	183.8	267.5	245.1	227.5	185.1	186.9	185.2	411.9
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
October 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	21.2	17.1	16.7	33.0	29.2	31.1	33.5	33.7	36.4	28.6	26.8	26.8	32.5
IQR	25.2	23.9	24.1	35.1	35.2	34.5	33.1	36.3	33.2	35.4	38.4	37.8	66.6
Maximum	96.8	97.0	93.7	177.1	147.5	162.7	206.4	210.9	206.8	140.1	119.9	119.9	424.0
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0

Πίνακας 4. 8 Στατιστικά αποτελέσματα της βροχόπτωσης για τη Νοτιοδυτική Ευρώπη

January 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	94.6	108.2	119.8	87.9	94.4	95.9	104.3	113.3	111.2	95.1	96.8	99.4	95.0
IQR	83.0	62.8	83.3	49.1	61.0	65.3	58.7	51.9	59.7	52.9	51.0	53.9	48.6
Maximum	218.1	203.3	221.3	212.1	230.9	206.4	221.0	238.3	242.3	183.8	197.8	208.0	282.5
Minimum	1.7	4.6	3.2	6.5	6.0	6.2	6.7	9.9	6.1	5.8	5.3	4.7	0.7
April 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	68.2	75.1	79.0	61.7	64.5	64.3	85.1	82.1	83.7	62.7	58.9	58.6	51.8
IQR	50.3	45.0	42.8	34.7	43.1	39.3	47.7	43.7	35.6	32.0	30.4	22.8	42.3
Maximum	150.7	150.0	140.9	130.5	139.2	138.8	215.8	210.4	193.0	142.6	135.9	135.5	176.2
Minimum	2.9	5.0	6.2	4.5	6.4	4.1	10.4	6.8	7.4	7.3	11.2	9.0	0.2
July 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	32.1	33.1	33.4	31.0	32.2	29.5	41.9	40.4	37.6	34.0	30.5	30.2	35.2
IQR	44.5	44.3	45.1	38.6	42.1	42.6	42.4	46.7	48.1	39.7	38.9	36.9	65.3
Maximum	131.8	138.9	148.6	191.7	185.0	179.6	259.3	256.6	222.7	163.2	170.7	162.4	425.7
Minimum	0.0	0.0	0.3	0.2	0.2	0.2	3.8	1.9	2.4	3.0	2.5	2.4	0.0
October 2021													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	44.1	39.4	42.2	53.8	51.4	49.9	63.9	63.1	63.3	48.6	44.2	44.0	89.8
IQR	45.1	46.0	43.5	49.4	46.2	43.3	48.1	42.6	44.5	50.5	45.4	43.8	85.1
Maximum	119.4	127.4	122.0	156.0	139.6	135.0	243.2	259.4	264.5	122.1	117.4	114.9	258.4
Minimum	0.5	0.4	0.3	1.0	1.2	2.3	7.7	7.4	8.3	0.8	1.3	2.0	0.1

ενδοτεταρτημοριακό εύρος υποεκτιμάται το 2021, ενώ προσεγγίζεται ικανοποιητικά από επιμέρους προσομοιώσεις των συστημάτων πρόγνωσης το 2019 και το 2020.

Τον Οκτώβριο όλων των εξεταζόμενων ετών, παρατηρείται ορθή εκτίμηση της ελάχιστης τιμής της μηνιαίας βροχόπτωσης από όλα τα συστήματα πρόγνωσης, ενώ αξιόπιστα προσομοιώνεται η πραγματική μέγιστη μηνιαία βροχόπτωση από το Météo-France το 2021. Αντίθετα, όλα τα συστήματα πρόγνωσης υποεκτιμούν τις υπόλοιπες εξεταζόμενες στατιστικές παραμέτρους.

4.2 ROC ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Μία στατιστική τεχνική που χρησιμοποιείται στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της πρόγνωσης καιρού είναι η χρήση της ευαισθησίας και της ειδικότητας των δοκιμών. Η γραφική αναπαράσταση του ποσοστού των αληθώς θετικών προγνώσεων (ευαισθησίας) και των ψευδών θετικών προγνώσεων (1-ειδικότητα) παρουσιάζονται στις Receiver Operating Characteristic -ROC καμπύλες. Η σύγκριση των διαφορετικών περιοχών μπορεί να γίνει συγκρίνοντας τις περιοχές κάτω από την καμπύλη (Area Under Curve-AUC), όπου η μεγαλύτερη τιμή υποδεικνύει και την περιοχή με τα καλύτερα αποτελέσματα. Όταν η τιμή του AUC είναι 1 τότε υπάρχει επιτυχία στην πρόγνωση όταν είναι 0 τότε η πρόγνωση έχει αποτύχει.

4.2.1. Θερμοκρασία

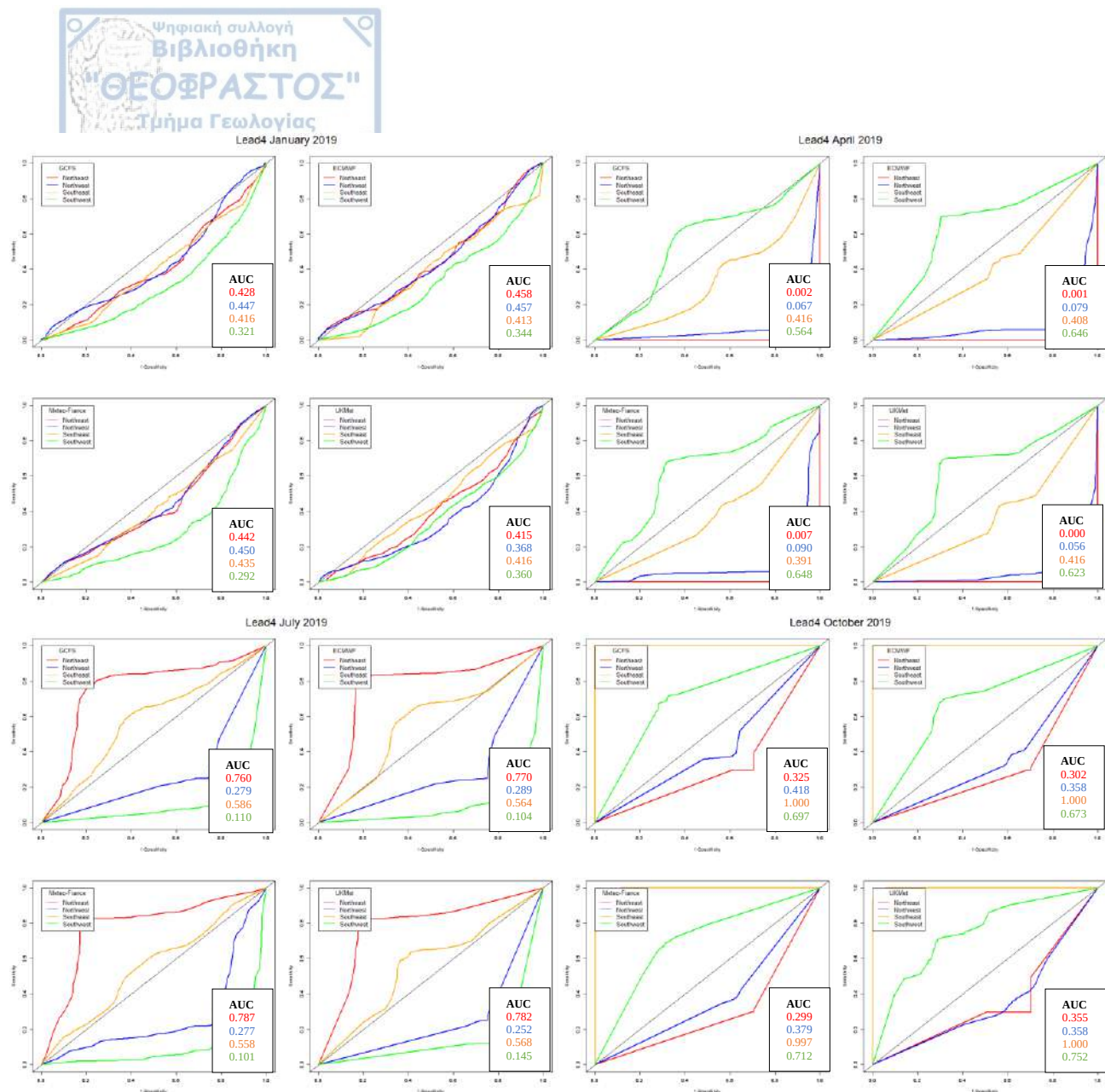
Ακολουθως, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της στατιστικής μεθόδου των ROC καμπυλών για την αξιολόγηση της ικανότητας των συστημάτων πρόγνωσης να προσομοιώσουν την μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας ως προς την κλιματική διάμεσο.

Για την χειμερινή περίοδο του 2019 (σχήμα 4.1), κανένα σύστημα πρόγνωσης δεν χαρακτηρίζεται ικανό να εκτιμήσει την μεταβολή της θερμοκρασίας με τις του AUC να είναι όλες μικρότερες από 0.5, εκτός από το GCFS στην πρόγνωση των δύο μηνών (lead time 2 Σχήμα Π.95) για την βορειοδυτική περιοχή. Ελάχιστα διαφοροποιημένη εικόνα παρατηρείται τον Ιανουάριο 2021, καθώς τα μοντέλα χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα ικανά να αποδώσουν την μεταβολή της θερμοκρασίας στην νοτιοανατολική Ευρώπη με τιμές AUC μεγαλύτερες από 0.88. Αντίθετα τον Ιανουάριο 2020 (σχήμα 4.2) όλα τα συστήματα πρόγνωσης, για κάθε lead time, αξιολογούνται ως ικανά να εκτιμήσουν την

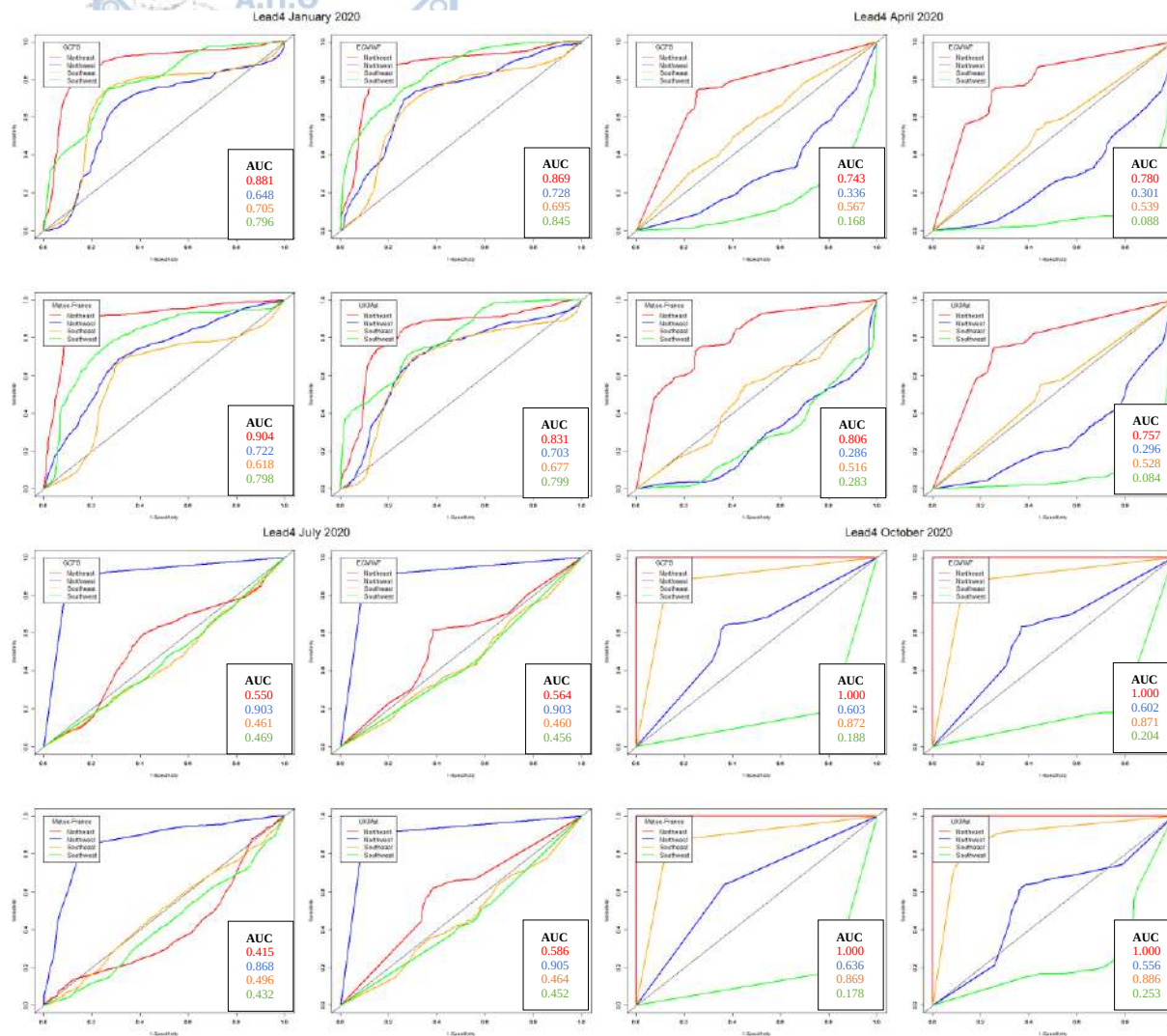
μεταβολή της θερμοκρασίας, ενώ καλύτερη αξιολόγηση παρατηρείται για όλα τα συστήματα πρόγνωσης στην βορειοανατολική Ευρώπη με τιμή του AUC μεγαλύτερη από 0,80 από όλα τα εποχικά μοντέλα.

Τον Απρίλιο 2019, τα συστήματα πρόγνωσης χαρακτηρίζονται ως αξιόπιστα να εκτιμήσουν την μεταβολή της θερμοκρασίας στη νοτιοδυτική Ευρώπη (σχήμα 4.1). Στις υπόλοιπες περιοχές αδυνατούν να εκτιμήσουν την μεταβολή της θερμοκρασίας, ενώ ιδιαίτερα κακή είναι η αξιολόγηση των συστημάτων πρόγνωσης για τα βόρεια τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής με τιμές του AUC ίσο με το μηδέν ή κοντά σε αυτό.. Αντίθετα, τον Απρίλιο 2020 (σχήμα 4.2) παρουσιάζονται όλα τα συστήματα πρόγνωσης αξιόπιστα στα ανατολικότερα τμήματα της περιοχής μελέτης και αναξιόπιστα στα δυτικότερα αυτής. Το εποχικό μοντέλο του Meteo-France εμφανίζει τη μεγαλύτερη AUC, ίση με 0.806. Στον αντίποδα αυτού, τον Απρίλιο 2021 (σχήμα 4.3), όλα τα μοντέλα εκτιμούν ικανοποιητικά την μεταβολή της θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, νοτιοδυτικά και τα νοτιοανατολικά, ενώ στα βορειοανατολικά αδυνατούν να εκτιμήσουν την μεταβολή της παραμέτρου. Τα μοντέλα απεικονίζονται ικανότερα στην πρόγνωση της μεταβολής της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στη βορειοδυτική Ευρώπη ($AUC > 0.85$, από όλα τα μοντέλα)

Το καλοκαίρι του 2019, τα GCFS, Météo-France, ECMWF παρουσιάζονται ως ικανά εκτίμησης της μεταβολής της κλιματικής παραμέτρου στις ανατολικές περιοχές της Ευρώπης ($AUC > 0.5$), ενώ καλύτερη προσομοίωση παρατηρείται στην βορειοανατολική Ευρώπη, με τις τιμές του AUC να κυμαίνονται από 0.760 έως και 0,787. Αντίθετα, τον Ιούλιο 2020 όλα τα συστήματα πρόγνωσης προσεγγίζουν ικανοποιητικά την μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στις βόρειες περιοχές -εκτός του Météo-France που δεν εκτιμά σωστά την παράμετρο για την βορειοανατολική περιοχή ($AUC=0.415$). Άξιο αναφοράς είναι ότι τα συστήματα πρόγνωσης παρουσιάζουν χαρακτηριστική αξιοπιστία στην βορειοδυτική περιοχή. Επιπρόσθετα, τον Ιούλιο του 2021 αδυναμία εκτίμησης της μεταβολής παρουσιάζουν όλα τα συστήματα πρόγνωσης για όλη την εξεταζόμενη περιοχή.



Σχήμα 4. 1 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCMs, ECMWF, Μétéo-France, UKMet) με Lead time 4, για την κλιματική παράμετρο της θερμοκρασίας, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης, το 2019



Σχήμα 4. 2 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Météo-France, UKMet) με Lead time 4, για την κλιματική παράμετρο της θερμοκρασίας, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης, το 2020.

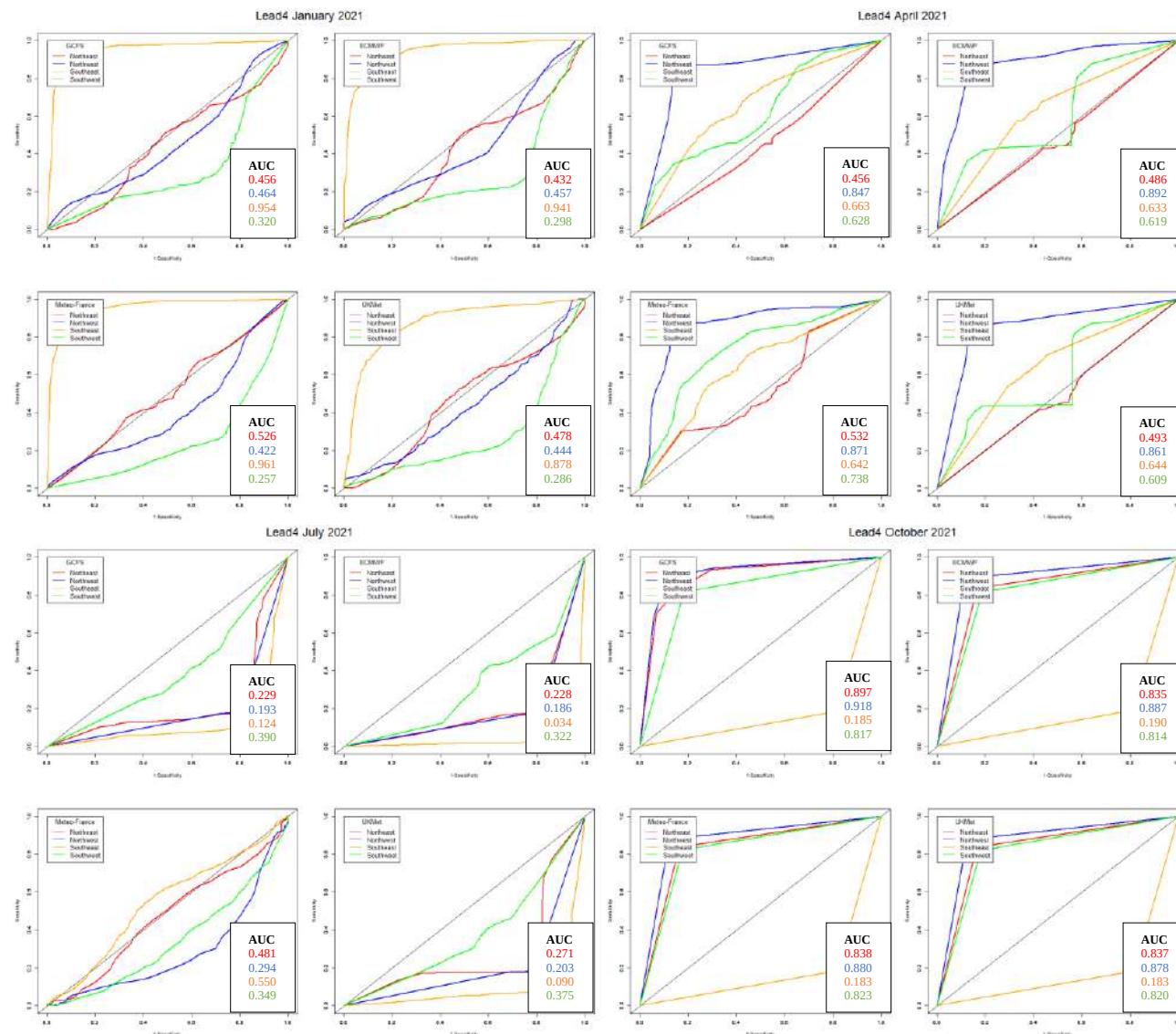
Κατά την φθινοπωρινή περίοδο του 2019 (Σχήμα 4.1), τα συστήματα πρόγνωσης παρουσιάζουν αξιόπιστη εκτίμηση στα νοτιότερα τμήματα της περιοχής μελέτης, ενώ εξαιρετική ικανότητα πρόγνωσης παρουσιάζουν για την νοτιοανατολική Ευρώπη ($AUC=1.0$). Αντίθετα, δεν χαρακτηρίζονται ικανότερα από την εικασία για τις βόρειες περιοχές μελέτης ($AUC<0.5$). Στον αντίποδα αυτού, το 2020 τα συστήματα πρόγνωσης παρουσιάζονται αξιόπιστα να εκτιμήσουν την μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στα βορειοανατολικά, νοτιοανατολικά και βορειοδυτικά τμήματα της εξεταζόμενης μελέτης, ενώ εξαιρετική ικανότητα πρόγνωσης παρουσιάζουν για την βορειοανατολική Ευρώπη ($AUC=1.0$). Επιπρόσθετα, τον Οκτώβριο 2021, τα συστήματα πρόγνωσης χαρακτηρίζονται αξιόπιστα εκτίμησης για τα βόρεια και τα νοτιοδυτικά τμήματα της Ευρώπης, ενώ αδυνατούν να προσομοιώσουν την μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στη νοτιοανατολική Ευρώπη ($AUC<0.2$).

4.2.2. Βροχόπτωση

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της στατιστικής μεθόδου των ROC καμπυλών για την αξιολόγηση της ικανότητας των συστημάτων πρόγνωσης να προσομοιώσουν την μεταβολή της μηνιαίας βροχόπτωσης ως προς την κλιματική διάμεσο.

Κατά την χειμερινή περίοδο του 2019 (σχήμα 4.4), κανένα σύστημα πρόγνωσης δεν προσομοιώνει ικανοποιητικά τα δυτικά τμήματα της Ευρώπης, ενώ όλα αξιολογούνται ικανά να εκτιμήσουν την νοτιοανατολική Ευρώπη (Météo-France, $AUC=0.720$, UKMet, $AUC=0.697$). Παράλληλα, το GCFS και το Météo-France παρουσιάζουν αξιόπιστη εκτίμηση και για την βορειοανατολική Ευρώπη.

Αντίθετη είναι η εικόνα για τον Απρίλιο 2019 όλα τα συστήματα πρόγνωσης εκτιμούν ικανοποιητικά τα νότιο τμήματα της περιοχής μελέτης, ενώ το ECMWF (lead time 4) χαρακτηρίζεται αξιόπιστο για όλη την εξεταζόμενη περιοχή. Παράλληλα, τα συστήματα πρόγνωσης προσομοιάζουν καλύτερα την νοτιοδυτική Ευρώπη, με όλα τα μοντέλα να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές του AUC.



Σχήμα 4. 3 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Μétéo-France, UKMet) με Lead time 4, για την κλιματική παράμετρο της θερμοκρασίας, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης, το 2021.

Προχωρώντας, τον Ιούλιο 2019 τα GCFS, ECMWF και Météo-France παρουσιάζουν παρόμοια εικόνα, καθώς εκτιμούν αξιόπιστα τις ανατολικές περιοχές μελέτης, αποδίδοντας καλύτερη προσομοίωση της μηνιαίας βροχόπτωσης στην βορειοανατολική Ευρώπη (lead time 4). Επίσης, αδυνατούν να προσομοιώσουν τα δυτικότερα τμήματα μελέτης. Εξαίρεση αποτελούν τα ECMWF και Météo-France (lead time 6) όσον αφορά την νοτιοδυτική Ευρώπη (σχήμα Π.94). Αντίθετα, το UKMet δεν εκτιμά ικανοποιητικά την βορειοδυτική Ευρώπη, ενώ προσομοιώνει καλύτερα το νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης με $AUC=0.819$.

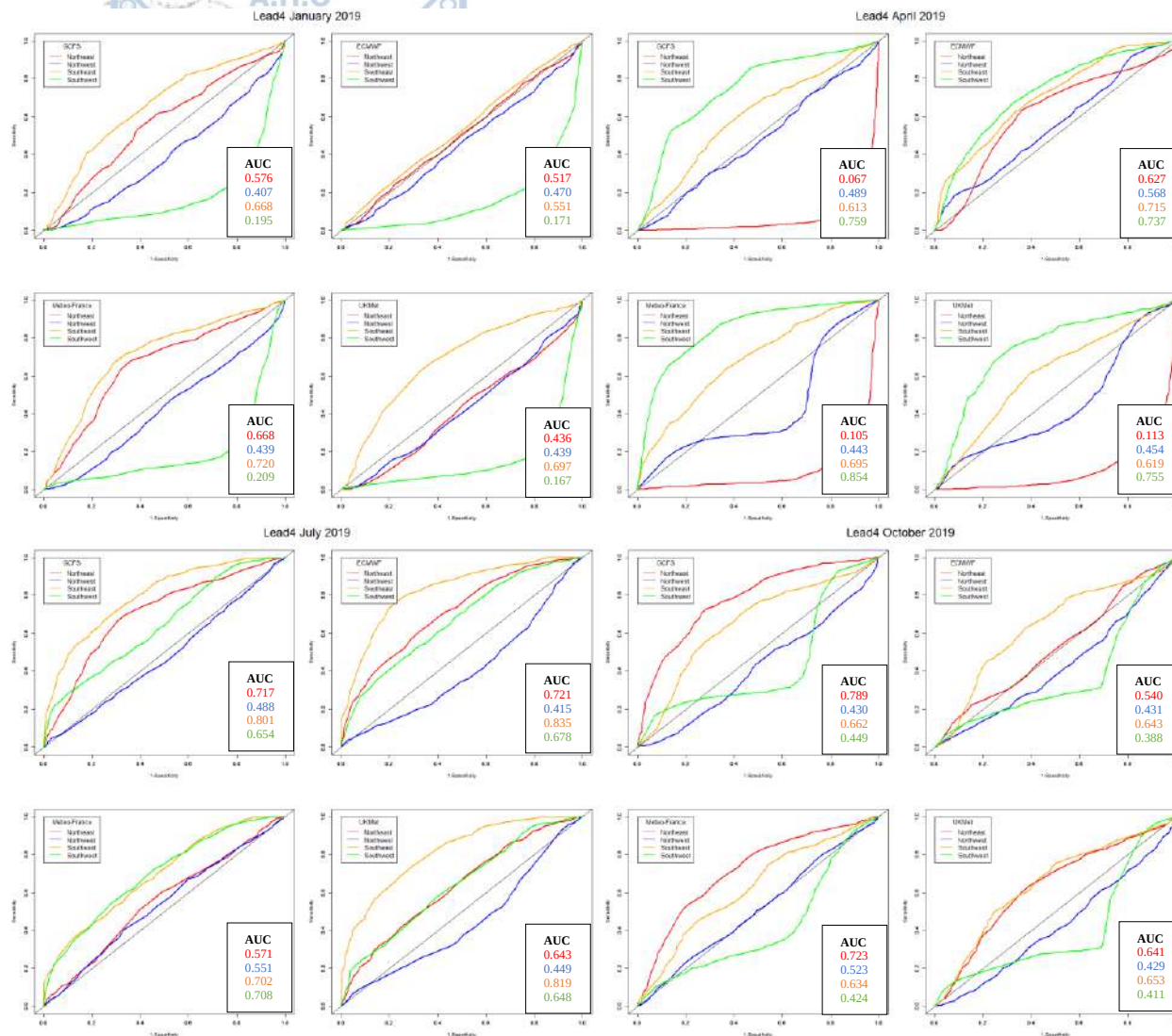
Έπειτα, για τον Οκτώβριο 2019 όλα τα συστήματα πρόγνωσης παρουσιάζουν αξιοπιστία ως προς την εκτίμηση της μεταβολής της μηνιαίας βροχόπτωσης στις ανατολικότερες περιοχές της Ευρώπης, ενώ αδυνατούν να προσομοιώσουν τις δυτικότερες. Αξιοσημείωτη είναι η διαφορά στην ικανότητα εκτίμησης, ανάλογα το lead time, που παρουσιάζει το ECMWF στην βορειοανατολική Ευρώπη με $AUC=0.540$.

Κατά την χειμερινή περίοδο του 2020, παρατηρείται ότι τα συστήματα πρόγνωσης εκτιμούν αξιόπιστα την βορειοανατολική Ευρώπη, ενδεικτικά το Météo-France εμφανίζει $AUC=0.755$, ενώ αδυνατούν να προσομοιώσουν την μεταβολή της μηνιαίας βροχόπτωσης στη νοτιοδυτική Ευρώπη (GCFS και ECMWF). Όσον αφορά τις υπόλοιπες υποπεριοχές, παρατηρείται μεταβλητότητα της αξιοπιστίας των συστημάτων, ανάλογα με το lead time (σχήμα 4.5).

Για τον Απρίλιο 2020, όλα τα συστήματα, εκτός του ECMWF, εκτιμούν ικανοποιητικά την βορειοανατολική Ευρώπη, η τιμή του AUC είναι από 0.58 έως 0.65. Αντίθετα, κανένα σύστημα πρόγνωσης δεν παρουσιάζει αξιόπιστη εκτίμηση της μεταβολής της μηνιαίας βροχόπτωσης στις υπόλοιπες περιοχές μελέτης.

Για την θερινή περίοδο του 2020, όλα τα συστήματα παρουσιάζουν παρόμοια εικόνα, καθώς χαρακτηρίζονται ικανά να προσομοιώσουν την μεταβολή της κλιματικής παραμέτρου στη νοτιοανατολική Ευρώπη. Αντίθετα, αδυνατούν να προσεγγίσουν την παραπάνω μεταβολή στις υπόλοιπες περιοχές της Ευρώπης. Ωστόσο, το UKmet (lead time 6) παρουσιάζει οριακή αξιόπιστη εκτίμηση για την νοτιοδυτική Ευρώπη (σχήμα Π.95).

Στη συνέχεια, τον Οκτώβριο 2020, τα ανατολικότερα τμήματα της Ευρώπης



Σχήμα 4. 4 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Μétéo-France, UKMet) με Lead time 4, για τη βροχόπτωση, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης, το 2019.

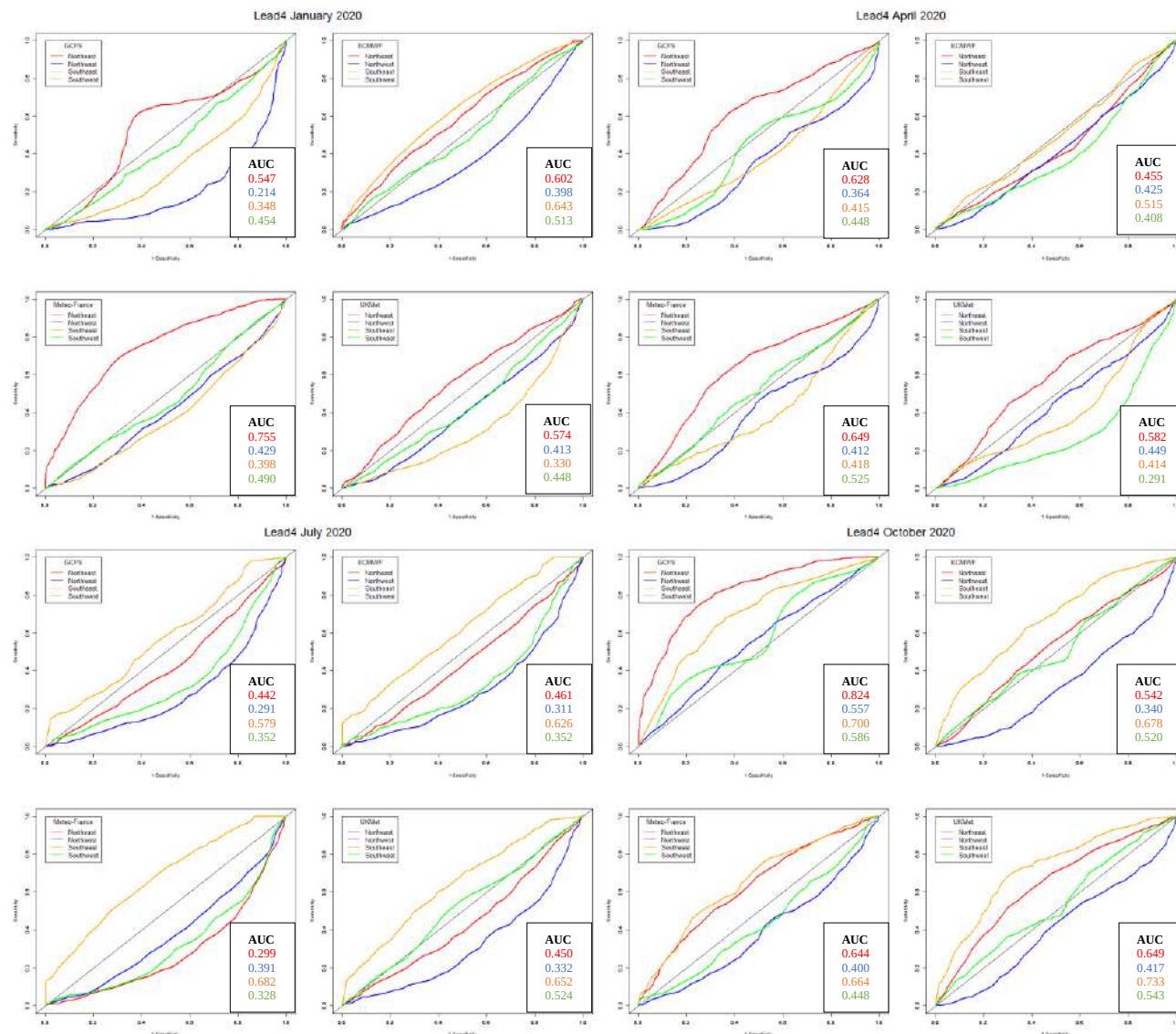
προσομοιάζονται ικανοποιητικά από τα συστήματα πρόγνωσης, σε αντίθεση με τα δυτικότερα, όπου είναι μικρή η ικανότητα εκτίμησης της μεταβολής της κλιματικής παραμέτρου. Το GCFS παρουσιάζεται πιο αξιόπιστο στην βορειοανατολική Ευρώπη ($AUC=0.824$), ενώ τα υπόλοιπα συστήματα πρόγνωσης στην νοτιοανατολική Ευρώπη.

Για την χειμερινή περίοδο του 2021, η εικόνα είναι πολύπλοκη. Το GCFS και το Météo-France παρουσιάζουν ισχυρή ικανότητα προσομοίωσης της μεταβολής της μηνιαίας βροχόπτωσης σε όλη την περιοχή μελέτης, ενώ παρατηρείται καλύτερη προσέγγιση αυτής στη νοτιοανατολική Ευρώπη (GCFS, $AUC=0.829$, Météo-France, $AUC=0.756$). Παράλληλα, το UKmet και το ECMWF, ανάλογα το lead time (σχήμα 4.6 & Π.97-98), παρουσιάζουν διαφορετική ικανότητα εκτίμησης. Ωστόσο, το UKmet, για κάθε lead time, προσομοιώνει ικανοποιητικά τη βορειοανατολική και την νοτιοδυτική Ευρώπη. Αντίστοιχα, το ECMWF παρουσιάζει σημαντική ικανότητα πρόγνωσης για την βορειοδυτική Ευρώπη ($AUC=0.693$).

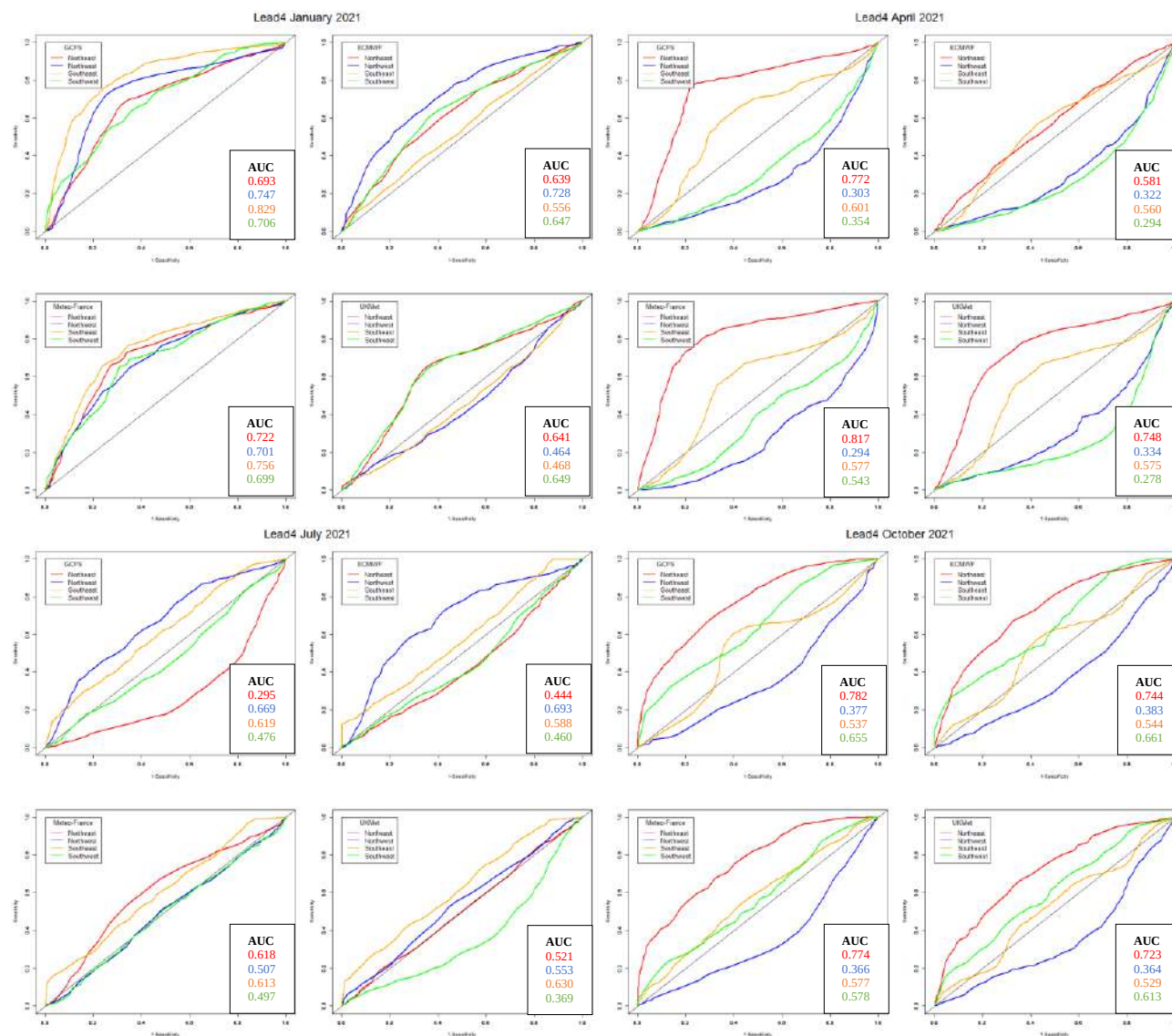
Αντίθετα, για τον Απρίλιο 2021, η εικόνα είναι ξεκάθαρη. Τα συστήματα πρόγνωσης παρουσιάζουν ικανοποιητική εκτίμηση της μεταβολής της μηνιαίας βροχόπτωσης στην Ανατολική Ευρώπη, με ισχυρότερη ικανότητα πρόγνωσης στο βορειοανατολικό τμήμα της. Το Météo-France εμφανίζει τη μεγαλύτερη τιμή $AUC=0.817$ για την Βορειοανατολική Ευρώπη. Επιπλέον, παρατηρείται αδυναμία προσομοίωσης της μεταβολής της μηνιαίας βροχόπτωσης στα δυτικότερα τμήματα της περιοχής μελέτης.

Για τον Ιούλιο 2021, τα συστήματα πρόγνωσης παρουσιάζουν διαφορετική ικανότητα εκτίμησης της μεταβολής της μηνιαίας βροχόπτωσης στις εξεταζόμενες περιοχές της Ευρώπης, ανάλογα το lead time της προσομοίωσης. Ωστόσο, παρατηρείται για όλα τα προγνωστικά συστήματα από μικρή έως ισχυρή αξιοπιστία για την βορειοδυτική και την νοτιοανατολική περιοχή, ενώ αδυναμία εκτίμησης παρουσιάζουν για την νοτιοδυτική Ευρώπη.

Τέλος, για τον Οκτώβριο 2021, για την βορειοανατολική και την νοτιοανατολική Ευρώπη, παρατηρείται αξιόπιστη προσομοίωση της μεταβολής μηνιαίας βροχόπτωσης από όλα τα συστήματα πρόγνωσης, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες περιοχές, όπου η εκτίμηση χαρακτηρίζεται ως αμφιβόλου αξιοπιστίας. Η νοτιοδυτική Ευρώπη είναι η περιοχή για την οποία όλα τα εποχικά μοντέλα εμφανίζουν τιμές AUC μικρότερες από 0.5.



Σχήμα 4. 5 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Μétéo-France, UKMet) με Lead time 4, για τη βροχόπτωση, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης, το 2020.



Σχήμα 4. 6 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Météo-France, UKMet) με Lead time 4, για τη βροχόπτωση, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης, το 2021.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αξιολόγηση τεσσάρων συστημάτων εποχιακής πρόγνωσης πραγματοποιήθηκε στη παρούσα διατριβή. Τα δεδομένα των εποχιακών μοντέλων συγκρίθηκαν με τις πραγματικές τιμές, όπως αυτές αποδίδονται από τα δεδομένα reanalysis ERA5, για τις κλιματικές παραμέτρους της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας και της μηνιαίας βροχόπτωσης, στην Ευρώπη. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων εξάγονται κάποια γενικά και κάποια ειδικά συμπεράσματα.

Γενικά Συμπεράσματα

- Οι διαφορές των προσομοιώσεων ενός συγκεκριμένου μήνα με διαφορετικά Lead time είναι μικρές, συνεπώς η διαφοροποίηση του lead time στις προσομοιώσεις δεν παρουσιάζει κάποιον καταλυτικό ρόλο. Σύμφωνα με τους Barnston et al. (1994) οι μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις παρατηρούνται σε Lead time μεγαλύτερα από 10μήνες, ενώ οι τιμές των κλιματικών παραμέτρων για μικρά lead times παρουσιάζουν παρόμοια συσχέτιση.
- Σε πολλές προσομοιώσεις οι μεγαλύτερες διαφορές των τιμών θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, μεταξύ των συστημάτων πρόγνωσης και των δεδομένων ERA5, καταγράφονται σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο (οροσειρές Άλπεων, Καυκάσου), αλλά και σε περιοχές με συχνές εναλλαγές ξηράς – θάλασσας (Μεσόγειος). Ενδέχεται αυτές οι διαφορές να οφείλονται στην χαμηλή χωρική ανάλυση των συστημάτων πρόγνωσης, καθώς αδυνατούν να προσομοιώσουν ικανοποιητικά την τοπογραφία της περιοχής. Συνεπώς, υψηλότερη χωρική ανάλυση πιθανότατα να οδηγούσε σε καλύτερη αναπαράσταση της τοπογραφίας (Weisheimer και Palmer, 2014). Επίσης μπορεί να οφείλονται και σε αδυναμίες που παρουσιάζουν τα ERA5 στην αναπαράσταση των

θερμοκρασιών σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη και περιοχές με έντονες εναλλαγές ξηράς – θάλασσας, όπως είναι τα Βαλκάνια (Velikou et al., 2022).

- Η πλειονότητα των διαφορών των τιμών των προσομοιώσεων και των πραγματικών καταγραφών, για την θερμοκρασία και για την βροχόπτωση, χαρακτηρίζονται στατιστικά σημαντικές. Όλα τα συστήματα πρόγνωσης παρουσιάζουν ένα διακριτό σήμα υποεκτίμησης του ετήσιου θερμοκρασιακού εύρους στην Ευρώπη, καθώς προσομοιάζεται θερμότερος ο χειμώνας και ψυχρότερο το καλοκαίρι.
- Επιπρόσθετα, κατά τη χειμερινή περίοδο του 2020, καταγράφηκε πολύ ισχυρό φαινόμενο στρατοσφαιρικού πολικού στροβιλισμού (Lee et al., 2020, Lawrence et al., 2020) στο βόρειο ημισφαίριο. Εξαιτίας του φαινομένου, παρατηρήθηκαν εξαιρετικά θερμές συνθήκες στα μέσα γεωγραφικά πλάτη και ακραία υδρομετεωρολογικά φαινόμενα (NOAA, 2020), συσχετισμένα με την μεταβολή των τροχιών των καταιγίδων. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας διατριβής, συμπεραίνεται ότι τα συστήματα πρόγνωσης, μέχρι και τις πιο πρόσφατες προσομοιώσεις, που πραγματεύεται η διατριβή, πριν την εμφάνιση του φαινομένου, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ικανότητα πρόγνωσης της παραμέτρου της βροχόπτωσης, ωστόσο εξακολουθούν οι διαφορές να χαρακτηρίζονται στατιστικά σημαντικές.

Ειδικά Συμπεράσματα

- Στην βορειοανατολική Ευρώπη προσεγγίζεται ικανοποιητικότερα η παράμετρος της βροχόπτωσης από τα συστήματα πρόγνωσης. Παράλληλα, η πολύ υψηλή ικανότητα πρόγνωσης της μεταβολής της θερμοκρασίας, ως προς την κλιματική διάμεσο, το χειμώνα του 2020, πρέπει να αντιμετωπιστεί με επιφύλαξη, λαμβάνοντας υπόψιν την τάση των μοντέλων να υπερεκτιμούν την θερμοκρασία το χειμώνα. Γενικά, καλή προγνωστική ικανότητα καταγράφεται και για τις δύο παραμέτρους κατά την περίοδο του φθινοπώρου.
- Ακόλουθα, στη βορειοδυτική Ευρώπη συνολικά τα μοντέλα παρουσιάζουν αδυναμία πρόγνωσης της εποχιακής μεταβολής των εξεταζόμενων

κλιματικών παραμέτρων. Εξαίρεση αποτελεί, ο χειμώνας και το καλοκαίρι του 2021 για την βροχόπτωση. Αντίστοιχα, ικανοποιητική εκτίμηση παρατηρείται κατά τις μεταβατικές περιόδους της άνοιξης και του φθινοπώρου, για την θερμοκρασία.

- Παράλληλα, η νοτιοδυτική Ευρώπη προσομοιώνεται έντονα ξηρότερη κατά την φθινοπωρινή περίοδο. Η εποχιακή μεταβλητότητα της θερμοκρασίας προσομοιώνεται ικανοποιητικότερα κατά τις μεταβατικές περιόδους της άνοιξης και του φθινοπώρου, ενώ της βροχόπτωσης, καταγράφονται μεμονωμένες εύστοχες προσομοιώσεις, κατά κύριο λόγο τον χειμώνα.
- Επίσης, τα συστήματα πρόγνωσης χαρακτηρίζονται πιο αξιόπιστα ως προς την εκτίμηση της εποχιακής μεταβολής της παραμέτρου της βροχόπτωσης, σε σύγκριση με τη θερμοκρασία. Παράλληλα, η θερμοκρασία προσεγγίζεται ικανοποιητικότερα το χειμώνα και το καλοκαίρι, ενώ η βροχόπτωση το καλοκαίρι και το φθινόπωρο.

Επιπρόσθετα, παρατηρούνται, πλην της εαρινής περιόδου, σε κάποιες προσομοιώσεις διαφορές στατιστικά μη σημαντικές στην περιοχή των Βαλκανίων, ιδιαίτερα για την παράμετρο της βροχόπτωσης. Όσον αφορά την ελληνική περιοχή, συμπεραίνεται ότι, με τη χαμηλή χωρική ανάλυση που λειτουργούν τα συστήματα πρόγνωσης αδυνατούν να αποτυπώσουν τη σύνθετη τοπογραφία. Χαρακτηριστική είναι η υποεκτίμηση της βροχόπτωσης δυτικά της Πίνδου κατά την χειμερινή και την φθινοπωρινή περίοδο. Δεδομένης της δυτικής ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας στην περιοχή της Μεσογείου (Pinardi and Masetti, 2000), ενδέχεται να πρόκειται για αδυναμία προσομοίωσης της προσήνεμης πλευράς της οροσειράς της Πίνδου.

Από την αξιολόγηση των συστημάτων πρόγνωσης προκύπτει ότι παρουσιάζουν παρόμοια ικανότητα πρόγνωσης για τις παραμέτρους της θερμοκρασίας και τη βροχόπτωσης. Ως προς την εποχιακή μεταβολή, παρατηρείται ικανοποιητική πρόγνωση της νοτιοανατολικής περιοχής για τις εξεταζόμενες κλιματικές παραμέτρους

Παρά το γεγονός ότι η εποχιακή πρόγνωση με τη χρήση δυναμικών συστημάτων είναι δύσκολο να αξιολογηθεί και να εντοπιστεί ποιο μοντέλο είναι πιο ευαίσθητο σε ένα μεταβαλλόμενο κλίμα, γίνεται η θεώρηση ότι επιδέχεται βελτιώσεις και παρουσιάζει και

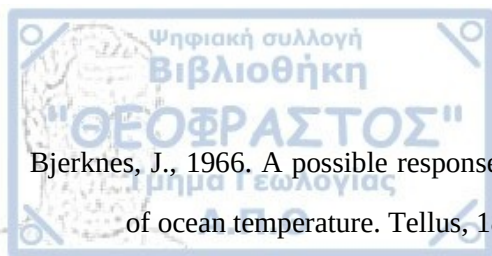


Συμπεράσματα

ιδιαίτερη προοπτική, καθώς αναδεικνύεται σε ένα αρκετά ενδιαφέρον ερευνητικό κλάδο, αλλά και χρήσιμο εργαλείο για την κοινωνία και τις ανθρώπινες δραστηριότητες.



- Athanasiadis, P. J., Bellucci, A., Scaife, A. A., Hermanson, L., Materia, S., Sanna, A., et al., 2017. A multi-system view of wintertime NAO seasonal predictions. *Journal of Climate*, 30, 1461–1475.
- Baehr J., Fröhlich K., Botzet M. et al., 2015. The prediction of surface temperature in the new seasonal prediction system based on the MPI-ESM coupled climate model. *Clim Dyn* 44, 2723–2735. <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2399-7>
- Baker, L. H., Shaffrey, L. C., Sutton, R. T., Weisheimer, A., & Scaife, A. A., 2018. An intercomparison of skill and overconfidence/underconfidence of the wintertime North Atlantic Oscillation in multimodel seasonal forecasts. *Geophysical Research Letters*, 45(15), 7808–7817.
- Barnston, A. G., 1994. Linear short-term climate predictive skill in the northern hemisphere. *J. Climate*, 7:1513–1564.
- Barnston, A. G., Van den Dool, H. M., Zebiak, S. E., Barnett, T. P., Ji, M., Rodenhuis, D. R., ... & Livezey, R. E., 1994. Long-lead seasonal forecasts—where do we stand?. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 75(11), 2097–2114.
- Batté L., Dorel L., Ardilouze C., Guérémy J-F., 2019 Documentation of the METEO-FRANCE seasonal forecasting system 7 C3S_D330_3.1.1_201906_System 7 documentation_v1, 2018/C3S_330_Météo-France/SC1
- Bauer P., A. Thorpe and G. Brunet, 2015: The quiet revolution of numerical weather prediction. *Nature*, 525:47–55.
- Beverley J.D., Woolnough S.J., Baker L.H. et al., 2019. The northern hemisphere circumglobal teleconnection in a seasonal forecast model and its relationship to European summer forecast skill. *Clim Dyn* 52, 3759–3771 <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4371-4>



Bjerknes, J., 1966. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*, 18:820–829.

Bjerknes, J., 1969. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 97:163–172.

Blanford, H.F., 1884. On the connexion of the Himalayan snow with dry winds and seasons of droughts in India. *Proceedings of the Royal Society of London*, 37:3–22.

Blunden, J., D.S. Arndt, and G. Hartfield (eds.), 2018: State of the Climate in 2017. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 99:8, Si–S310, doi:10.1175/2018BAMSSStateoftheClimate.1

Ceglar, A., Toreti, A., Prodhomme, C. et al, 2018. Land-surface initialisation improves seasonal climate prediction skill for maize yield forecast. *Sci Rep* **8**, 1322. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19586-6>

Ceglar, A., Toreti, A., 2021. Seasonal climate forecast can inform the European agricultural sector well in advance of harvesting. *npj Clim Atmos Sci* **4**, 42. <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00198-3>

Coumou, D. and S. Rahmstorf, 2012. A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*, 2:491–496.

De Felice, M., Soares, M. B., Alessandri, A., Troccoli, A., 2019. Scoping the potential usefulness of seasonal climate forecasts for solar power management, *Renewable Energy*, Volume 142, Pages 215-223, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.134>.

Dorel L., Ardilouze C., Déqué M., Batté L., Guérémy J-F., 2017. Documentation of the METEO-FRANCE Pre-Operational seasonal forecasting system SERVICE CONTRACT N° 2015/C3S_433_Lot1- METEO-FRANCE (Deliverable D3.1).

Drosowsky, W. and L.E. Chambers 2001. Near-Global sea surface temperature anomalies as predictors of Australian seasonal rainfall. *J. Climate*, 14:1677–1687

Easterling, D.R. and Co-authors, 2000. Climate Extremes: Observations, modeling and impacts. *Science*, 289:2068-2074

François B., 2016. Influence of winter north-atlantic oscillation on climate-related-energy penetration in Europe. *Renew. Energy*, 99 (2016), pp. 602-613

Goddard, L., S.J. Mason, S.E. Zebiak, C.F. Ropelewski, R. Basher and M.A. Cane, 2001. Current approaches to seasonal to interannual climate predictions. *Int. J. Climato.*, 9:1111–1152.

Hailu Gebrechorkos S. and Sheffield J., 2020. “Evaluation of the European Seasonal forecast Models for hydrological forecasting for improved water management in Africa”, 2020, EGUGA..2218791H

Harrison, M., A. Troccoli, M. Coughlan and J.B. Williams, 2008. Seasonal Forecasts in Decision Making. In: *Seasonal Climate: Forecasting and Managing Risk* (A. Troccoli, M. Harrison, D.L.T. Anderson and S.J. Mason, eds.), Dordrecht, Springer

Hersbach H, Bell B, Berrisford P, et al., 2020. The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.* 2020; 146: 1999– 2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

Huidong J, Ming L., Hopwood G, Hochman Z., Bakar K S., 2022. Improving early-season wheat yield forecasts driven by probabilistic seasonal climate forecasts, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 315, 108832, ISSN 0168-1923, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.108832>.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Ji, M., A. Kumar and A. Leetmaa 1994. A multiseason climate forecast system at the National Meteorological Center. *Bull. Amer. Meteo. Soc.*, 75:569–577.

Johnson, S. J., Stockdale, T. N., Ferranti, L., Balmaseda, M. A., Molteni, F., Magnusson, L., Tietsche, S., Decremet, D., Weisheimer, A., Balsamo, G., Keeley, S. P. E., Mogensen, K., Zuo, H., and Monge-Sanz, B. M., 2019. ECMWF: the new ECMWF seasonal forecast system, *Geosci. Model Dev.*, 12, 1087–1117, <https://doi.org/10.5194/gmd-12-1087-2019>.

Kang, D., Lee, M.-I., Im, J., Kim, D., Kim, H.-M., Kang, H.-S., et al., 2014. Prediction of the Arctic Oscillation in boreal winter by dynamical seasonal forecasting systems. *Geophysical Research Letters*, 41, 3577–3585.

Kim, Y., Ratnam, J.V., Doi, T. et al., 2019. Malaria predictions based on seasonal climate forecasts in South Africa: A time series distributed lag nonlinear model. *Sci Rep* **9**, 17882.

<https://doi.org/10.1038/s41598-019-53838-3>

Lawrence, Z. D., Perlwitz, J., Butler, A. H., Manney, G. L., Newman, P. A., Lee, S. H., & Nash, E. R., 2020. The remarkably strong Arctic stratospheric polar vortex of winter 2020: Links to record-breaking Arctic Oscillation and ozone loss. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125, e2020JD033271. <https://doi.org/10.1029/2020JD033271>

Lee, D.Y., Doblas-Reyes F.J., Torralba V. et al., 2019. Multi-model seasonal forecasts for the wind energy sector. *Clim Dyn* 53, 2715–2729. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04654-y>

Lee, S. H., Lawrence, Z. D., Butler, A. H., & Karpechko, A. Y., 2020. Seasonal forecasts of the exceptional Northern Hemisphere winter of 2020. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL090328. <https://doi.org/10.1029/2020GL090328>

Lledó, L, Torralba, V., Soret, A., Ramon, J., Doblas-Reyes, F.J., 2019. Seasonal forecasts of wind power generation, *Renewable Energy*, Volume 143, 0ages 91-100,ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.135>.

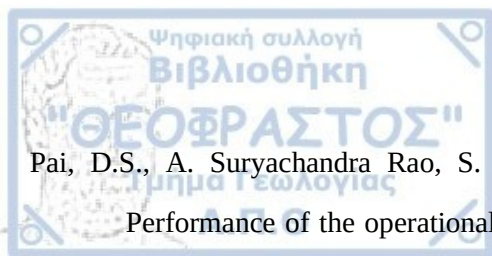
Lusted, L. B., 1971. Signal Detectability and Medical Decision-Making: Signal detectability studies help radiologists evaluate equipment systems and performance of assistants. *Science*, 171(3977), 1217-1219.

MacLachlan, C., Arribas, A., Peterson, K.A., Maidens, A., Fereday, D., Scaife, A.A., Gordon, M., Vellinga, M., Williams, A., Comer, R.E., Camp, J., Xavier, P., Madec, G. 2015. Global Seasonal forecast system version 5 (UKMet5): a high-resolution seasonal forecast system. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 141: 1072-1084. <https://doi.org/10.1002/qj.2396>

Meehl, G.A. and C. Tebaldi, 2004. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in 21st century. *Science*, 305:994–997

Metz, C. E., 1978. Basic principles of ROC analysis. In *Seminars in nuclear medicine* (Vol. 8, No. 4, pp. 283-298). WB Saunders.

NOAA, 2020. National Centers for Environmental Information State of the Climate: Global Climate Report for February 2020.



Pai, D.S., A. Suryachandra Rao, S. Senroy, M. Pradhan, P. A. Pillai, and M. Rajeevan, 2017.

Performance of the operational and experimental long-range forecasts for the 2015 southwest monsoon rainfall, *Current Science*, 112:68–75.

Peterson, W. W. T. G., Birdsall, T., & Fox, W., 1954. The theory of signal detectability. *Transactions of the IRE professional group on information theory*, 4(4), 171-212.

Porras I., Solé, J. M., Marcos, R., Arasa, R., 2021. Meteorological and Climate Modelling Services Tailored to Viticulturists. *Atmospheric and Climate Sciences*. 11. 148-164. 10.4236/acs.2021.111010.

Pozo-Vázquez, D., 2004. NAO and solar radiation variability in the European North Atlantic region, *Geophys. Res. Lett.*, 31, pp. 1-4

Rajeevan M., D. S. Pai, R. Anil Kumar, and B. Lal, 2007, New statistical models for long-range forecasting of southwest monsoon rainfall over India, *Climate Dynamics*, 28:813–828.

Rasmusson, E. M. and T. H. Carpenter, 1983. The relationship between eastern equatorial Pacific sea surface temperatures and rainfall over India and Sri Lanka. *Mon. Wea. Rev.*, 111:517–528

Ropelewski, C. F. and M. Halpert, 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Nino/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 110:1606–1626.

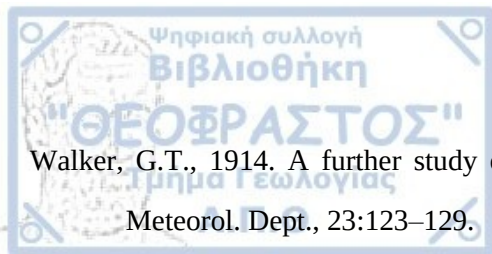
Scaife, A. A., Arribas, A., Blockley, E., Brookshaw, A., Clark, R. T., Dunstone, N., ... & Williams, A., 2014. Skillful long-range prediction of European and North American winters. *Geophysical Research Letters*, 41(7), 2514-2519.

Stockdale, T.N., D.L.T. Anderson, J.O.S. Alves, and M.A. Balmaseda, 1998. Global seasonal rainfall forecasts using a coupled ocean-atmosphere model. *Nature*, 392:371–373

Velikou, K., Lazoglou, G., Tolika, K., Anagnostopoulou, C., 2022. Reliability of the ERA5 in Replicating Mean and Extreme Temperatures across Europe. *Water*.14(4):543. <https://doi.org/10.3390/w14040543>

Walker, G.T., 1908. Correlation in seasonal variation of climate (Introduction). *Mem. India Meteorol. Dept.*, 20:117–124

Walker, G.T., 1910. Correlation in seasonal variations of weather, II, *Mem. India Meteorol. Dept.*, 21:22–30.



Walker, G.T., 1914. A further study of relationships with Indian monsoon rainfall, II, Mem. India Meteorol. Dept., 23:123–129.

Walker, G.T., 1923. Correlation in seasonal variations of weather, VIII, A preliminary study of world weather, Mem. India Meteorol. Dept., 24:75–131.

Weisheimer, A., Palmer, T.N., 2014. On the reliability of seasonal climate forecasts. J. R. Soc. Interface. 112013116220131162 <https://doi.org/10.1098/rsif.2013.1162>

Weisheimer, A., Doblas-Reyes, FJ, Jung, T, Palmer, TN, 2011a. On the predictability of the extreme summer 2003 over Europe. Geophys. Res. Lett. **38**, L05704. ([doi:10.1029/2010GL046455](https://doi.org/10.1029/2010GL046455)).

World Meteorological Organisation, 1992. Standardized Verification System (SVS) For Long-Range Forecasts (LRF), Attachment II.8

World Meteorological Organisation, 2020. Guidance on Operational Practices for Objective Seasonal Forecasting (WMO – No. 1246). Geneva

Zebiak, S.E. and M.A. Cane, 1987. A model El Nino=Southern Oscillation. Mon. Wea. Rev., 115:2262–2278.

Διαδικτυακές Πηγές

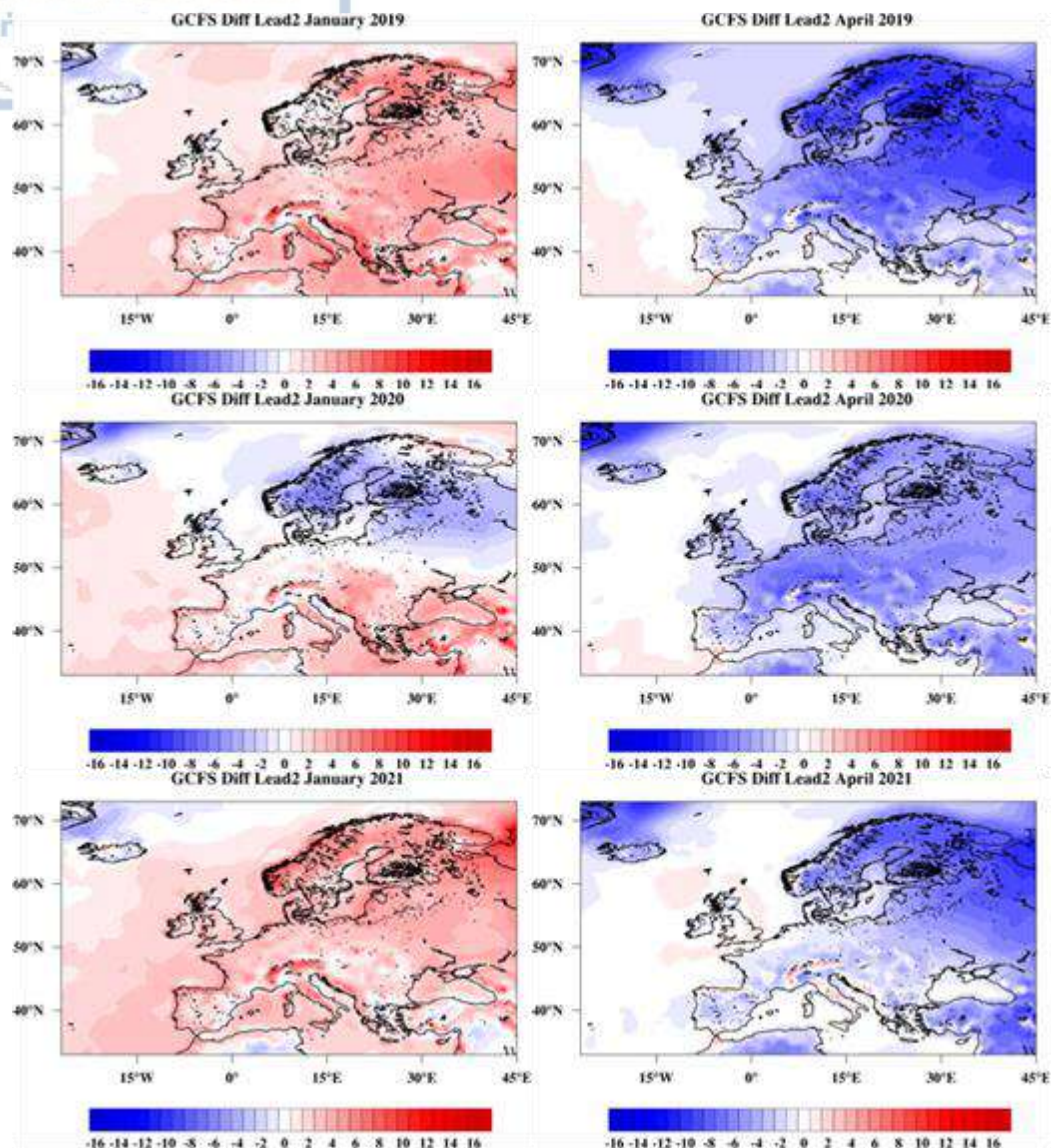
[Description of HadGEM3-GC3.2-v20200929 C3S contribution - Copernicus Knowledge Base - ECMWF Confluence Wiki](#) ανακτήθηκε στις 6-12-2021

[Seasonal forecasts and the Copernicus Climate Change Service - Copernicus Knowledge Base - ECMWF Confluence Wiki](#) ανακτήθηκε στις 6-12-2021

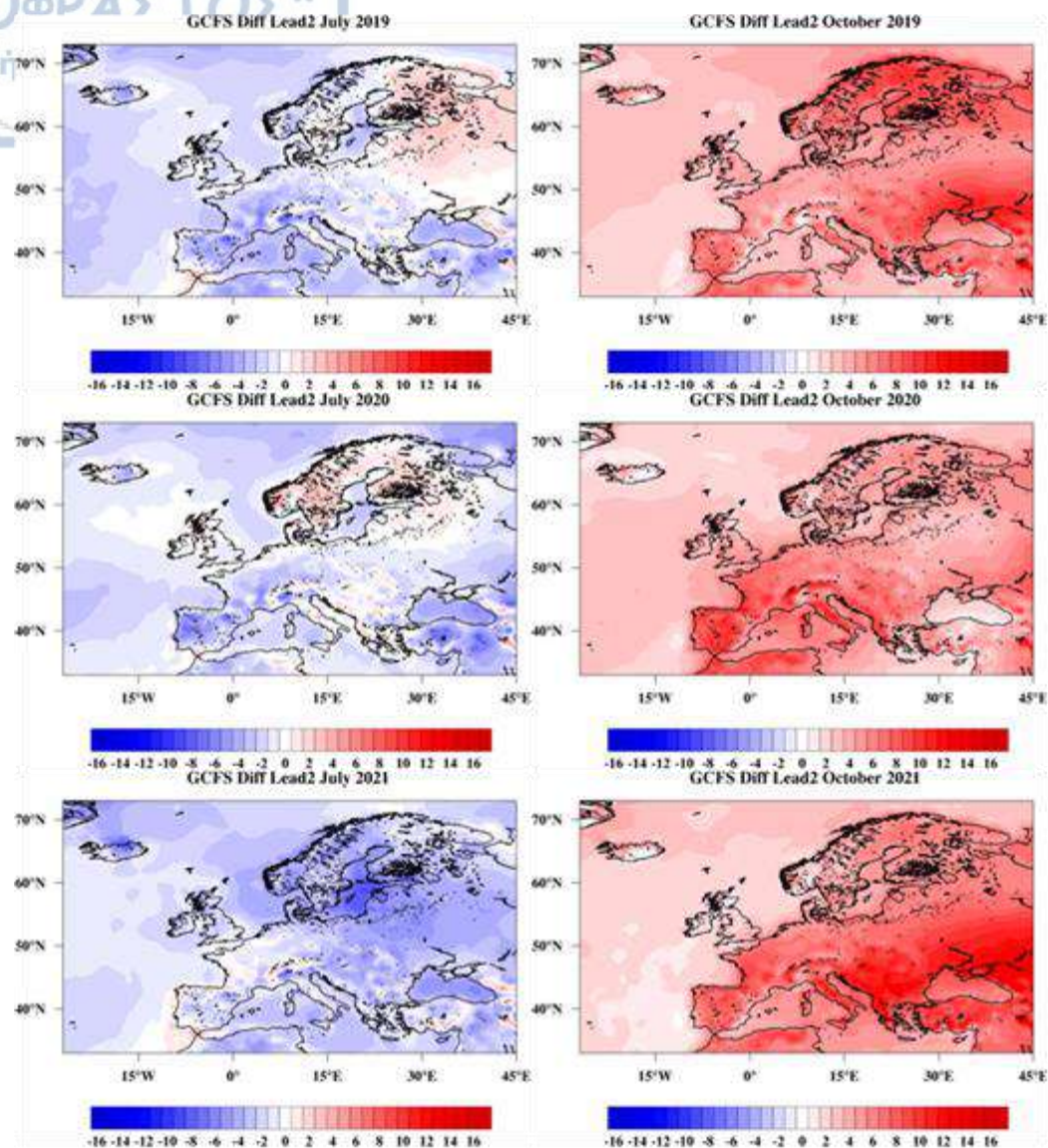




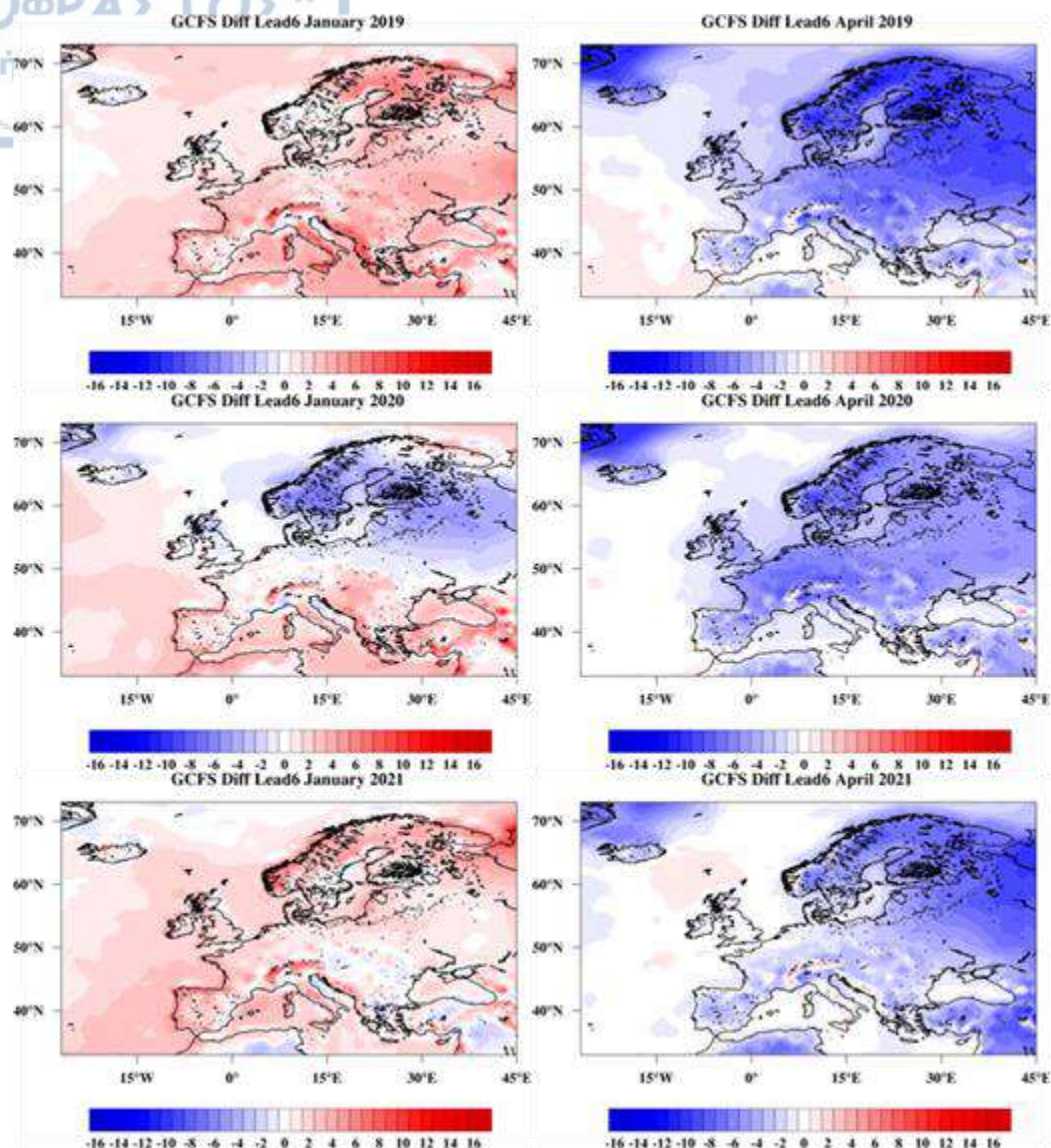
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



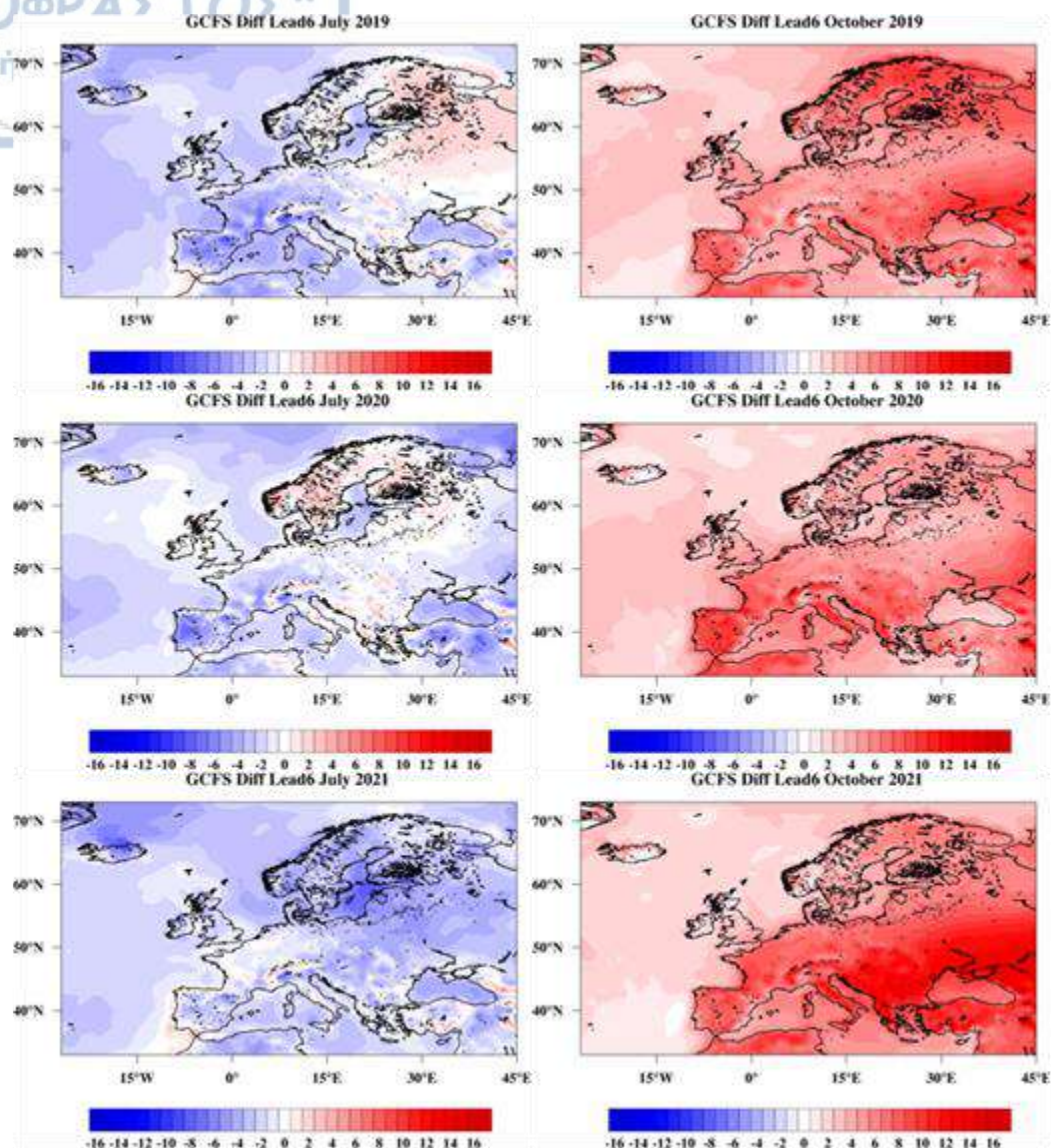
Σχήμα Π. 1 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCFS με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



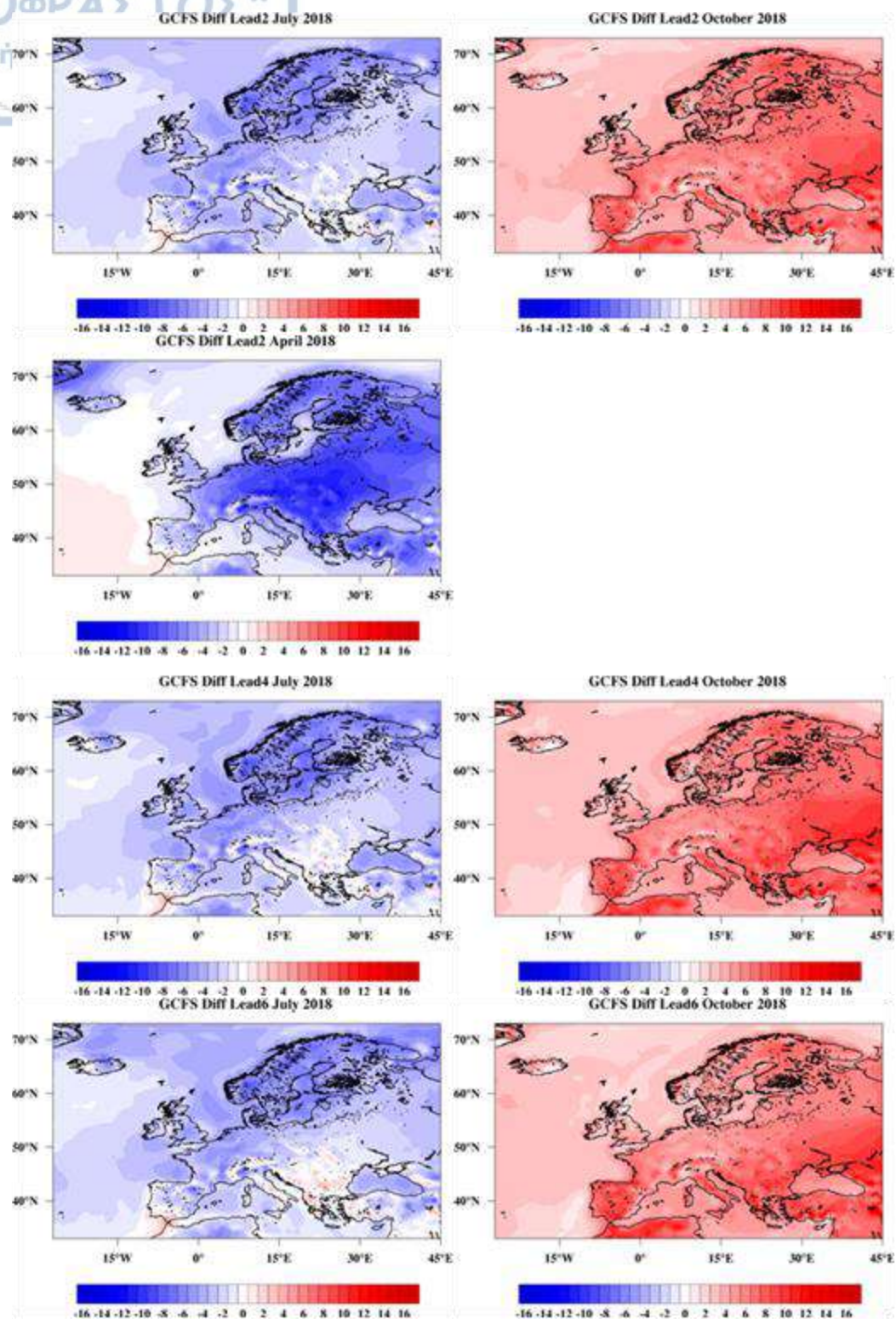
Σχήμα Π. 2 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCFS με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιαούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



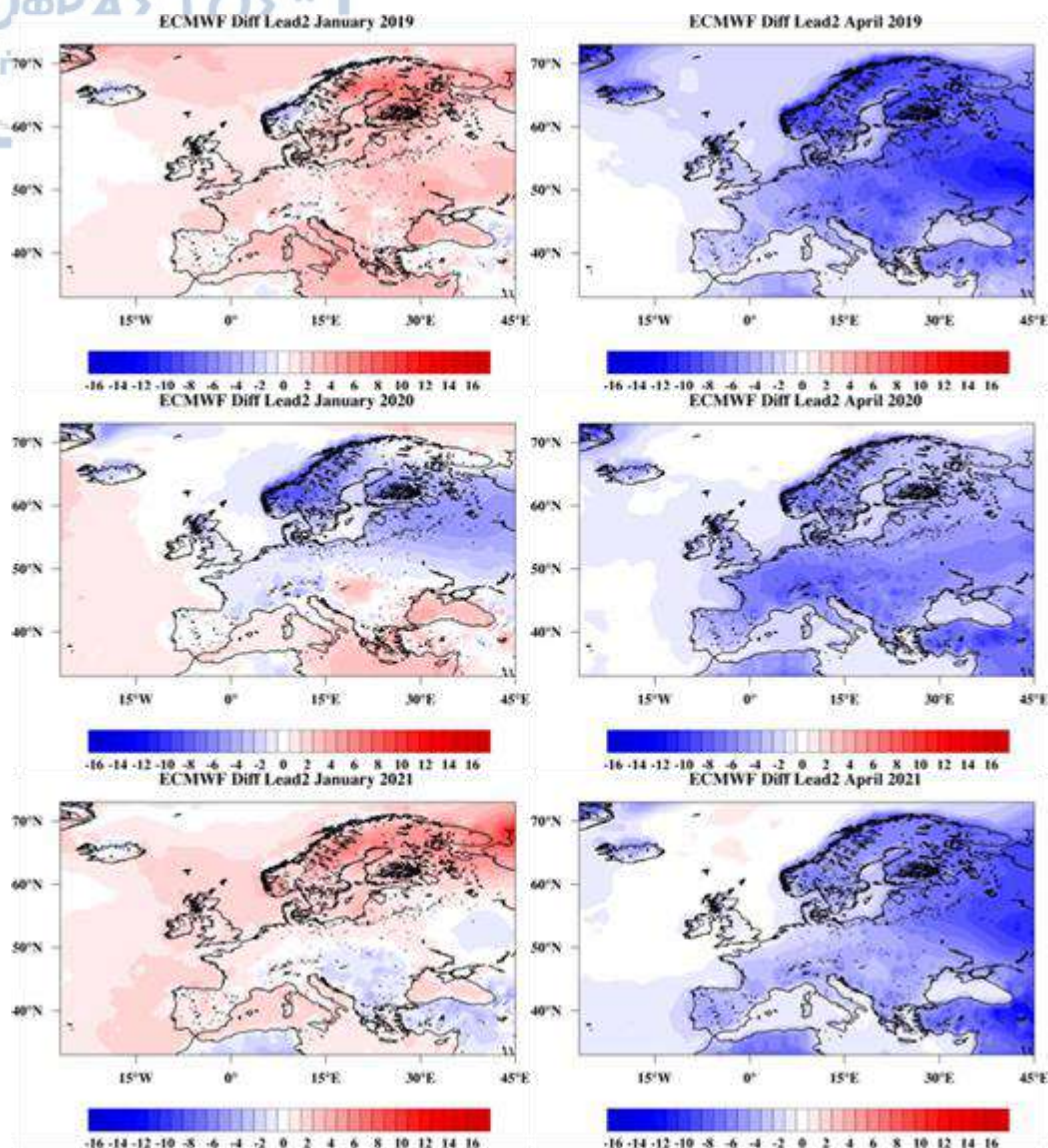
Σχήμα Π. 3 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCFS με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



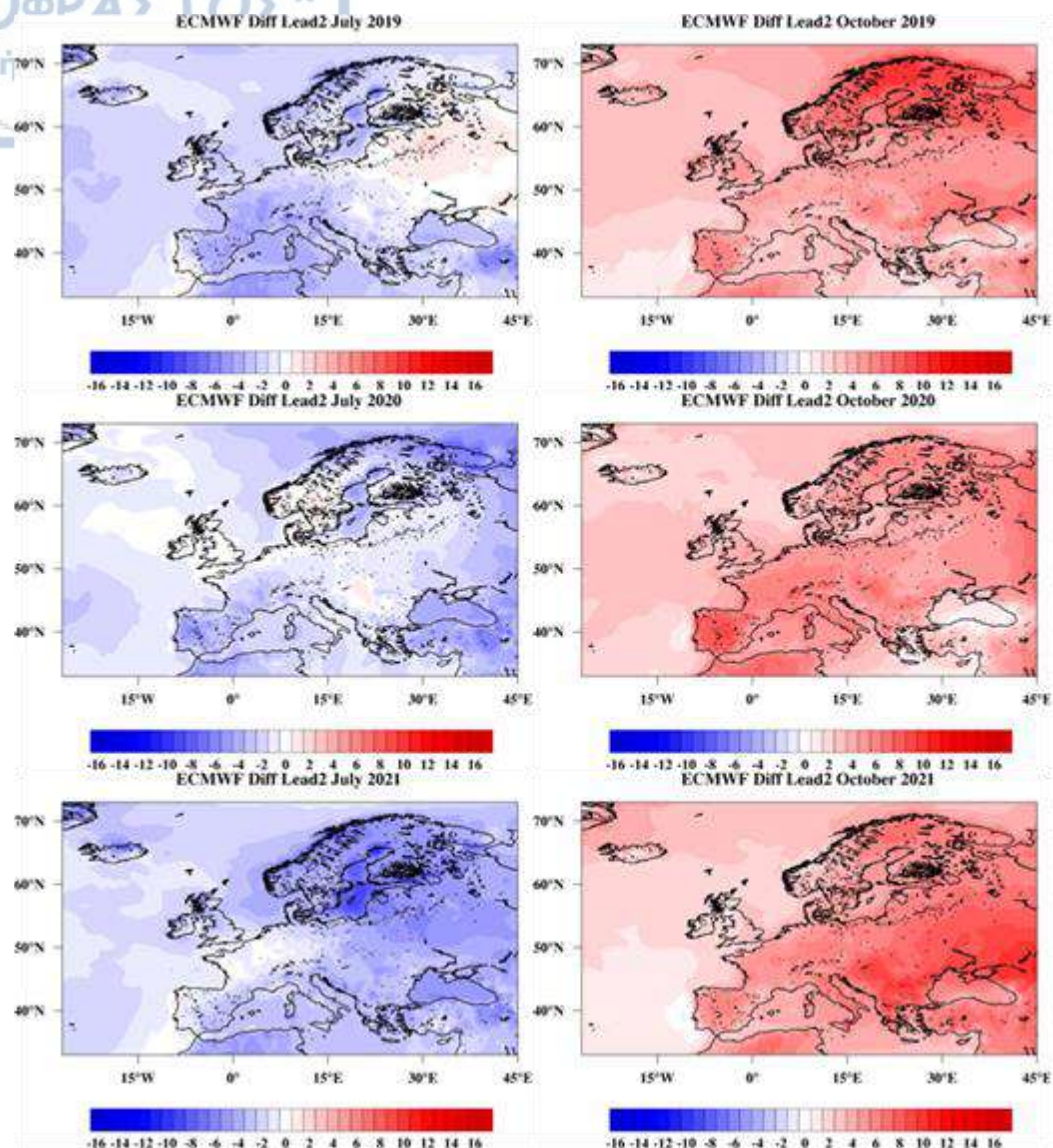
Σχήμα Π. 4 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCFS με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



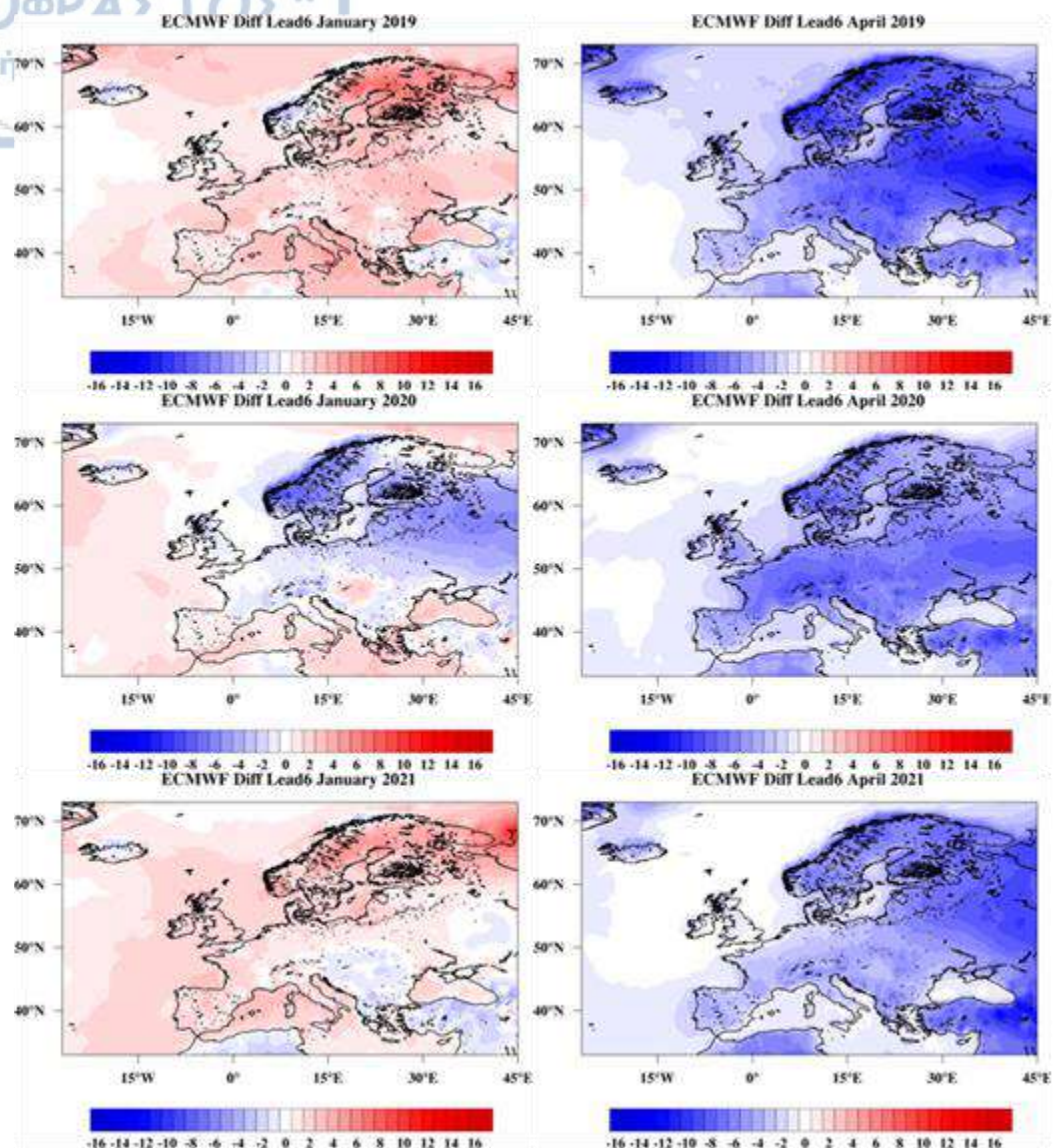
Σχήμα Π. 5 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCFS με Lead time 2, 4, 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



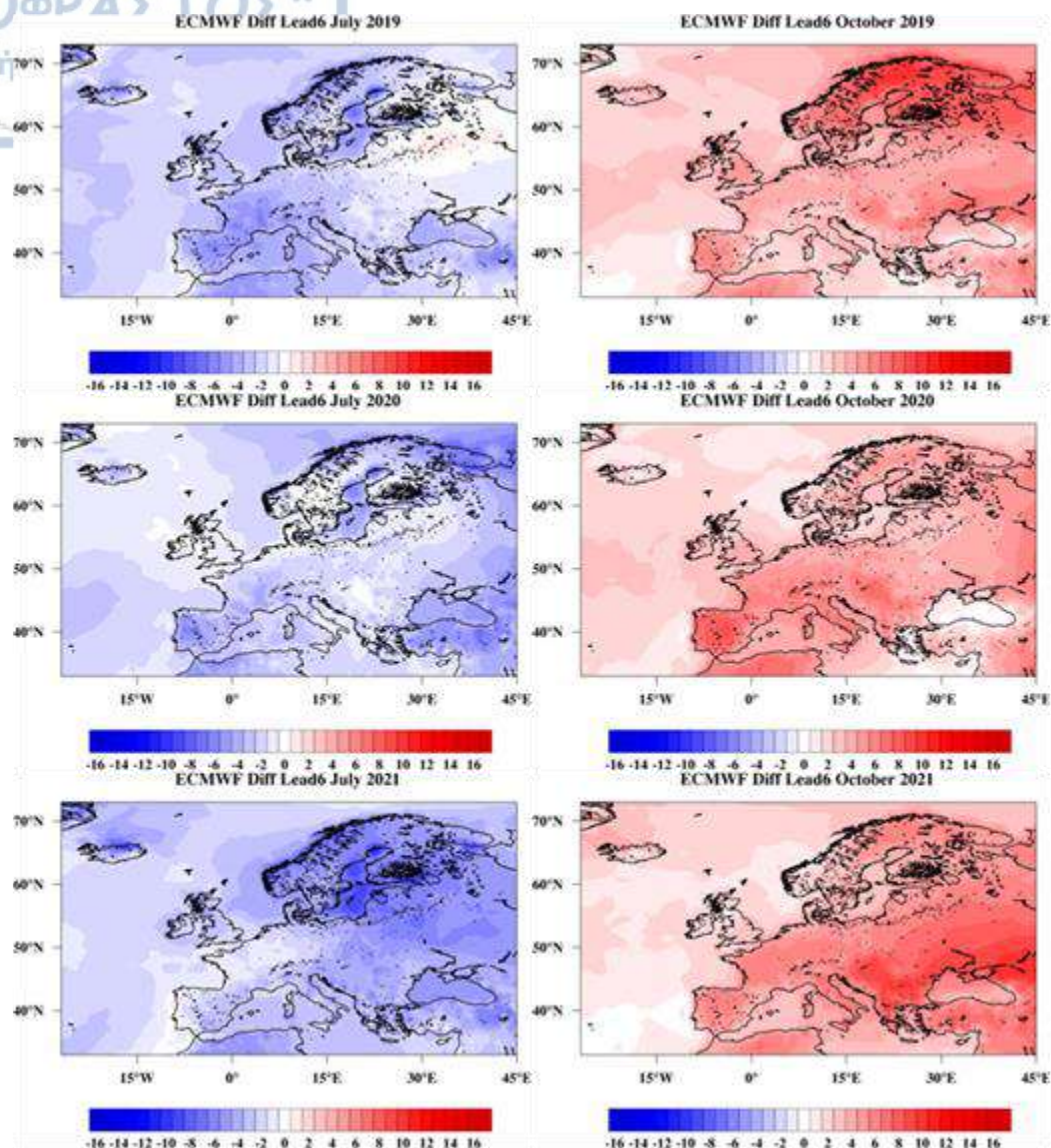
Σχήμα Π. 6 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



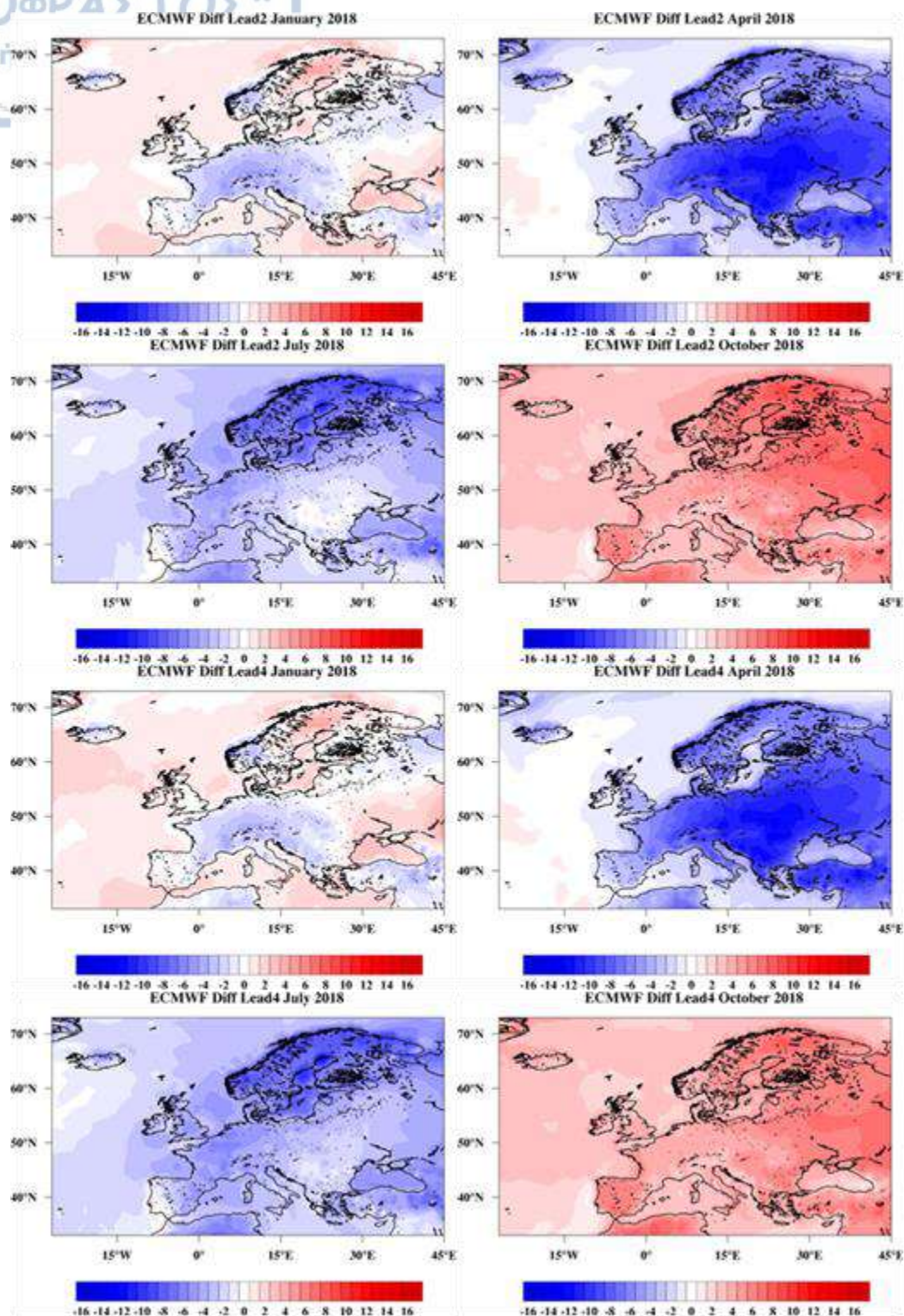
Σχήμα Π. 7 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



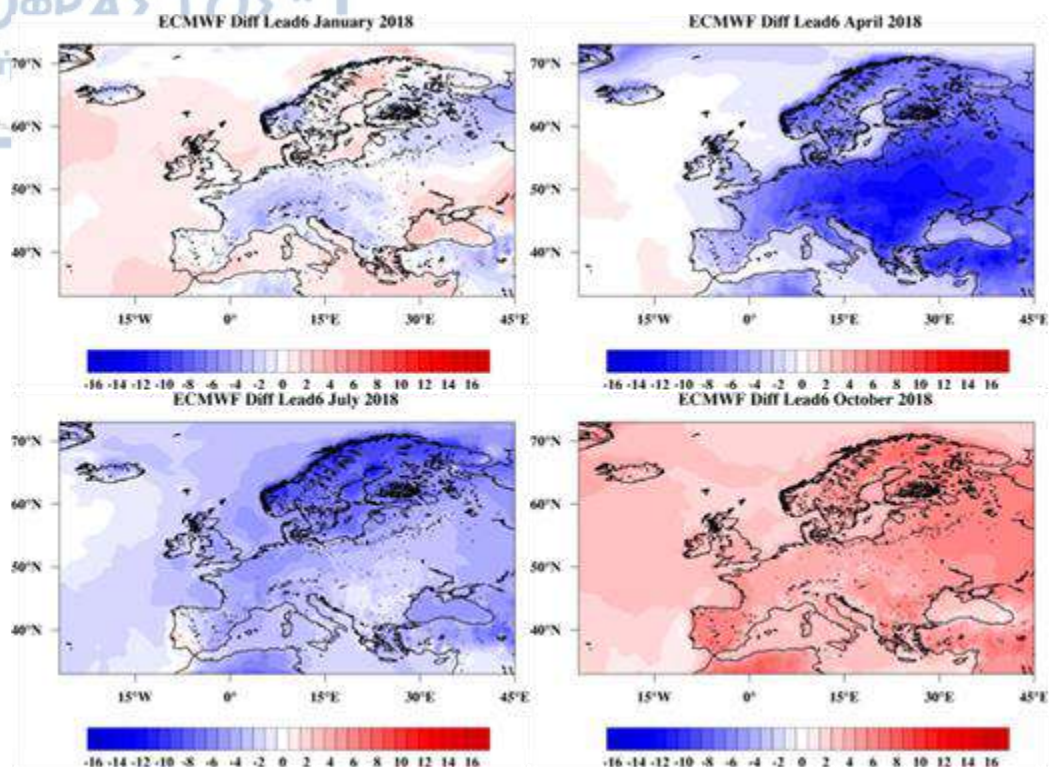
Σχήμα Π. 8 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



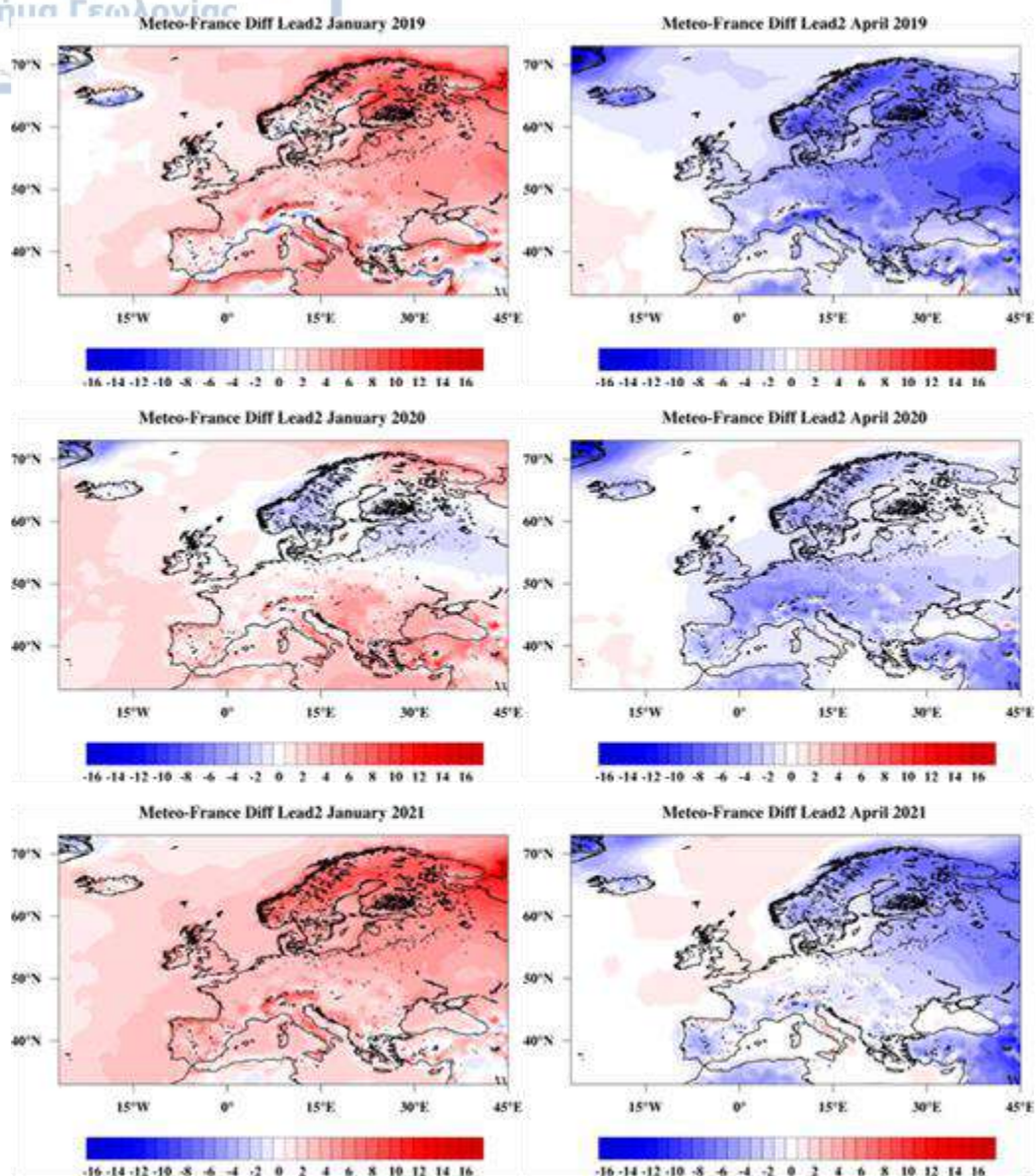
Σχήμα Π. 9 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



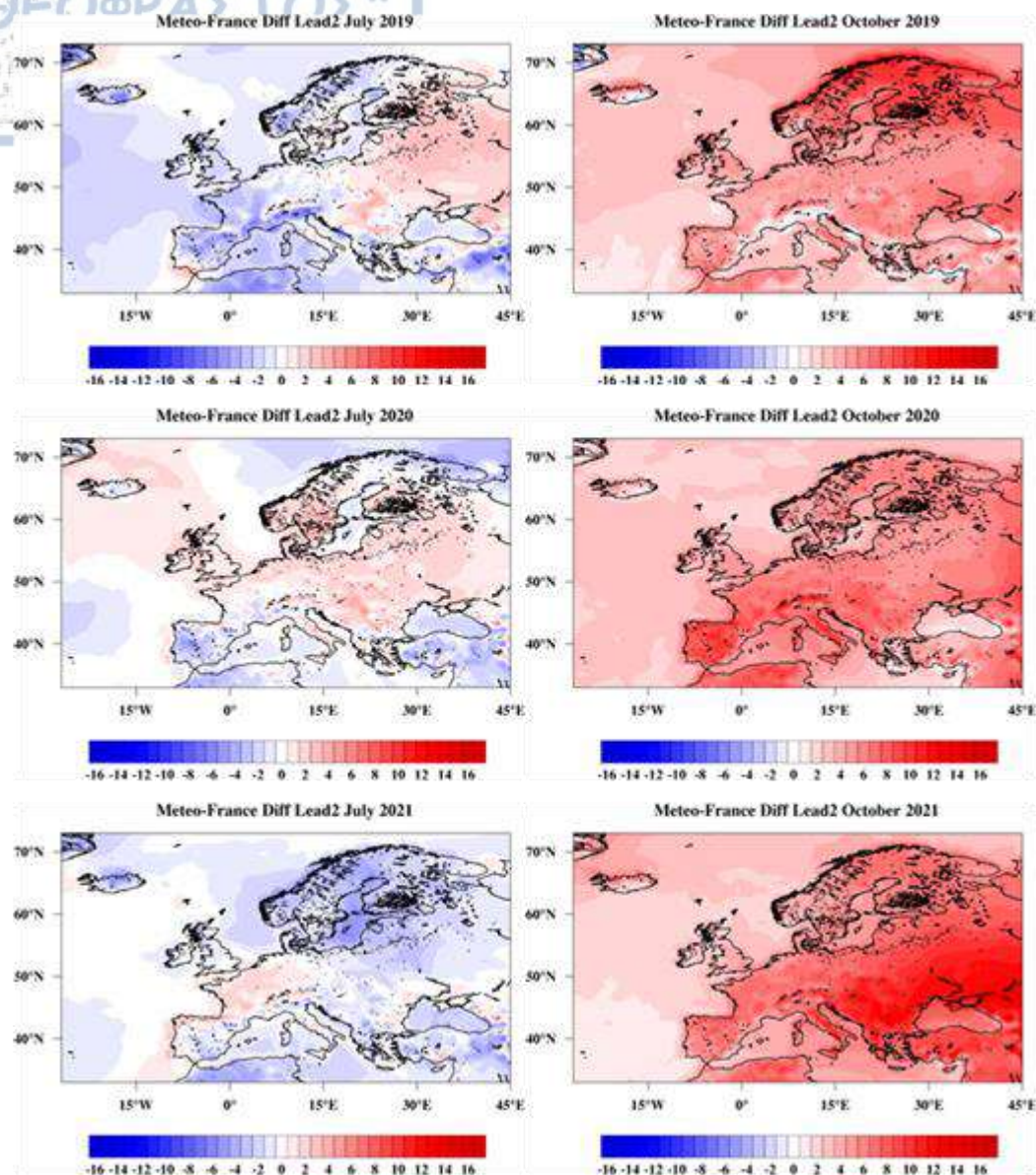
Σχήμα Π. 10 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF με Lead time 2, 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



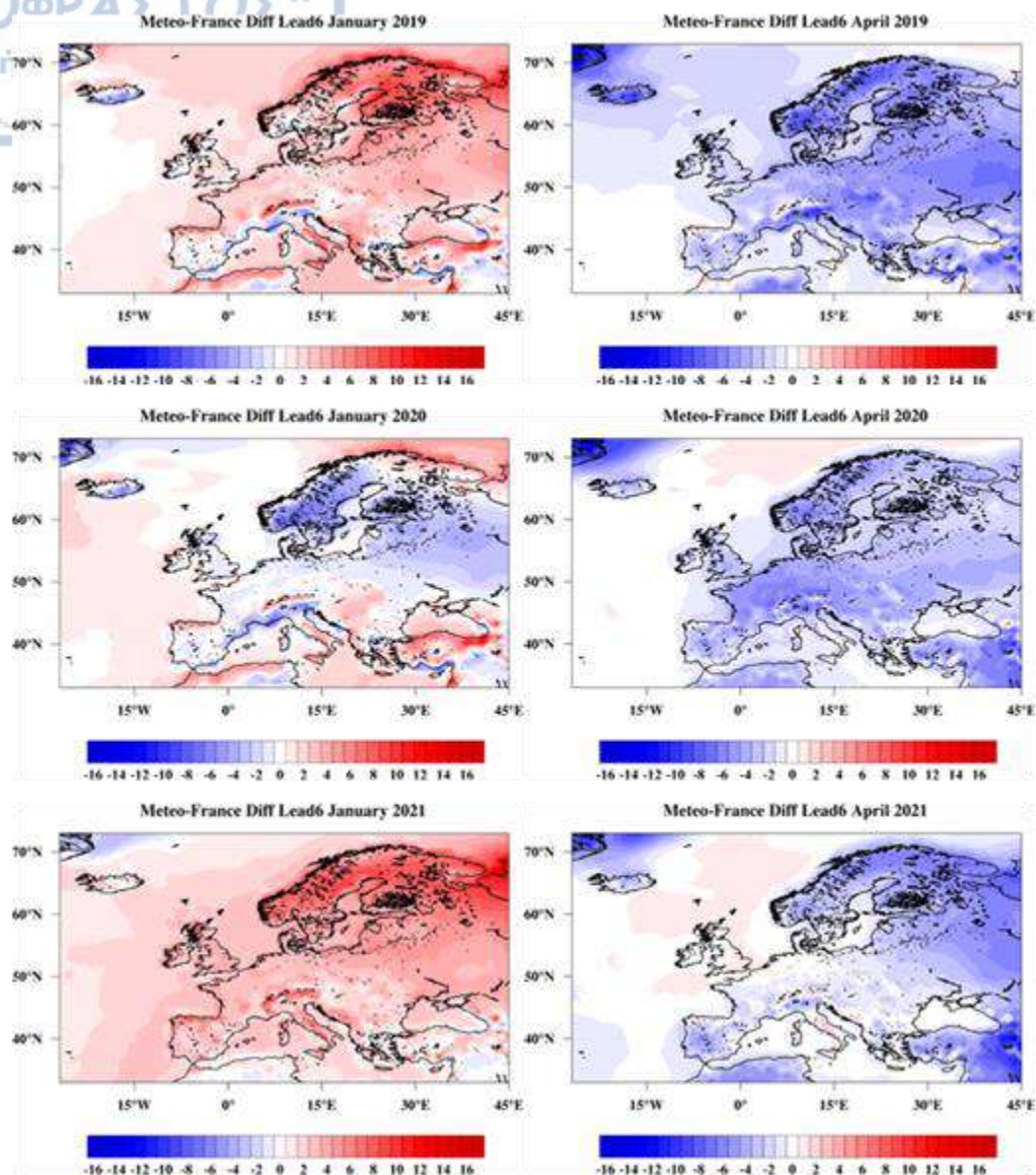
Σχήμα Π. 11 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



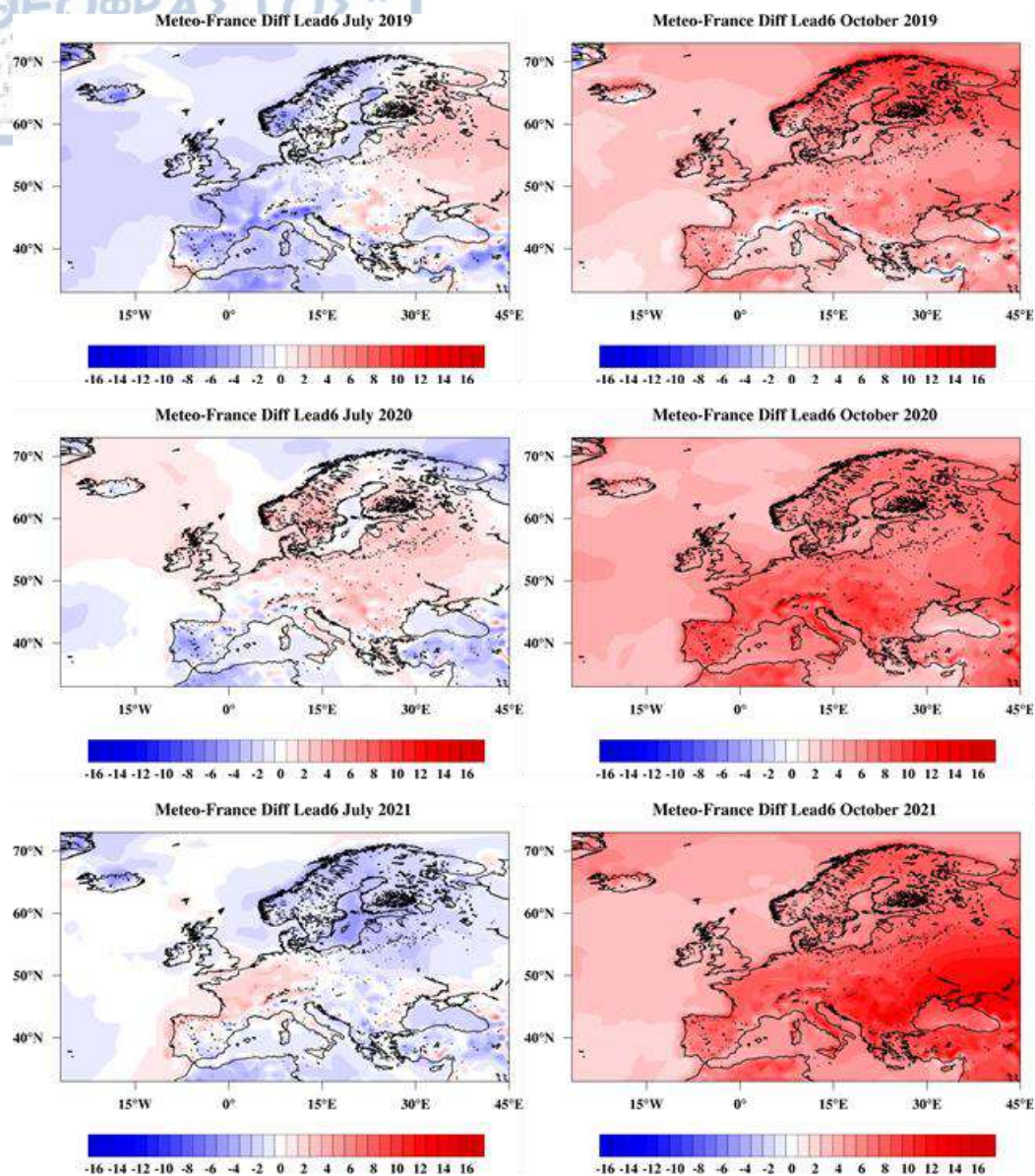
Σχήμα Π. 12 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Μétéo-France με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



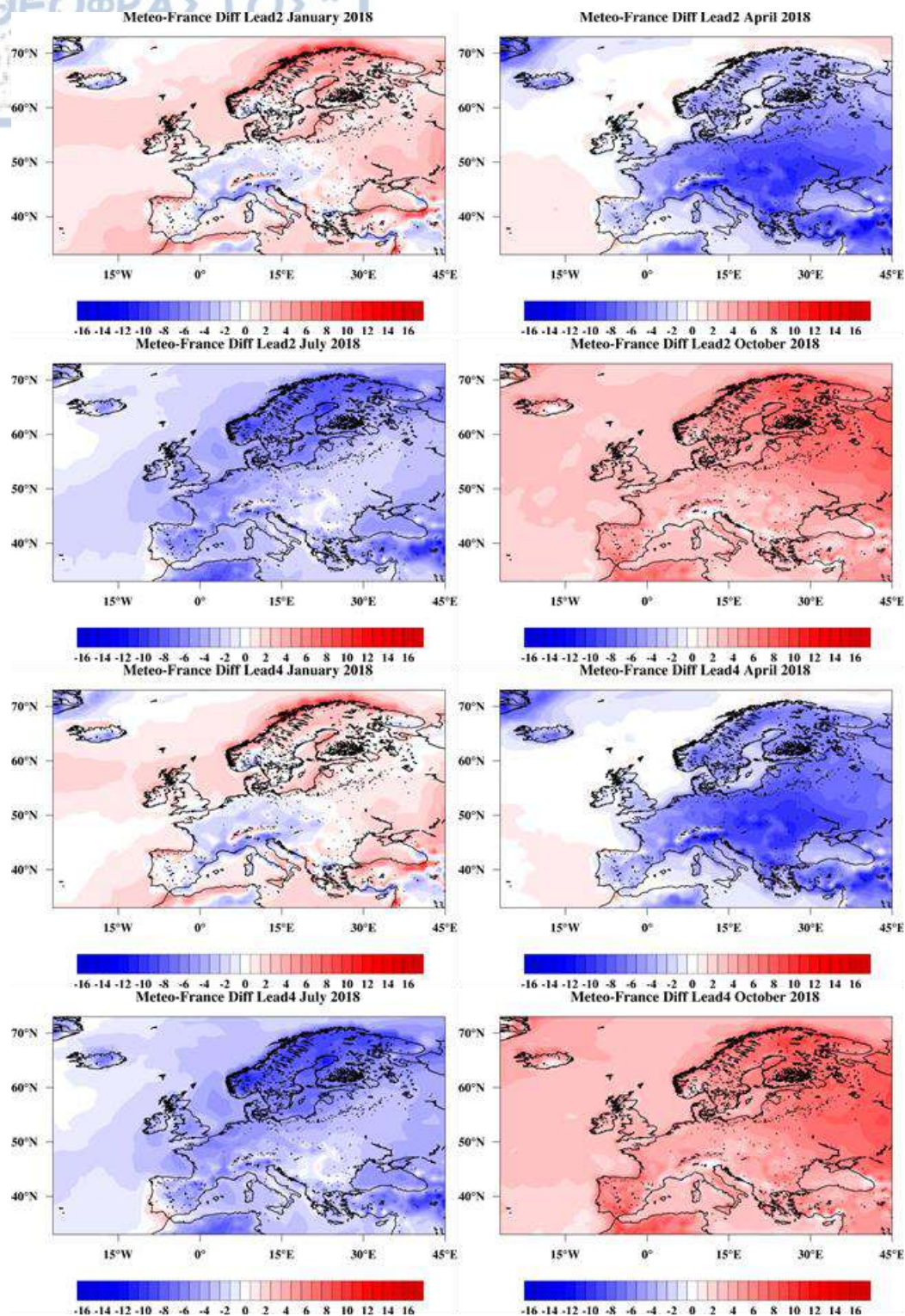
Σχήμα Π. 13 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Μétéo-France με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



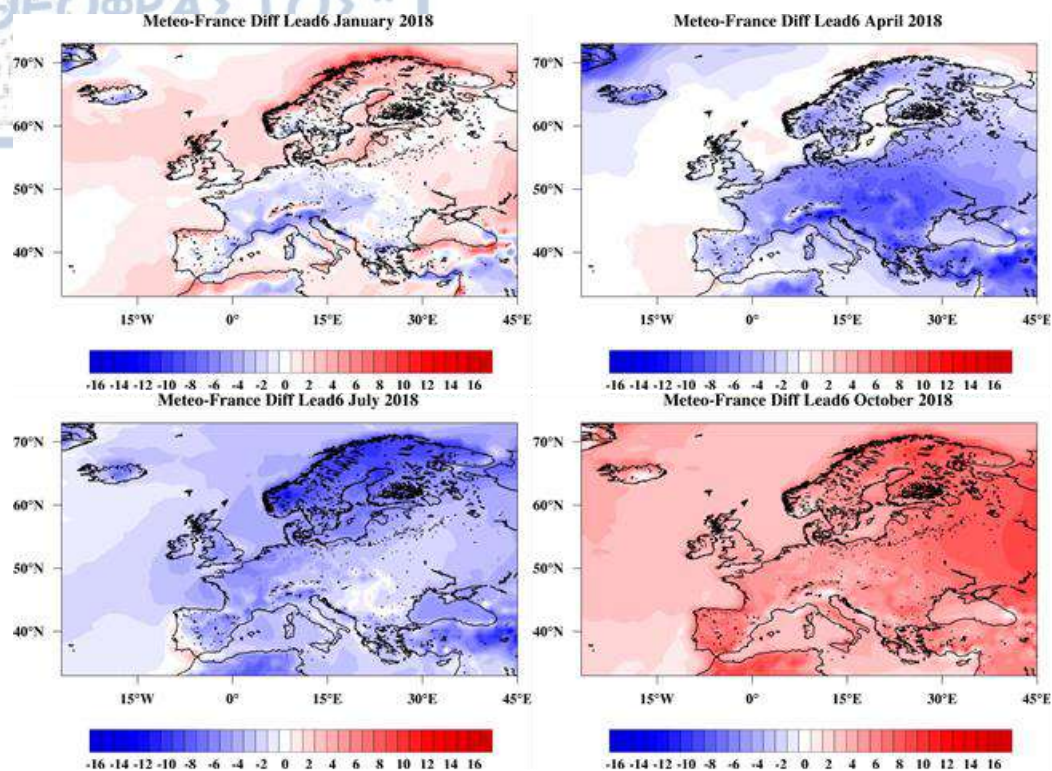
Σχήμα Π. 14 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Μétéo-France με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



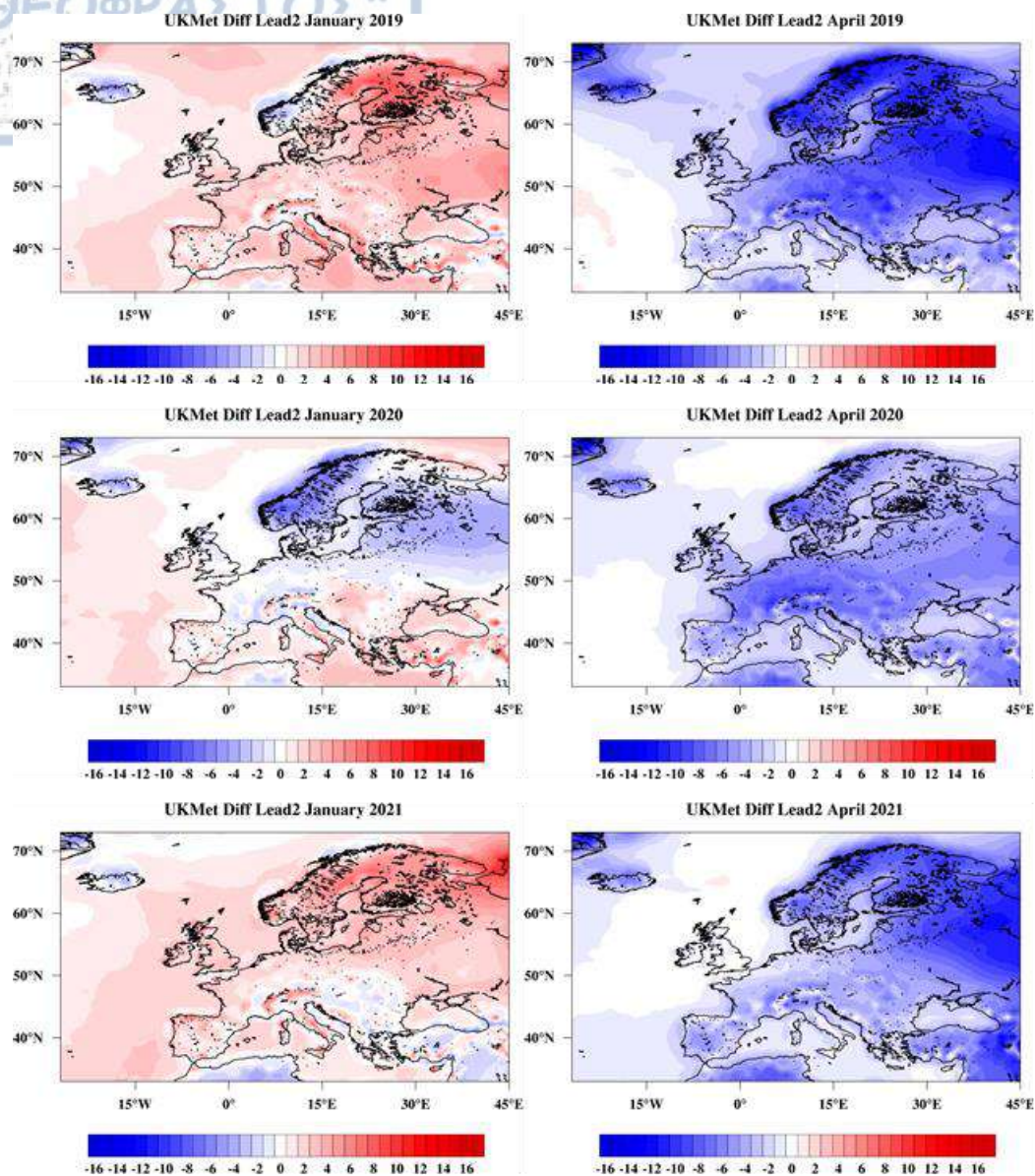
Σχήμα Π. 15 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Μétéo-France με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



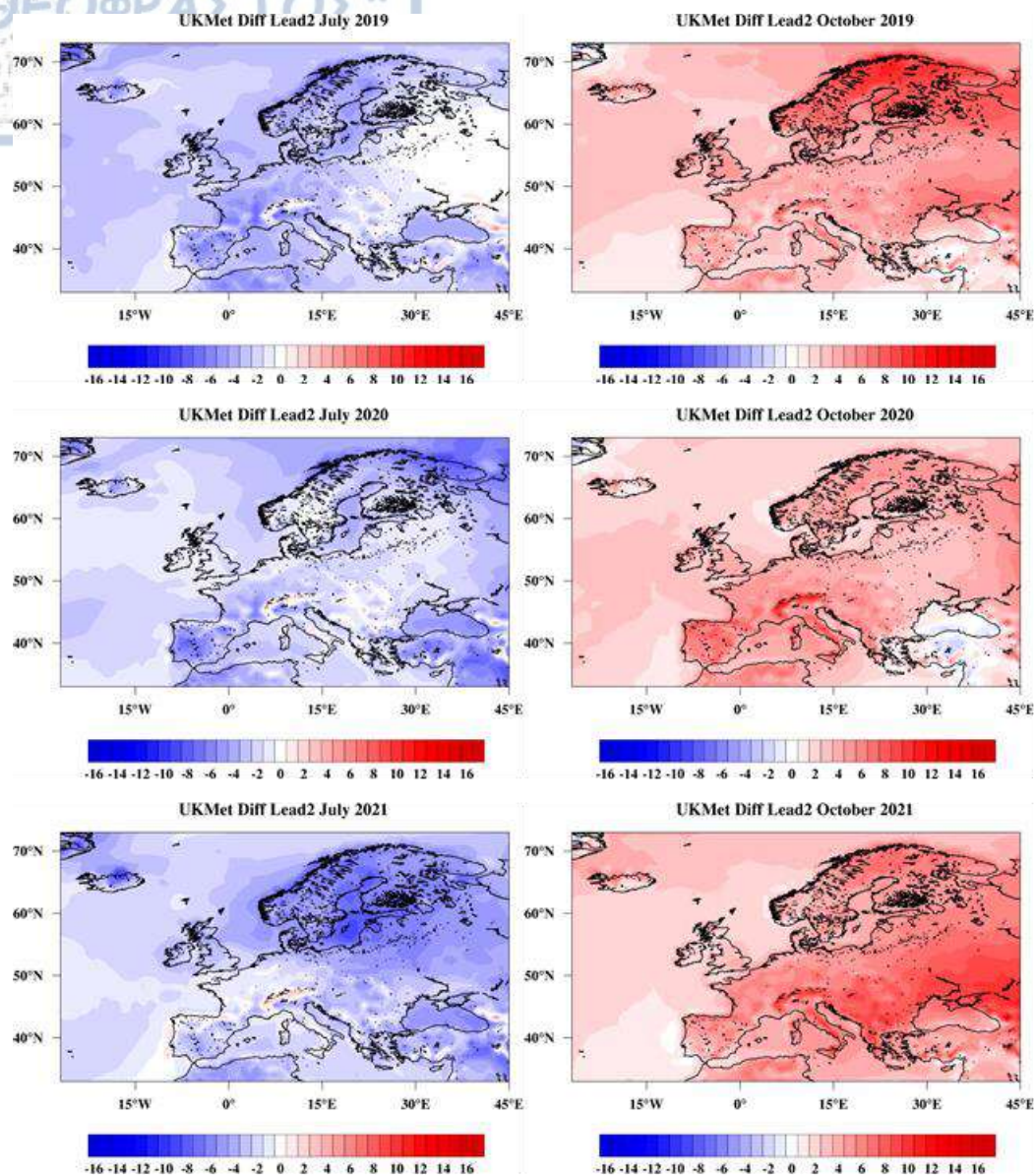
Σχήμα Π. 16 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Μétéo-France με Lead time 2, 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



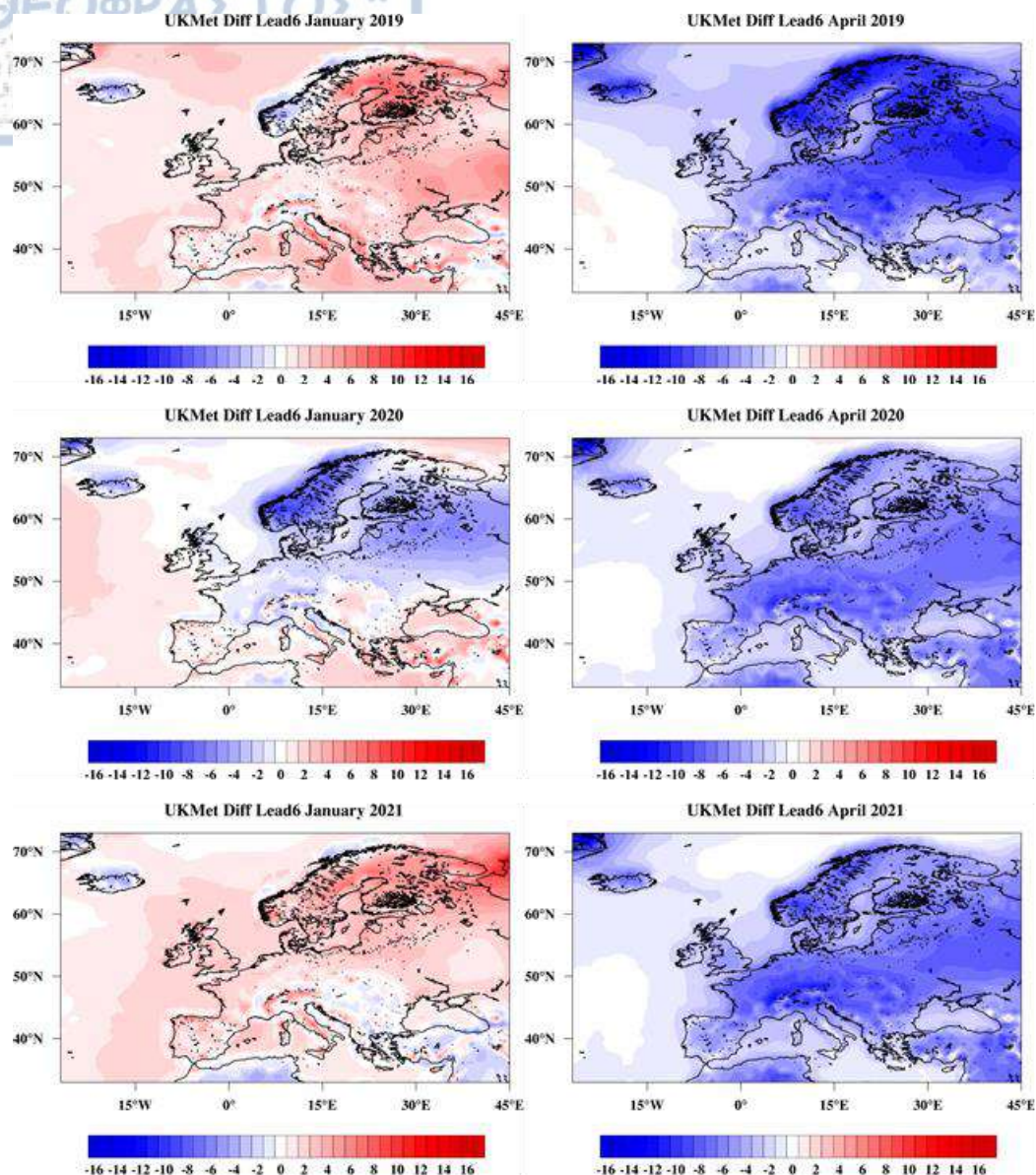
Σχήμα Π. 17 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Μétéo-France με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



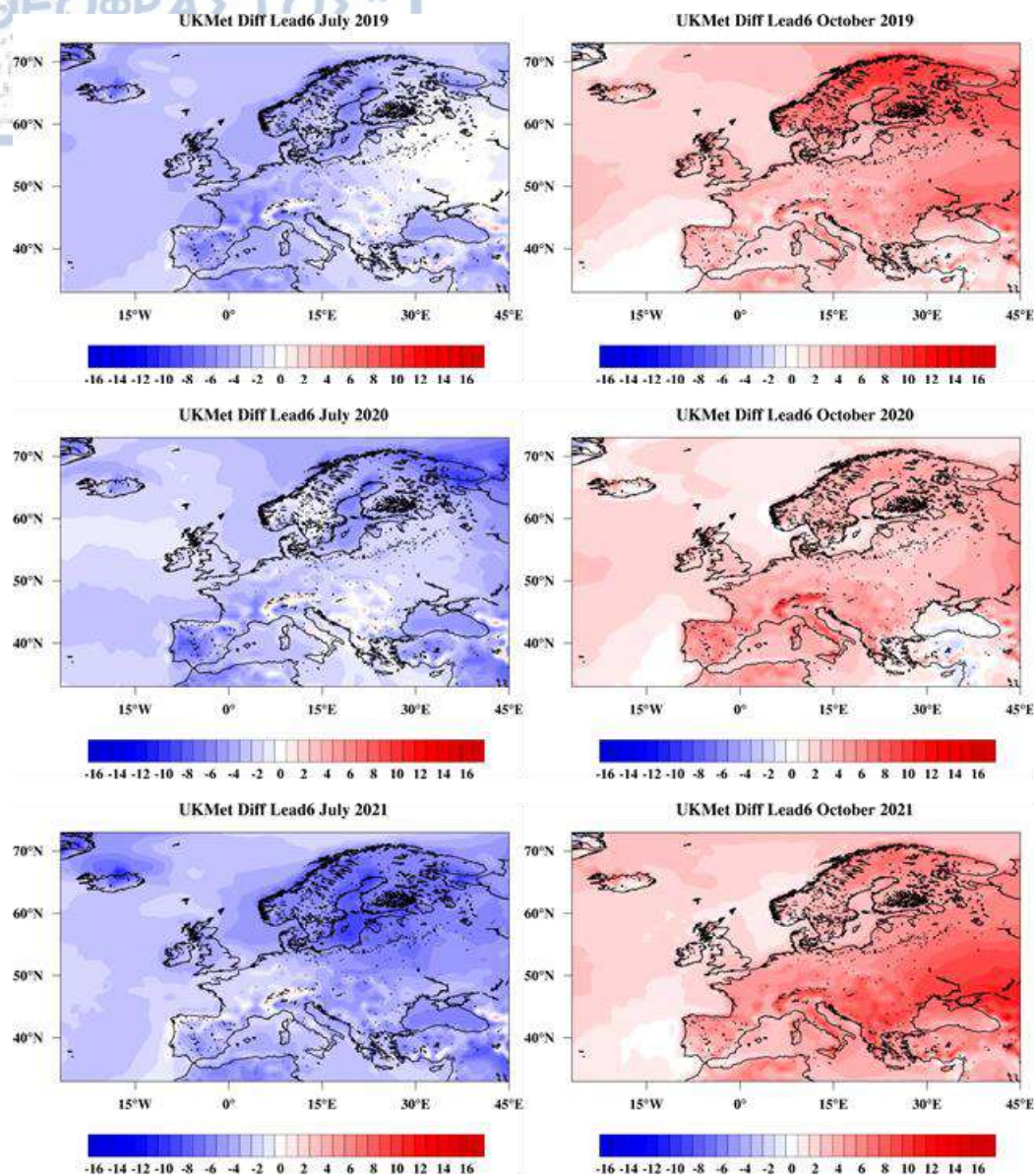
Σχήμα Π. 18 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



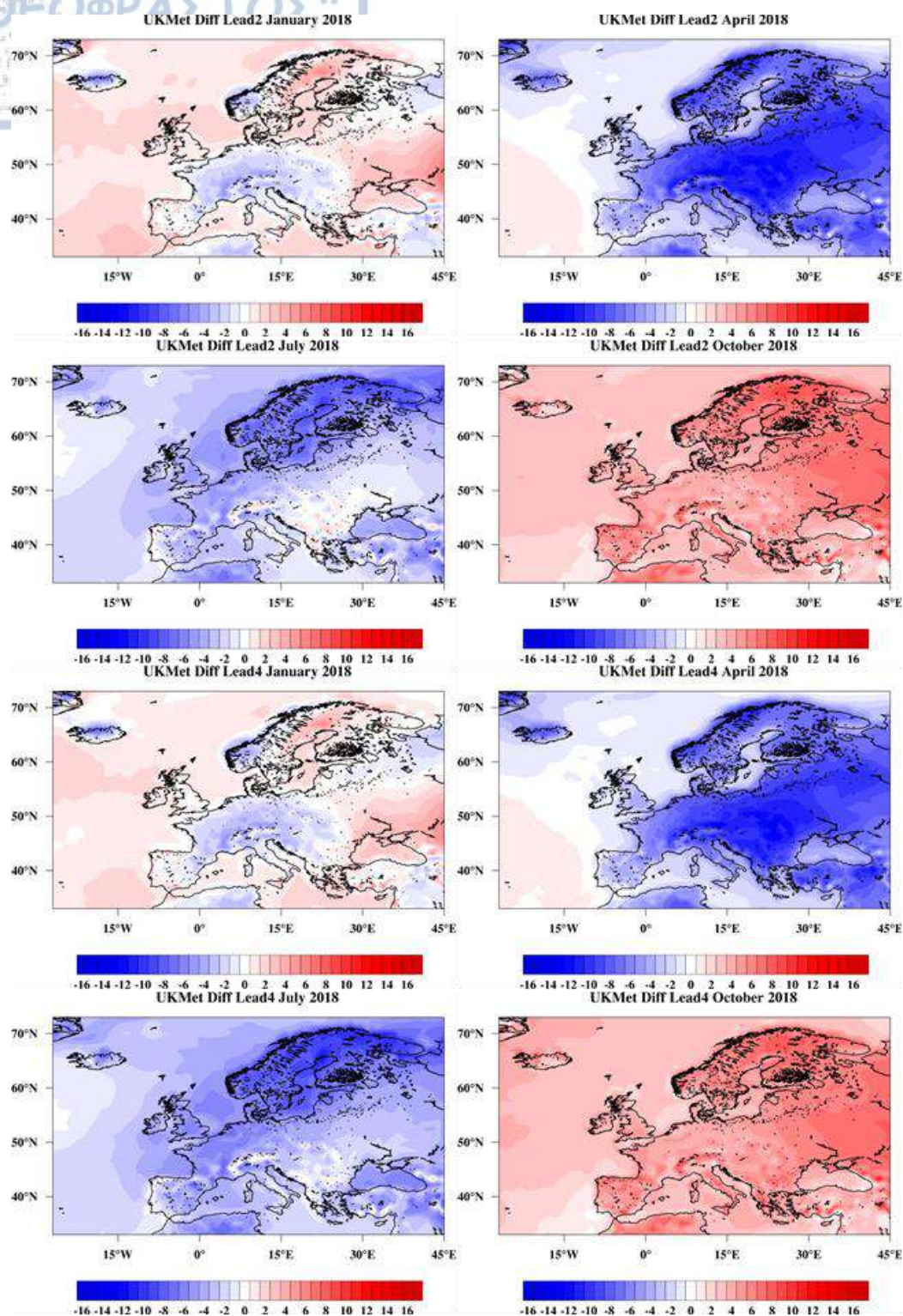
Σχήμα Π. 19 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



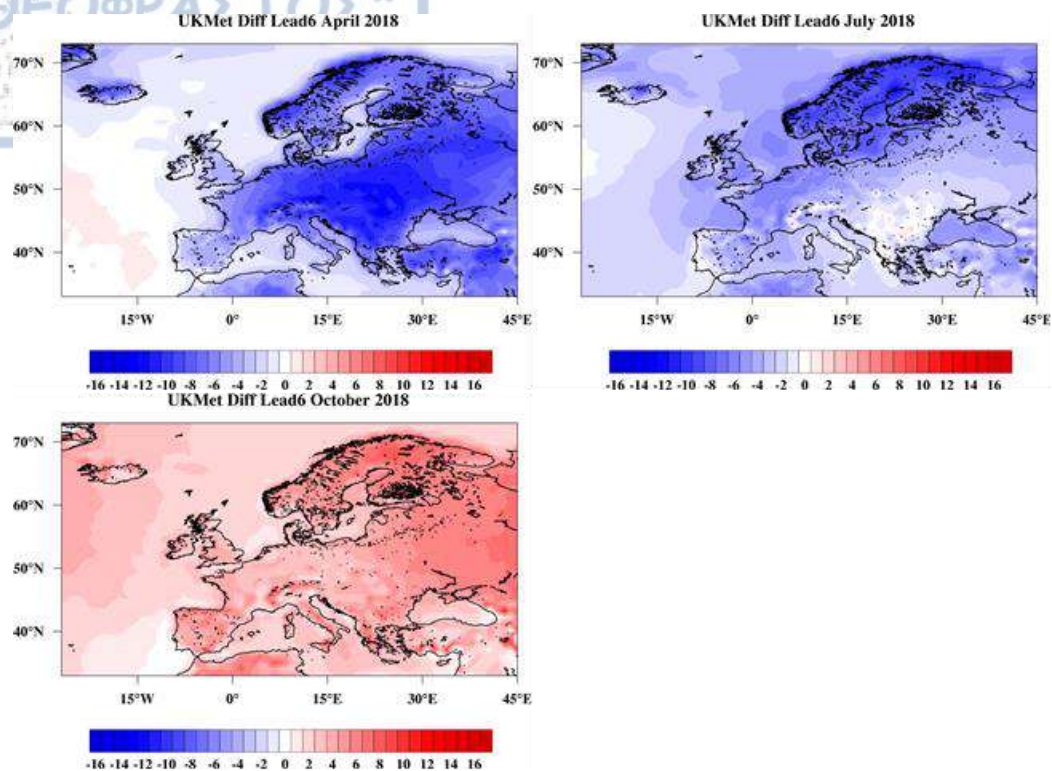
Σχήμα Π. 20 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



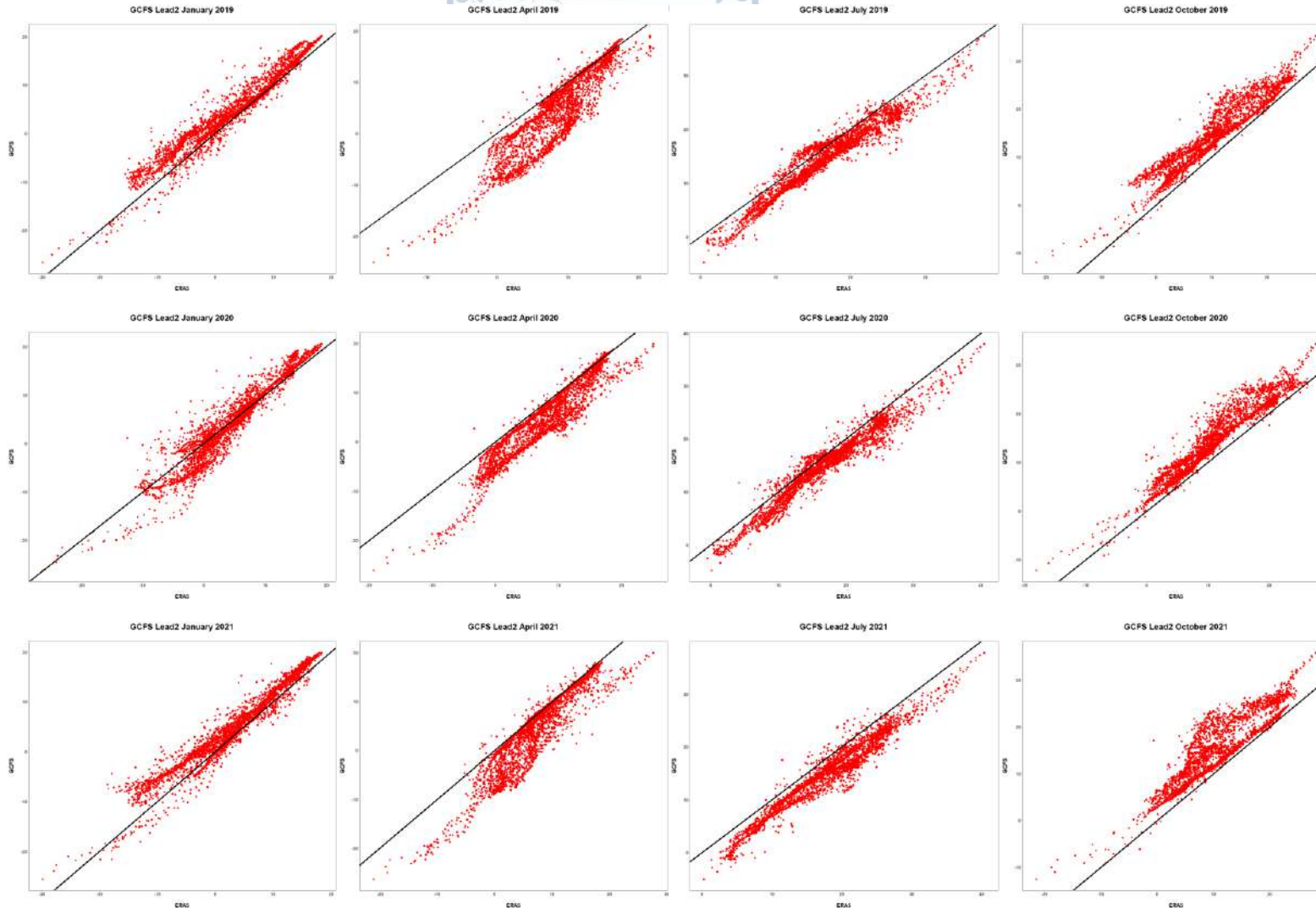
Σχήμα Π. 21 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



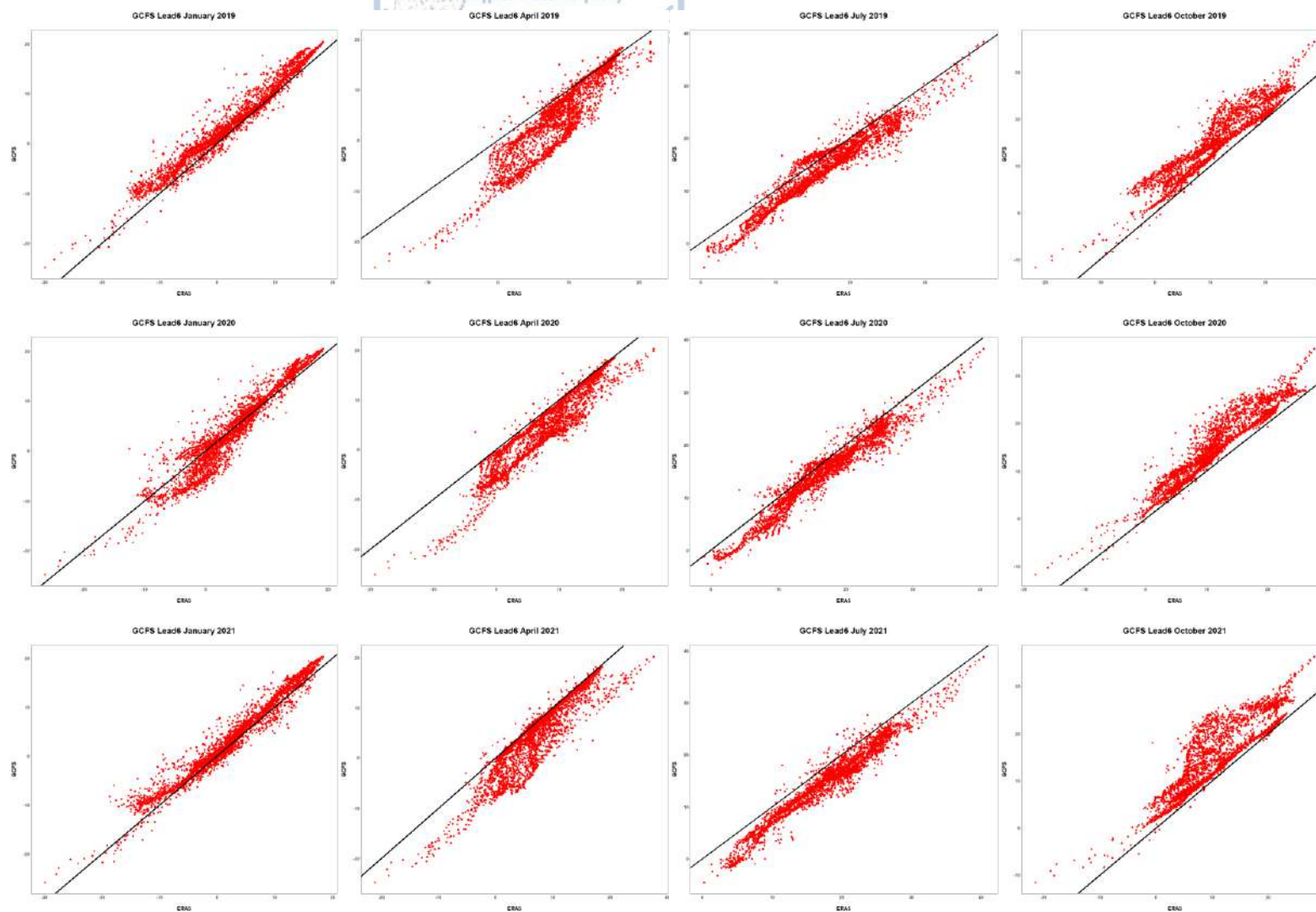
Σχήμα Π. 22 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet με Lead time 2, 4 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



Σχήμα Π. 23 Χάρτες διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet με Lead time 6 και των ERA5, τον Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη

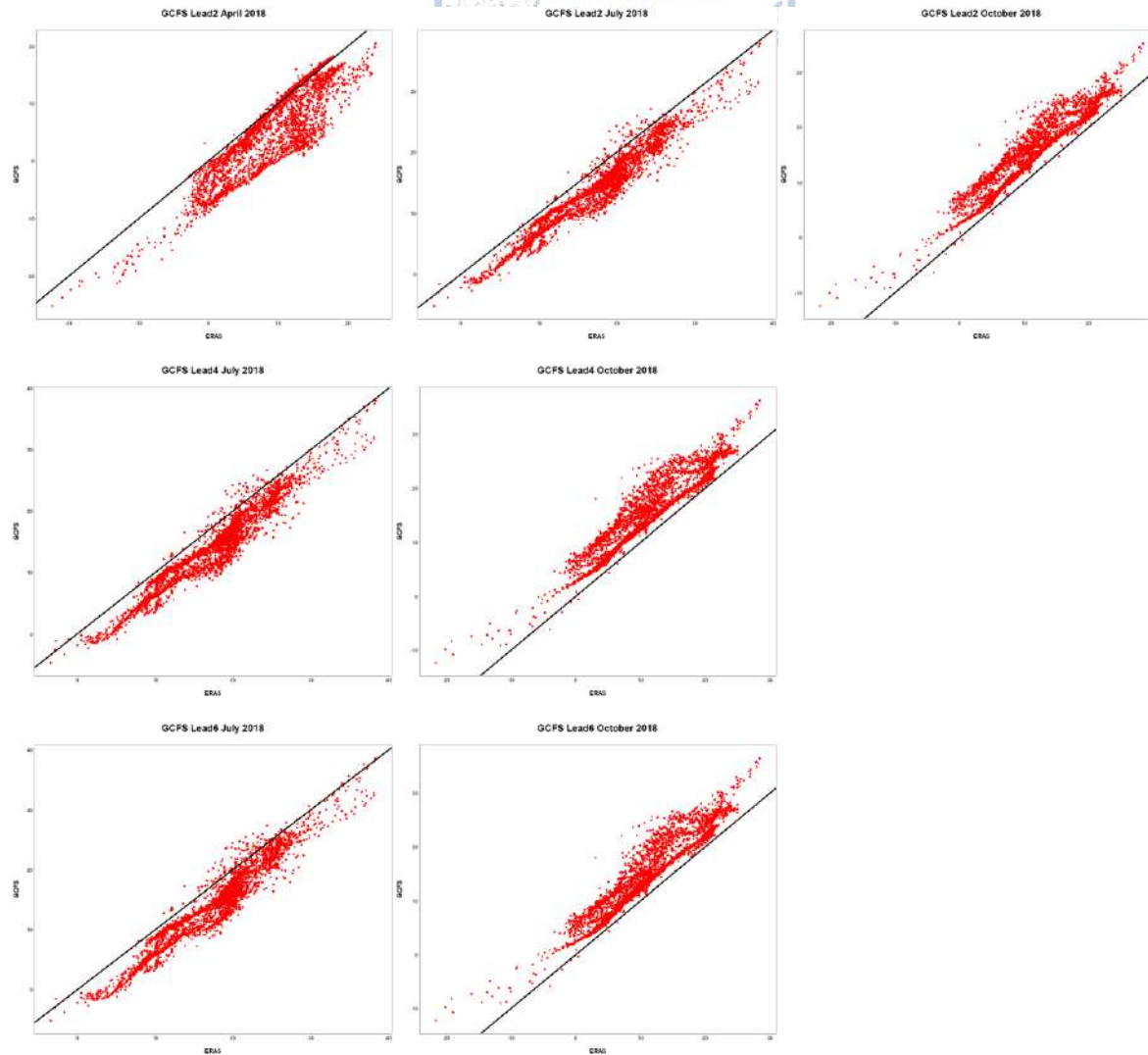


Σχήμα Π. 24 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCFS (άξονας y) με Lead time 2 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

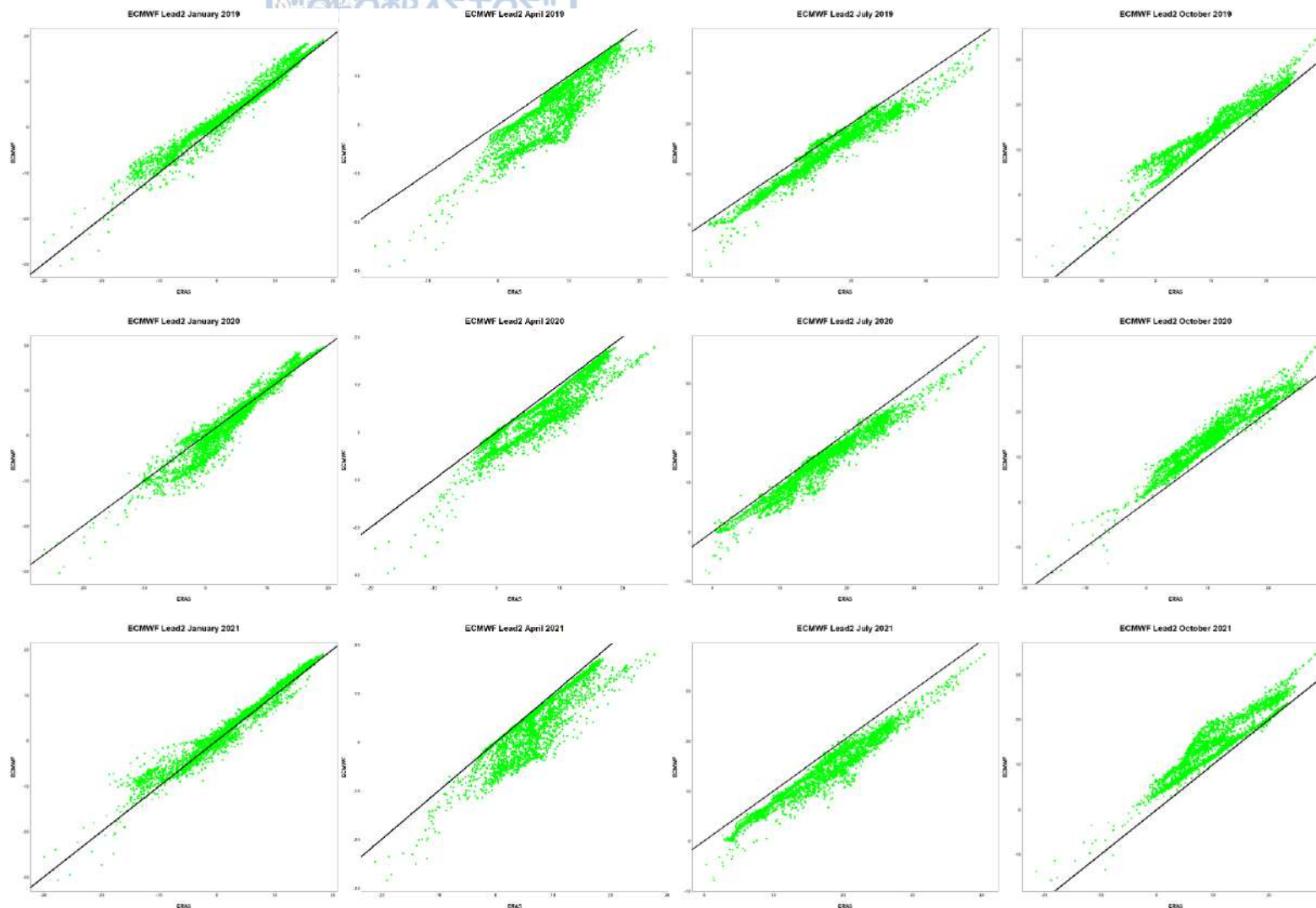




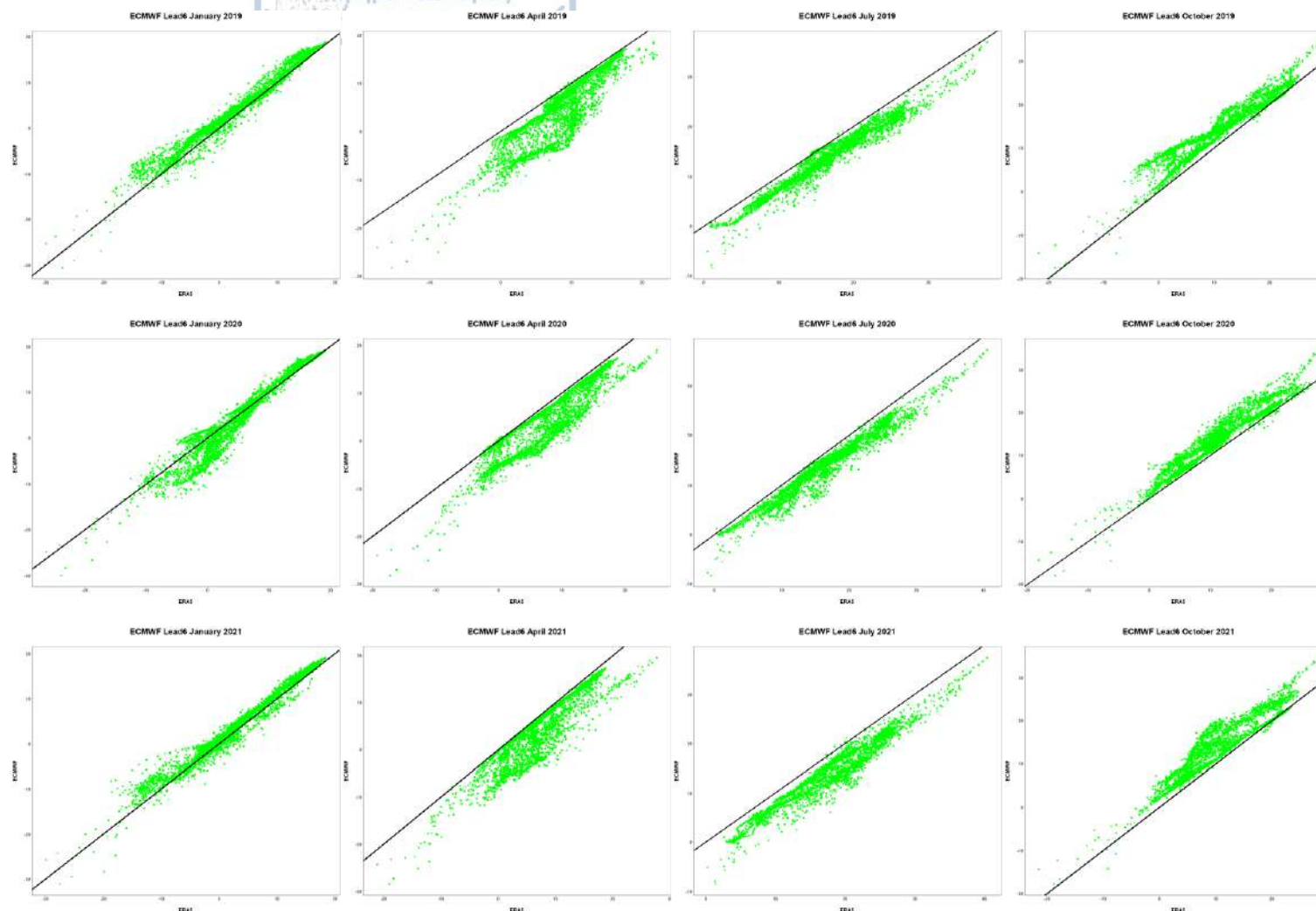
Σχήμα Π. 25 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCFS (άξονας y) με Lead time 6 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ενθεία αντιπροσωπεύει την ενθεία $y=x$



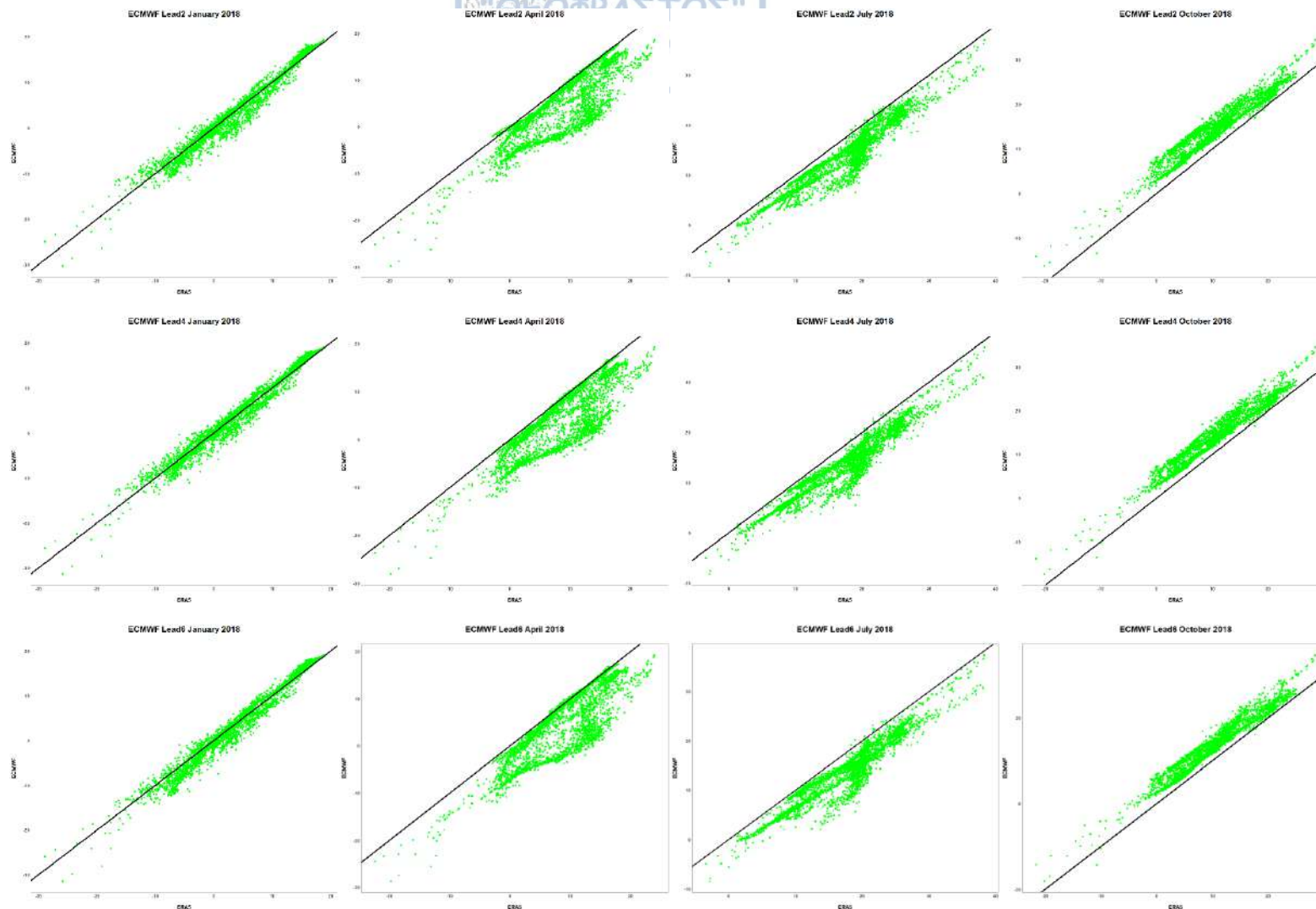
Σχήμα Π. 26 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του GCFS (άξονας y) με Lead time 2, 4, 6 και των ERA5 (άξονας x) για τον Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018. Η ενθεία αντιπροσωπεύει την ενθεία $y=x$



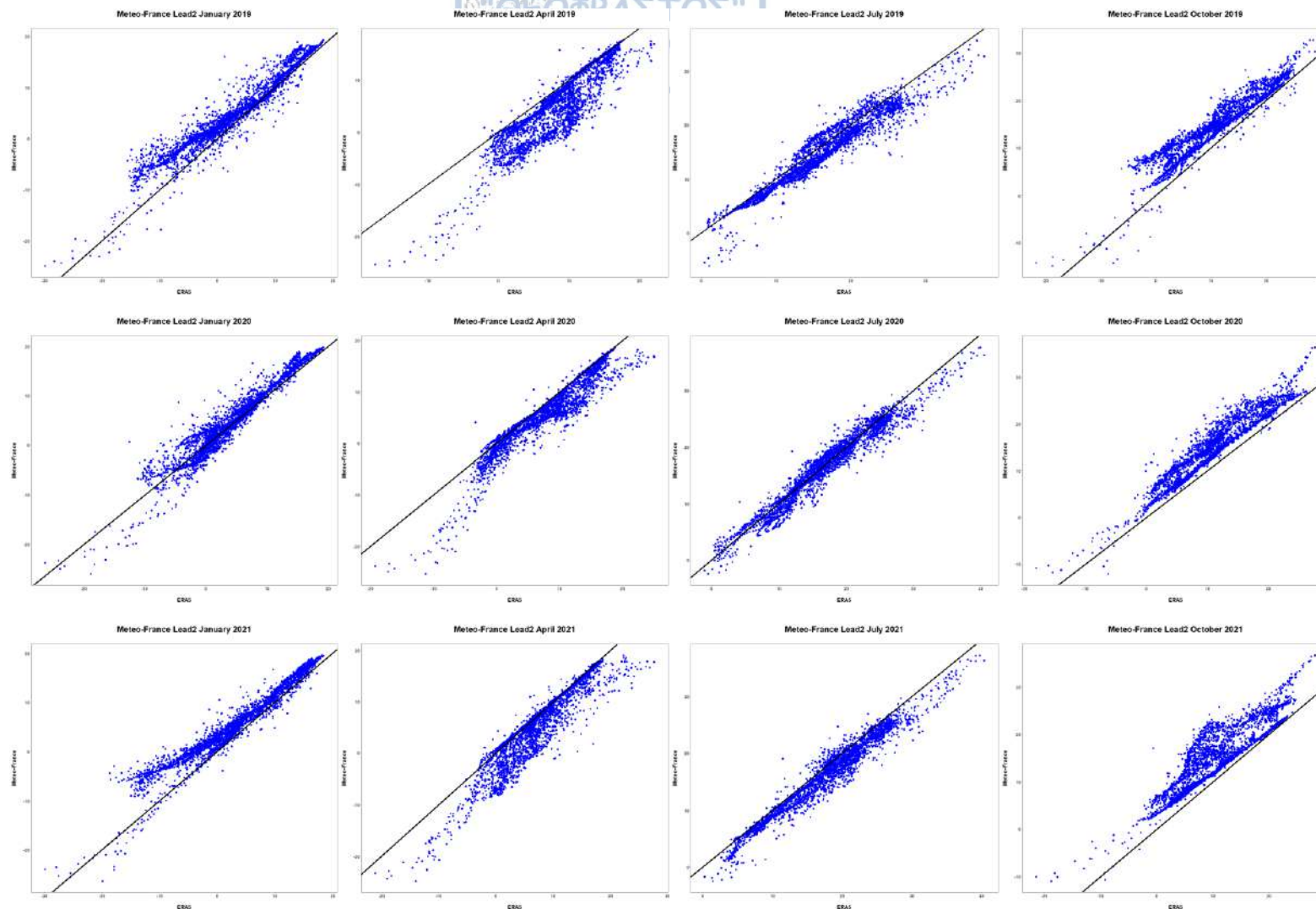
Σχήμα Π. 27 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF (άξονας y) με Lead time 2 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



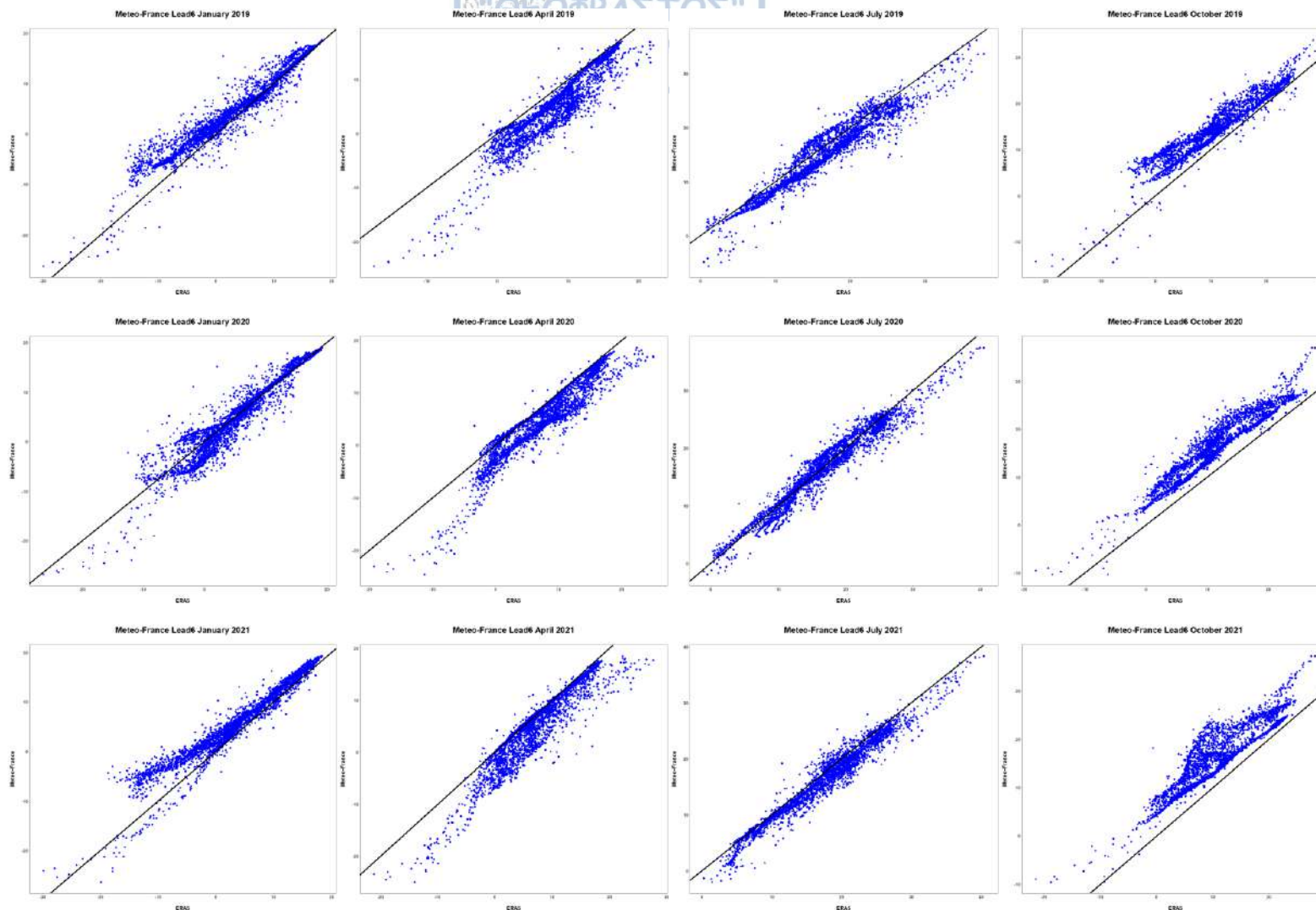
Σχήμα Π. 28 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF (άξονας y) με Lead time 6 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



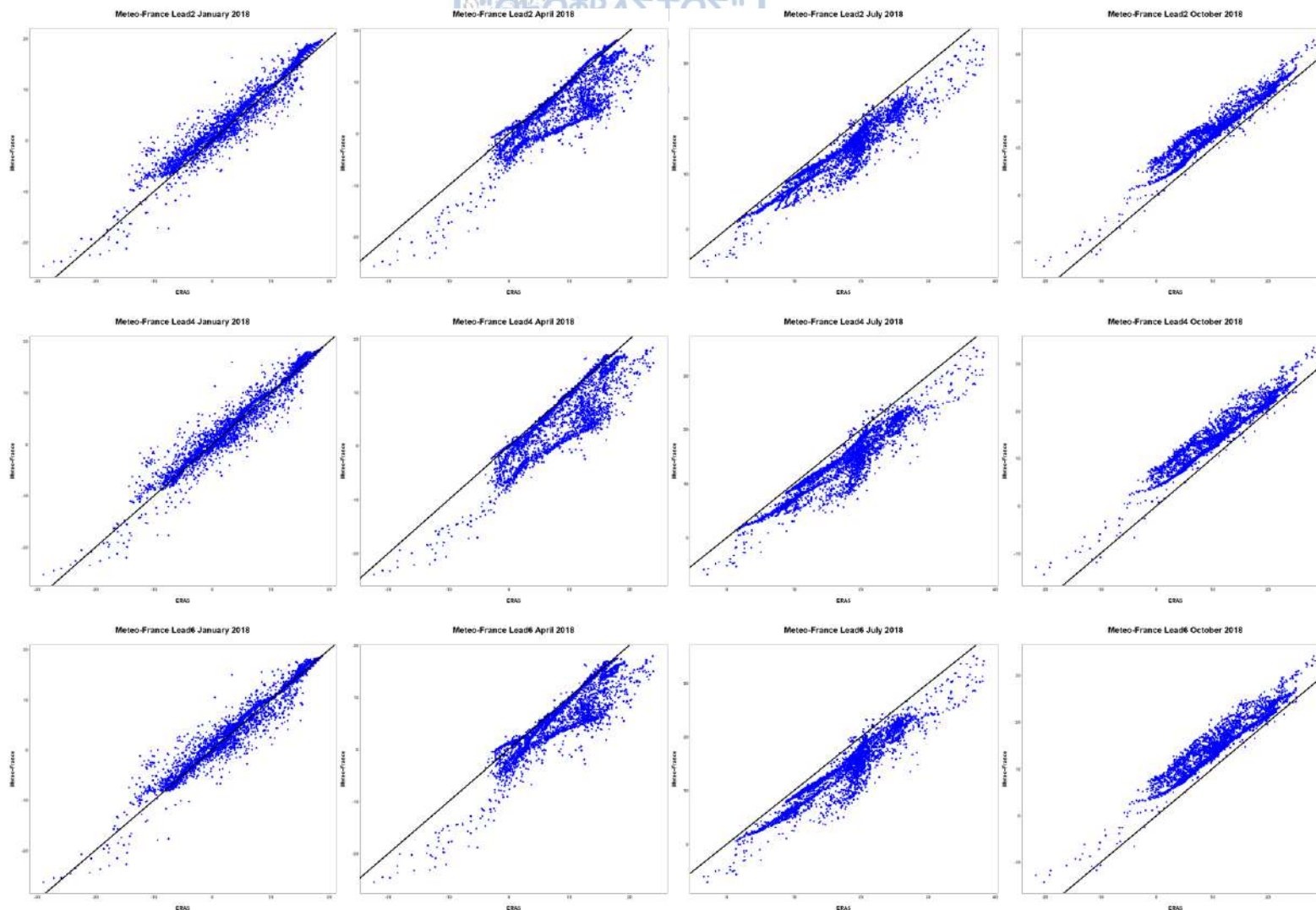
Σχήμα Π. 29 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του ECMWF (άξονας y) με Lead time 2, 4, 6 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος του 2018). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



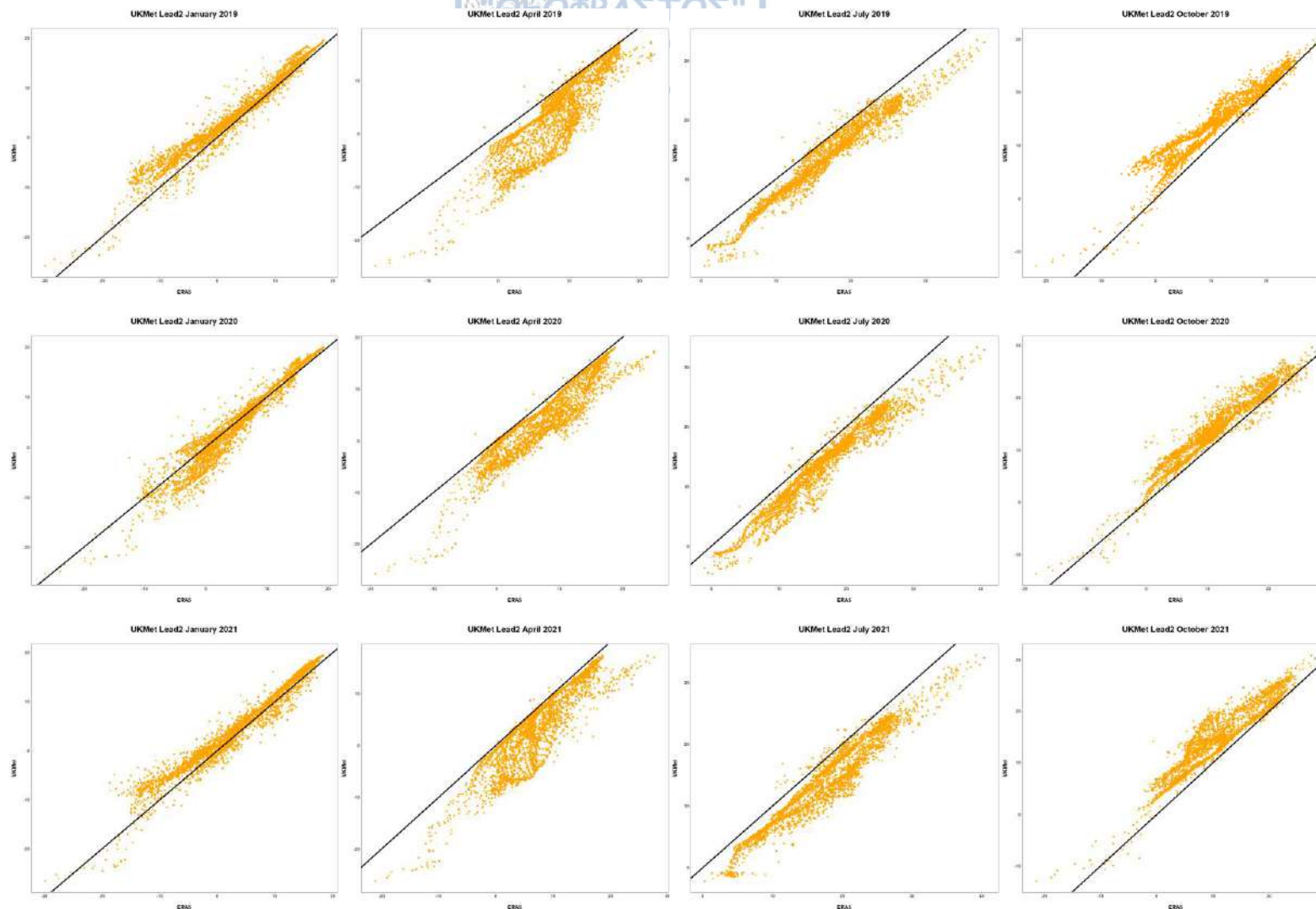
Σχήμα Π. 30 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Météo-France (άξονας y) με Lead time 2 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



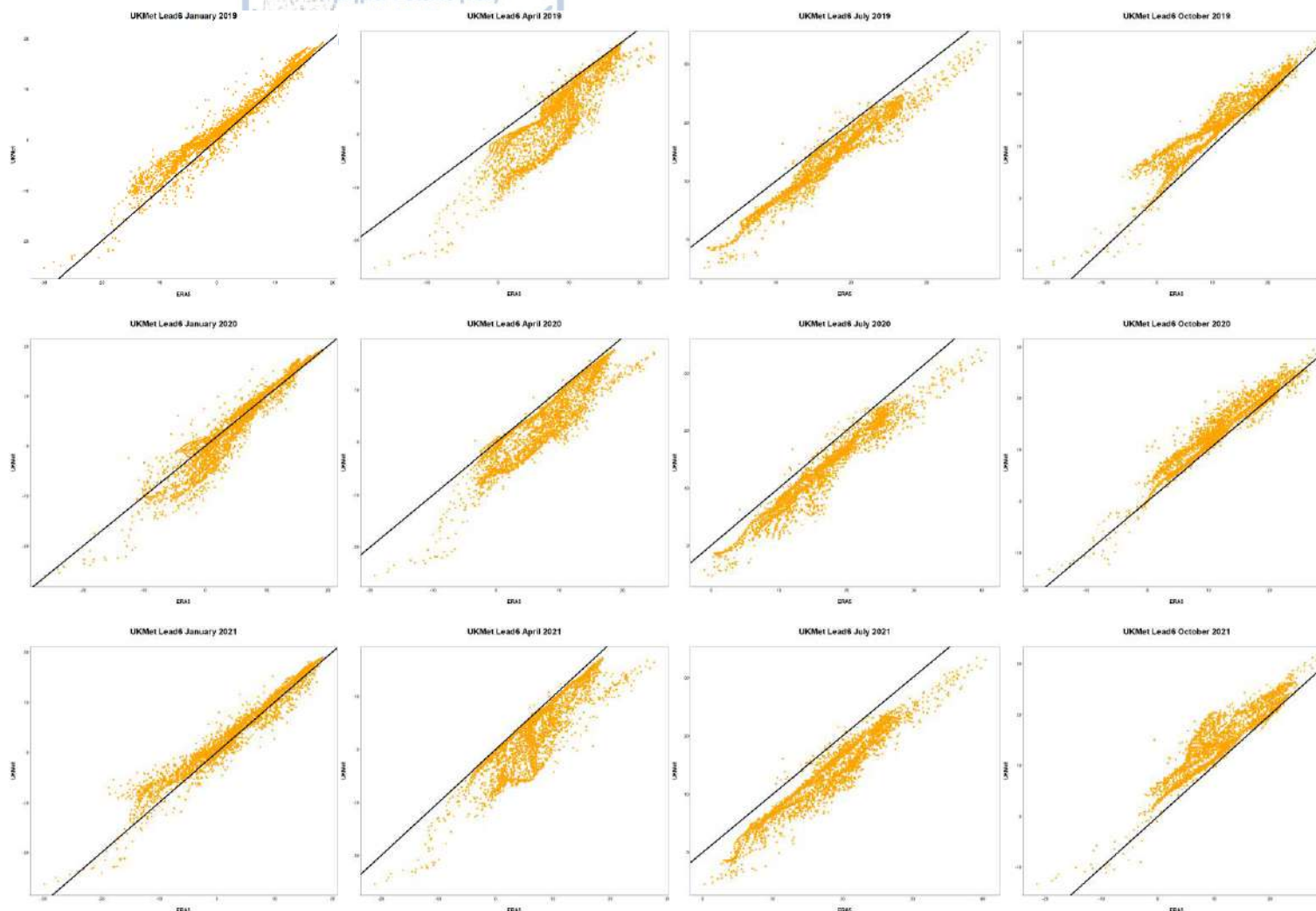
Σχήμα Π. 31 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Μétéo-France (άξονας y) με Lead time 6 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



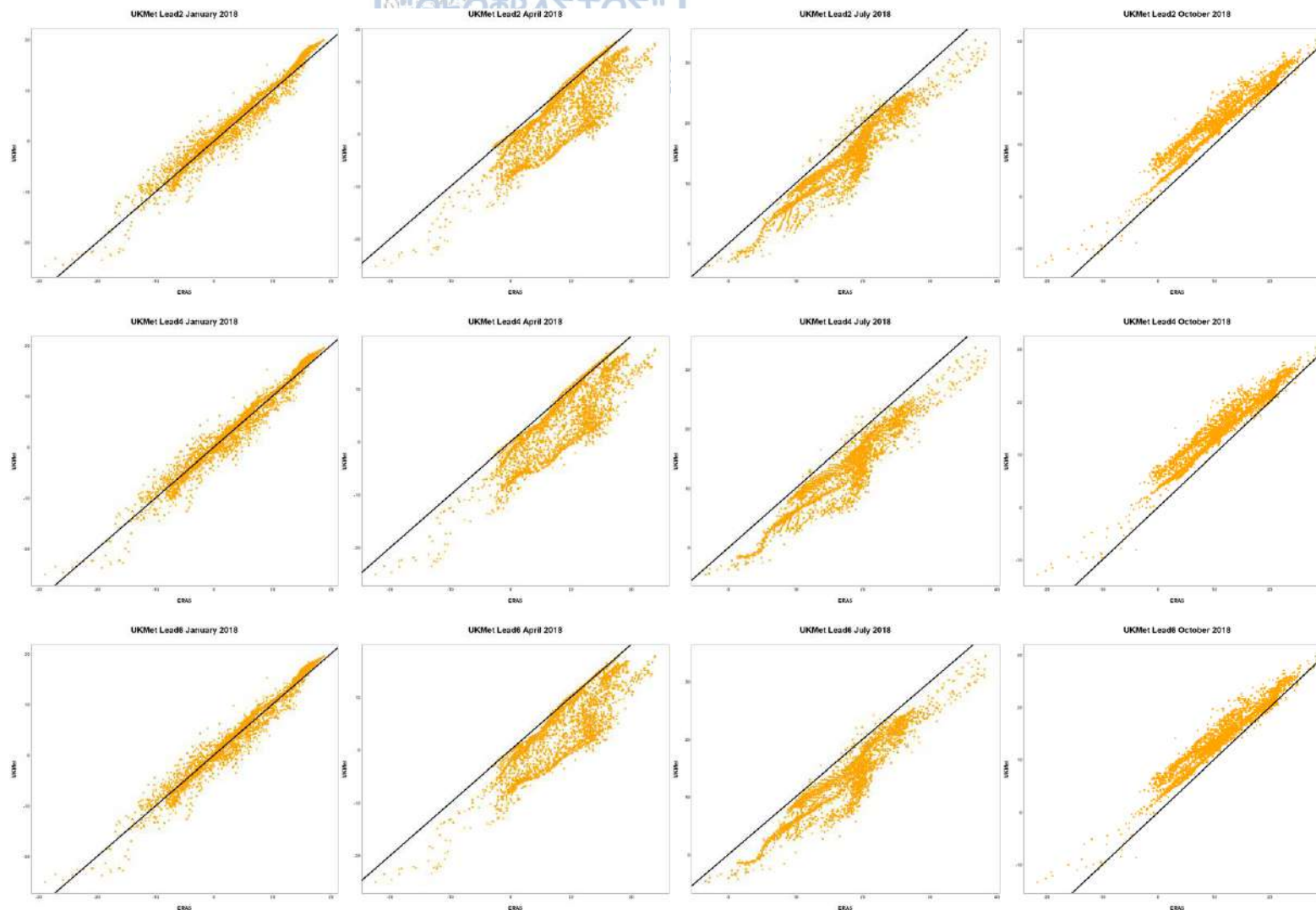
Σχήμα Π. 32 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του Μétéo-France (άξονας y) με Lead time 2, 4, 6 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) του 2018. Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



Σχήμα Π. 33 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet (άξονας y) με Lead time 2 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



Σχήμα Π. 34 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet (άξονας y) με Lead time 6 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



Σχήμα Π. 35 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του UKMet (άξονας y) με Lead time 2, 4, 6 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) του 2018. Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

Πίνακας Π. 1 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Βορειοανατολική Ευρώπη για το 2018

January 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-	-	-	-4.5	-4.1	-5.3	-2.0	-2.9	-2.8	-3.5	-4.1	-	-3.7
IQR	-	-	-	8.1	7.7	8.6	6.7	7.2	7.6	7.7	7.8	-	7.1
Maximum	-	-	-	4.3	4.8	4.6	6.0	5.7	5.7	4.9	4.5	-	4.1
Minimum	-	-	-	-13.2	-13.2	-14.3	-9.8	-11.3	-10.9	-14.0	-14.6	-	-14.3
April 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	-2.4	-	-	-2.6	-2.6	-3.1	0.1	-1.1	1.2	-3.3	-2.8	-2.8	2.6
IQR	5.8	-	-	4.6	5.0	5.1	4.0	5.1	3.7	5.9	6.0	5.7	5.2
Maximum	4.3	-	-	4.2	4.2	4.4	6.0	5.3	6.3	3.4	4.4	4.1	12.6
Minimum	-9.7	-	-	-11.7	-11.9	-11.9	-7.1	-8.7	-6.9	-13.9	-13.7	-14.1	-3.9
July 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	13.8	13.5	13.6	12.0	11.9	11.8	12.4	11.7	11.8	12.3	10.9	10.9	18.8
IQR	6.3	6.0	6.3	6.9	6.8	7.0	6.6	6.4	7.0	7.0	7.0	7.0	5.4
Maximum	18.1	17.9	18.1	17.2	17.0	16.7	17.8	17.4	17.8	18.8	17.3	17.3	21.4
Minimum	2.4	2.7	2.5	3.1	3.5	2.2	3.5	3.9	4.0	1.8	2.3	2.6	7.2
October 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	10.2	10.3	9.5	10.6	9.3	9.2	10.5	10.5	10.7	9.9	9.7	9.3	5.2
IQR	5.5	5.7	5.0	5.2	4.8	4.9	5.0	4.8	5.0	4.9	5.0	4.9	3.6
Maximum	16.9	16.6	15.5	16.6	15.3	15.1	15.6	15.4	16.2	15.2	14.8	13.9	12.5
Minimum	4.0	3.8	3.5	3.0	2.0	1.8	4.6	4.9	5.0	4.6	4.5	3.8	-3.3

Πίνακας Π. 2 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Βορειοανατολική Ευρώπη για το 2018

January 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-3.7	-3.5	-4.7	-4.3	-4.5	-4.3	-1.8	-2.5	-2.2	-3.4	-4.4	3.9	-6.1
IQR	7.1	6.9	7.4	8.1	8.3	8.2	6.3	7.0	7.0	7.0	8.1	7.7	8.8
Maximum	4.9	5.0	4.3	4.9	4.7	4.9	5.6	5.4	5.7	4.3	4.3	4.3	3.8
Minimum	-11.5	-10.4	-11.4	-13.8	-13.6	-12.9	-10.2	-11.1	-10.4	-13.7	-13.8	-14.5	-15.6
April 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	-3.7	-3.2	-3.2	-3.0	-2.8	-3.5	-1.0	-1.0	0.5	-4.5	-3.6	-3.9	3.7
IQR	6.2	6.0	6.0	5.1	4.6	5.1	4.5	4.6	3.8	5.9	5.9	6.0	4.7
Maximum	3.8	4.1	4.1	4.4	4.2	4.0	5.2	5.2	5.7	3.4	3.7	3.2	10.4
Minimum	-10.4	-10.5	-10.4	-12.1	-11.8	-12.3	-8.3	-8.7	-7.5	-14.7	-14.2	-14.4	-2.6
July 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	14.4	14.6	14.3	12.6	12.3	11.9	14.2	13.5	13.8	11.1	11.3	10.8	14.3
IQR	6.7	6.7	6.6	7.2	7.2	7.0	7.3	6.5	7.1	6.9	7.4	6.8	5.2
Maximum	18.4	18.8	18.4	18.2	17.3	17.0	20.2	19.7	20.5	17.9	17.5	17.4	18.9
Minimum	2.6	2.8	2.4	3.0	3.1	3.2	4.6	4.9	4.9	1.4	1.9	1.9	5.3
October 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	9.5	9.6	9.6	9.7	9.8	9.5	10.1	10.0	10.0	9.6	9.1	9.5	3.4
IQR	5.5	5.4	5.2	4.9	5.2	4.7	4.8	4.6	4.3	4.7	5.0	5.1	5.8
Maximum	15.7	15.6	15.7	15.9	15.6	15.2	15.8	15.3	15.6	14.9	14.2	14.4	12.2
Minimum	3.6	3.4	3.5	2.7	2.5	1.9	4.6	4.0	4.0	4.4	3.6	3.8	-6.2

Πίνακας Π. 3 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Βορειοανατολική Ευρώπη για το 2020

January 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-3.8	-4.1	-4.2	-4.3	-3.9	-4.3	-1.2	-2.9	-2.3	-3.4	-3.9	-4.6	-0.9
IQR	6.9	7.4	7.3	7.5	8.1	7.9	6.0	7.2	7.0	7.4	7.4	7.7	5.6
Maximum	5.4	5.2	4.8	5.0	5.3	4.9	5.9	5.6	5.6	4.7	4.5	4.1	6.8
Minimum	-11.4	-11.0	-11.0	-13.4	-12.4	-13.2	-9.4	-11.0	-10.6	-14.4	-14.0	-14.5	-11.2
April 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	-2.1	-2.8	-2.3	-1.3	-2.4	-2.6	1.1	-0.6	0.0	-1.8	-3.0	-2.7	1.9
IQR	5.1	5.6	5.6	4.7	4.7	4.8	4.6	4.8	4.8	5.1	5.4	5.6	5.1
Maximum	4.8	4.4	4.4	5.0	4.4	4.3	6.3	6.0	5.8	4.5	4.3	4.3	10.4
Minimum	-9.3	-9.9	-9.9	-10.6	-11.6	-11.3	-7.5	-8.3	-8.6	-11.5	-13.2	-12.1	-5.8
July 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	14.7	14.6	14.4	12.2	12.4	11.8	15.0	16.0	15.3	11.3	11.3	10.3	15.2
IQR	6.3	5.8	6.2	7.2	7.0	6.9	7.6	7.3	7.6	7.5	7.3	7.0	5.1
Maximum	18.6	18.5	18.5	17.4	17.8	17.1	21.5	22.1	21.9	17.4	17.9	16.8	21.2
Minimum	2.5	2.3	1.9	2.8	2.6	2.1	4.3	4.9	4.6	0.1	1.5	1.1	6.8
October 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	9.8	9.3	9.7	10.5	9.9	9.3	10.7	10.9	11.7	9.4	9.1	8.9	6.0
IQR	4.6	5.1	5.0	4.7	4.9	5.0	5.5	5.8	5.5	4.6	5.1	5.0	4.4
Maximum	16.1	15.4	15.8	16.0	15.5	15.0	16.3	17.2	17.5	14.6	14.2	13.7	12.9
Minimum	3.7	3.2	3.5	2.9	2.0	1.5	4.1	4.3	5.2	3.9	3.5	3.3	-1.9

Πίνακας Π. 4 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Βορειοδυτική Ευρώπη για το 2018

January 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-	-	-	4.5	4.6	4.3	5.1	4.7	4.9	4.9	4.5	-	4.2
IQR	-	-	-	5.4	5.9	6.2	6.8	6.7	6.4	5.8	5.9	-	4.8
Maximum	-	-	-	9.7	10.1	10.0	10.3	9.9	10.1	10.3	10.1	-	9.2
Minimum	-	-	-	-30.3	-31.3	-31.4	-24.7	-25.3	-26.3	-24.7	-25.1	-	-28.9
April 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	3.5	-	-	3.6	3.6	3.9	4.5	4.3	4.1	3.2	3.5	3.4	5.3
IQR	6.1	-	-	5.7	5.5	6.0	6.4	6.6	7.2	6.0	5.9	6.2	4.9
Maximum	9.3	-	-	8.8	9.0	9.1	9.4	9.2	8.9	9.0	8.9	8.8	12.2
Minimum	-25.2	-	-	-29.8	-28.0	-28.7	-25.7	-24.0	-25.5	-25.2	-25.1	-25.0	-22.4
July 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	8.8	8.6	8.5	8.7	8.8	8.6	9.1	8.8	8.5	8.7	8.0	7.9	10.8
IQR	5.3	5.7	6.2	4.9	5.0	5.5	4.7	5.1	5.6	4.6	5.1	5.4	5.0
Maximum	15.7	15.2	15.7	15.9	15.5	15.6	15.4	14.9	15.2	15.6	14.4	14.4	20.6
Minimum	-5.2	-4.7	-5.2	-8.1	-8.1	-8.5	-6.7	-6.8	-7.1	-3.8	-4.5	-4.8	-3.4
October 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	9.9	10.1	9.8	10.0	9.8	9.8	9.9	10.3	10.3	10.0	10.2	9.6	7.4
IQR	5.9	5.6	5.9	5.2	5.1	5.6	5.4	4.7	5.0	5.4	5.0	5.3	5.3
Maximum	17.6	17.4	16.7	16.4	15.9	15.8	16.3	16.3	16.5	15.8	15.6	14.8	14.0
Minimum	-12.4	-12.3	-12.3	-16.2	-17.4	-18.1	-15.1	-14.5	-14.3	-13.4	-12.8	-13.3	-21.7

Πίνακας Π. 5 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Βορειοδυτική Ευρώπη για το 2019

January 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	4.1	4.4	4.3	4.5	4.4	4.5	4.7	4.6	4.7	4.4	4.4	4.4	3.5
IQR	6.7	6.0	5.9	5.5	5.6	5.4	6.2	6.2	6.1	6.0	5.8	5.8	6.4
Maximum	10.1	10.2	10.1	9.5	9.6	9.5	9.8	9.7	9.5	9.8	9.8	9.9	9.7
Minimum	-26.6	-25.3	-24.9	-30.5	-31.7	-30.6	-24.9	-24.6	-26.2	-25.8	-25.6	-25.2	-29.9
April 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	3.6	3.1	3.3	3.8	3.7	3.5	4.5	4.2	4.0	3.1	2.9	2.7	6.6
IQR	6.6	6.6	6.5	6.1	5.7	5.8	6.2	6.3	6.2	6.2	6.1	6.1	4.8
Maximum	9.3	9.1	9.2	8.7	8.7	8.7	9.3	9.0	8.8	8.8	8.6	8.6	10.1
Minimum	-25.1	-25.1	-25.1	-29.0	-28.0	-28.2	-25.6	-24.7	-24.5	-24.8	-25.9	-25.3	-17.5
July 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	9.3	8.8	8.9	9.1	9.0	8.8	9.9	9.8	9.8	8.5	8.4	8.0	11.5
IQR	5.9	6.1	6.2	5.1	5.3	5.5	4.8	4.9	5.2	5.2	5.5	5.3	5.5
Maximum	16.9	16.8	16.5	16.4	16.3	15.7	17.0	16.1	16.2	14.9	15.2	14.7	18.8
Minimum	-4.7	-5.0	-4.6	-8.2	-8.3	-8.4	-6.1	-5.5	-5.6	-4.7	-4.5	-4.9	0.5
October 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	10.4	10.1	9.9	10.5	10.0	9.8	10.3	10.5	10.4	10.1	9.6	9.6	7.7
IQR	6.0	6.1	6.3	5.6	5.7	5.9	5.7	5.1	5.1	5.7	5.6	5.5	6.1
Maximum	16.7	16.8	16.9	16.4	16.1	16.0	16.4	16.3	16.6	15.7	15.1	15.1	13.6
Minimum	-12.0	-11.8	-11.7	-15.8	-17.0	-17.5	-14.8	-15.1	-15.3	-12.7	-14.1	-13.4	-21.7

Πίνακας Π. 6 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Βορειοδυτική Ευρώπη για το 2020

January 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	4.3	4.6	4.3	4.2	4.9	4.6	5.4	5.1	4.9	4.7	4.6	4.3	5.0
IQR	6.6	6.2	6.3	5.8	6.0	5.7	6.0	6.4	6.4	5.9	6.2	6.3	5.7
Maximum	10.1	10.5	10.2	9.6	10.1	9.9	10.2	10.0	9.9	9.8	10.0	10.0	9.4
Minimum	-26.2	-24.8	-24.8	-30.5	-31.0	-30.0	-25.9	-24.3	-26.8	-25.3	-25.9	-25.9	-26.4
April 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	3.6	3.3	3.3	4.0	3.7	3.9	4.6	4.6	4.5	3.5	3.3	3.6	5.2
IQR	7.3	7.1	7.0	6.2	6.0	5.8	6.8	6.4	6.5	6.8	6.9	6.5	6.4
Maximum	9.4	9.2	9.3	8.6	8.6	8.7	9.4	9.5	9.4	8.8	8.7	8.7	10.2
Minimum	-26.1	-25.0	-25.1	-29.6	-29.0	-28.2	-25.3	-24.2	-24.6	-25.7	-25.4	-25.4	-19.3
July 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	9.0	8.8	8.9	9.0	8.9	8.8	10.5	10.6	10.7	8.2	8.2	7.9	10.6
IQR	6.2	5.9	6.5	5.5	5.2	5.6	5.3	5.2	5.2	5.7	5.4	5.8	4.9
Maximum	16.1	16.1	16.3	16.5	16.0	15.7	18.2	18.1	18.4	15.2	14.8	14.6	16.7
Minimum	-4.8	-4.5	-4.6	-8.4	-8.4	-8.3	-2.4	-1.8	-1.9	-4.7	-4.9	-5.3	-1.0
October 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	10.1	9.8	9.7	10.1	9.8	9.4	10.3	10.8	11.2	9.8	9.5	9.1	8.1
IQR	6.3	6.5	6.4	5.5	6.1	5.9	5.8	6.0	5.7	5.8	5.9	5.5	5.4
Maximum	17.5	16.9	17.0	16.3	16.1	15.6	16.6	17.5	17.8	15.5	15.0	14.4	13.4
Minimum	-12.1	-12.1	-11.7	-15.8	-18.1	-17.9	-12.1	-10.7	-10.4	-13.7	-13.8	-14.5	-18.1

Πίνακας Π. 7 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη για το 2018

January 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-	-	-	1.3	1.9	1.8	2.9	2.7	2.2	2.5	2.4	-	3.6
IQR	-	-	-	12.7	12.2	12.2	10.3	10.8	10.6	10.7	11.4	-	11.7
Maximum	-	-	-	18.3	18.0	18.0	19.0	18.4	17.5	17.9	18.0	-	16.2
Minimum	-	-	-	-9.8	-9.3	-9.3	-6.0	-6.4	-6.8	-7.8	-7.3	-	-10.1
April 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	6.5	-	-	4.6	4.8	4.5	6.2	6.5	7.6	5.4	5.6	5.8	14.0
IQR	9.7	-	-	10.4	10.4	10.7	8.1	8.6	6.9	9.8	9.4	9.7	4.4
Maximum	20.4	-	-	18.6	19.2	19.2	17.0	18.3	17.8	17.3	17.5	17.7	23.9
Minimum	-1.3	-	-	-6.3	-5.9	-6.1	-3.7	-2.5	-2.9	-4.3	-4.9	-4.6	-0.6
July 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	20.9	20.9	21.7	20.8	19.7	20.0	19.9	20.0	20.1	21.6	20.2	20.8	24.1
IQR	5.3	5.1	5.2	5.0	5.2	5.3	5.0	5.5	5.1	4.8	5.2	5.2	4.9
Maximum	37.8	38.0	38.6	37.0	36.9	37.4	34.2	35.1	35.1	33.7	33.6	34.5	38.3
Minimum	11.9	12.1	12.8	8.7	6.8	6.7	11.0	9.9	9.8	12.9	11.9	11.1	11.1
October 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	21.4	22.3	22.1	19.1	19.0	18.6	17.5	18.8	19.7	18.8	19.0	18.2	14.2
IQR	8.0	7.2	7.8	7.9	8.2	8.4	8.6	7.9	7.4	8.0	7.9	7.9	9.5
Maximum	35.2	36.2	36.4	34.4	34.5	34.6	33.0	33.4	34.1	30.2	30.2	29.7	28.4
Minimum	10.7	11.0	11.0	6.8	6.9	6.8	8.8	9.1	9.6	10.8	10.7	10.0	3.1

Πίνακας Π. 8 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη για το 2019

January 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	3.8	3.3	3.1	2.0	1.9	2.0	3.2	3.2	2.3	2.7	2.2	2.5	1.3
IQR	10.9	11.0	11.4	12.2	12.3	12.1	10.0	10.4	10.5	10.8	11.3	10.9	11.9
Maximum	19.1	19.0	19.1	18.2	18.4	17.7	18.9	19.0	18.1	18.3	18.0	18.1	15.8
Minimum	-4.3	-5.2	-5.7	-9.6	-9.3	-9.4	-5.7	-5.9	-6.7	-5.9	-7.8	-6.5	-11.1
April 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	5.8	6.4	6.3	4.9	4.3	4.6	5.8	6.4	6.8	5.1	5.7	5.3	11.1
IQR	10.2	10.0	10.2	10.2	10.6	11.0	8.6	8.5	7.5	10.3	10.1	10.5	4.9
Maximum	19.0	19.3	19.5	17.1	18.0	18.5	17.2	17.8	17.3	17.2	17.2	17.3	21.6
Minimum	-3.3	-1.4	-1.7	-6.6	-6.3	-6.2	-3.4	-3.2	-3.4	-4.9	-3.7	-4.3	-2.0
July 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	20.9	21.4	21.0	20.7	20.1	20.1	22.4	22.4	22.4	20.5	20.3	20.4	23.1
IQR	4.8	4.6	4.7	4.5	4.9	5.1	4.0	4.8	4.6	5.0	4.8	5.1	6.1
Maximum	37.4	37.8	38.3	36.5	36.8	37.0	35.7	36.7	36.2	33.5	33.6	33.8	37.9
Minimum	12.6	12.7	12.4	8.0	7.9	6.9	12.9	13.2	12.7	12.1	12.3	12.3	10.9
October 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	21.7	21.8	22.0	18.8	19.0	18.8	19.1	19.3	19.1	18.5	18.2	18.6	14.6
IQR	7.5	7.7	7.7	8.3	7.9	8.3	8.1	7.8	7.8	8.1	8.0	7.5	10.2
Maximum	35.2	35.9	36.5	34.3	34.3	34.4	32.7	33.2	33.7	29.8	29.8	29.9	28.8
Minimum	10.3	10.3	10.7	7.2	6.8	6.9	10.1	9.8	10.0	10.8	10.2	10.2	3.8

Πίνακας Π. 9 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη για το 2020

January 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	4.0	3.4	3.3	2.0	1.7	1.6	4.3	2.1	2.6	2.7	2.4	2.2	2.5
IQR	10.6	10.9	10.9	12.2	12.3	12.4	10.4	10.9	10.4	9.9	10.7	11.2	9.8
Maximum	19.2	18.9	18.5	18.4	17.7	17.4	19.0	18.4	17.8	18.0	17.8	17.5	15.5
Minimum	-4.4	-5.5	-5.4	-9.5	-9.5	-9.7	-4.9	-6.6	-7.0	-6.4	-7.1	-6.7	-12.5
April 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	6.5	6.9	7.1	5.2	5.1	5.0	7.8	7.2	7.5	5.7	5.4	5.1	10.8
IQR	9.8	9.6	9.8	9.3	10.2	10.5	7.8	8.8	8.2	9.2	9.6	9.8	6.3
Maximum	19.9	19.6	20.2	17.8	18.7	19.0	17.1	18.1	17.3	17.3	16.8	17.1	25.0
Minimum	-0.6	-0.9	-0.7	-6.7	-5.8	-5.6	-2.1	-2.3	-3.3	-3.2	-4.1	-3.8	-3.4
July 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	21.2	21.8	21.6	20.8	20.7	20.2	23.6	23.6	23.7	20.7	21.0	20.5	24.1
IQR	5.1	5.2	4.9	5.2	4.9	5.5	4.0	4.4	4.0	5.1	4.9	5.2	5.1
Maximum	38.0	38.5	38.3	37.4	37.1	37.2	37.6	37.2	37.4	33.3	33.9	34.0	40.5
Minimum	12.2	12.5	12.8	8.5	7.6	7.5	12.4	12.4	12.5	12.4	12.3	12.4	10.9
October 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	20.6	21.6	21.8	19.3	18.9	19.1	21.0	21.5	22.2	18.0	18.1	18.0	15.2
IQR	8.6	7.8	7.7	7.8	8.1	8.2	7.5	7.1	7.1	8.3	8.0	7.8	9.0
Maximum	34.3	35.2	35.6	34.3	34.3	34.6	36.4	36.9	37.0	29.6	29.3	29.4	27.7
Minimum	10.4	10.4	10.2	7.2	6.8	6.8	9.9	10.4	10.7	10.4	9.8	9.6	-0.1

Πίνακας Π. 10 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Νοτιοδυτική Ευρώπη για το 2018

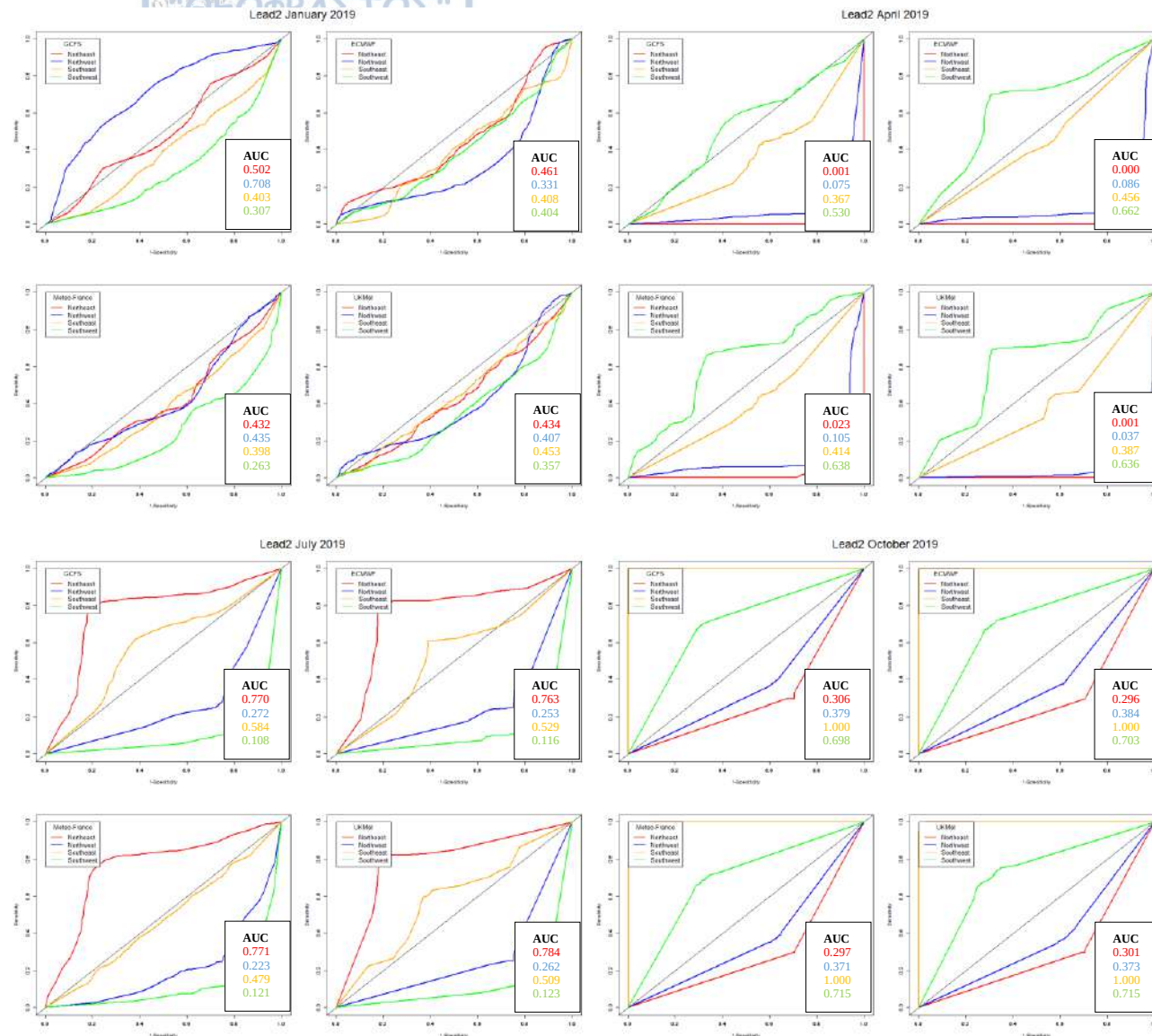
January 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-	-	-	11.6	11.9	11.9	12.1	11.6	11.6	12.0	11.7	-	11.9
IQR	-	-	-	7.5	7.3	7.4	7.2	6.7	6.8	7.5	7.3	-	6.0
Maximum	-	-	-	19.3	19.0	19.0	19.7	18.7	18.7	19.9	19.5	-	18.8
Minimum	-	-	-	-8.0	-7.3	-7.3	-2.4	-2.8	-3.0	-6.9	-7.1	-	-6.2
April 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	11.9	-	-	11.0	11.2	11.3	11.8	11.6	11.3	11.1	11.2	11.0	12.9
IQR	5.3	-	-	5.2	5.1	5.0	5.1	5.0	5.1	5.1	5.2	5.0	4.0
Maximum	18.3	-	-	17.5	17.5	17.3	18.1	17.9	17.3	17.9	17.7	17.7	23.4
Minimum	0.2	-	-	-5.1	-5.1	-4.8	-0.2	-0.4	-0.1	-3.4	-4.0	-3.9	1.4
July 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	16.8	16.7	16.9	17.1	16.6	16.9	16.7	17.0	16.9	16.8	16.3	16.2	19.9
IQR	4.8	5.0	5.1	4.5	4.6	4.5	4.8	5.0	4.9	4.7	4.7	4.9	4.3
Maximum	31.8	32.4	33.2	31.7	31.4	31.3	30.7	31.0	31.3	31.6	31.4	31.5	38.1
Minimum	10.3	10.8	10.7	9.6	7.5	7.5	10.5	10.6	9.9	10.9	11.1	11.1	11.5
October 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	19.6	19.2	19.4	18.6	18.6	18.5	18.4	18.7	18.9	18.7	18.5	17.9	15.9
IQR	5.1	5.4	5.9	5.5	5.5	5.5	5.7	5.6	5.2	5.0	4.9	5.0	6.3
Maximum	29.8	29.9	30.1	28.6	28.8	28.8	28.7	29.4	29.6	27.7	27.5	27.0	22.9
Minimum	11.8	12.1	12.2	7.6	7.9	7.7	9.2	9.6	10.2	11.8	11.7	11.1	3.7

Πίνακας Π. 11 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Νοτιοδυτική Ευρώπη για το 2019

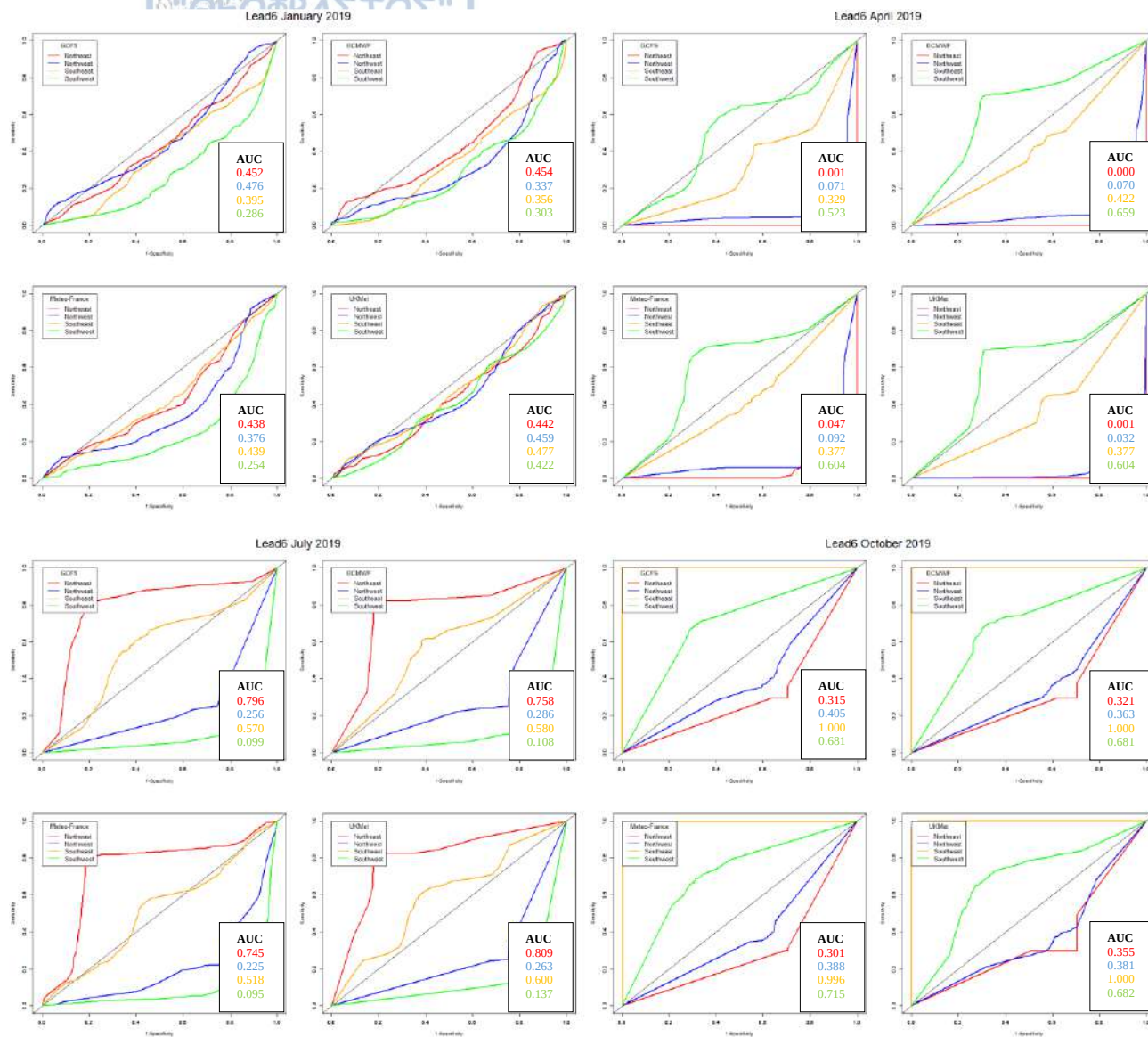
January 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	12.1	12.2	12.0	11.4	11.6	11.6	11.8	11.3	11.2	11.5	11.4	11.5	11.0
IQR	6.5	6.8	6.6	7.1	7.2	7.1	6.8	7.0	6.8	6.7	6.9	6.8	6.7
Maximum	20.2	20.4	20.4	19.0	19.2	18.9	19.3	18.9	18.6	19.5	19.3	19.3	18.4
Minimum	-1.5	-1.7	-1.6	-7.8	-7.5	-7.4	-2.3	-3.1	-3.4	-4.7	-4.2	-5.0	-11.1
April 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	11.6	11.6	11.7	11.0	10.9	10.9	11.5	11.2	11.1	10.9	10.9	10.8	12.4
IQR	5.2	5.3	5.5	5.1	5.0	5.1	5.0	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0	4.3
Maximum	18.4	18.1	18.3	17.3	17.2	17.1	17.7	17.5	17.1	17.6	17.3	17.5	22.1
Minimum	0.1	0.5	0.7	-4.8	-5.2	-5.2	-0.6	-0.6	-0.4	-3.9	-3.6	-3.2	-0.9
July 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	17.2	17.1	16.7	17.0	17.0	16.6	17.9	18.0	17.6	16.6	16.4	16.2	19.7
IQR	4.6	4.9	4.8	4.7	4.5	4.4	4.6	4.9	4.8	4.7	4.5	4.8	4.8
Maximum	32.3	32.6	32.3	31.2	31.1	31.3	32.1	33.0	32.7	31.1	30.9	31.1	36.2
Minimum	10.6	10.2	10.5	9.1	8.8	7.8	10.8	10.8	11.0	10.4	10.4	10.2	12.2
October 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	19.0	19.2	19.5	18.9	18.8	18.7	18.8	18.8	18.7	18.5	18.1	17.9	16.8
IQR	6.1	5.6	5.7	5.7	5.5	5.4	5.7	5.8	5.6	5.1	5.2	4.9	6.3
Maximum	29.3	29.9	30.2	29.2	29.1	29.0	29.3	29.4	29.3	27.5	26.9	27.4	25.0
Minimum	11.3	11.5	12.0	8.3	7.9	7.9	10.3	9.9	10.1	11.8	11.3	11.1	3.6

Πίνακας Π. 12 Στατιστικά αποτελέσματα των εποχικών θερμοκρασιών για τη Νοτιοδυτική Ευρώπη για το 2020

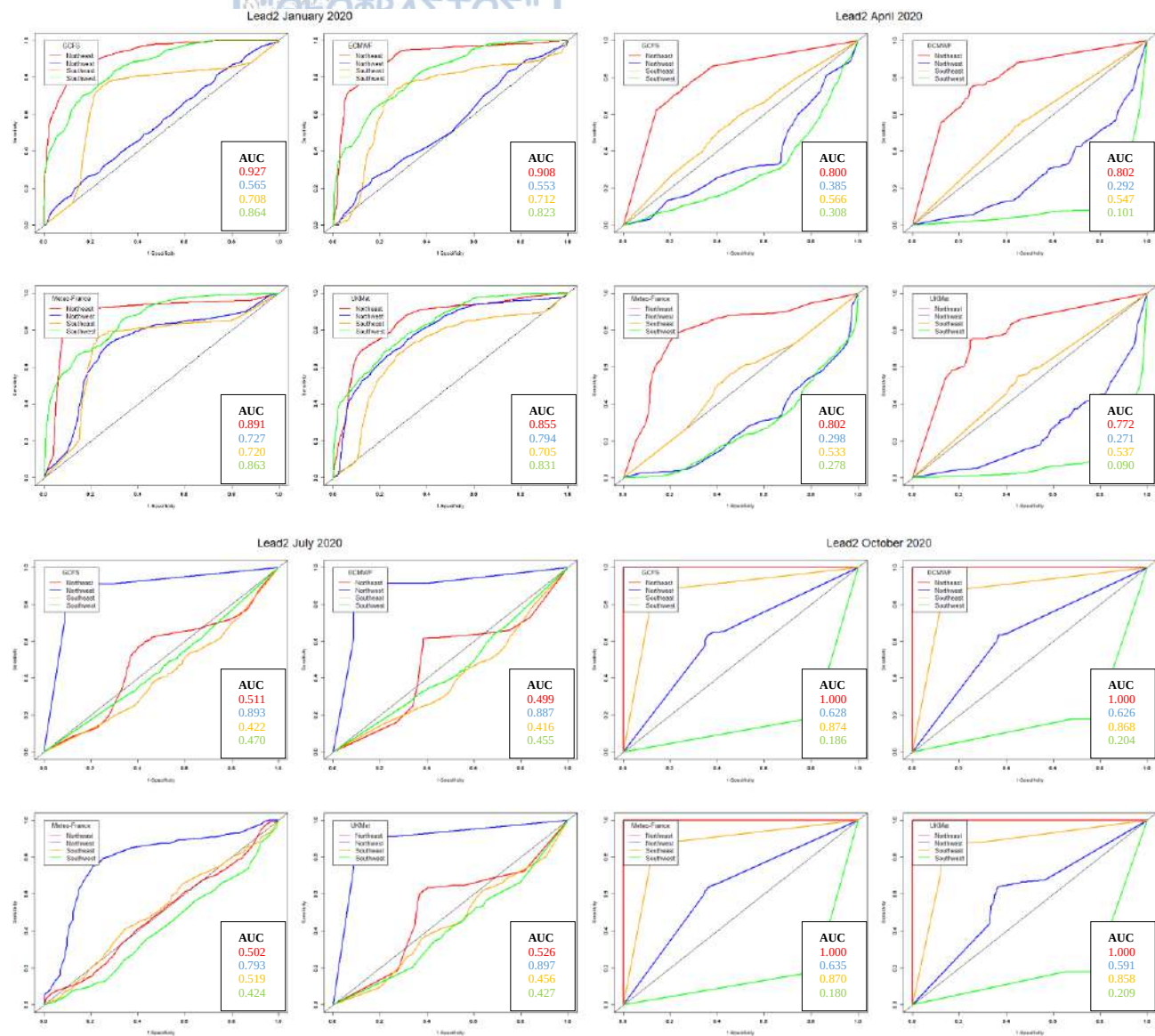
January 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(°C)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	11.9	12.4	12.3	11.4	11.9	11.9	12.2	11.5	11.4	11.5	11.6	11.5	11.1
IQR	6.5	6.7	6.8	7.5	7.0	7.1	6.3	6.7	7.0	7.0	6.8	6.9	6.5
Maximum	20.5	20.4	20.4	19.5	19.2	19.2	19.8	19.0	18.9	19.9	19.5	19.2	19.2
Minimum	-0.9	-1.1	-1.2	-7.7	-7.1	-7.5	-2.5	-2.9	-3.1	-3.8	-3.7	-4.8	-7.4
April 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	11.8	11.6	11.7	10.9	11.0	11.0	11.8	11.9	11.7	11.0	10.9	11.0	13.5
IQR	5.2	5.5	5.5	5.3	5.2	5.2	5.1	5.0	4.8	5.0	4.9	5.0	4.3
Maximum	18.8	18.5	18.4	17.7	17.5	17.3	18.7	19.0	18.6	18.0	17.9	17.6	23.3
Minimum	0.8	1.1	1.2	-4.4	-4.6	-4.7	-0.1	-0.2	-0.3	-1.8	-2.4	-2.2	1.9
July 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	17.1	17.2	17.0	17.5	16.8	16.8	18.8	18.8	18.8	16.9	16.3	16.2	19.7
IQR	5.1	5.2	5.0	4.7	4.8	4.6	4.7	4.6	4.4	4.9	5.0	4.9	5.5
Maximum	33.1	33.1	33.0	32.0	31.6	31.7	33.8	34.4	34.1	31.4	31.2	31.0	35.0
Minimum	10.8	10.0	10.1	9.9	8.7	8.7	12.3	12.5	12.6	10.6	10.2	10.3	11.7
October 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	19.7	19.4	19.4	18.9	18.8	18.6	19.4	20.4	20.2	18.5	17.9	17.6	16.0
IQR	5.6	5.9	5.7	5.8	5.5	5.8	5.9	5.1	5.3	5.6	5.3	5.5	6.4
Maximum	29.5	29.7	30.0	29.5	28.8	29.2	30.8	31.0	31.7	27.1	26.9	26.6	23.3
Minimum	11.5	11.5	11.4	8.2	7.8	7.8	11.4	12.0	12.1	11.5	10.9	10.6	-0.1



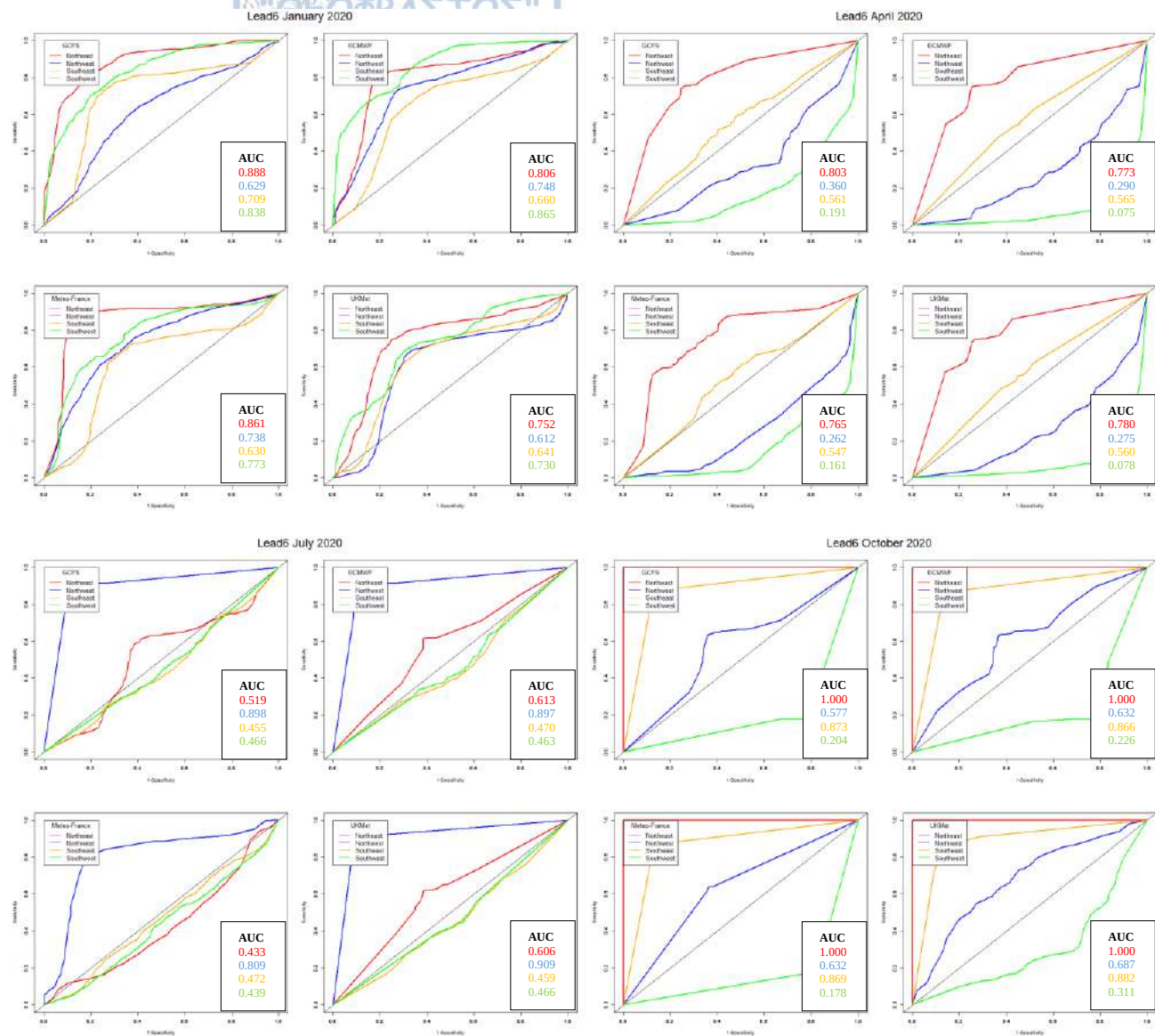
Σχήμα Π. 36 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFs, ECMWF, Météo-France, UKMet) με Lead time 2, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2019 για την κλιματική παράμετρο της θερμοκρασίας, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



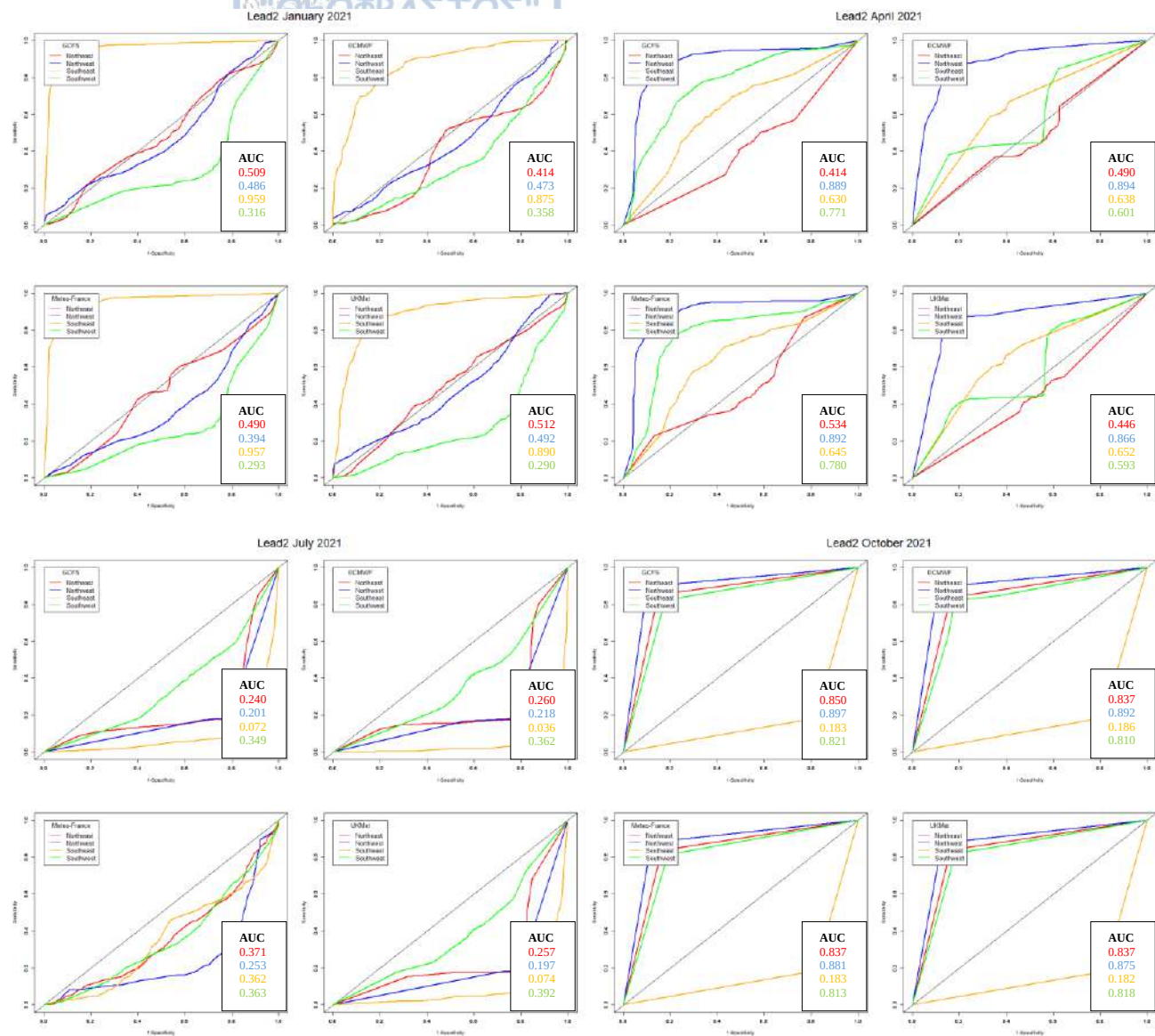
Σχήμα Π. 37 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Météo-France, UKMet) με Lead time 6, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2019 για την κλιματική παράμετρο της θερμοκρασίας, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



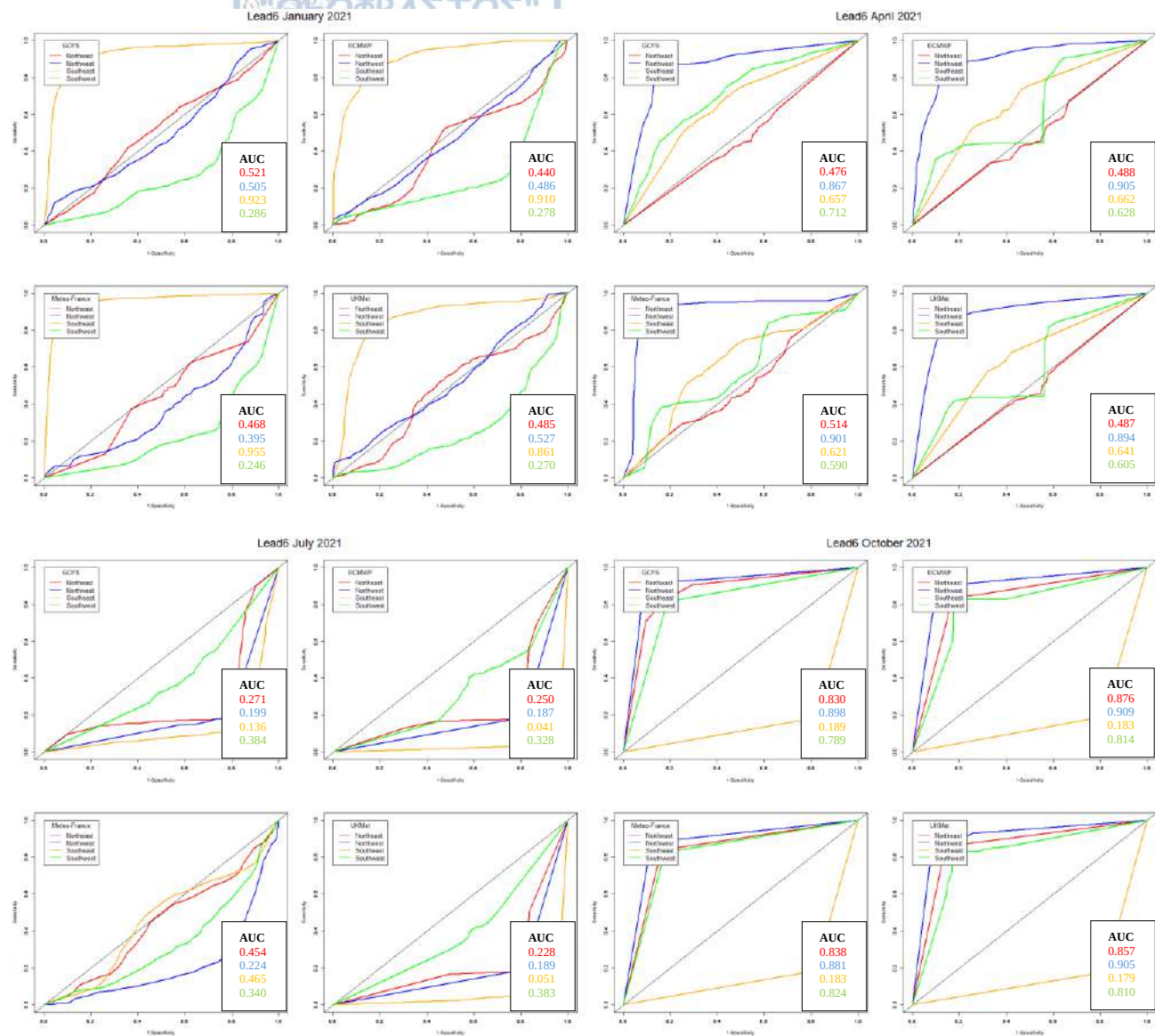
Σχήμα Π. 38 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Météo-France, UKMet) με Lead time 2, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2020 για την κλιματική παράμετρο της θερμοκρασίας, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



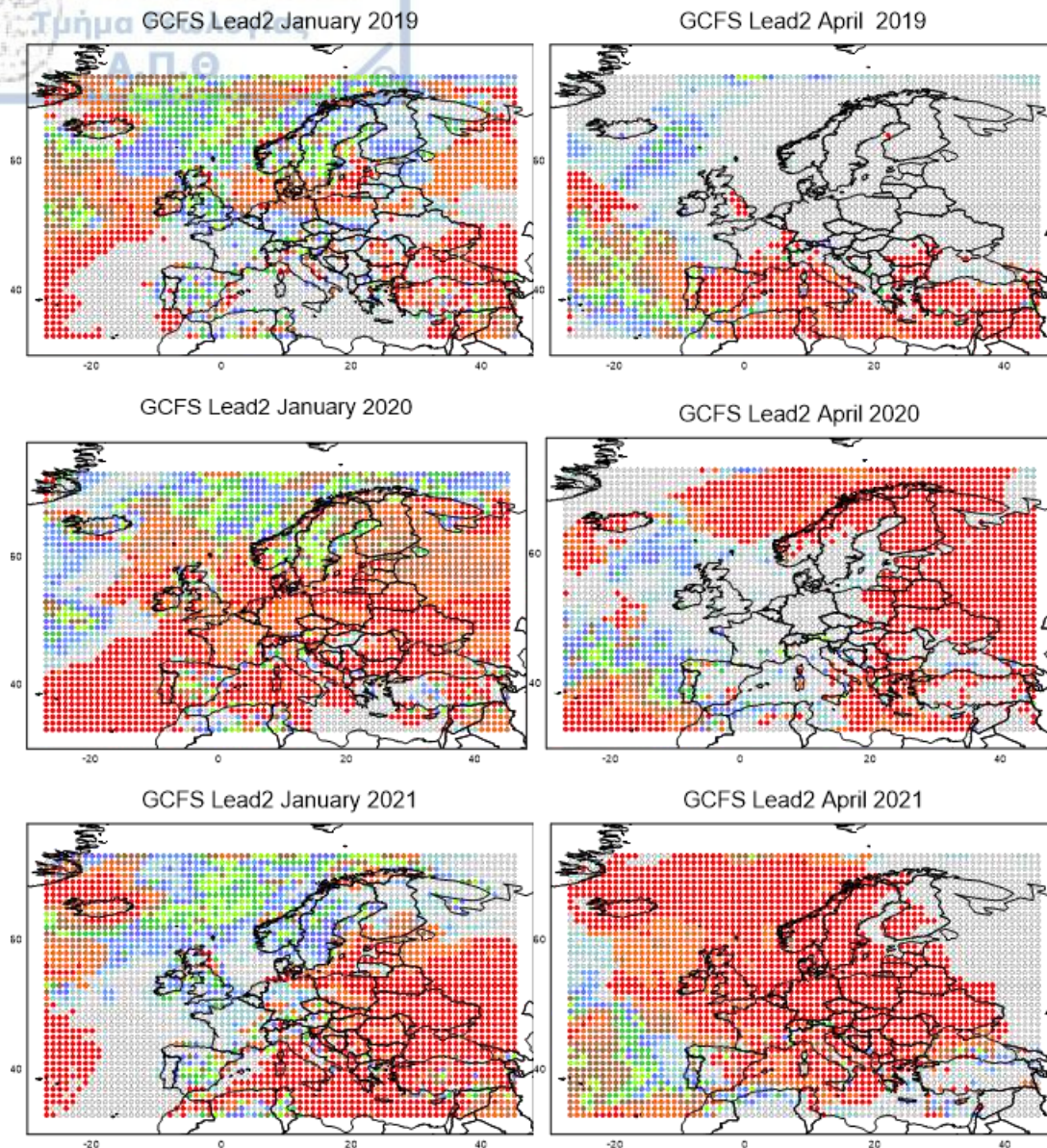
Σχήμα Π. 39 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Μétéo-France, UKMet) με Lead time 6, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2020 για την κλιματική παράμετρο της θερμοκρασίας, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



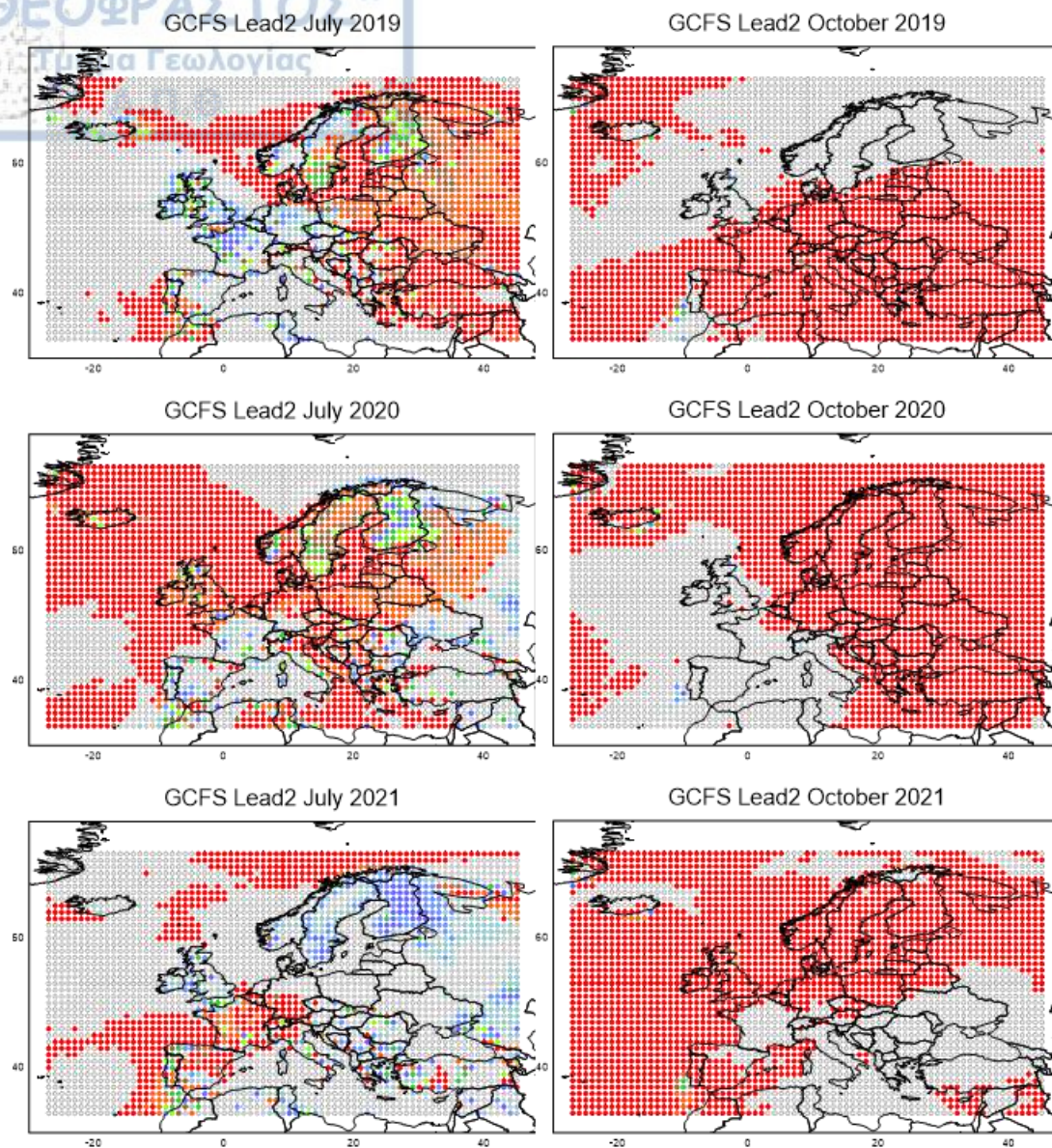
Σχήμα Π. 40 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Μétéo-France, UKMet) με Lead time 2, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2021 για την κλιματική παράμετρο της θερμοκρασίας, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



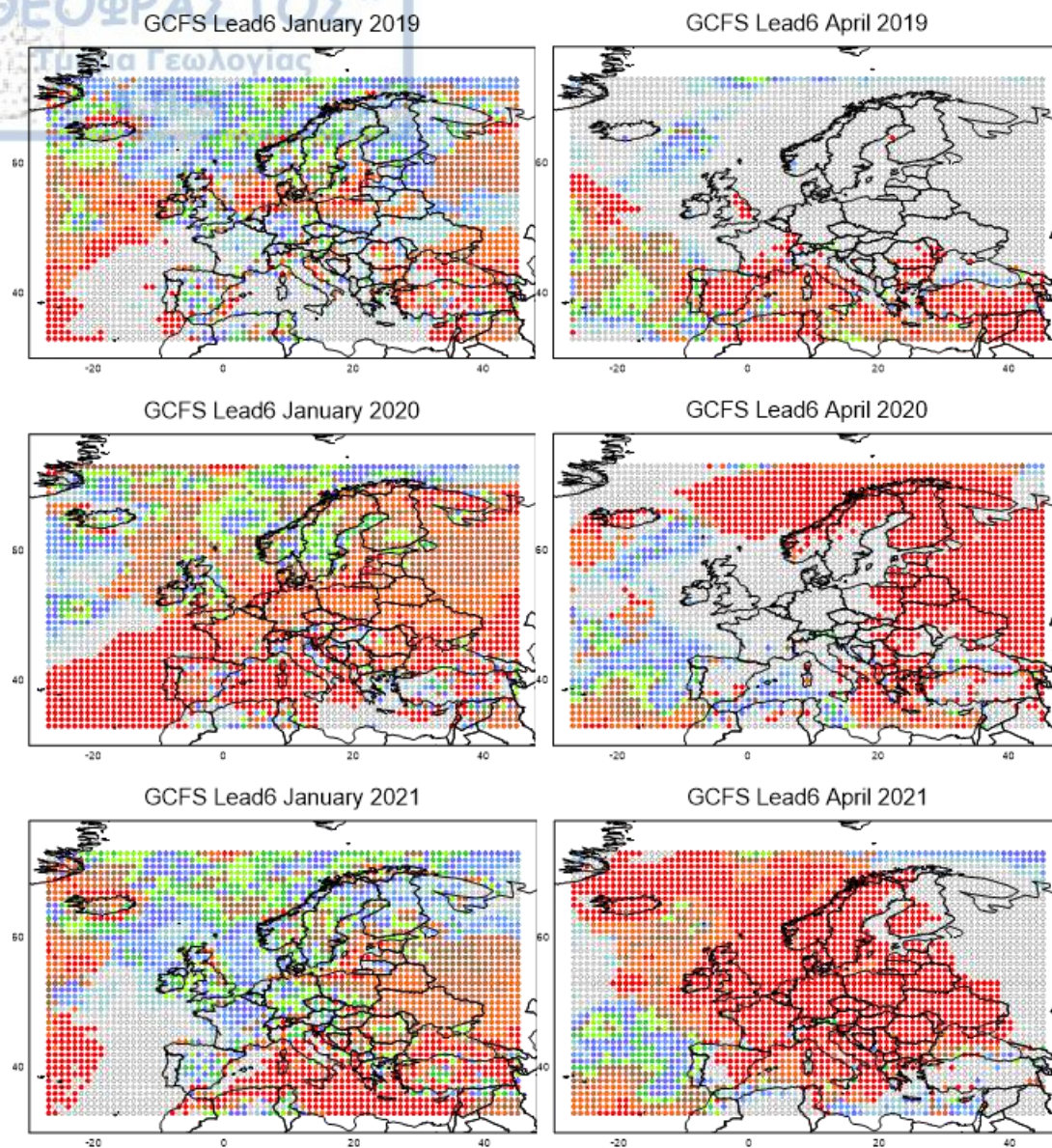
Σχήμα Π. 41 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Météo-France, UKMet) με Lead time 6, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2021 για την κλιματική παράμετρο της θερμοκρασίας, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



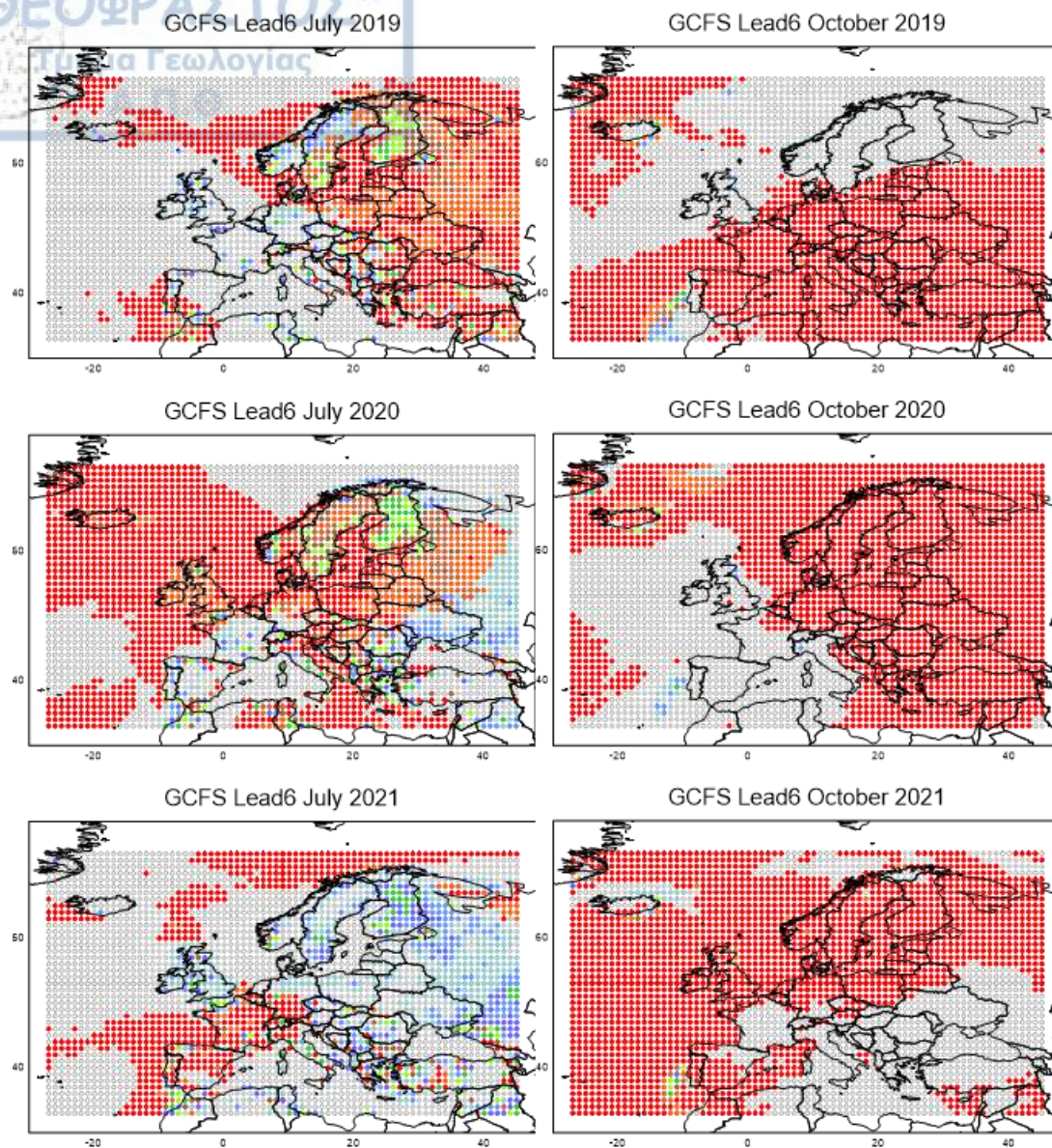
Σχήμα Π. 42 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCFS με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



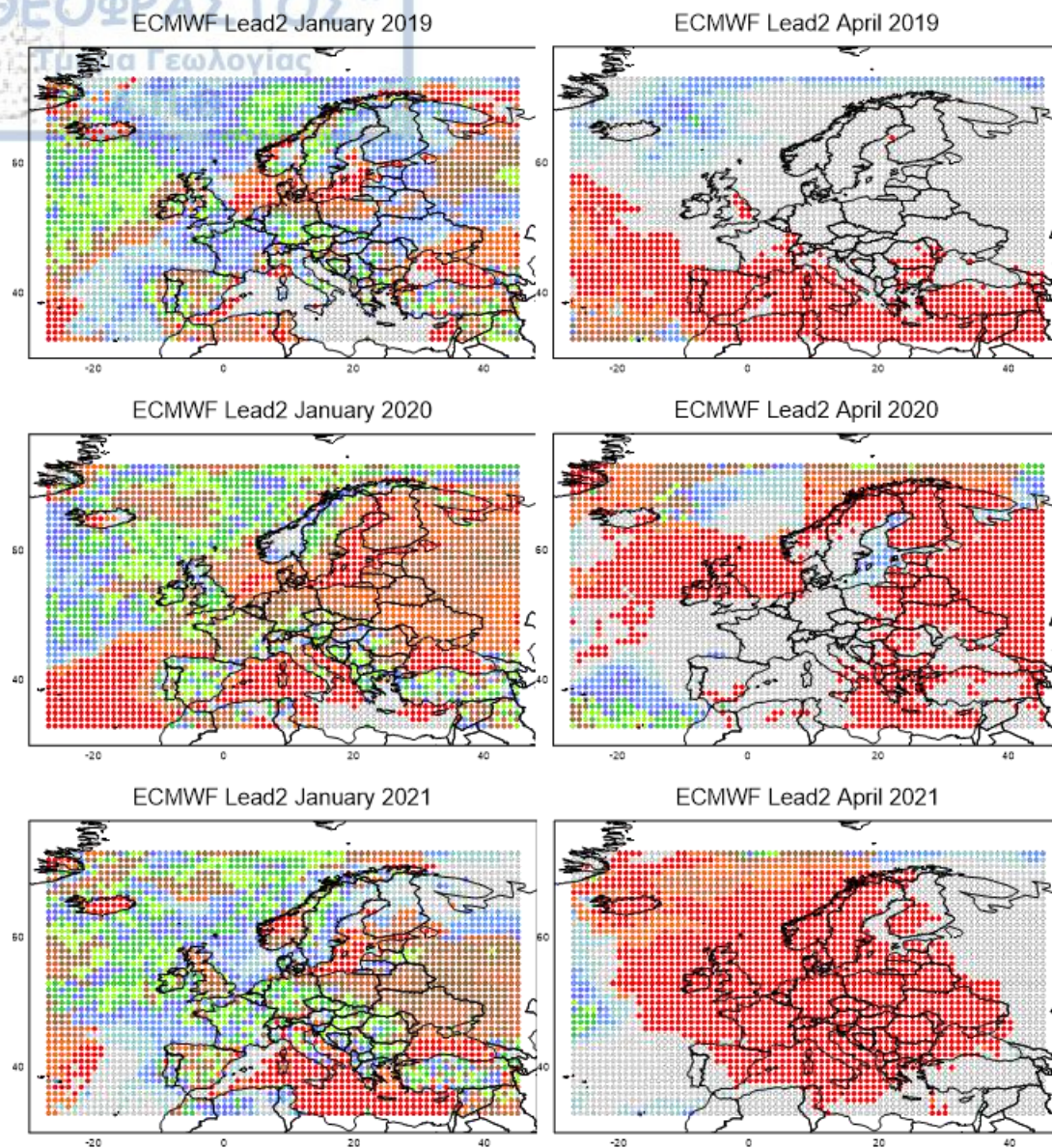
Σχήμα Π. 43 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCFS με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



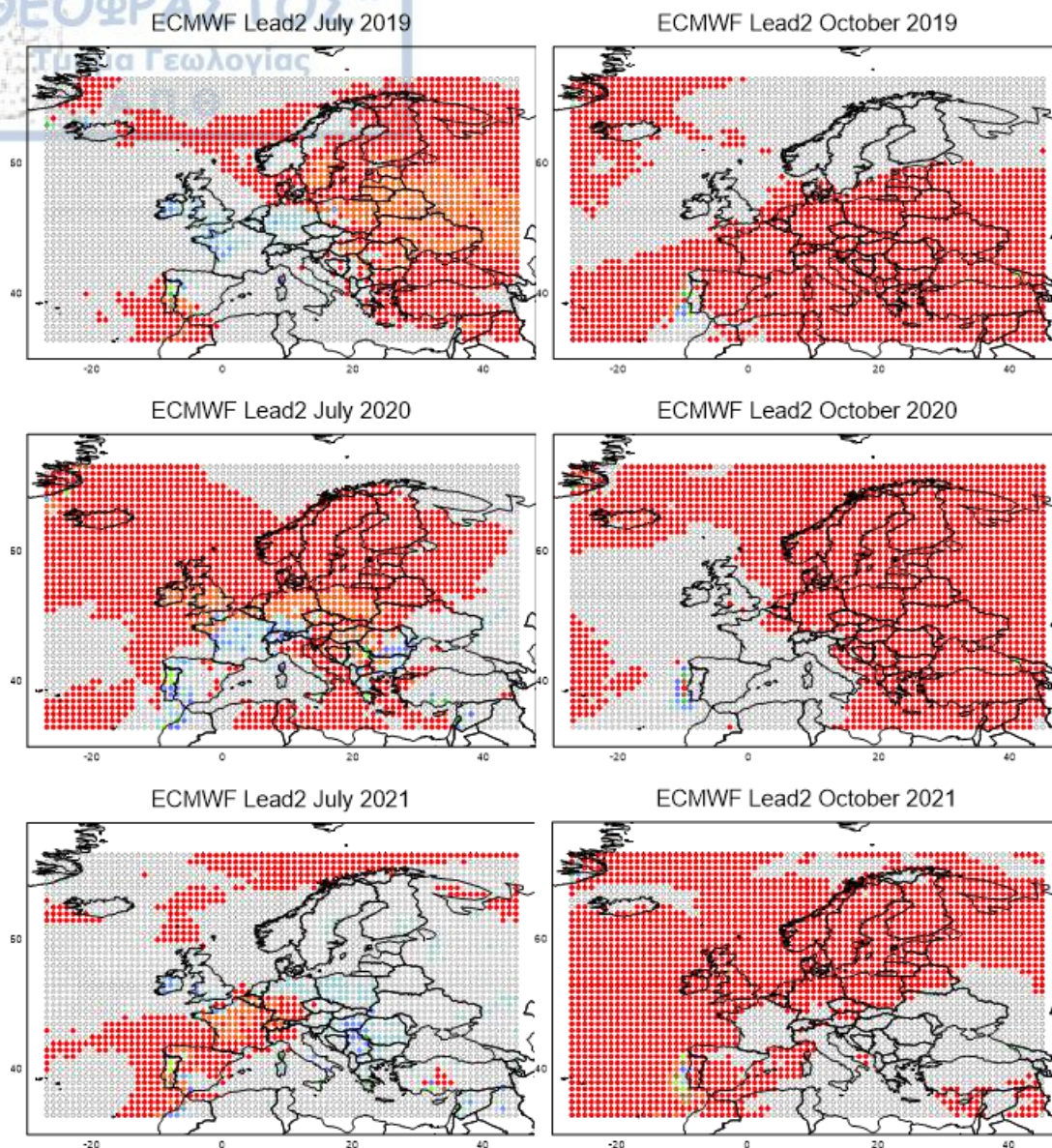
Σχήμα Π. 44 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCFS με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



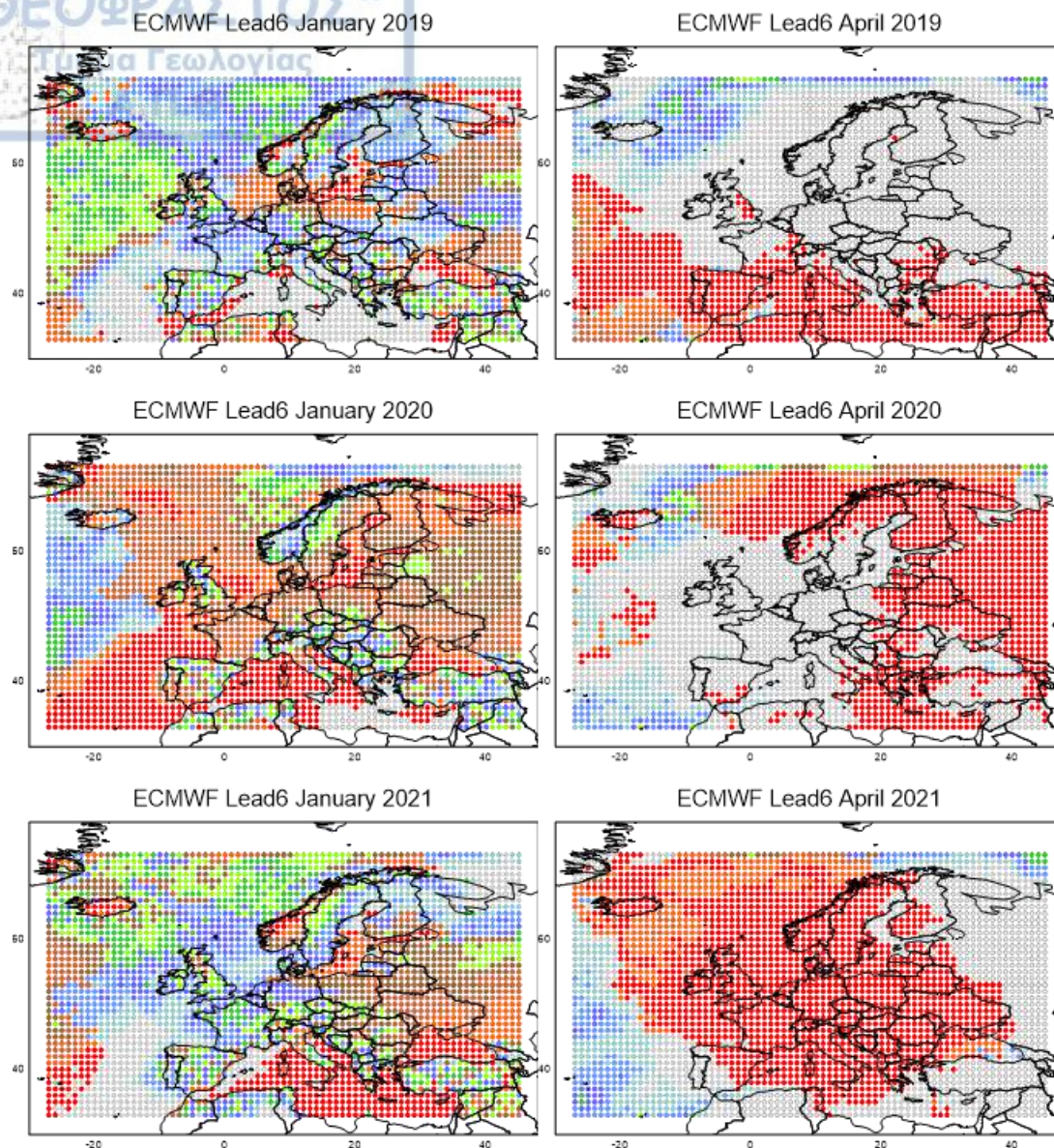
Σχήμα Π. 45 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCFS με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



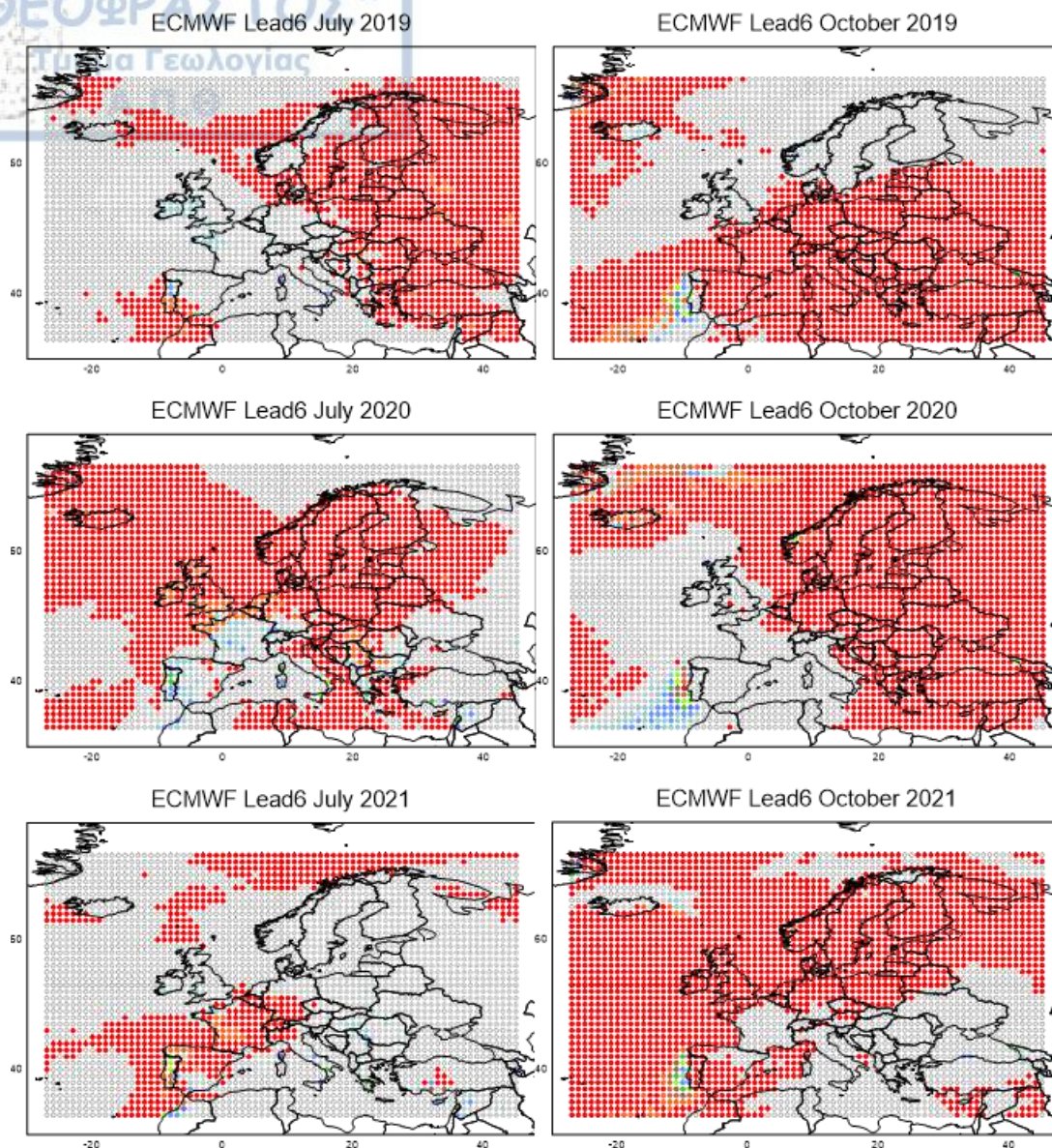
Σχήμα Π. 46 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του ECMWF με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



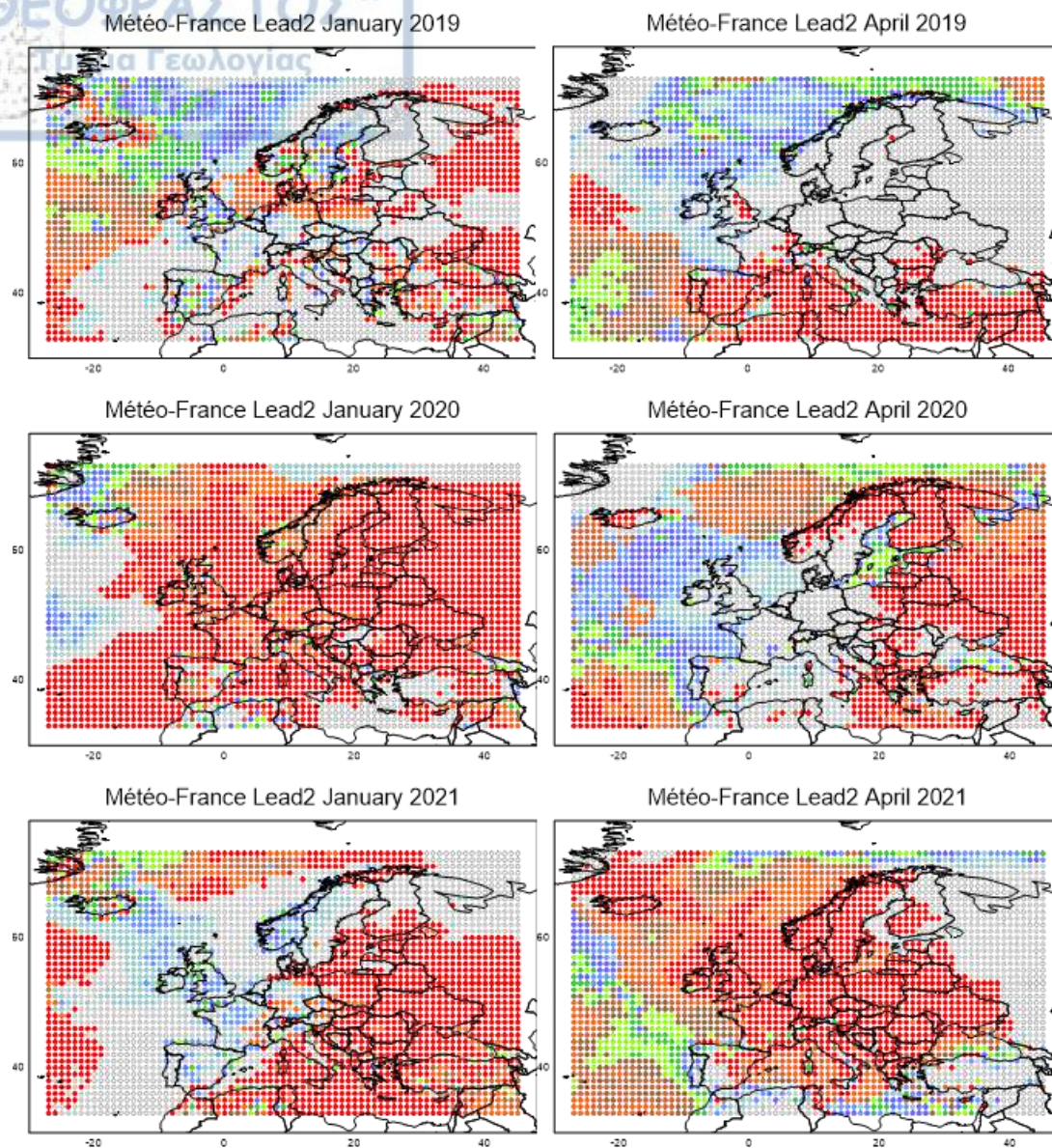
Σχήμα Π. 47 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του ECMWF με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



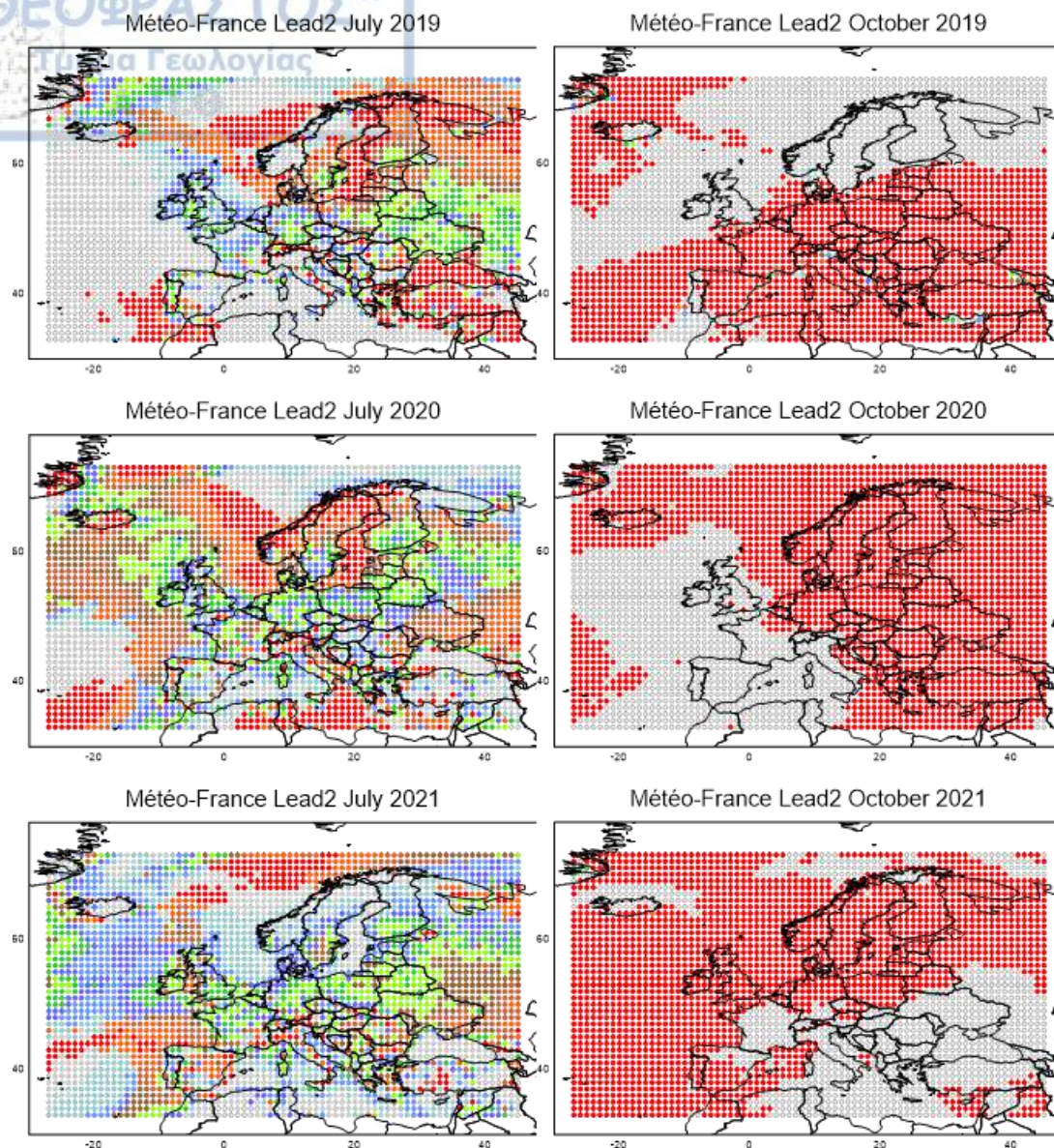
Σχήμα Π. 48 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του ECMWF με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



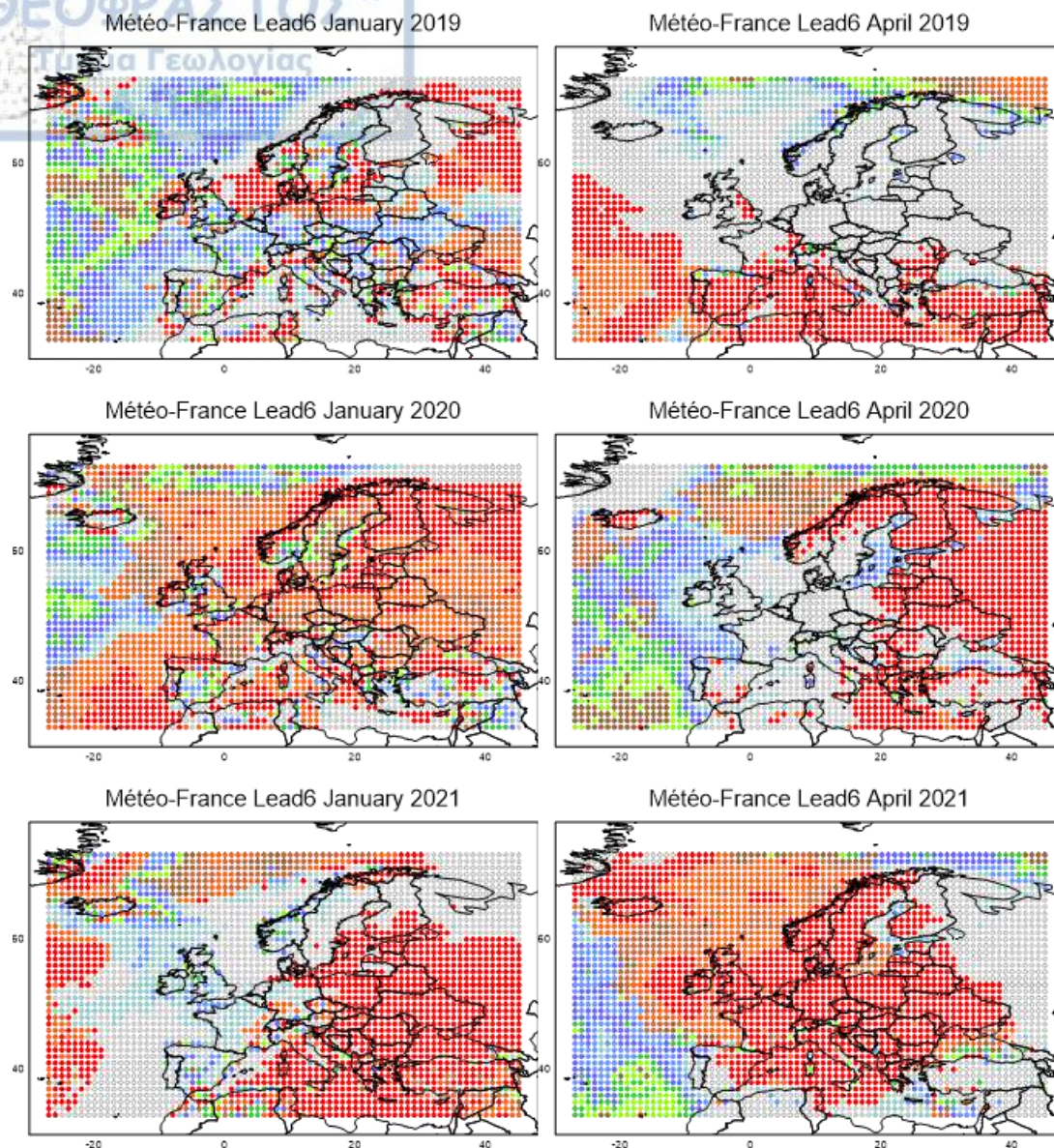
Σχήμα Π. 49 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του ECMWF με *Lead time* 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



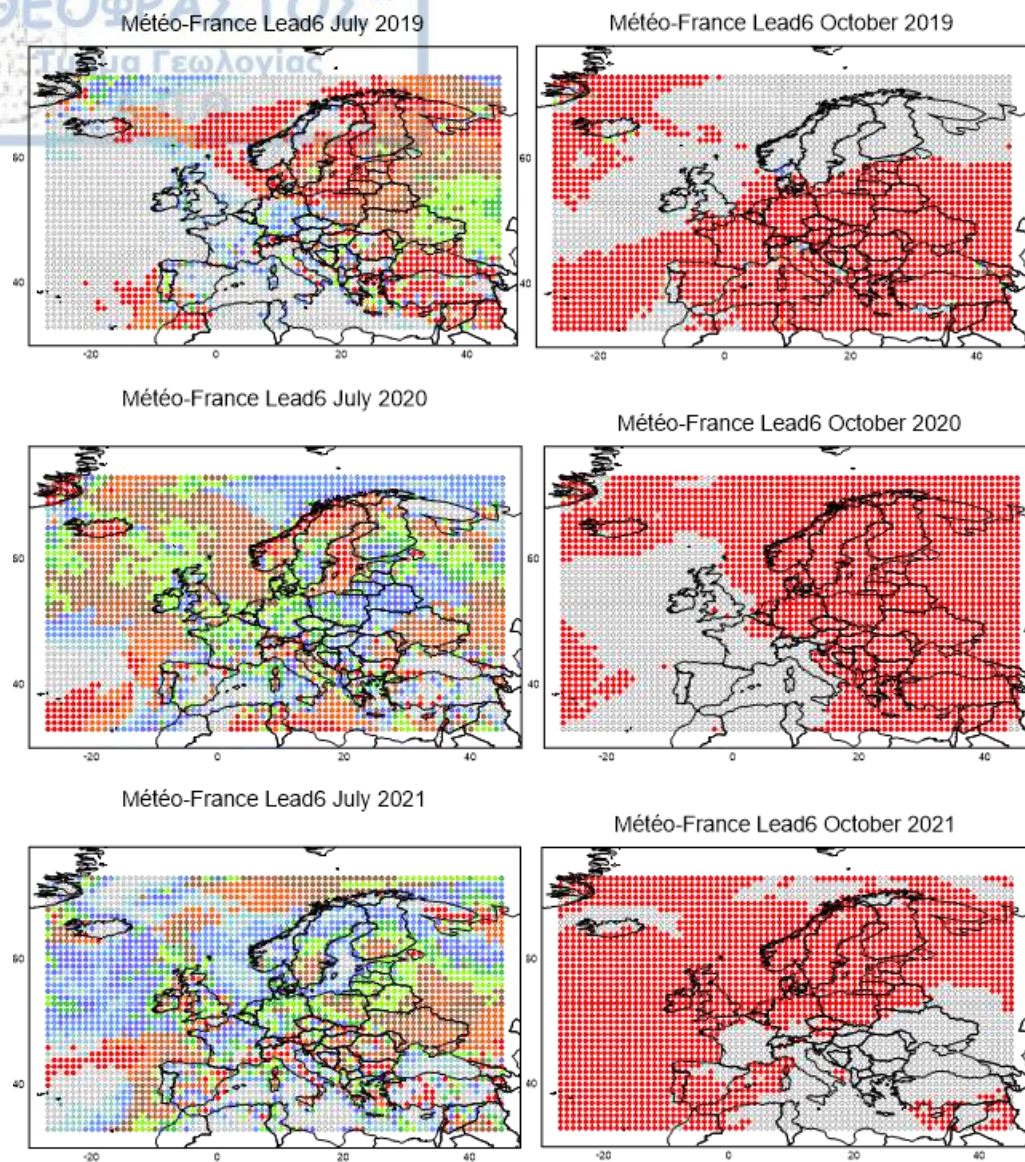
Σχήμα Π. 50 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του *Météo-France* με *Lead time* 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



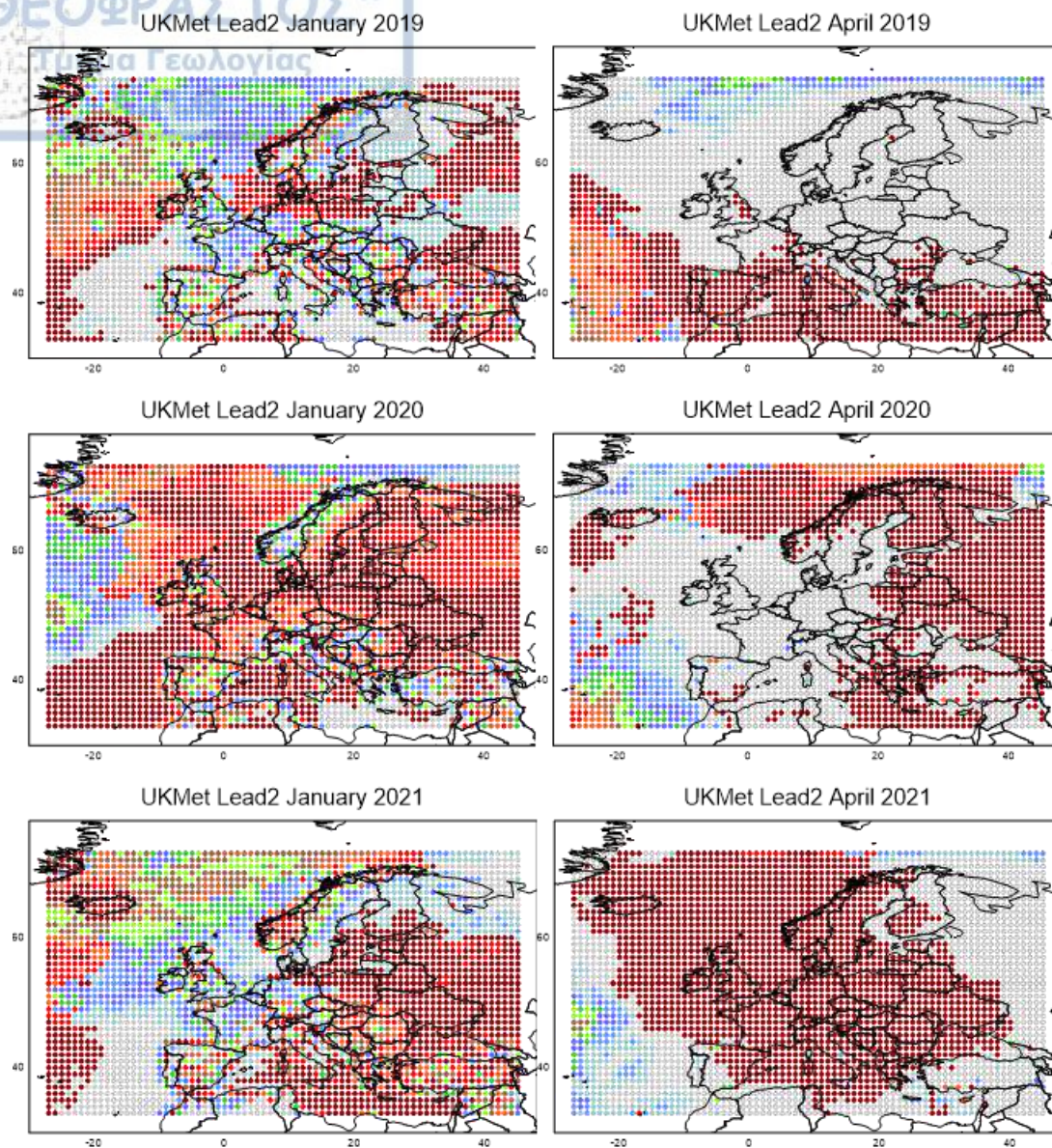
Σχήμα Π. 51 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του *Météo-France* με *Lead time* 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



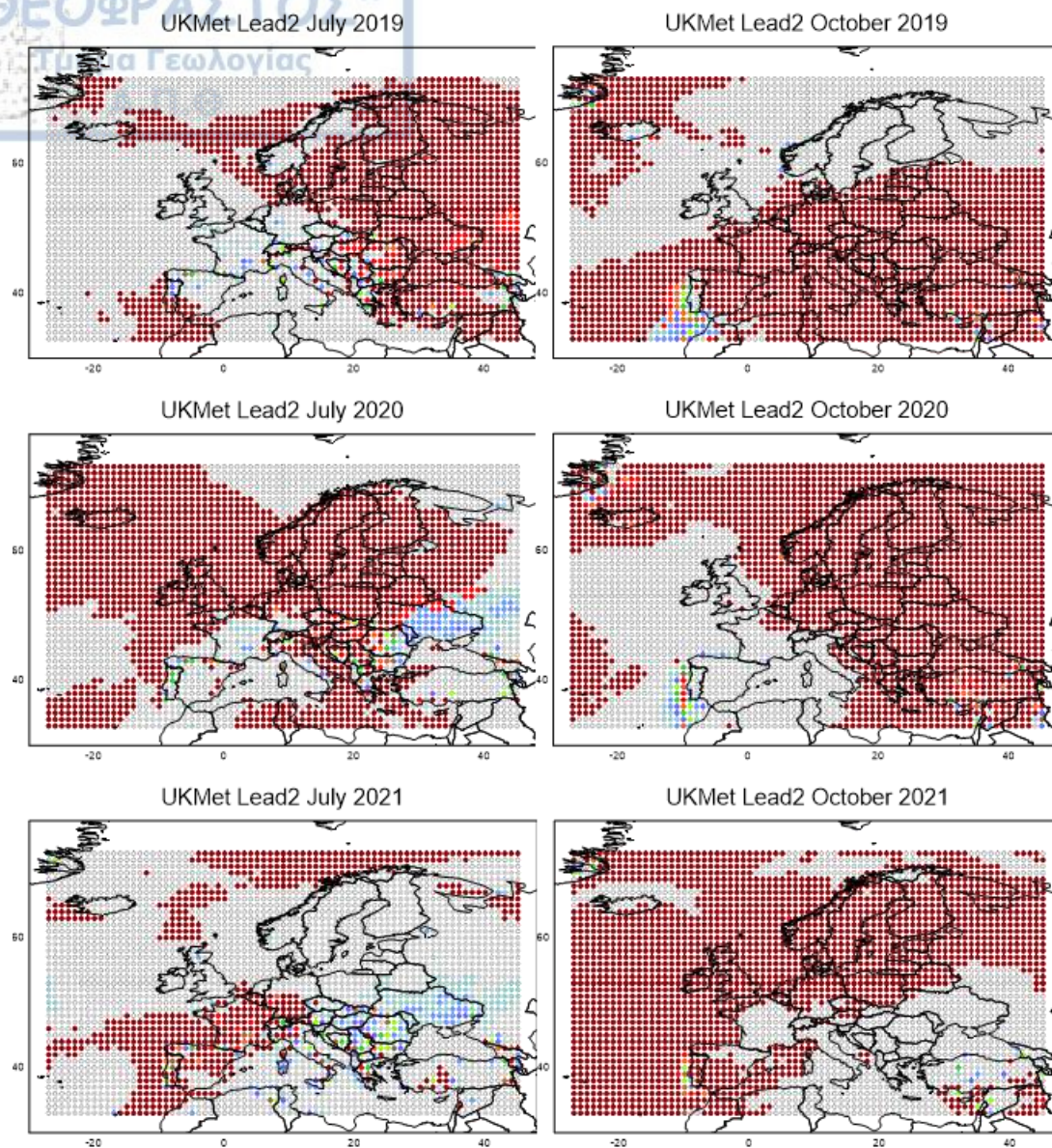
Σχήμα Π. 52 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του Météo-France με *Lead time* 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



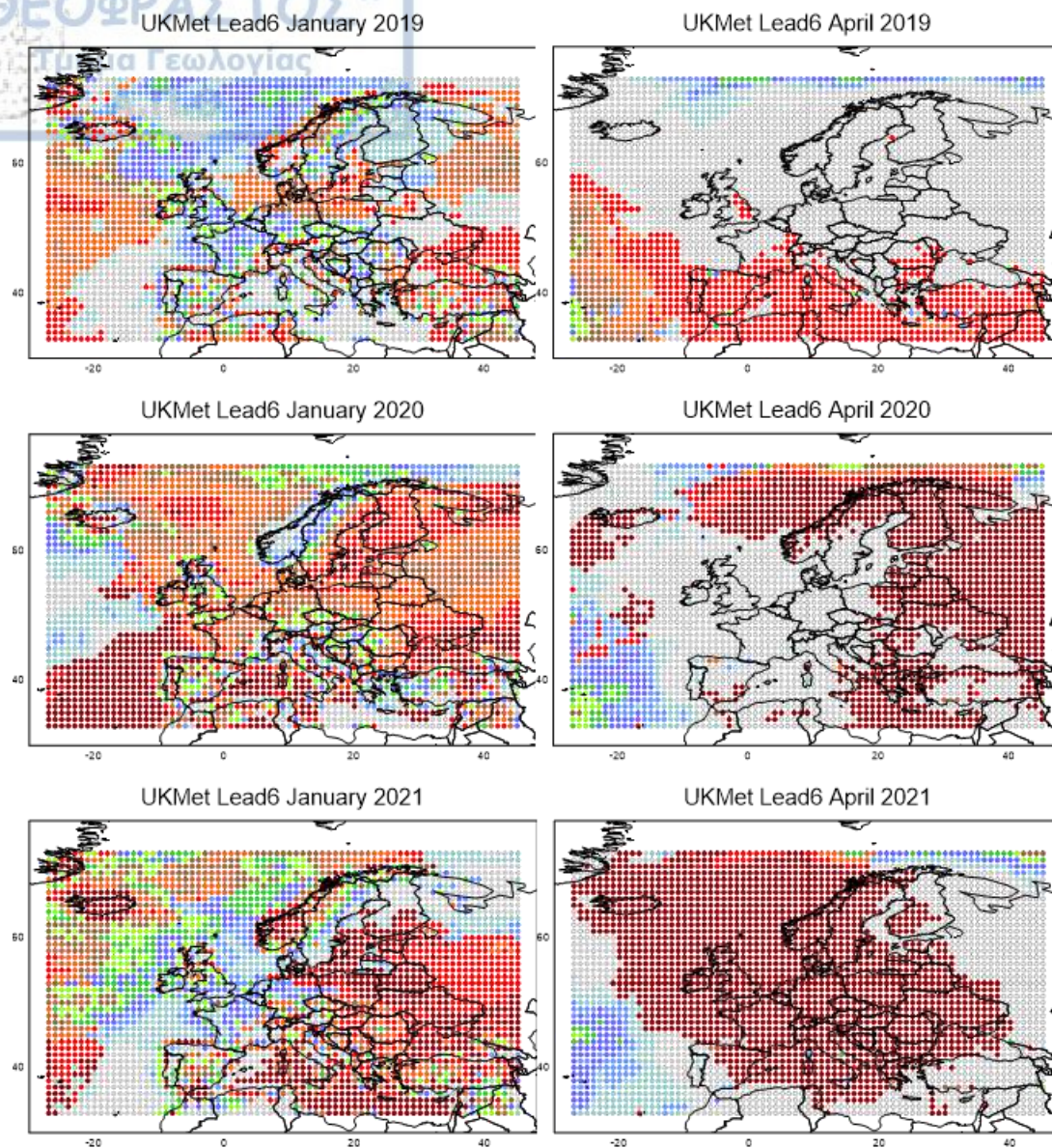
Σχήμα Π. 53 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του *Météo-France* με *Lead time* 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



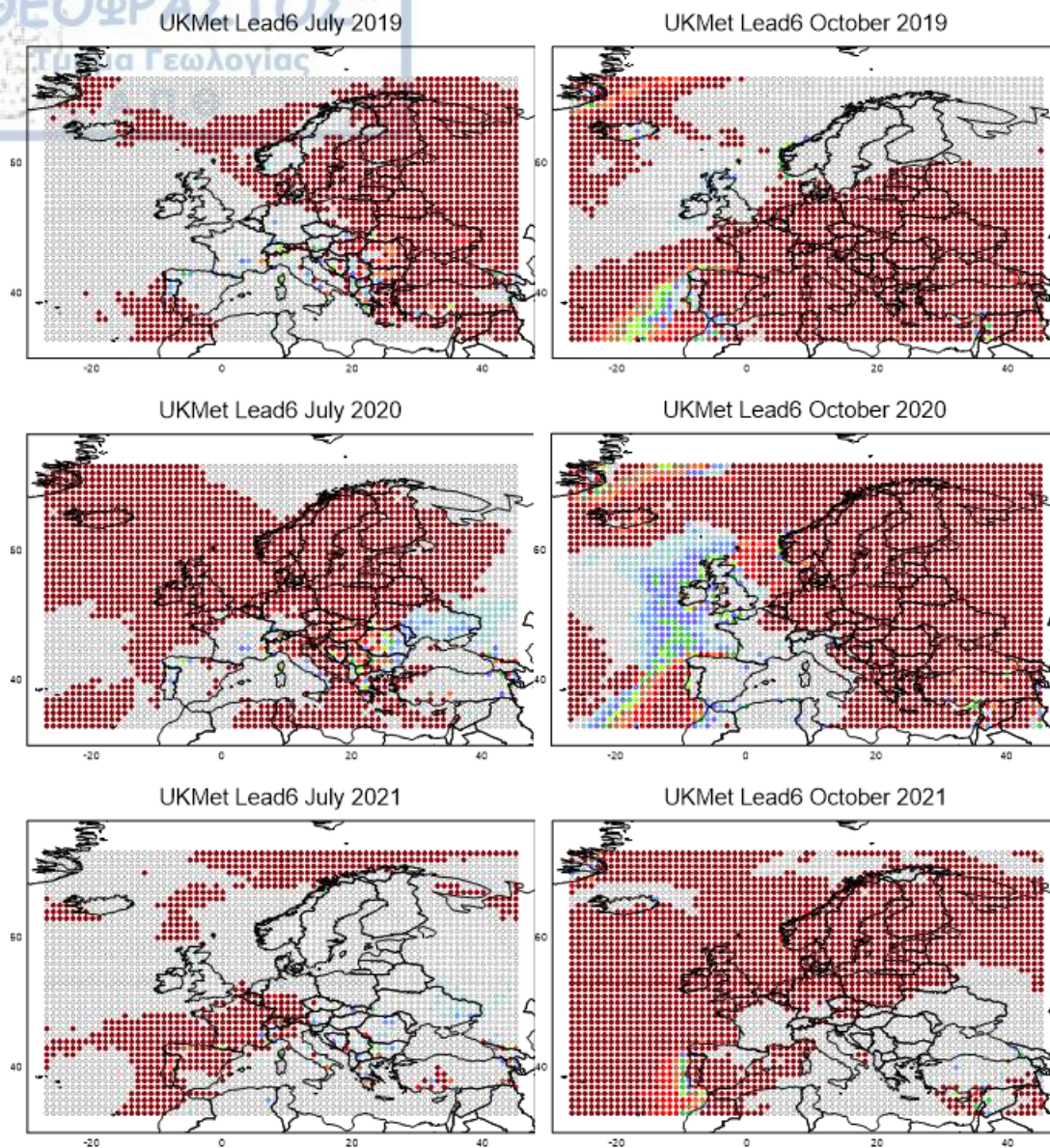
Σχήμα Π. 54 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



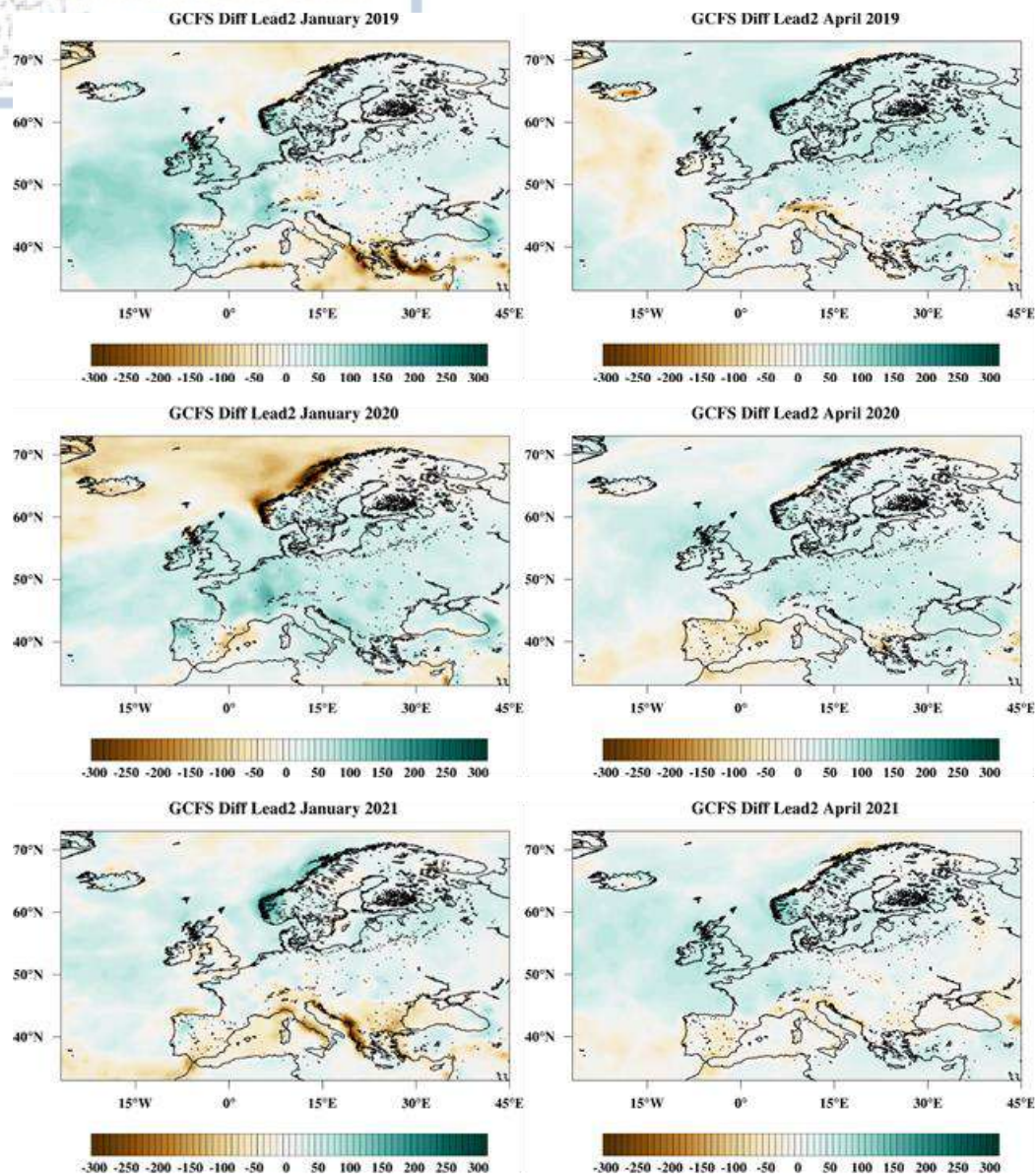
Σχήμα Π. 55 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



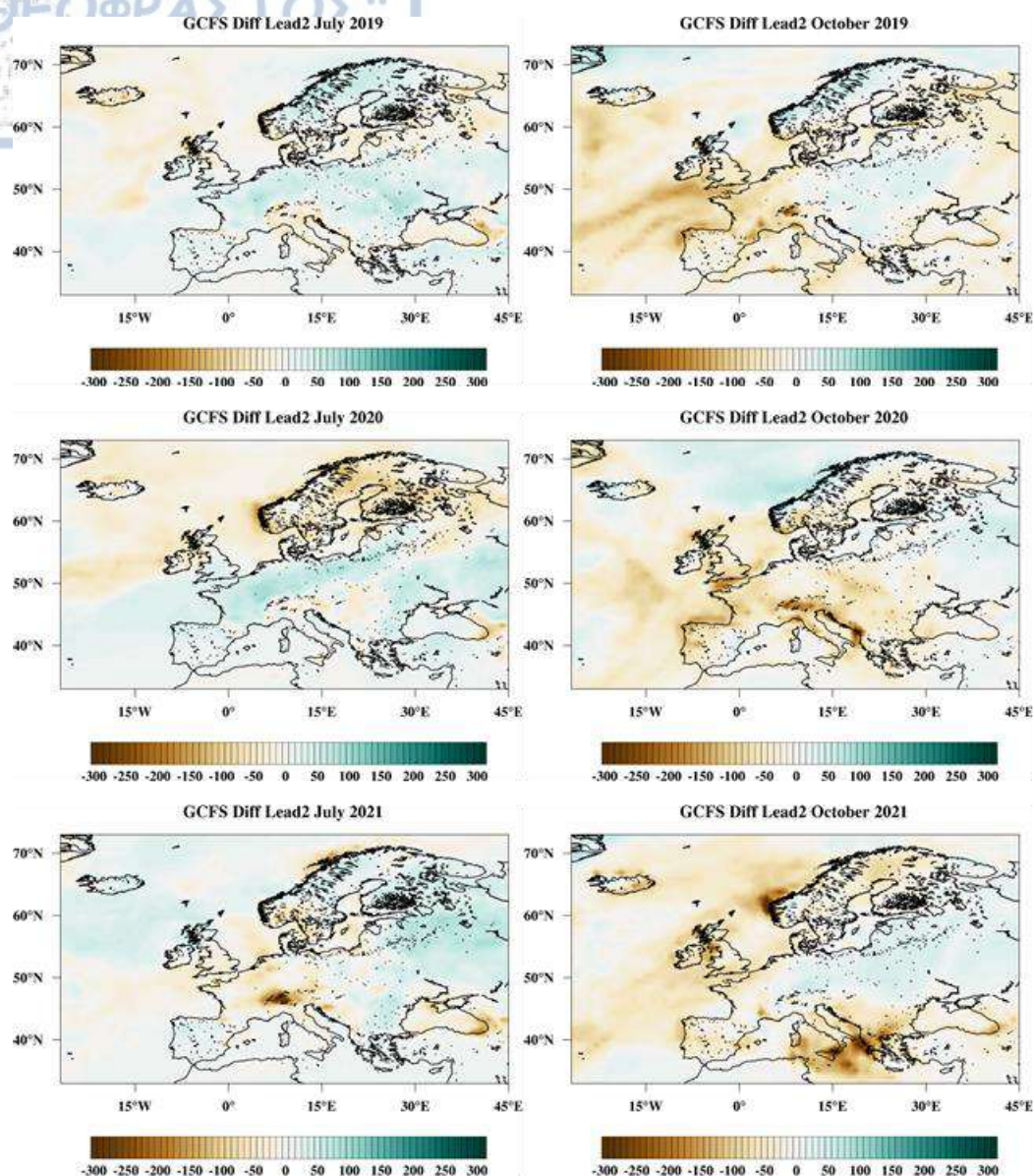
Σχήμα Π. 56 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



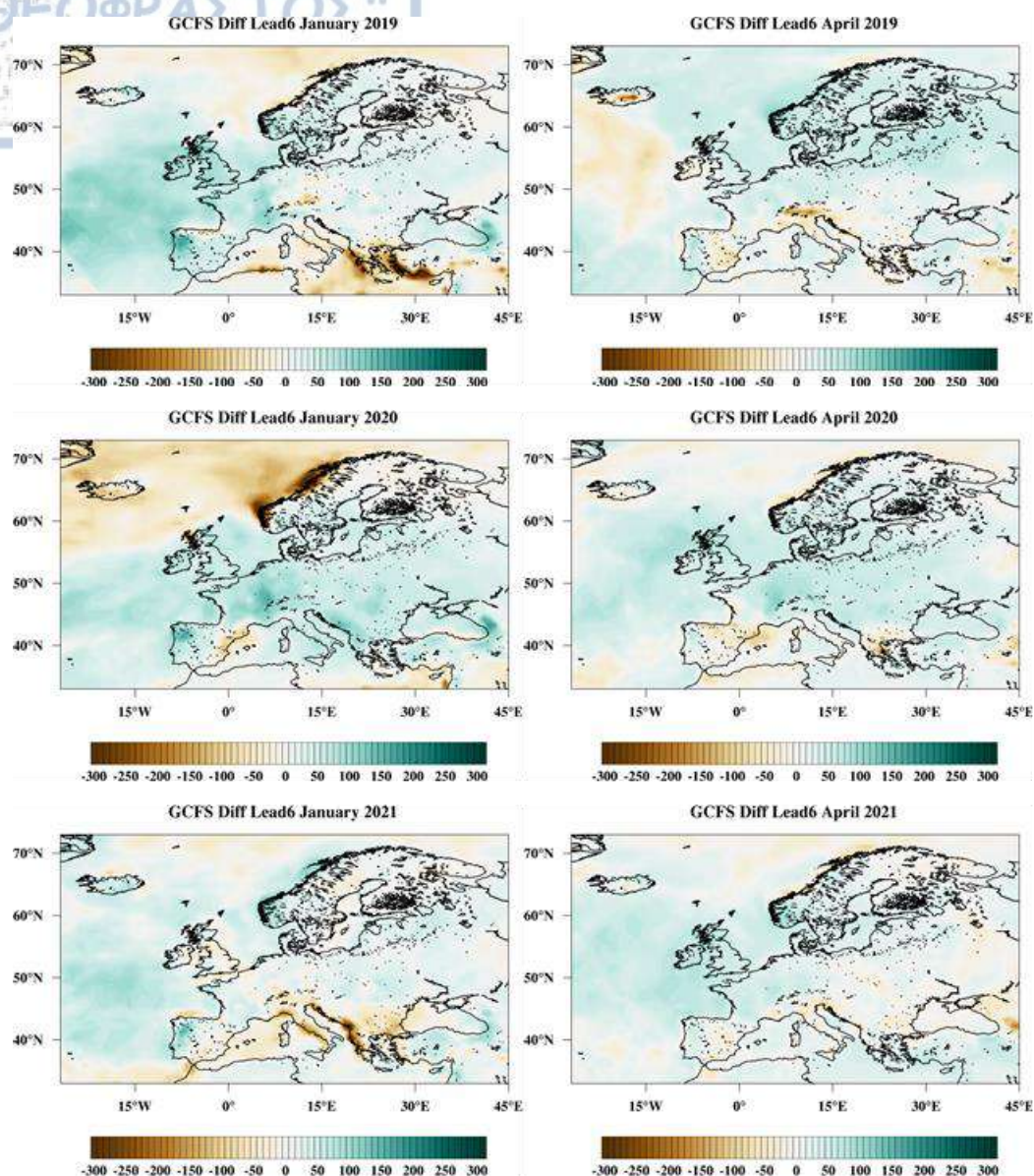
Σχήμα Π. 57 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



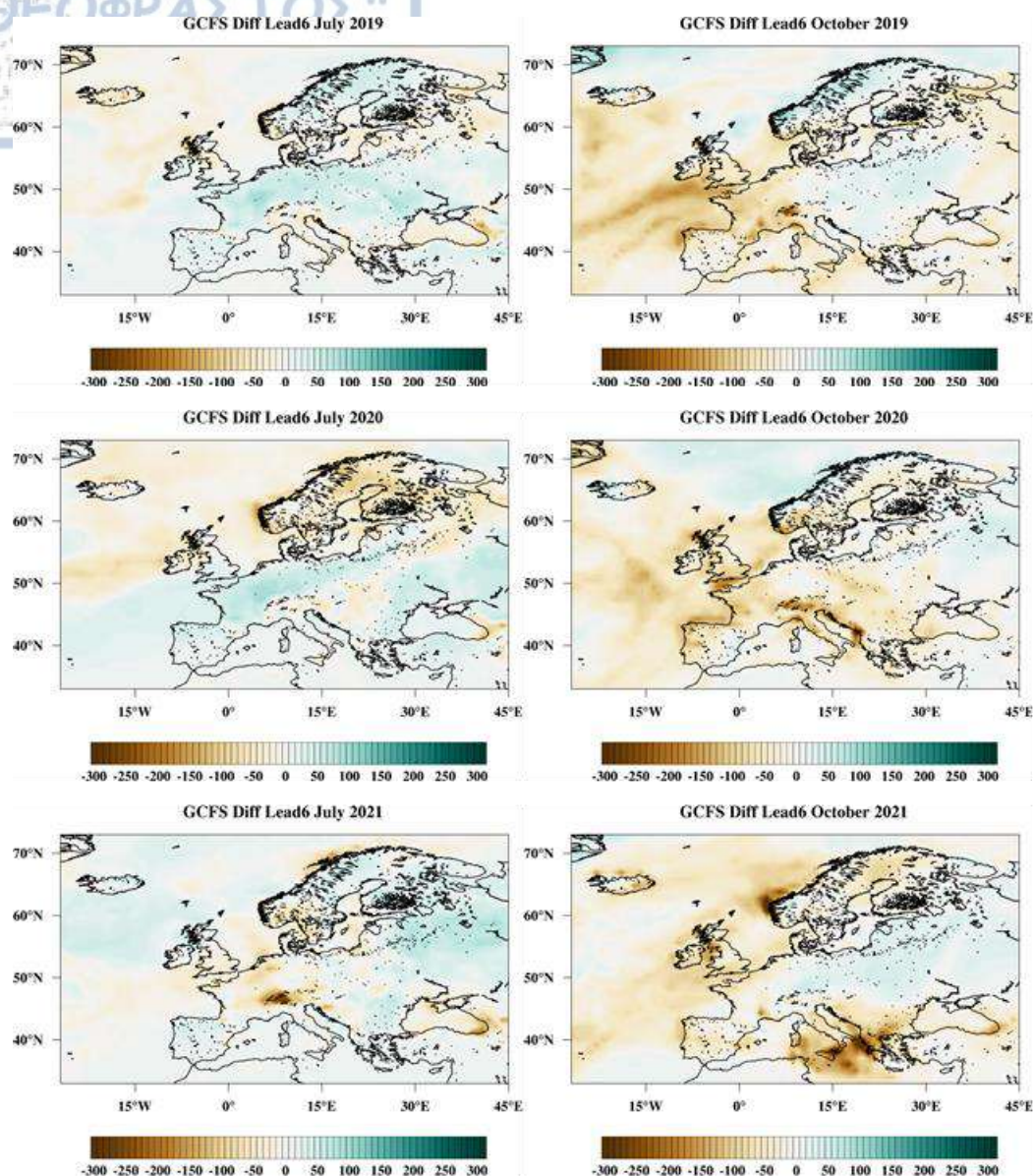
Σχήμα Π. 58 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του GCFS με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



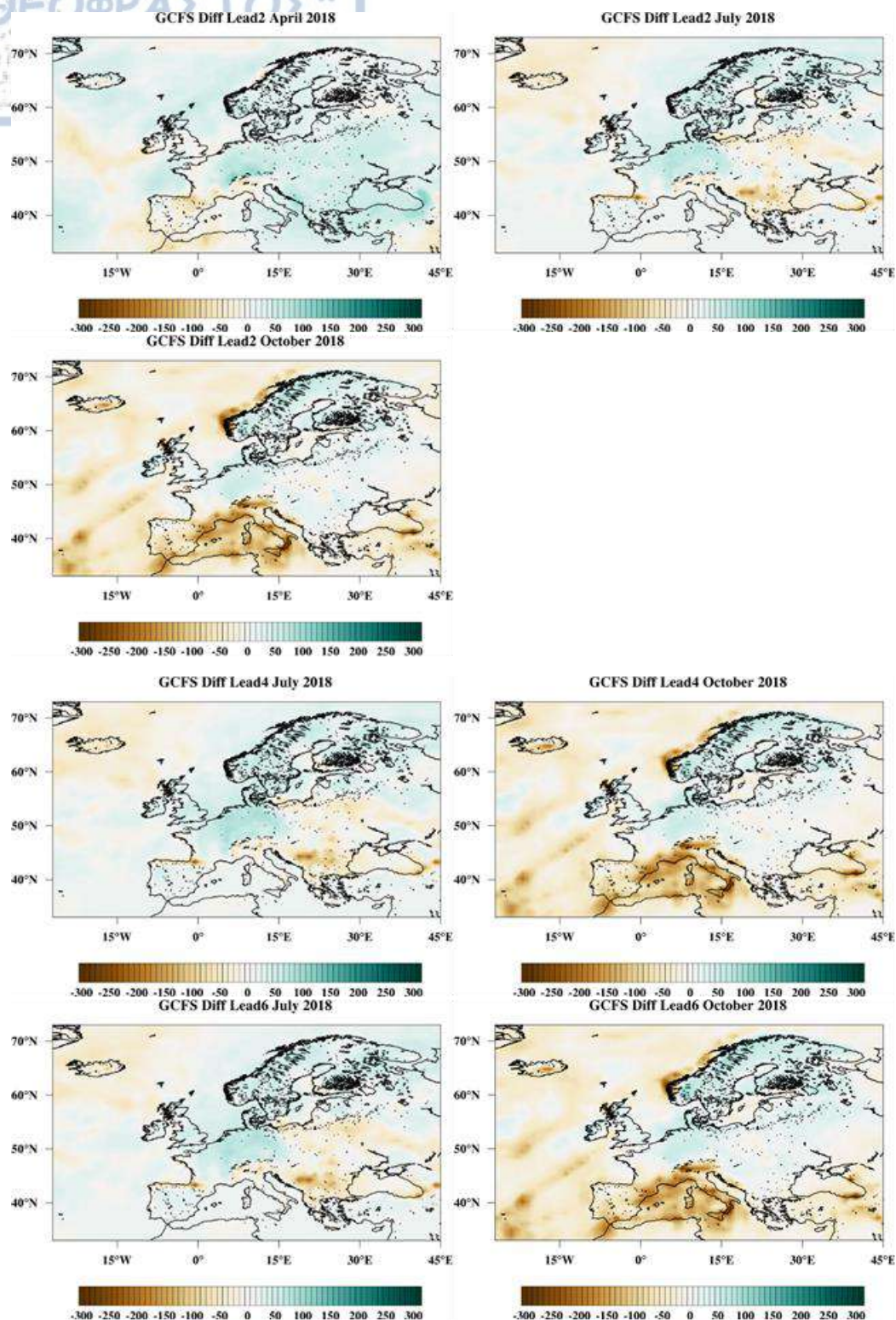
Σχήμα Π. 59 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του GCFS με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



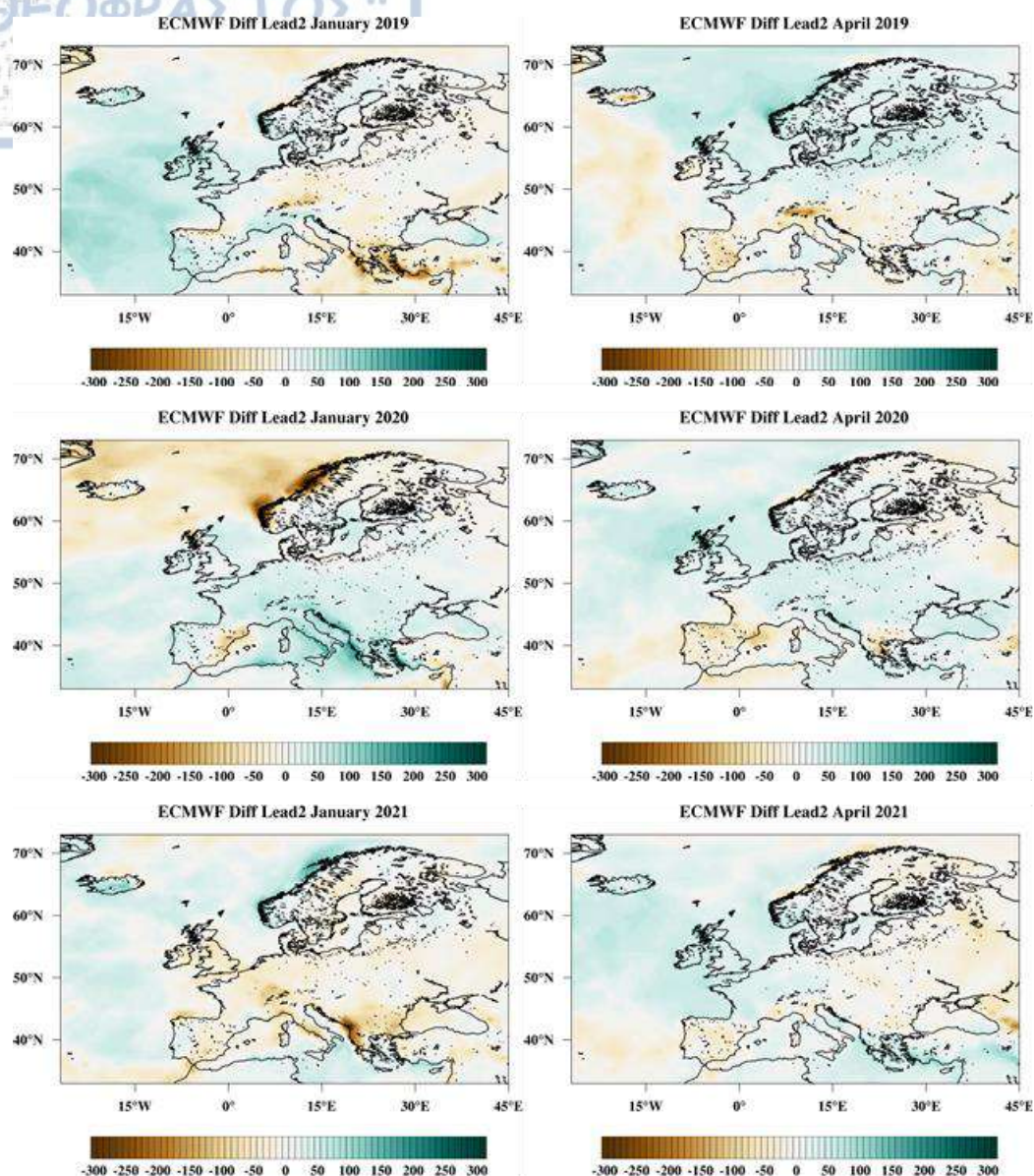
Σχήμα Π. 60 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του GCFS με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



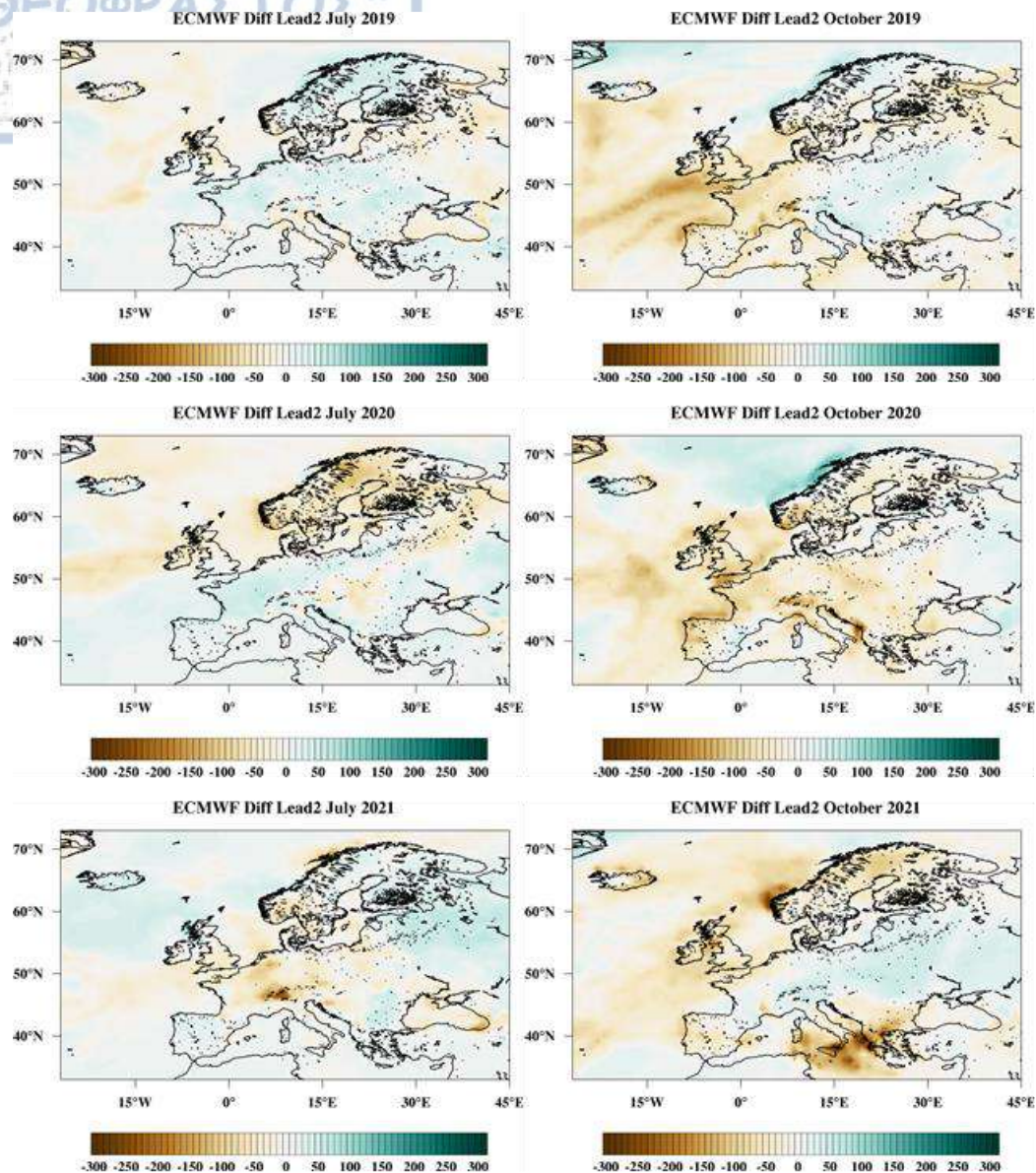
Σχήμα Π. 61 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του GCFS με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



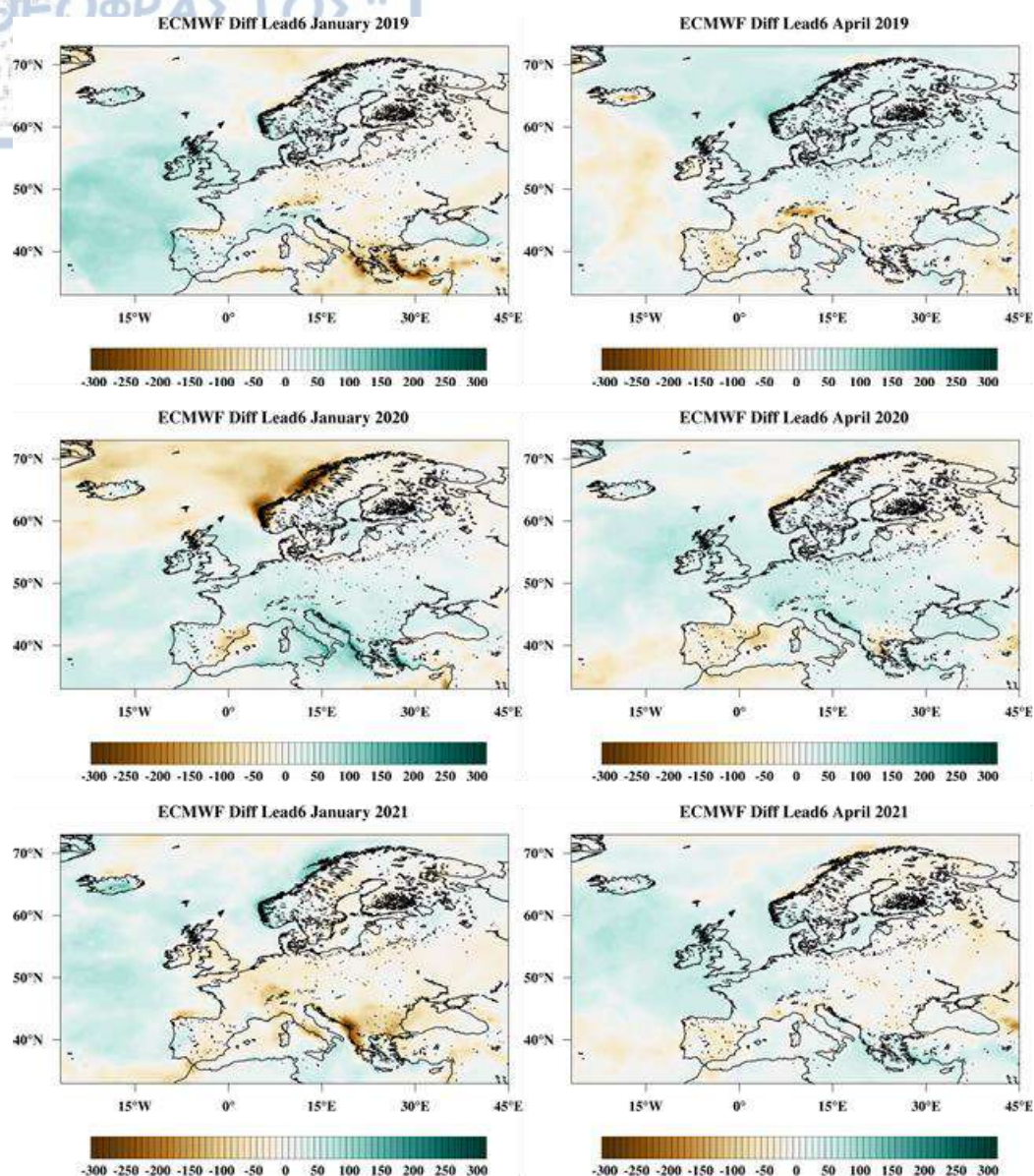
Σχήμα Π. 62 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του GCFS με Lead time 2,4, 6 και των ERA5, τον Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



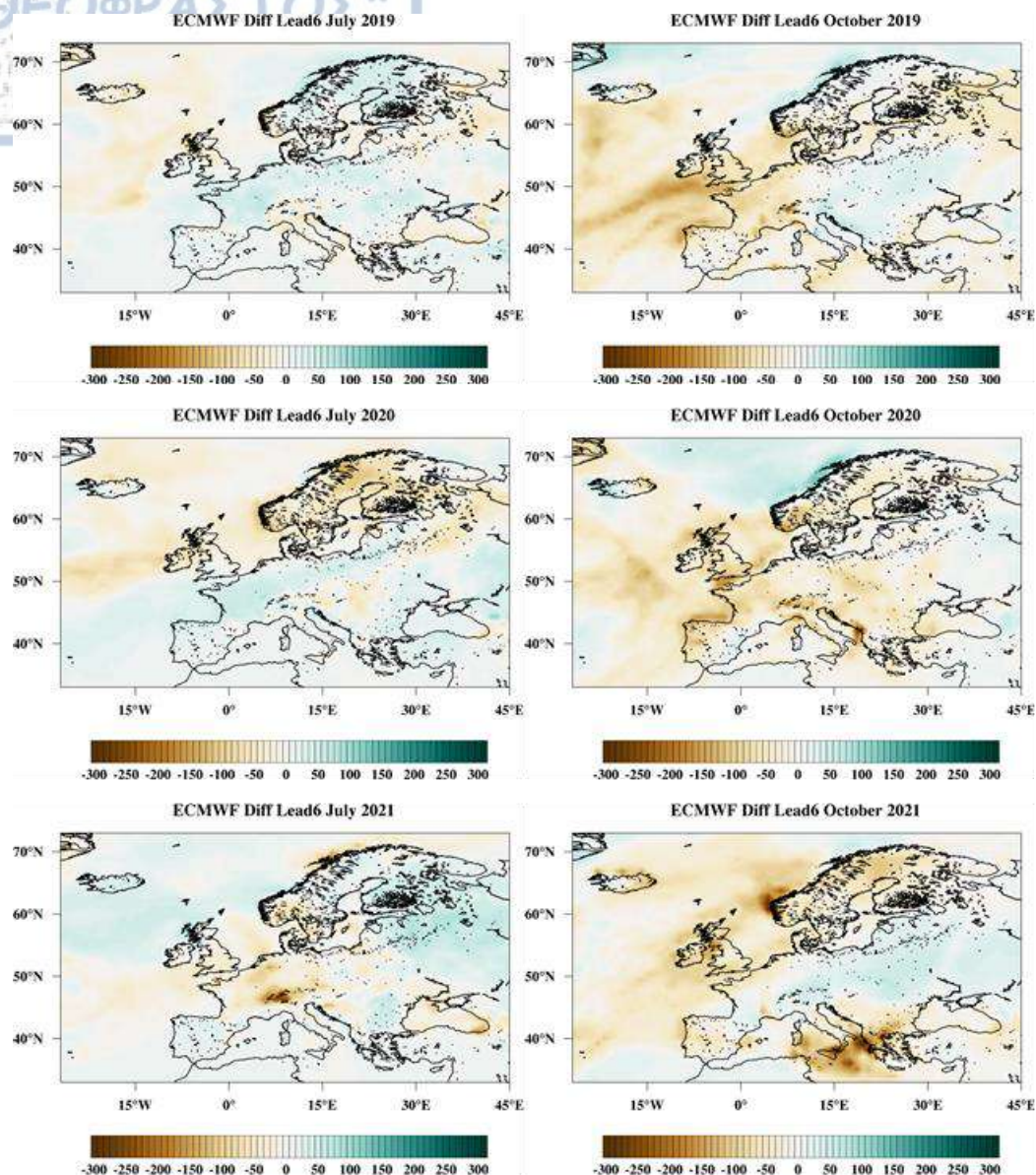
Σχήμα Π. 63 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του ECMWF με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



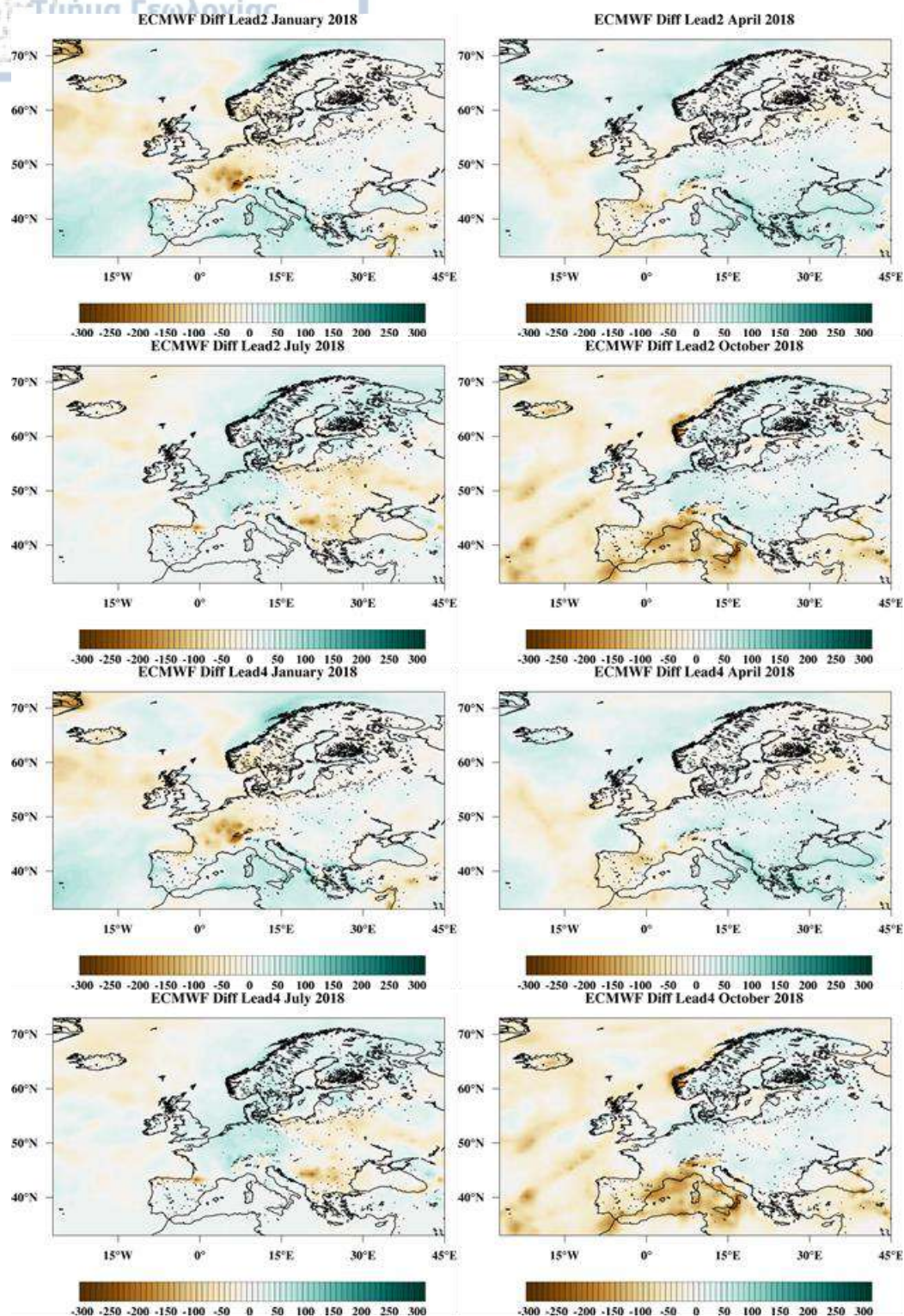
Σχήμα Π. 64 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του ECMWF με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



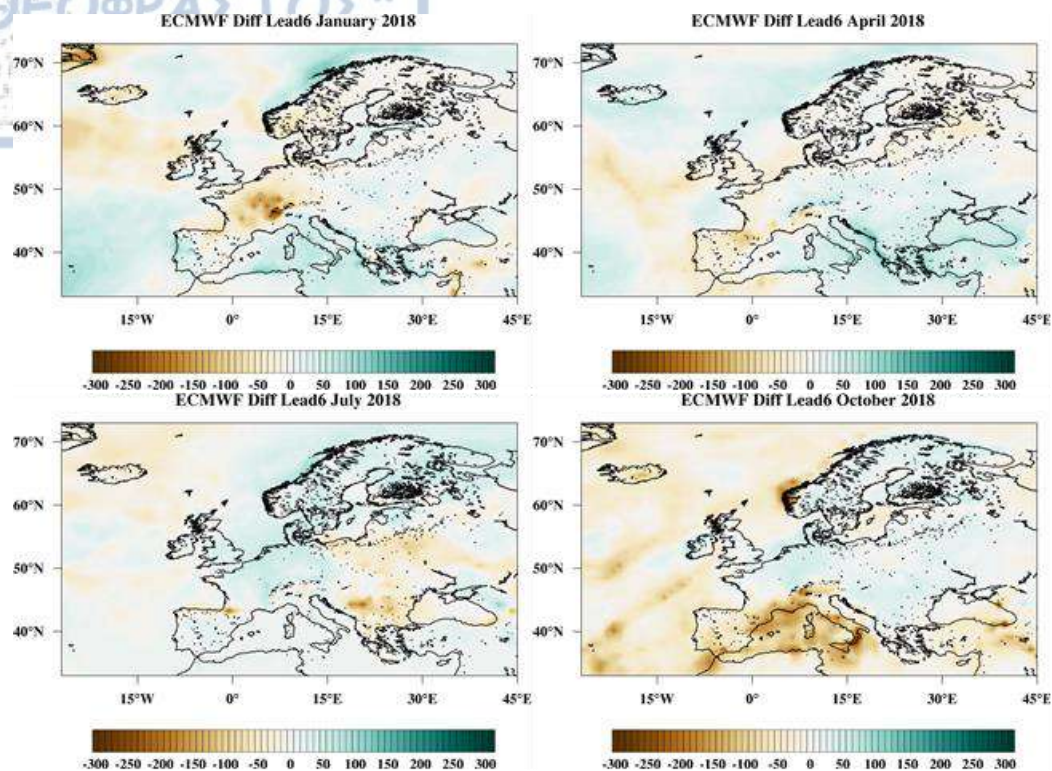
Σχήμα Π. 65 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του ECMWF με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



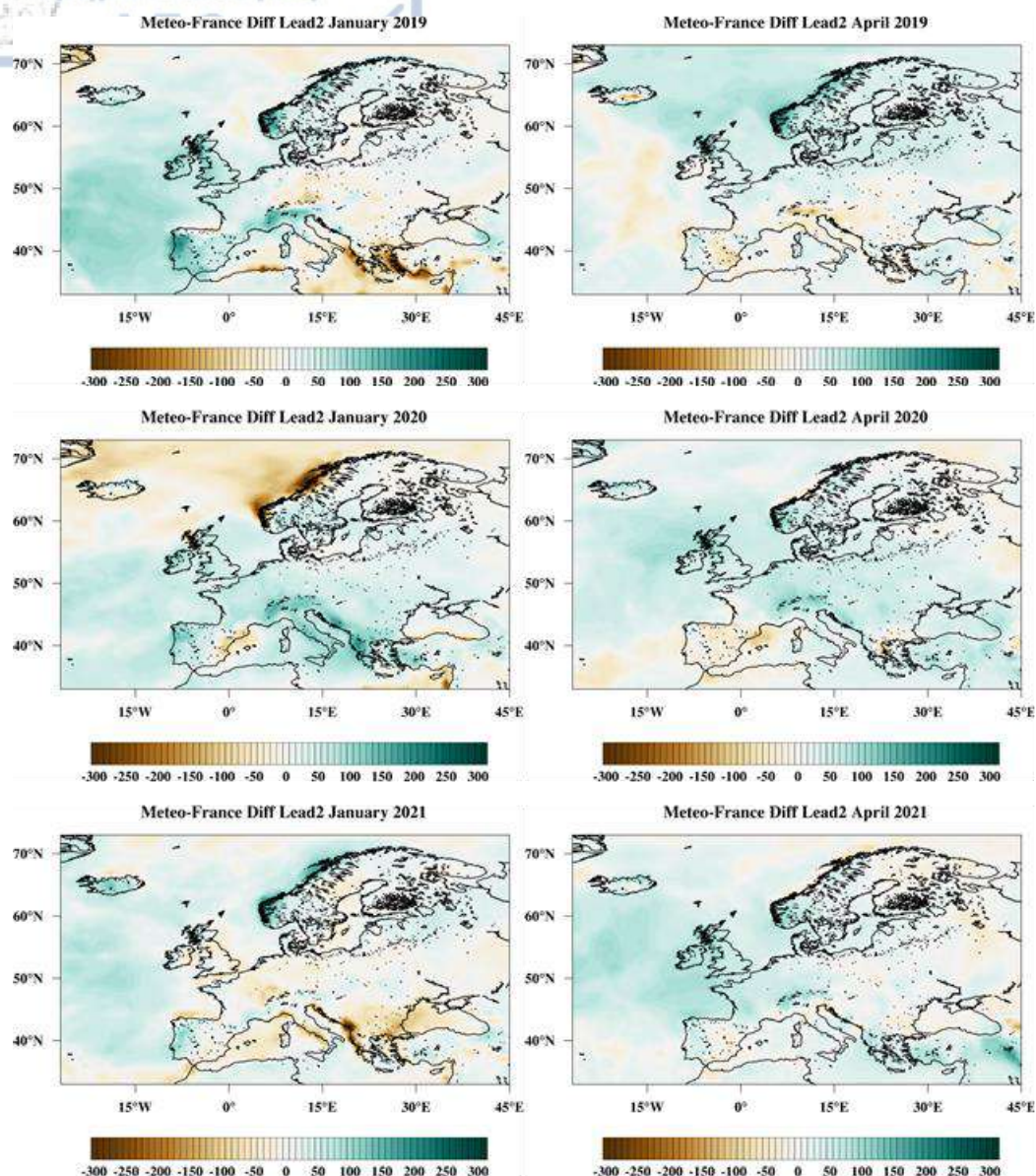
Σχήμα Π. 66 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του ECMWF με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



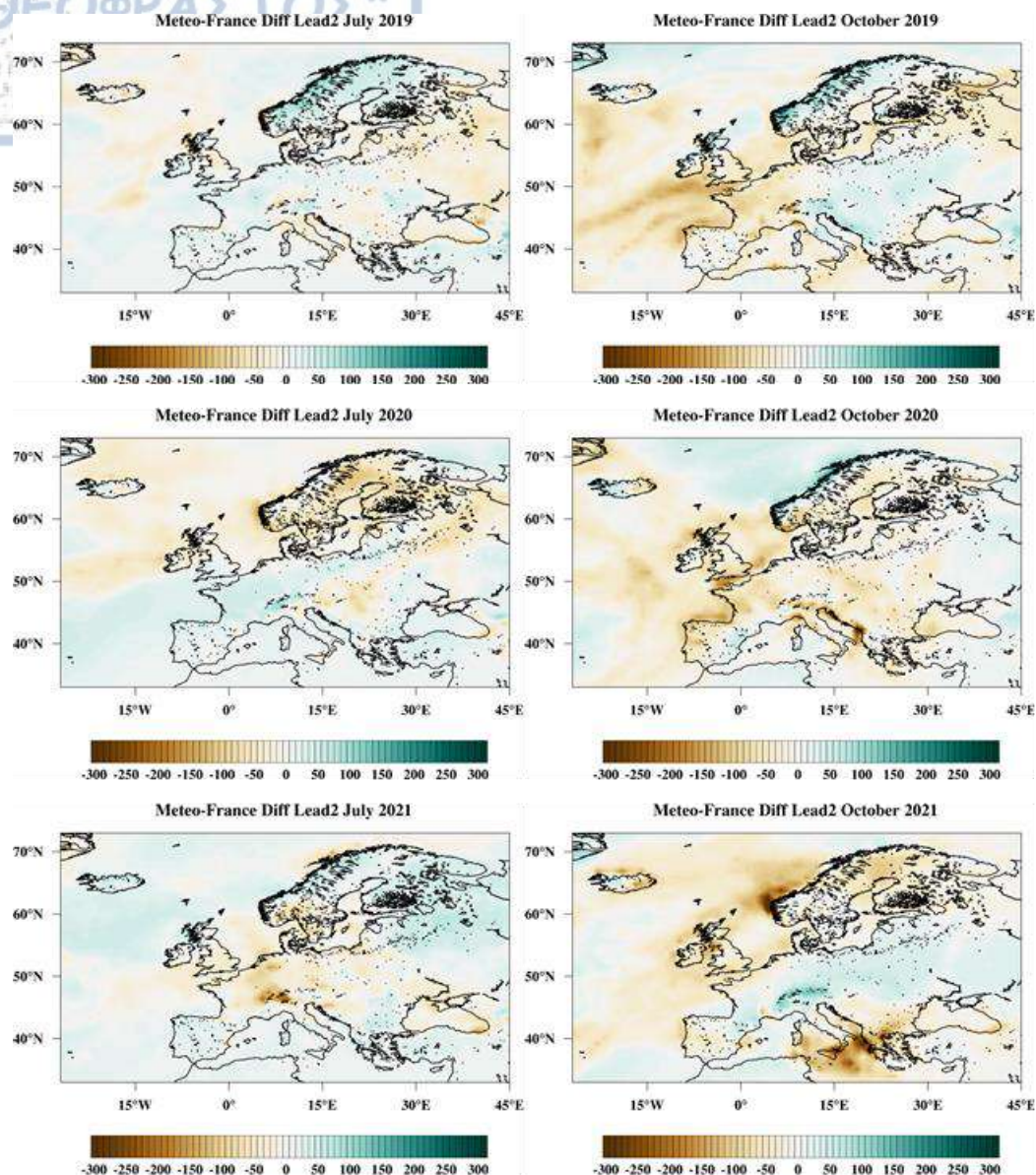
Σχήμα Π. 67 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του ECMWF με Lead time 2,4 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



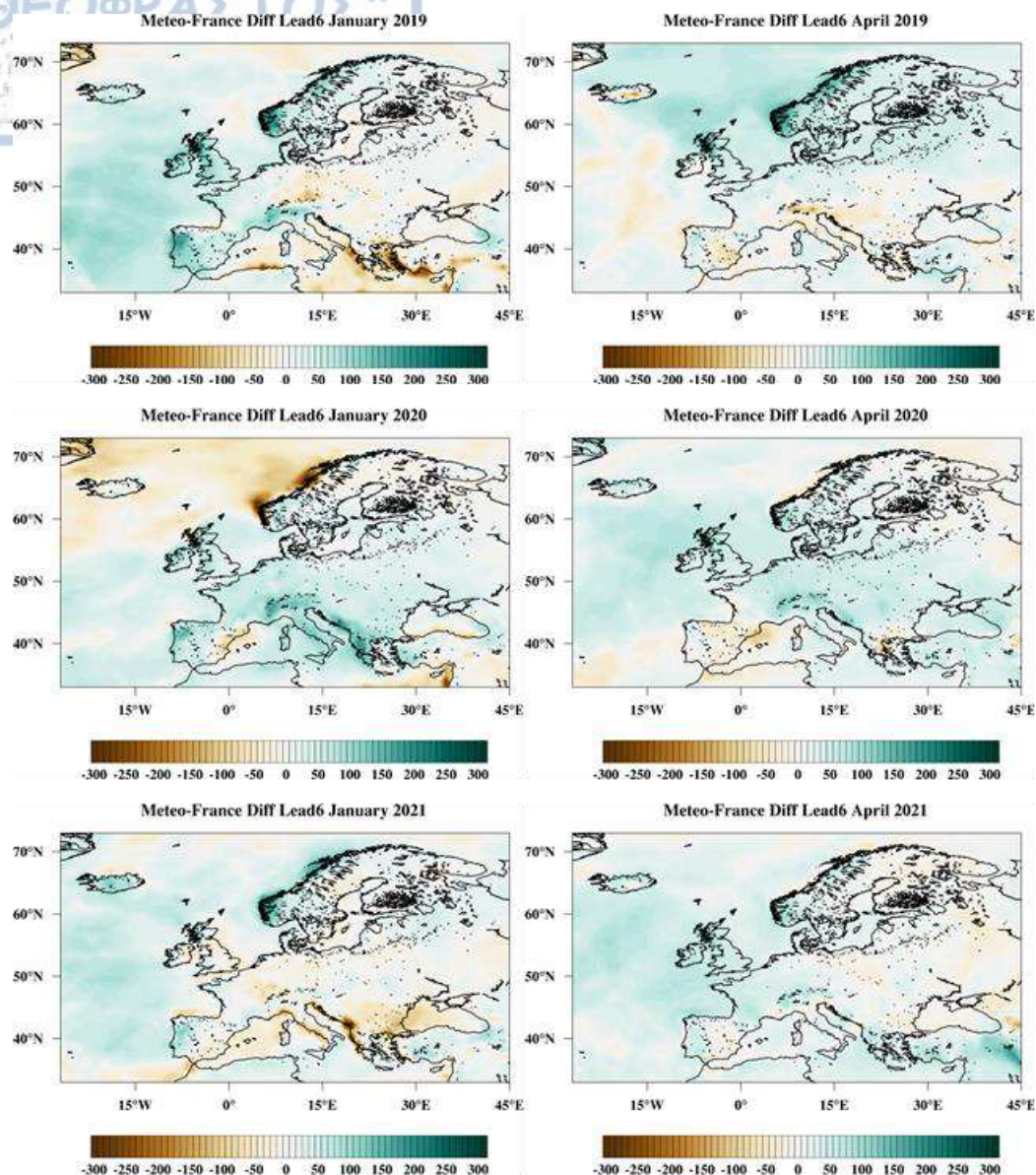
Σχήμα Π. 68 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του ECMWF με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



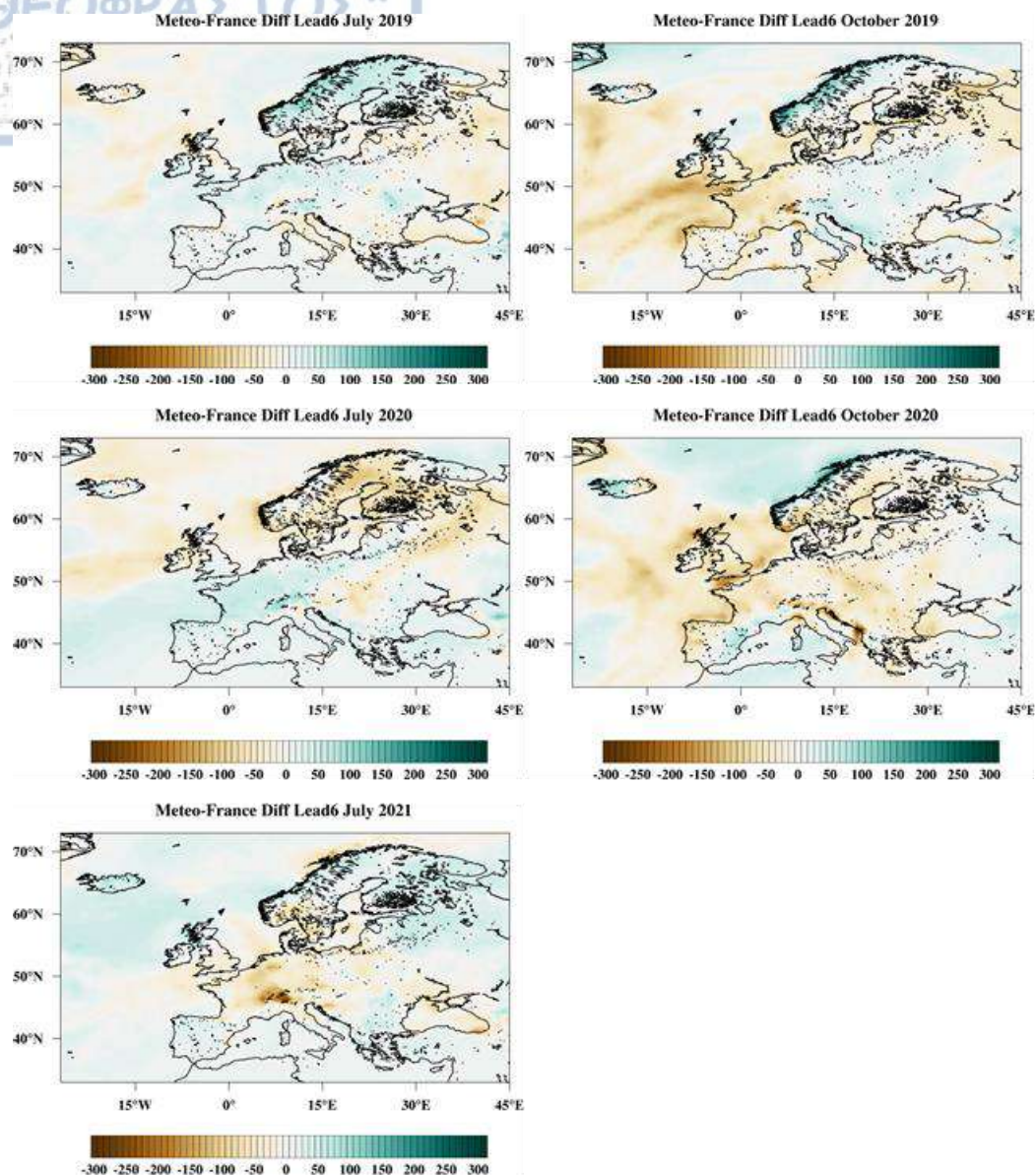
Σχήμα Π. 69 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του Météo-France με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



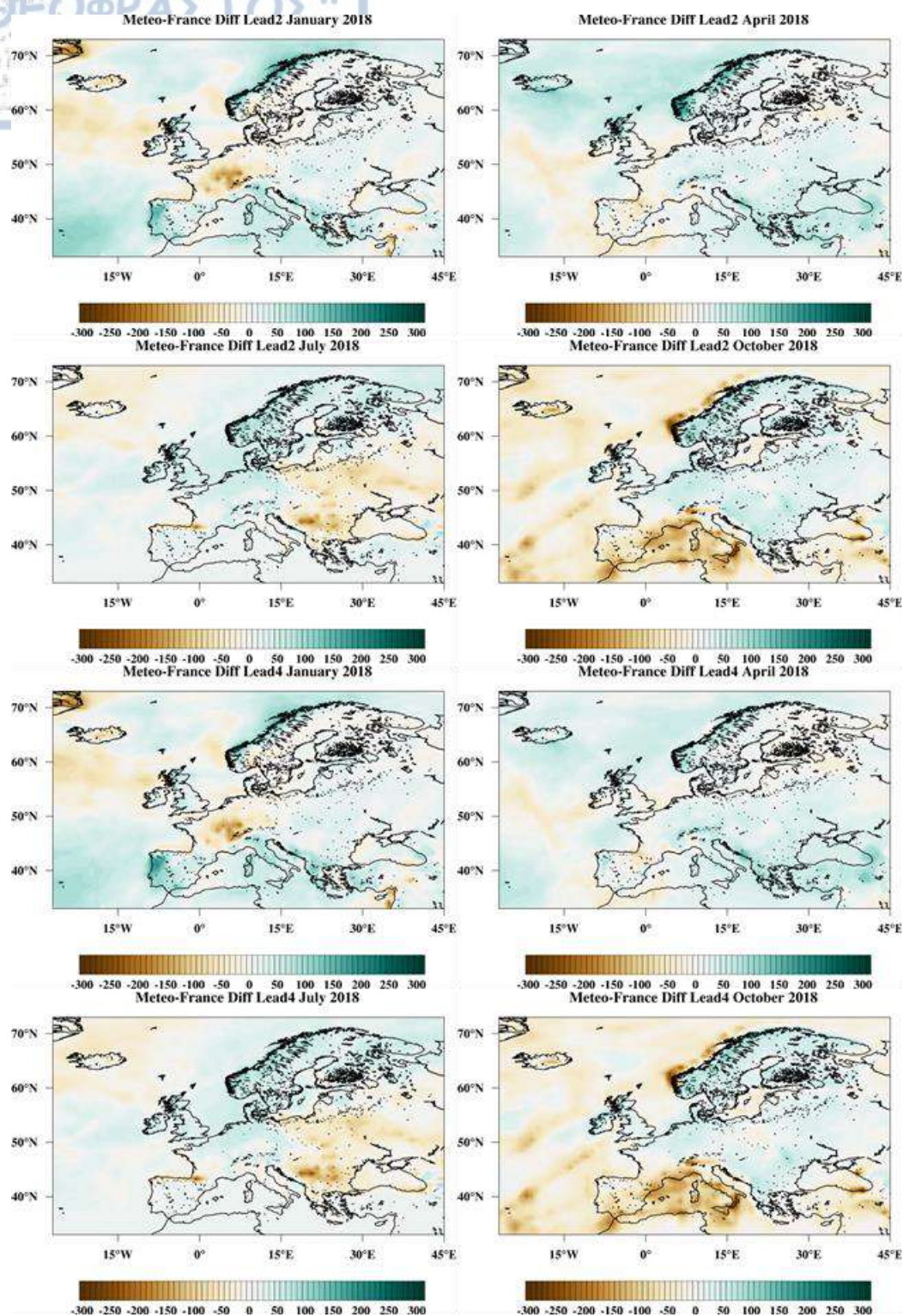
Σχήμα Π. 70 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του Μétéo-France με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



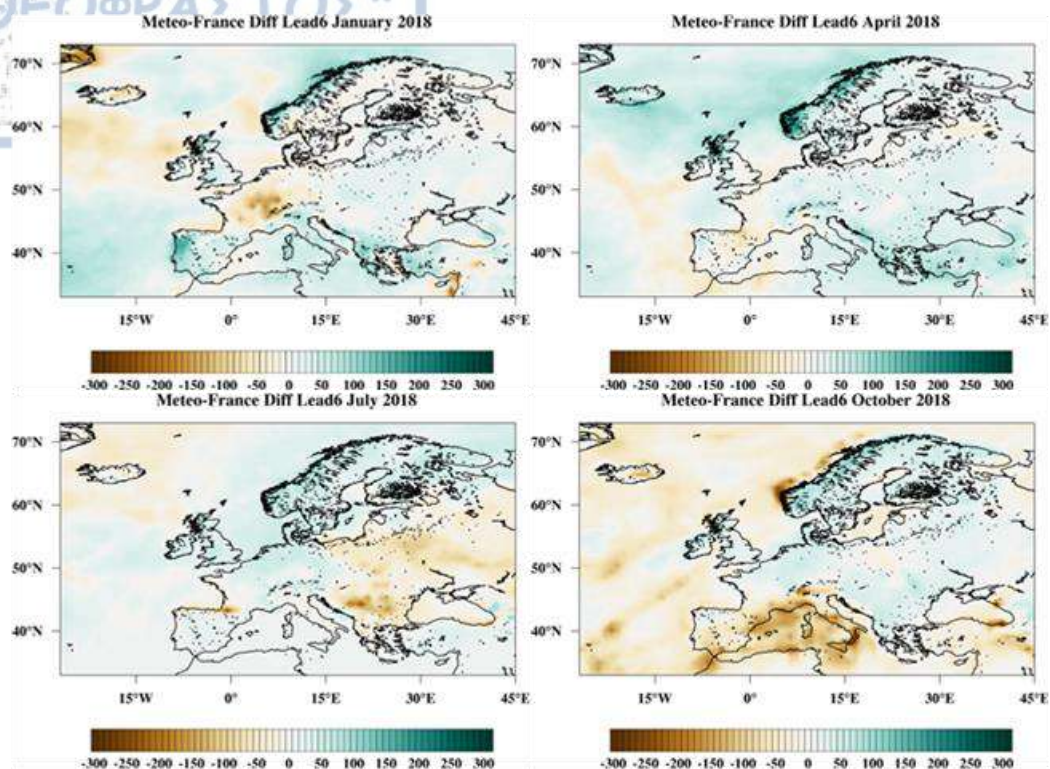
Σχήμα Π. 71 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του Météo-France με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



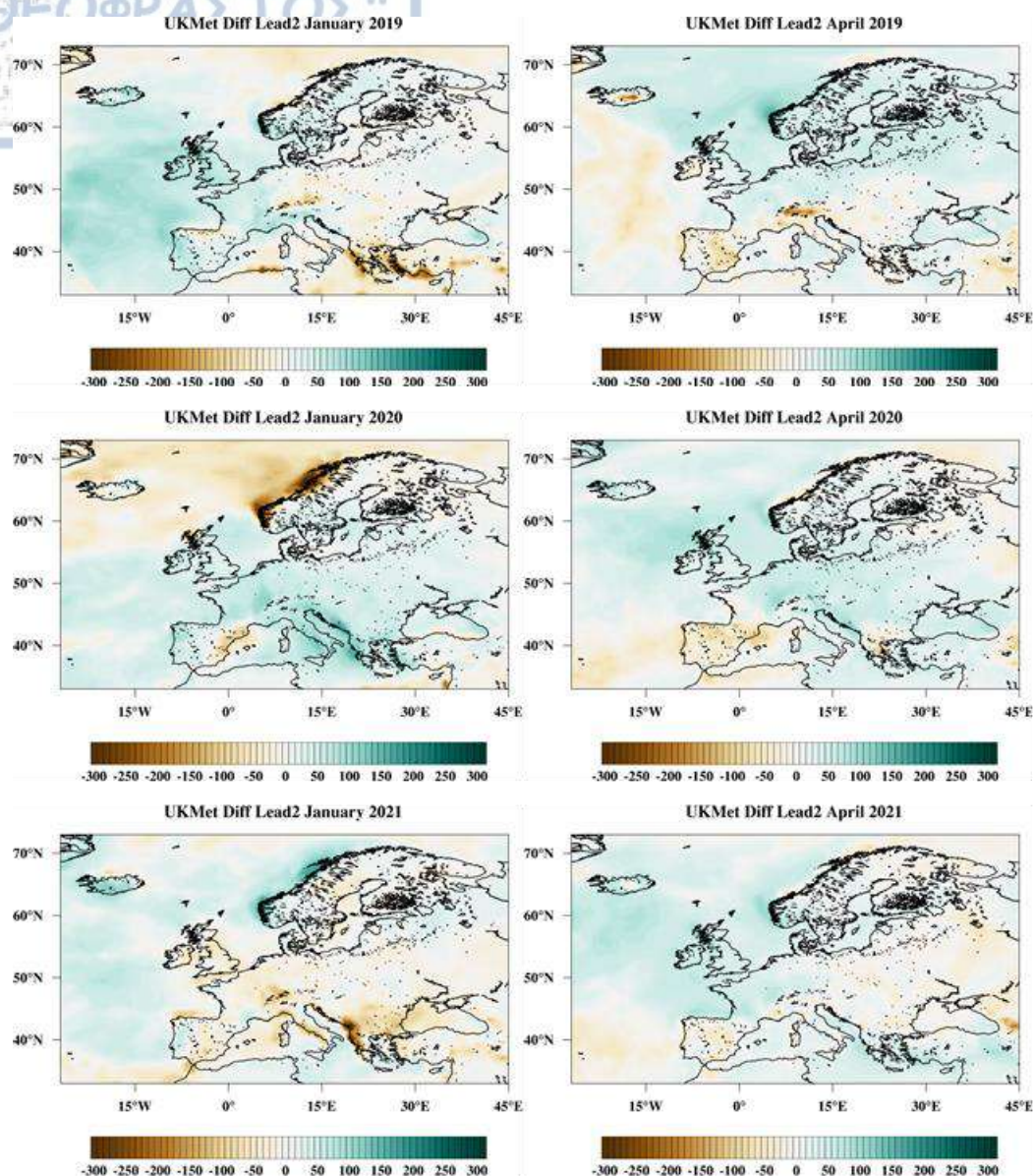
Σχήμα Π. 72 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του Μétéo-France με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



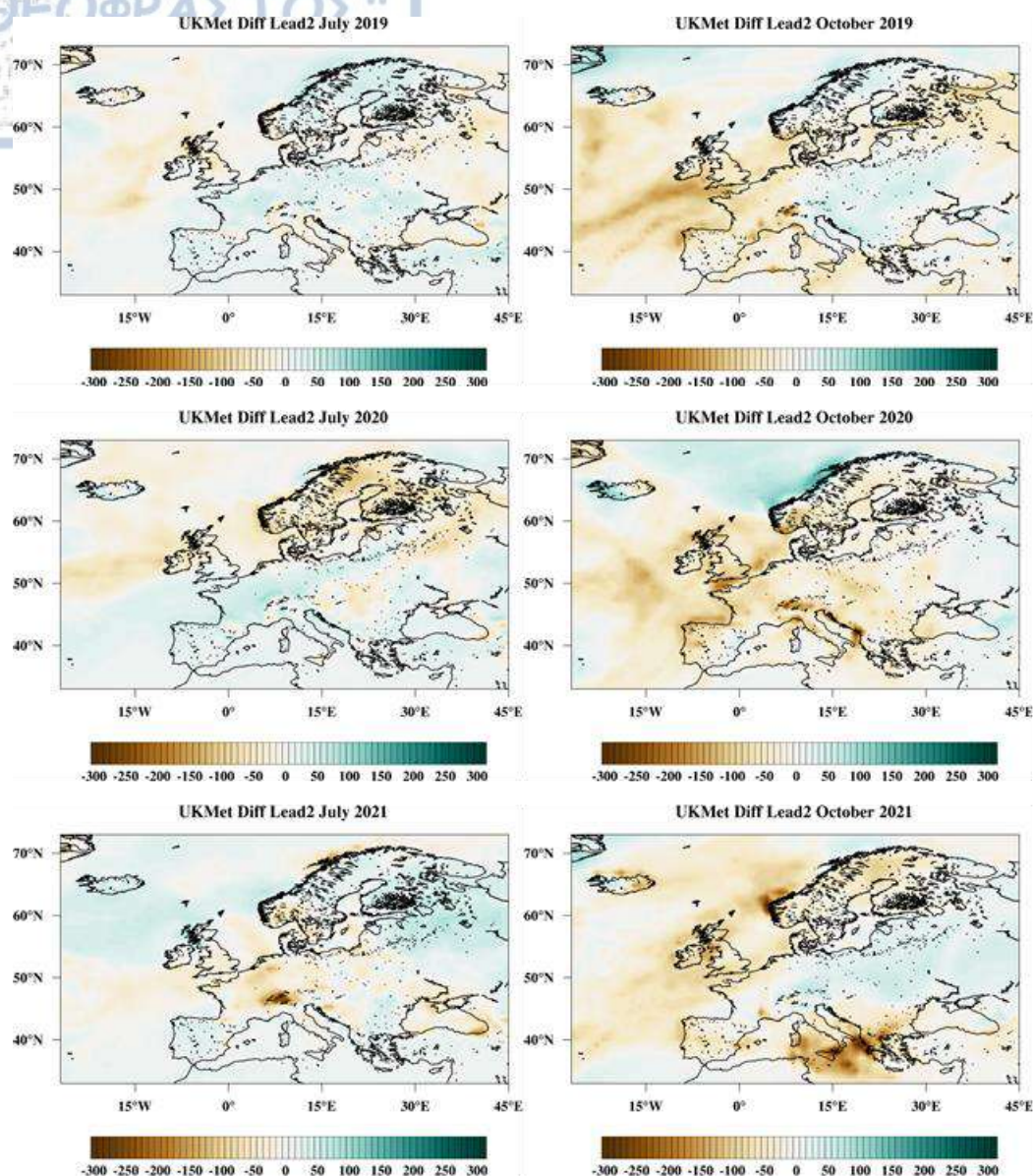
Σχήμα Π. 73 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του Μétéo-France με Lead time 2,4 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



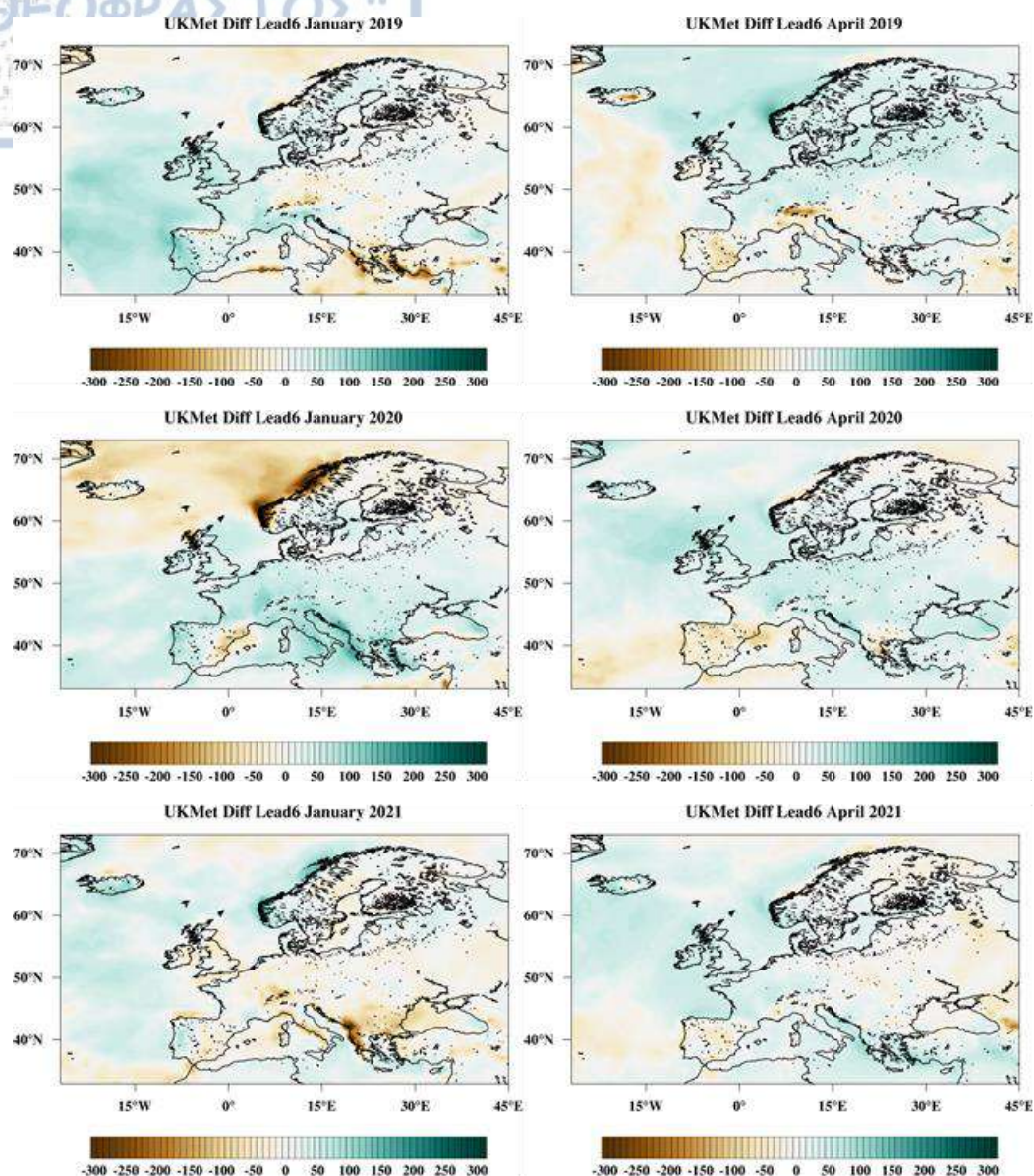
Σχήμα Π. 74 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του Μétéo-France με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



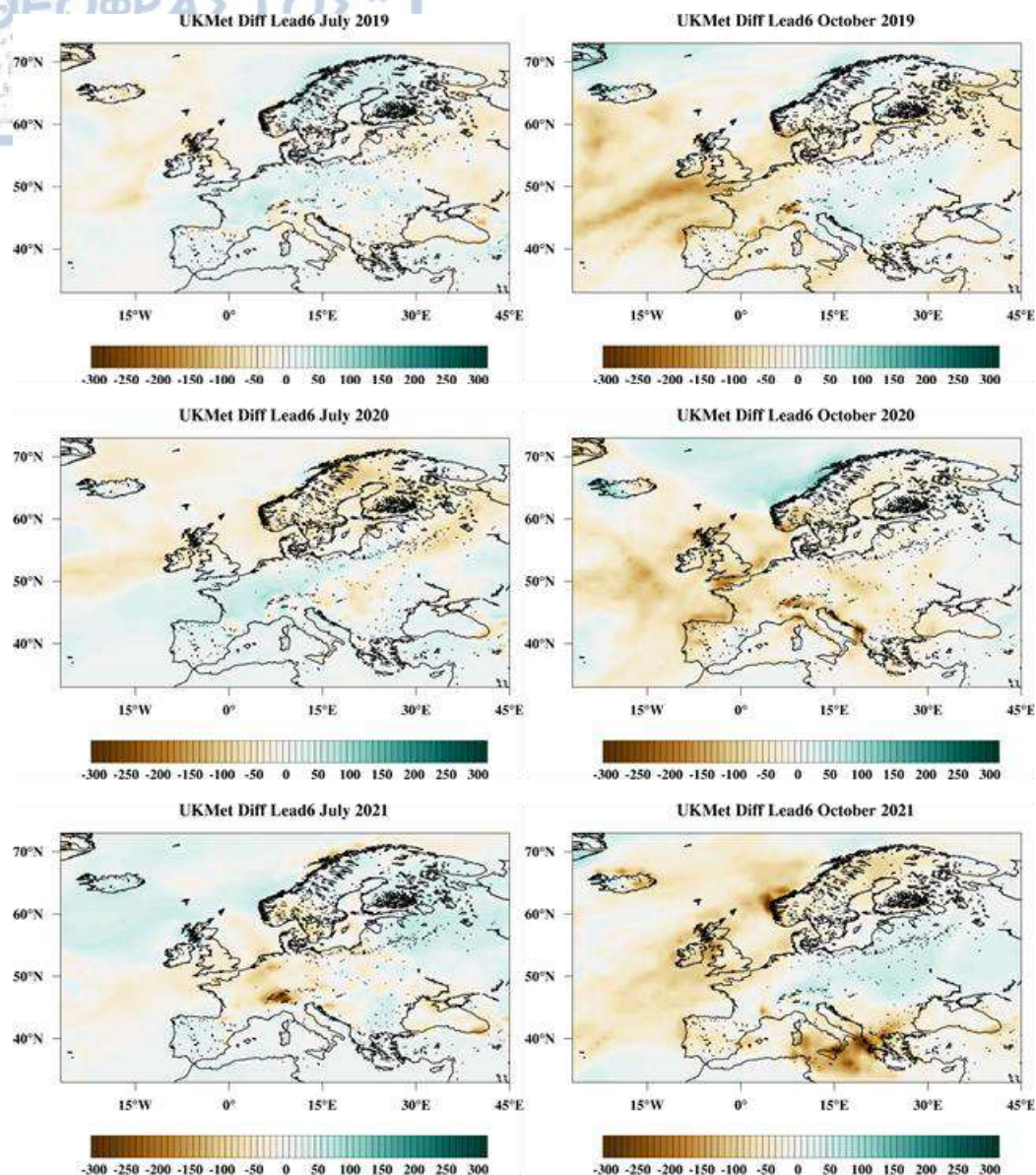
Σχήμα Π. 75 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του UKMet με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



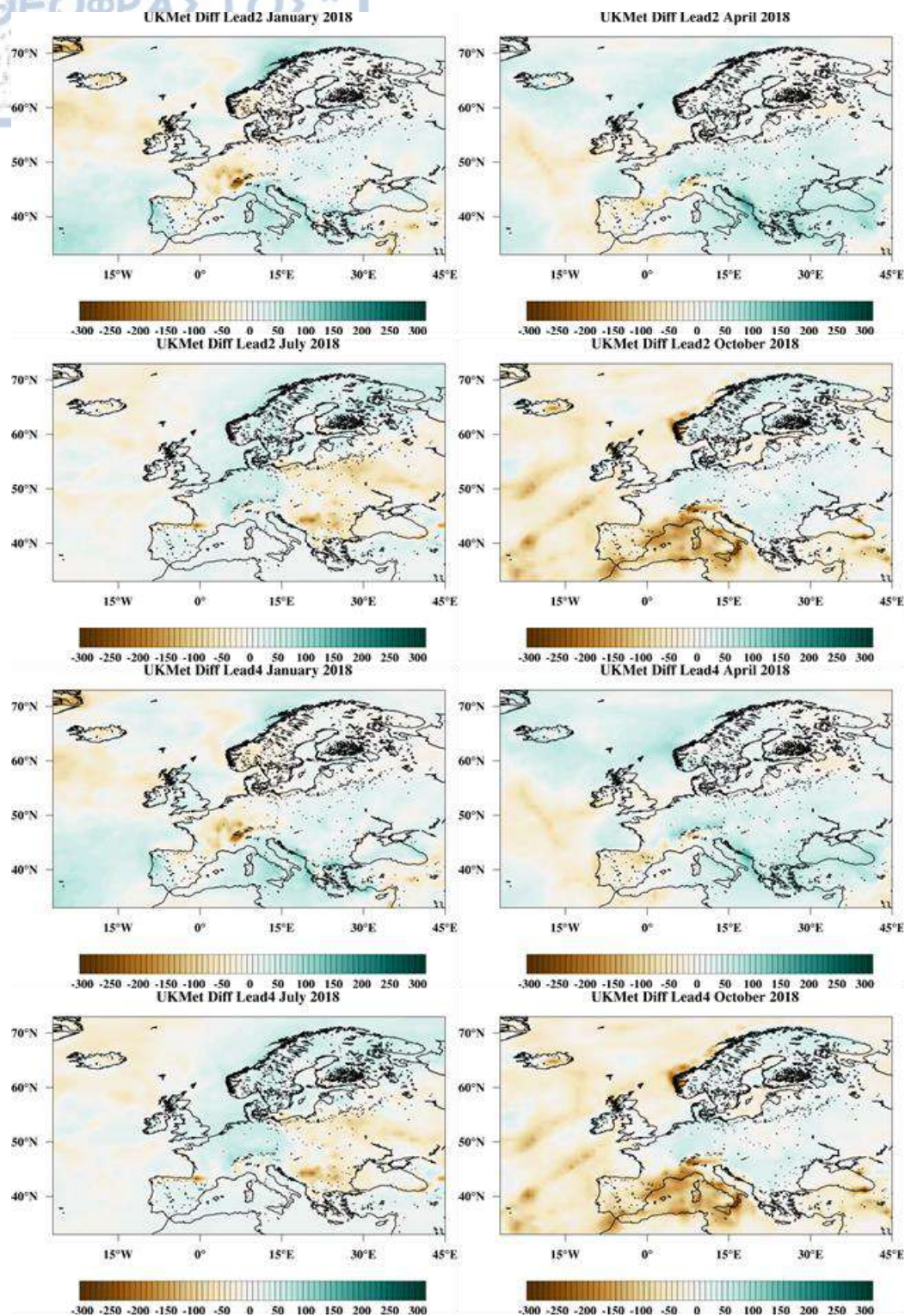
Σχήμα Π. 76 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του UKMet με Lead time 2 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



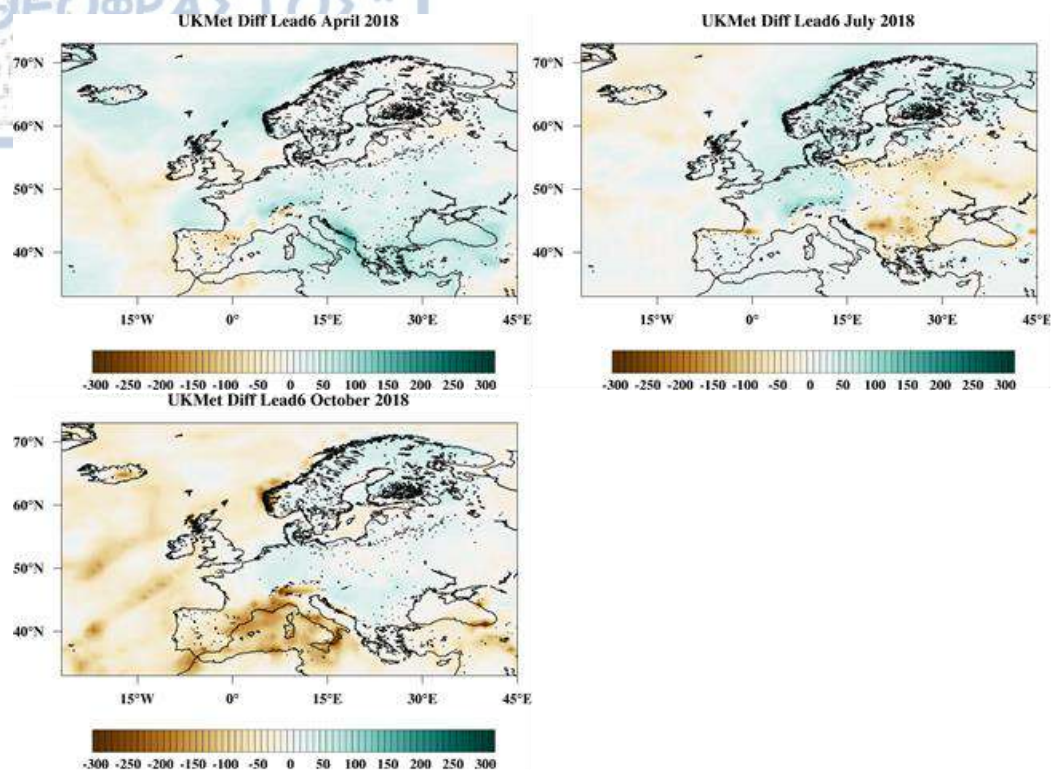
Σχήμα Π. 77 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του UKMet με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιανουάριο (αριστερά) και τον Απρίλιο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



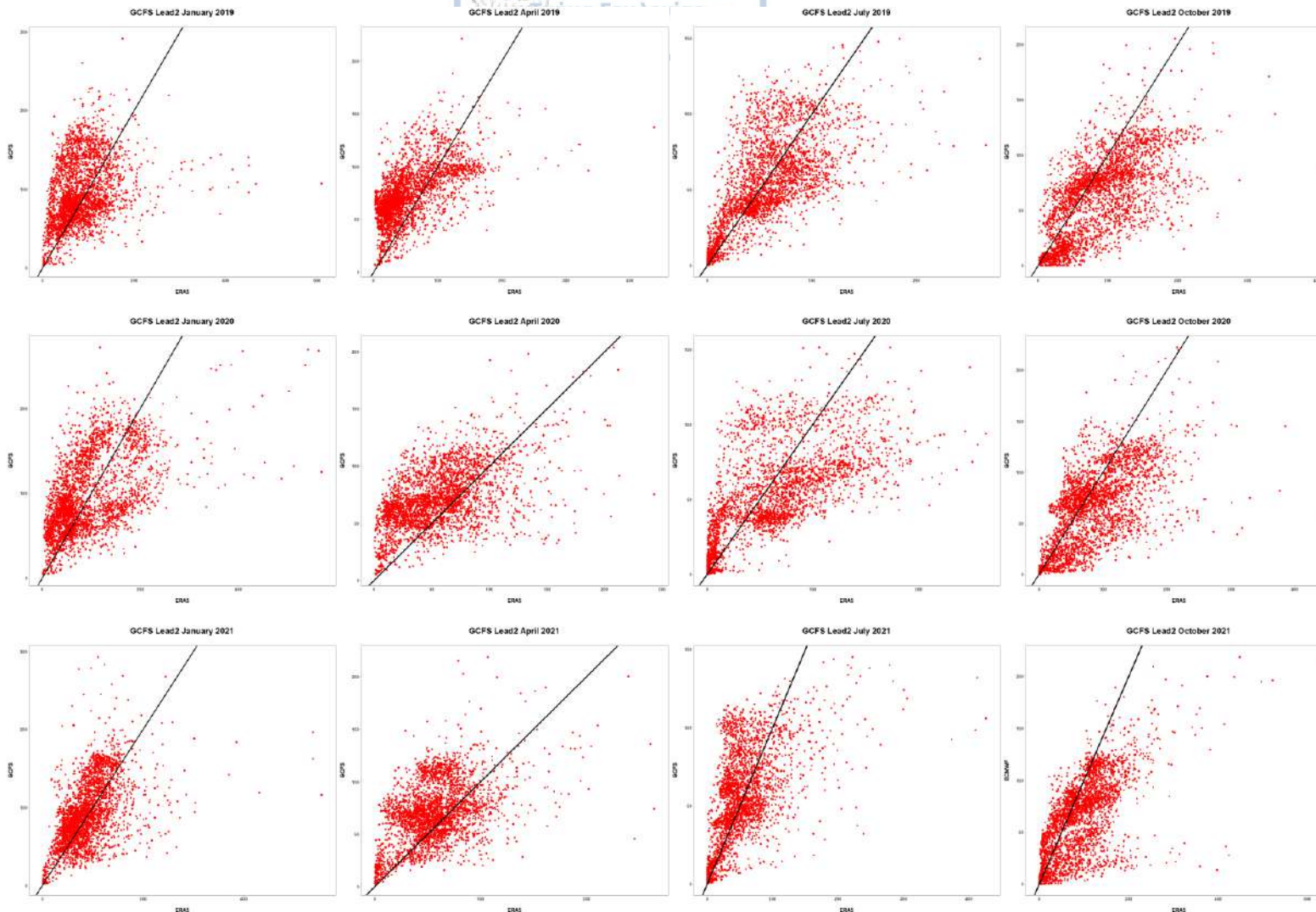
Σχήμα Π. 78 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του UKMet με Lead time 6 και των ERA5, τον Ιούλιο (αριστερά) και τον Οκτώβριο (δεξιά) της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



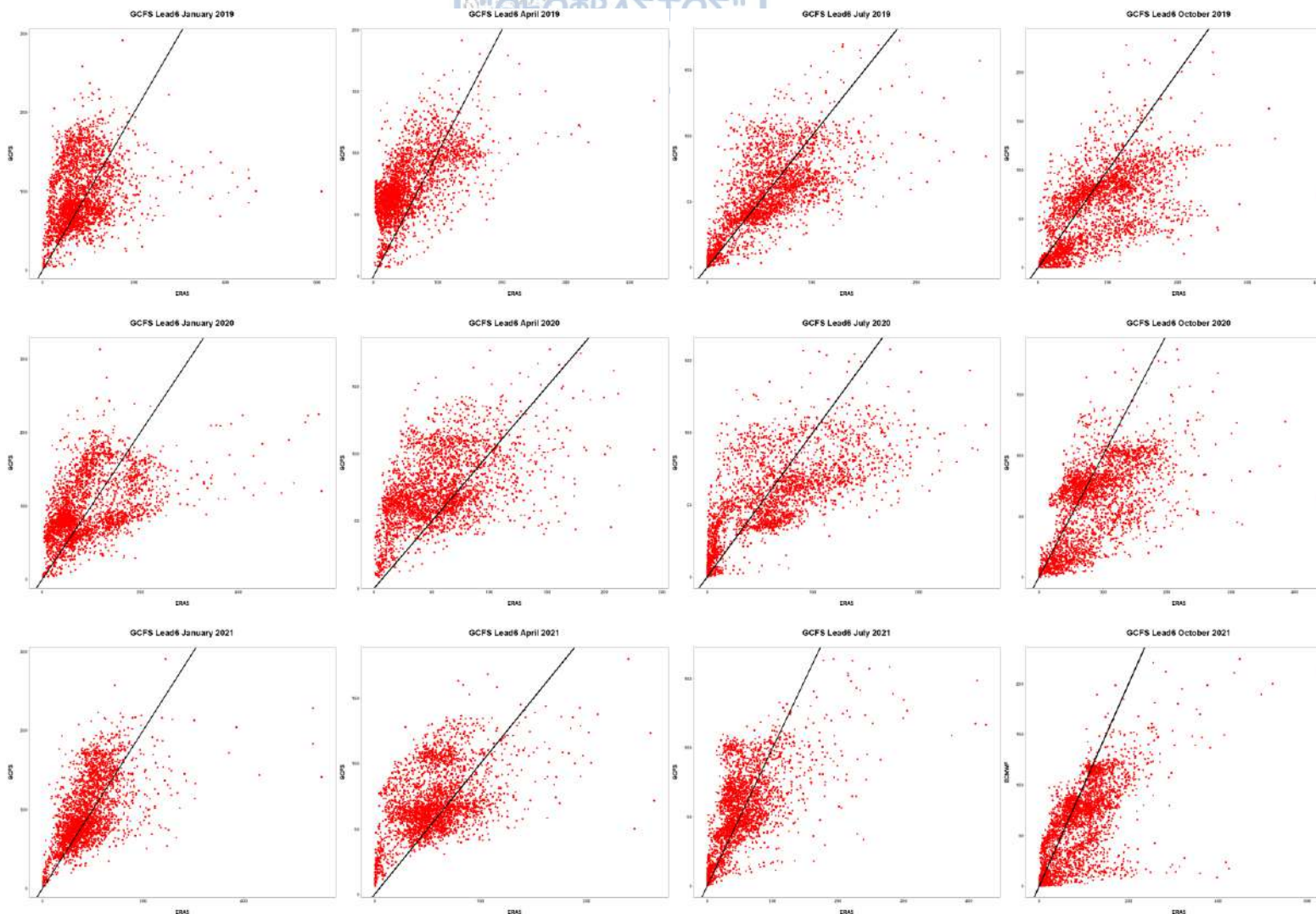
Σχήμα Π. 79 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του UKMet με Lead time 2,4 και των ERA5, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



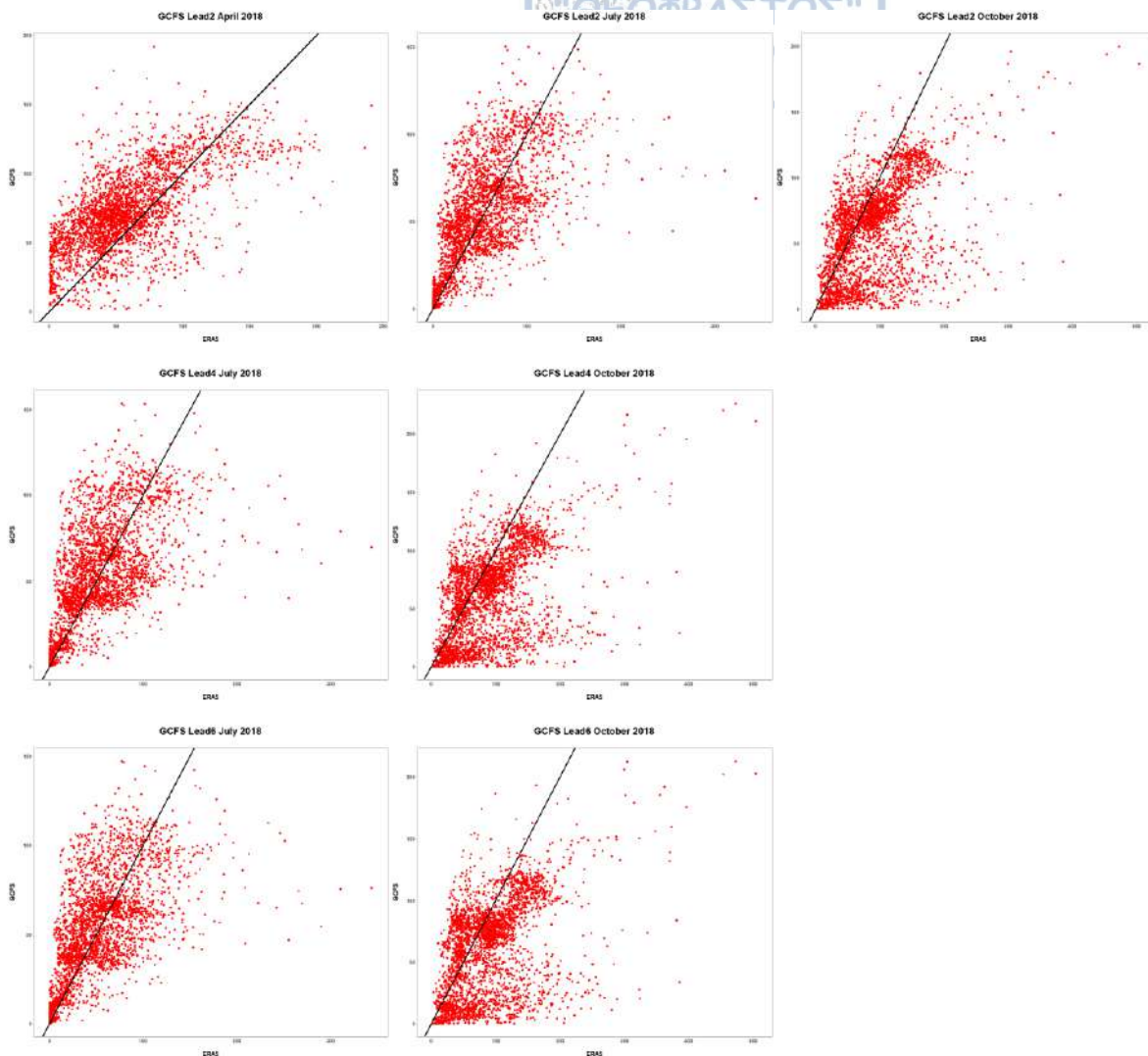
Σχήμα Π. 80 Χάρτες διαφορών της μηνιαίας βροχόπτωσης του UKMet με Lead time 6 και των ERA5, τον Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2018 για την Ευρώπη



Σχήμα Π. 81 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του GCFs (άξονας y) με Lead time 2 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

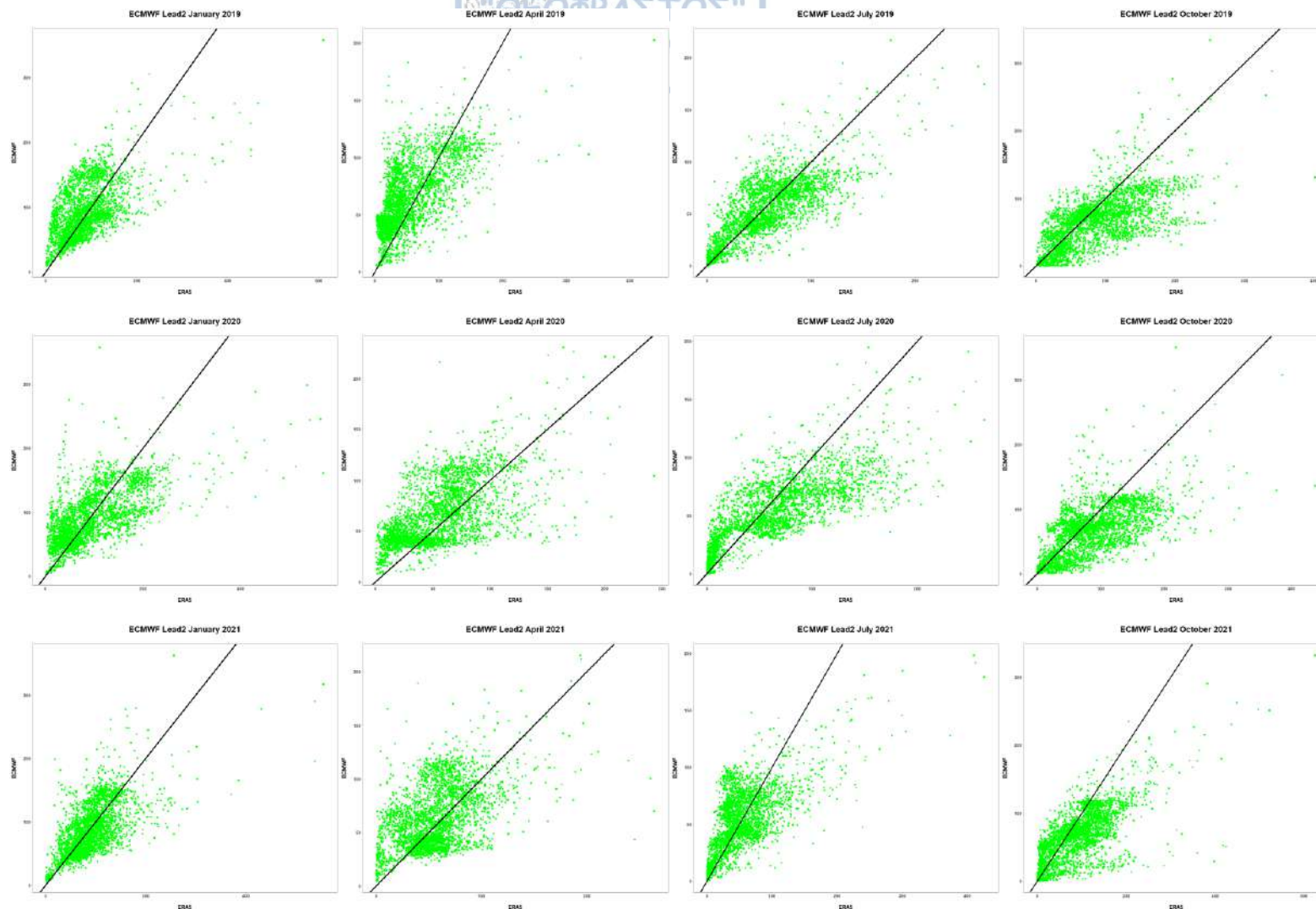


Σχήμα Π. 82 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης των GCMs (GCFS) με Lead time 6 και των ERA5 (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

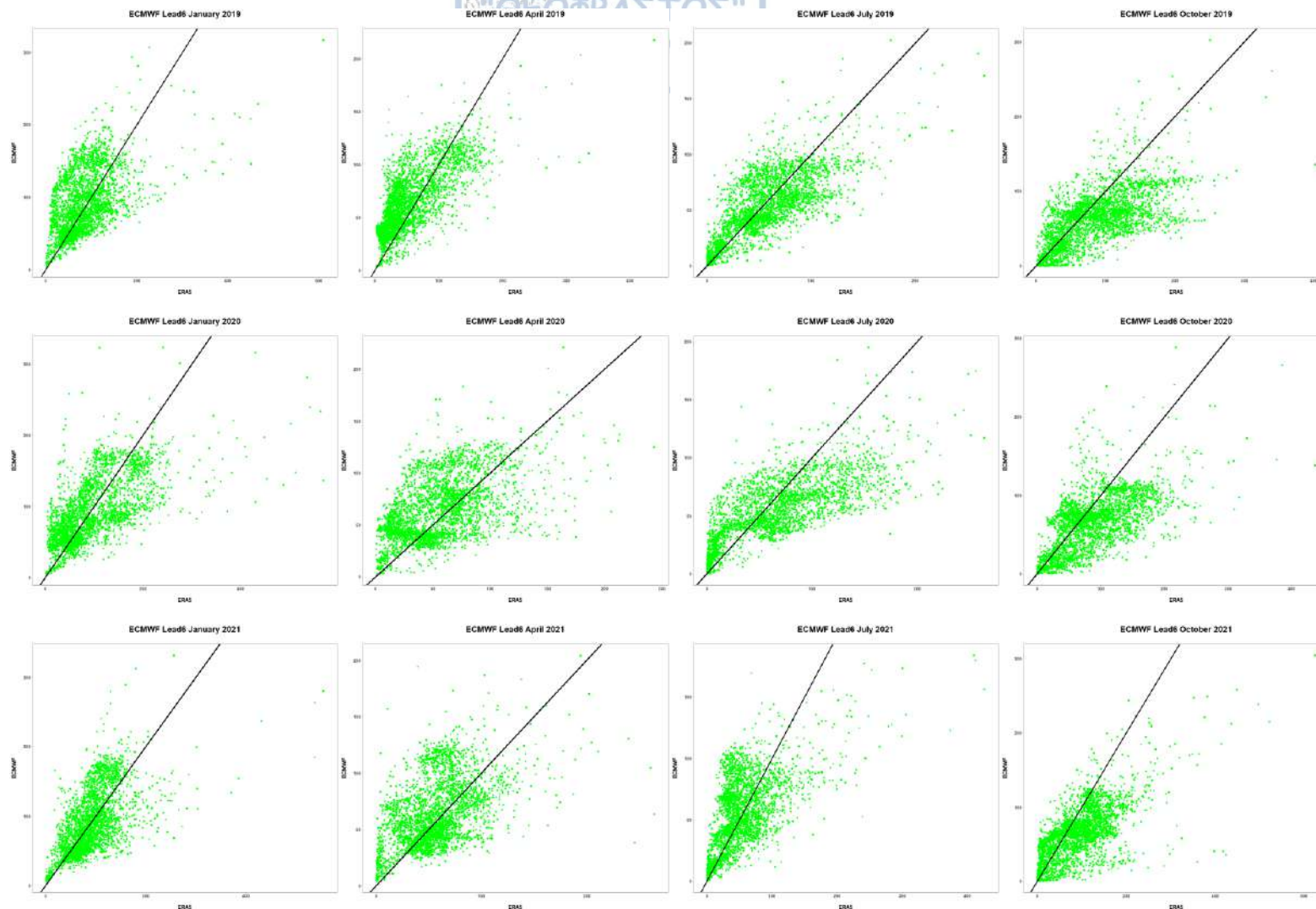


Σχήμα Π. 83 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του GCFS (άξονας y) με Lead time 2, 4, 6 και των ERA5 (άξονας x) (Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος του 2018).

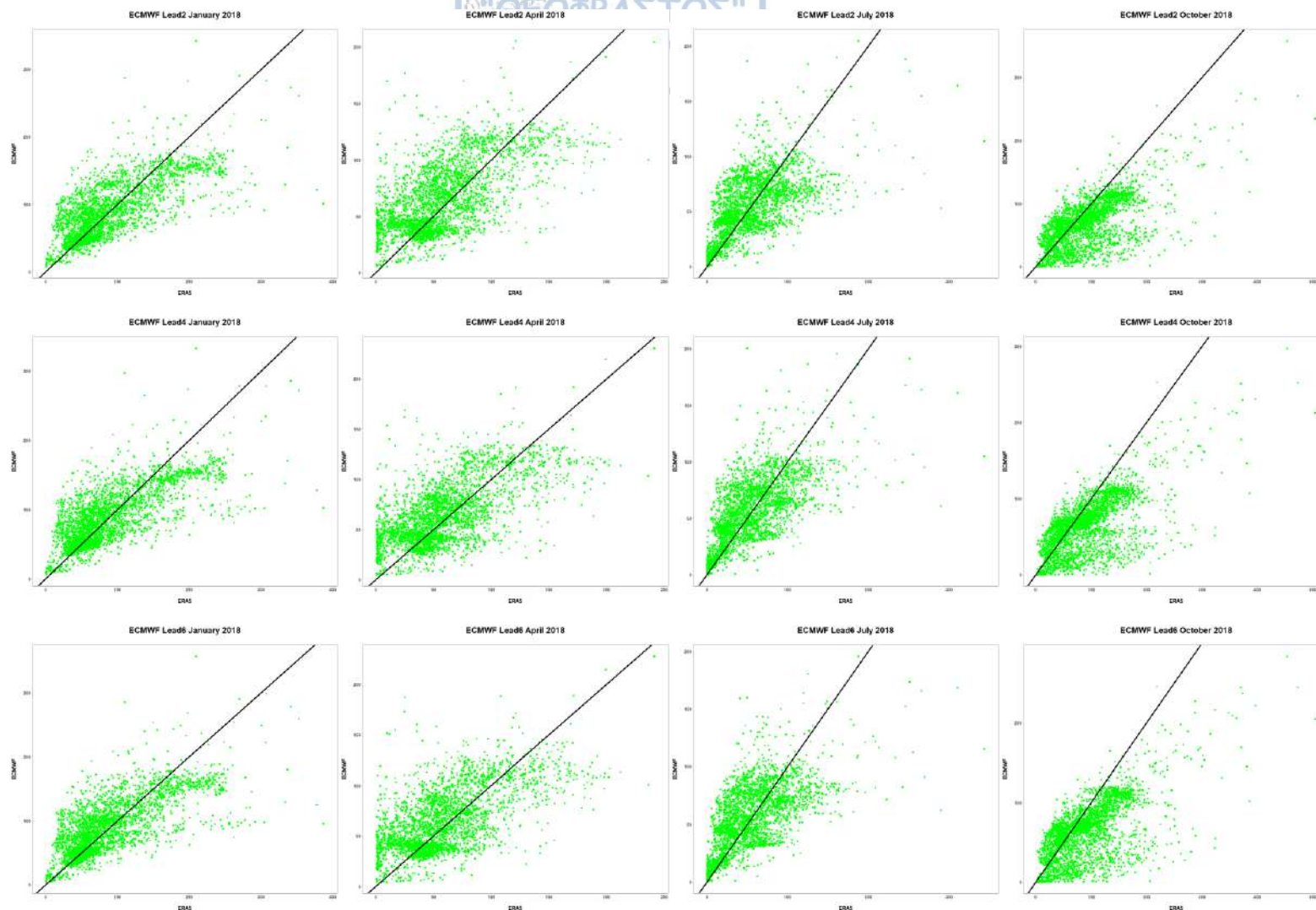
Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



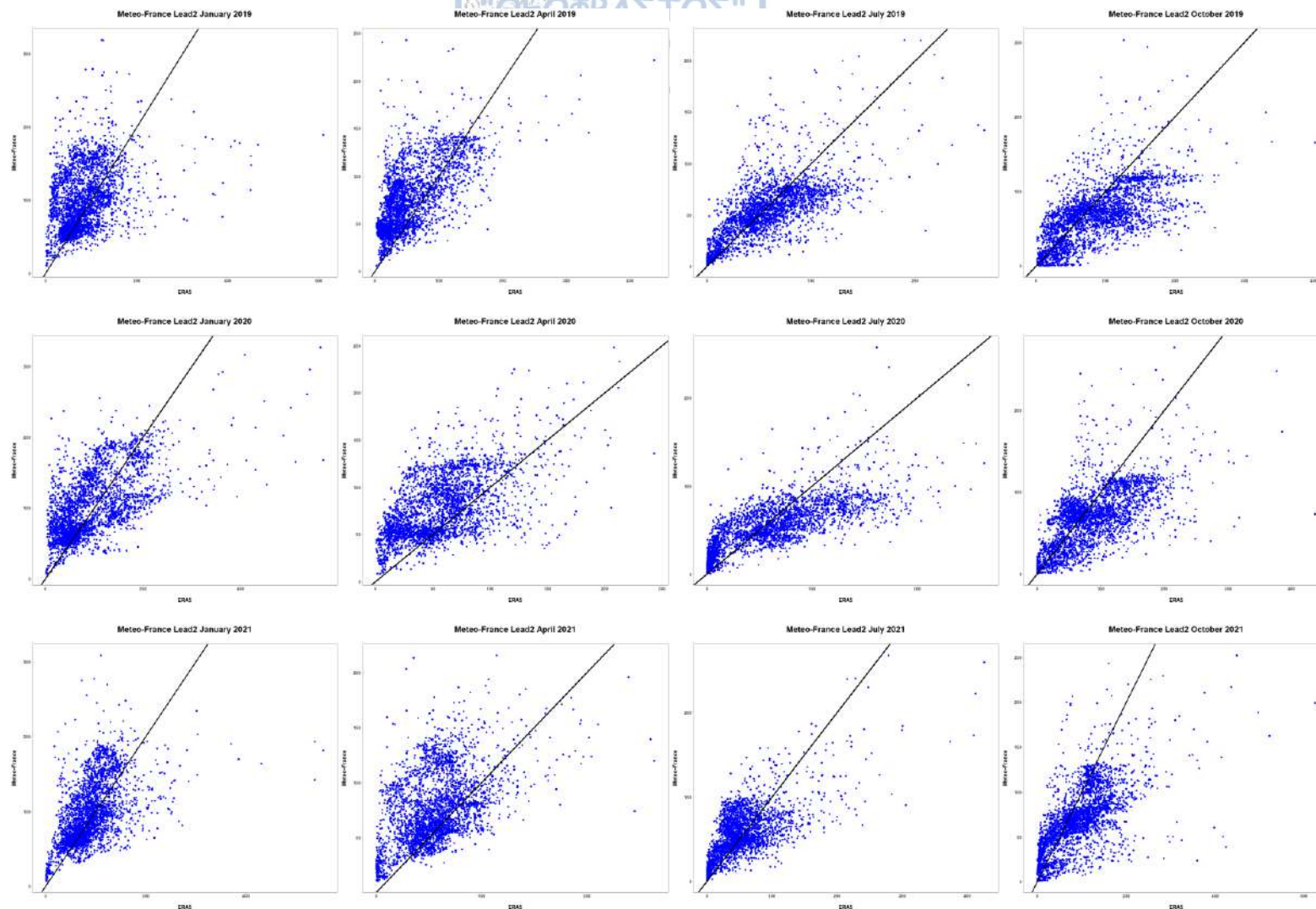
Σχήμα Π. 84 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του ECMWF (άξονας y) με Lead time 2 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



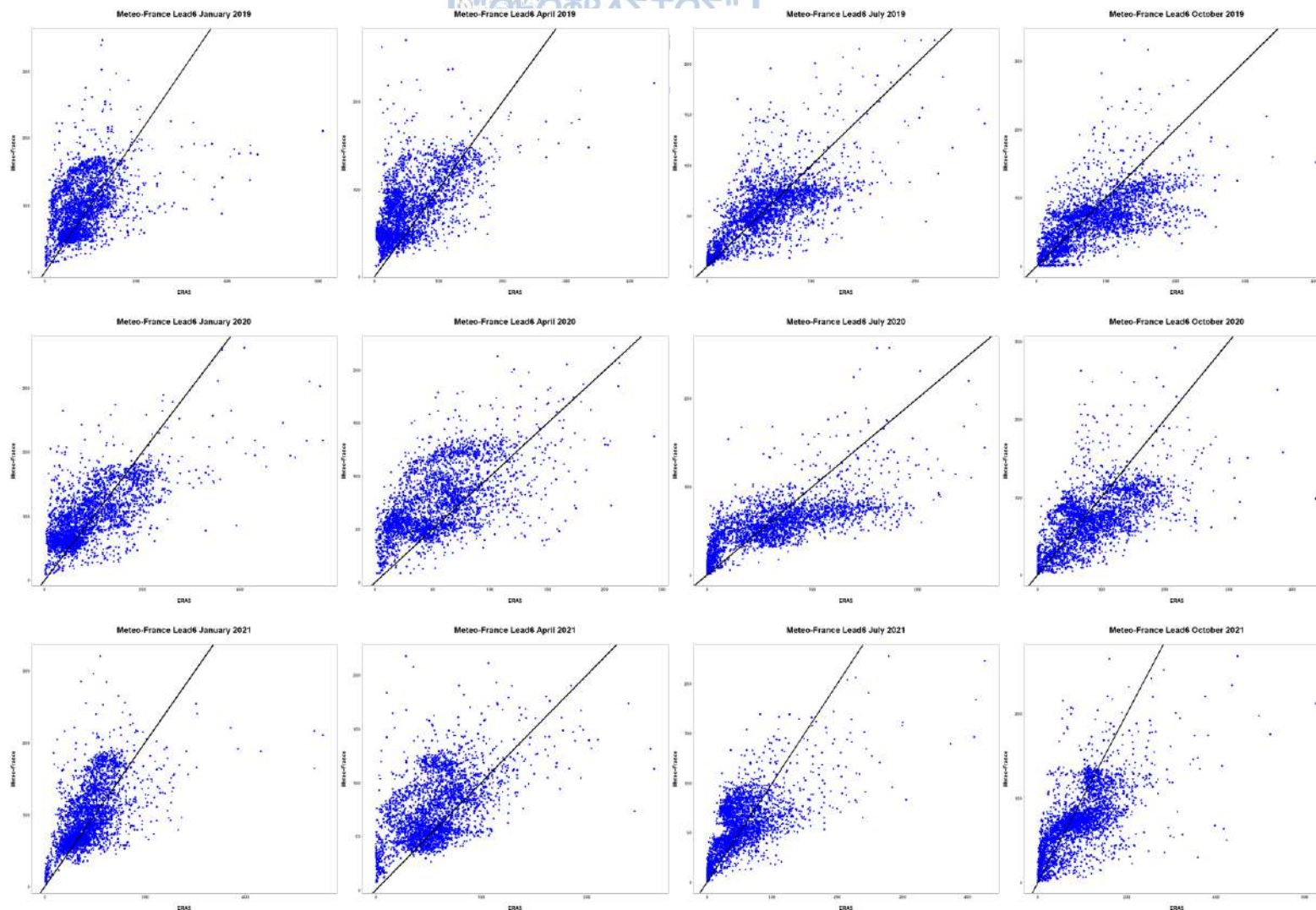
Σχήμα Π. 85 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του ECMWF (άξονας y) με Lead time 6 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



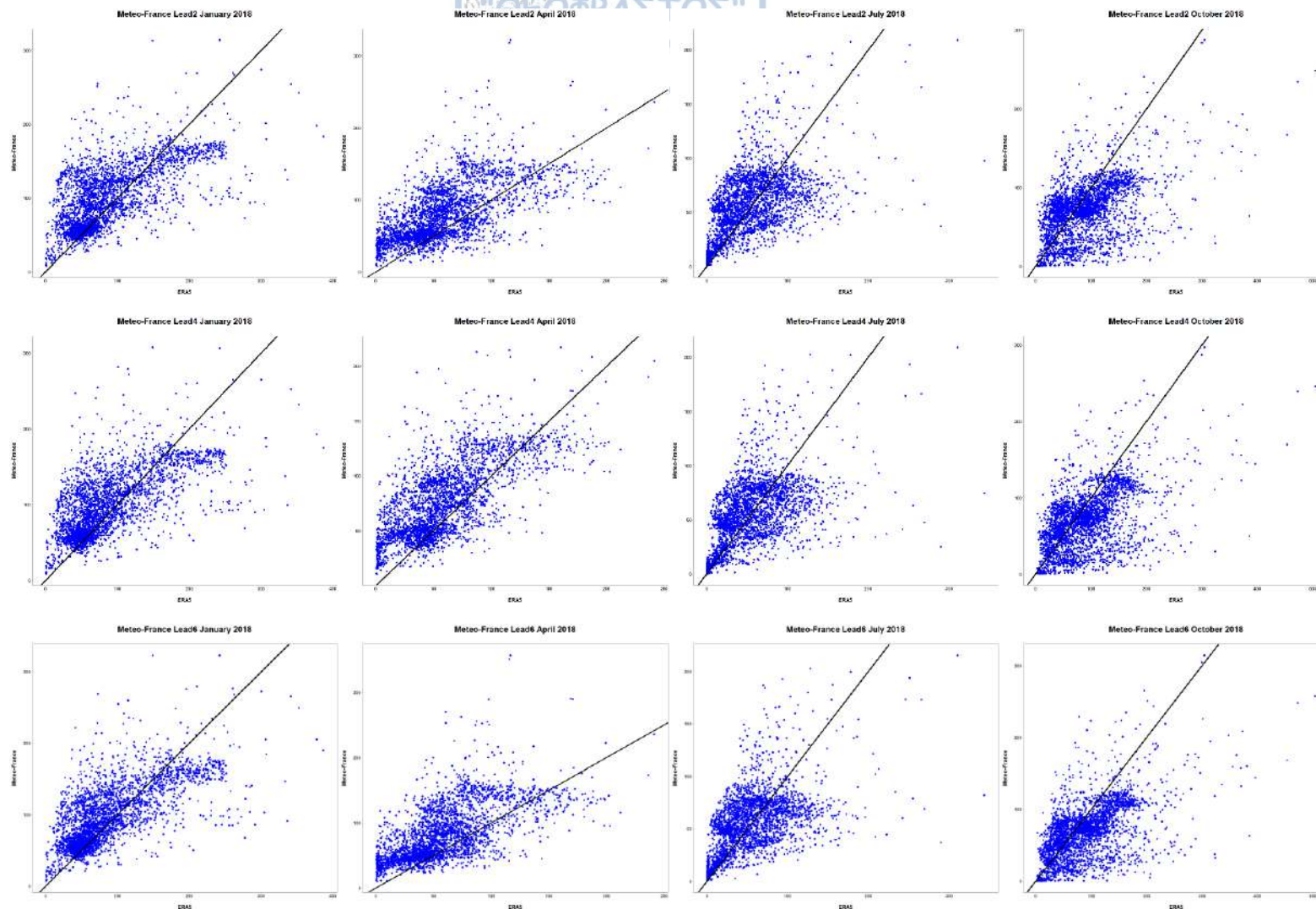
Σχήμα Π. 86 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του ECMWF (άξονας y) με Lead time 2, 4, 6 και των ERA5 (άξονας x) (Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος του 2018). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



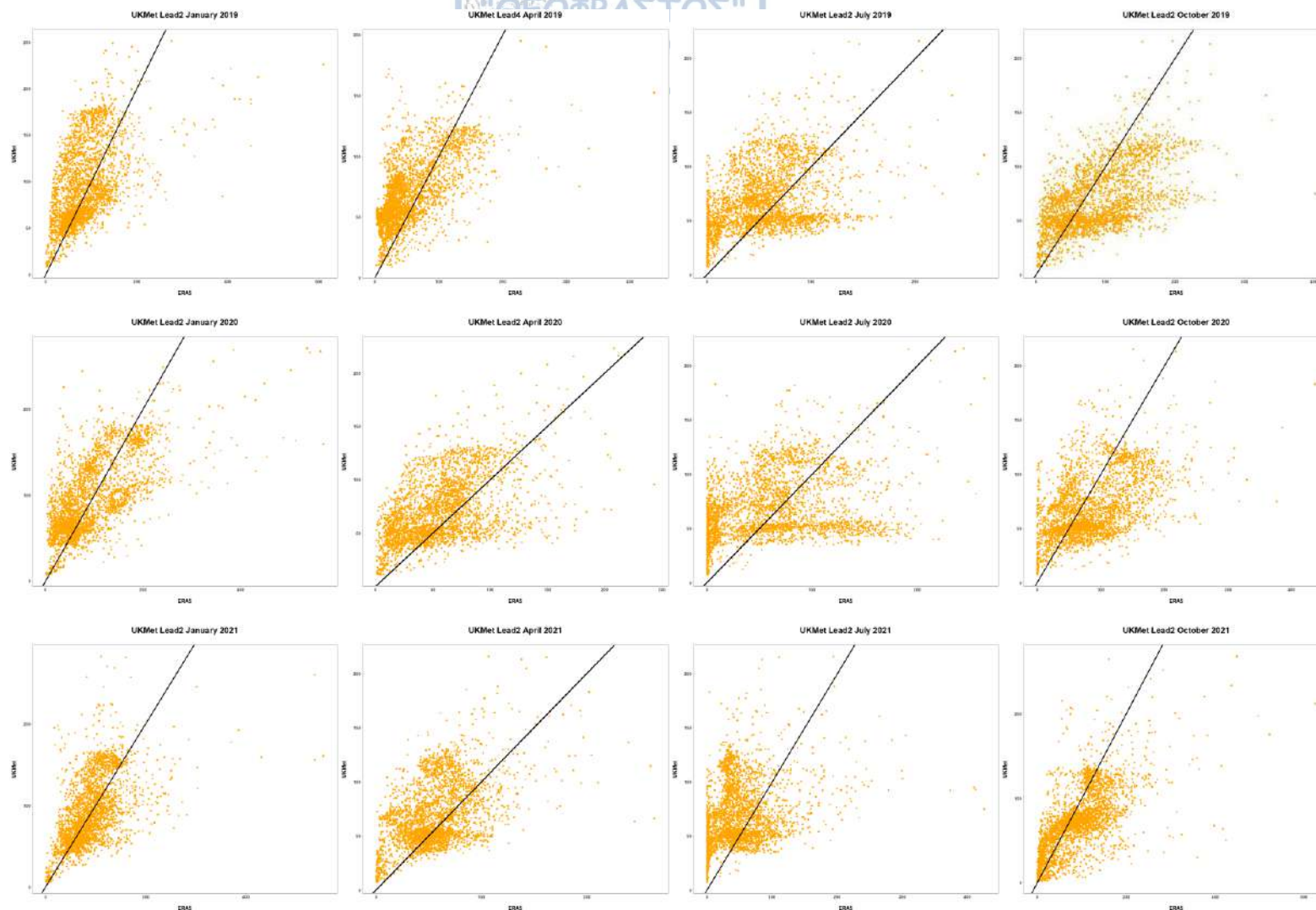
Σχήμα Π. 87 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του *Météo-France* (άξονας *y*) με *Lead time* 2 και των *ERA5* (άξονας *x*) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



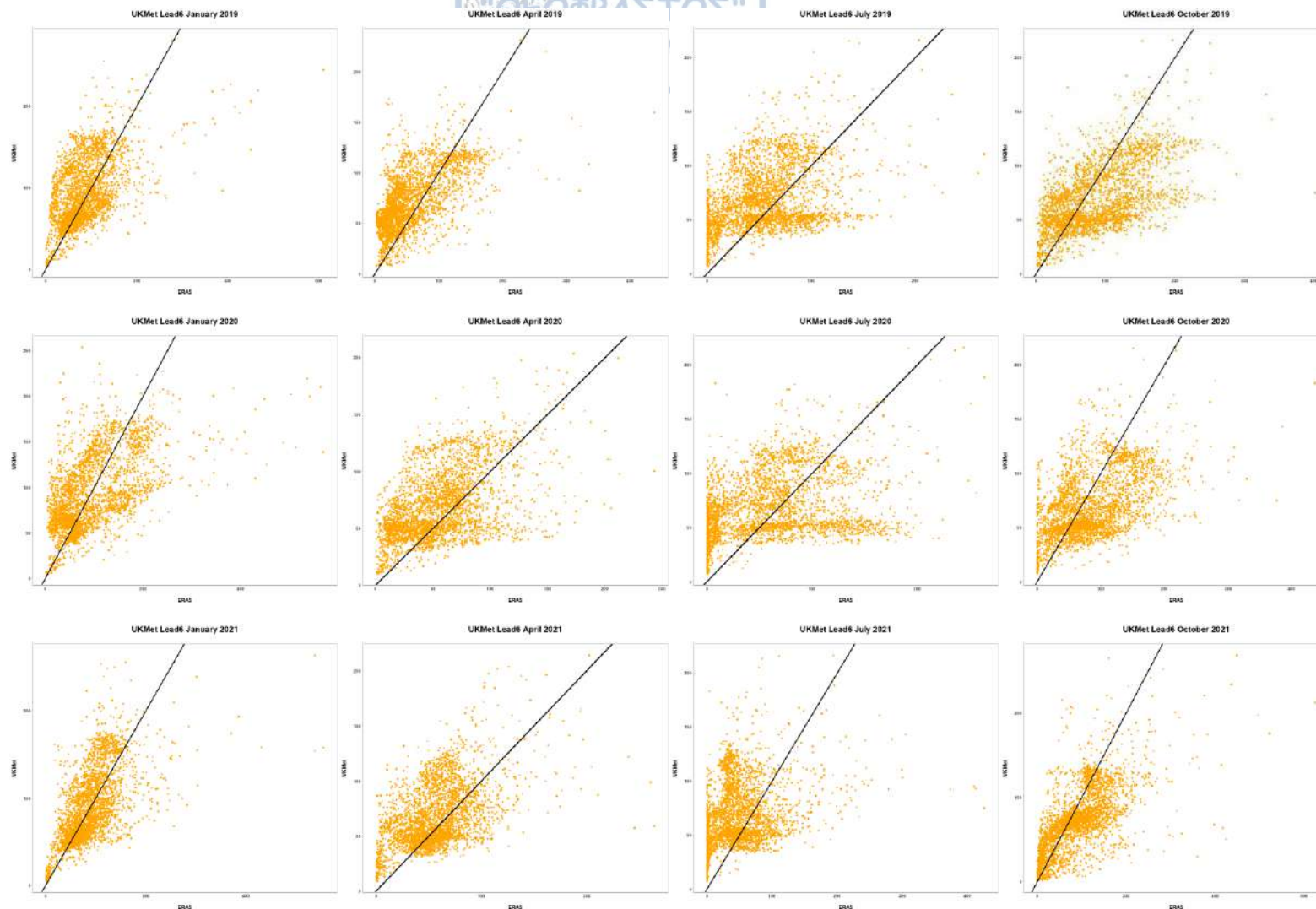
Σχήμα Π. 88 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του *Météo-France* (άξονας y) με *Lead time* 6 και των *ERA5* (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



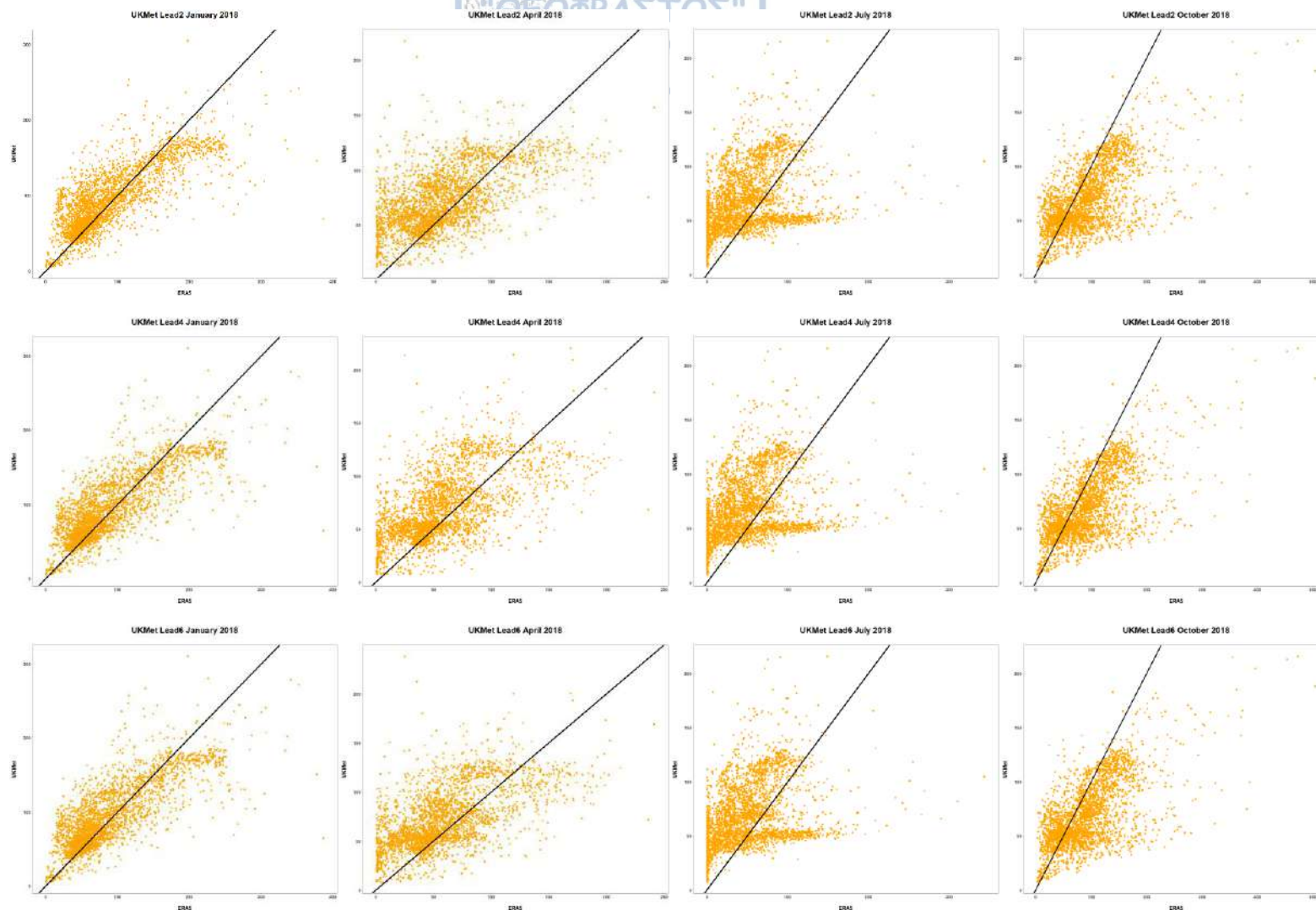
Σχήμα Π. 89 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του Météo-France (άξονας y) με Lead time 2, 4, 6 και των ERA5 (άξονας x) (Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος του 2018). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



Σχήμα Π. 90 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του UKMet (άξονας y) με Lead time 2 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



Σχήμα Π. 91 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του UKMet (άξονας y) με Lead time 6 και των ERA5 (άξονας x) (στήλες από αριστερά προς τα δεξιά: Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος) (πρώτη γραμμή 2019, δεύτερη γραμμή 2020, τρίτη γραμμή 2021). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$



Σχήμα Π. 92 Διαγράμματα διασποράς των τιμών της μηνιαίας βροχόπτωσης του UKMet (άξονας y) με Lead time 2, 4, 6 και των ERA5 (άξονας x) (Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος του 2018). Η ευθεία αντιπροσωπεύει την ευθεία $y=x$

Πίνακας Π. 13 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Βορειοανατολική Ευρώπη για το 2018

January 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-	-	-	52.1	56.5	57.2	63.9	66.0	66.2	64.8	60.6	-	56.8
IQR	-	-	-	27.0	27.7	31.3	32.8	33.1	34.0	21.7	18.0	-	20.3
Maximum	-	-	-	176.9	189.0	193.2	251.0	219.7	228.1	193.0	159.4	-	190.6
Minimum	-	-	-	32.4	33.8	29.3	41.2	35.5	35.7	41.1	34.8	-	23.9
April 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	65.6	-	-	40.6	42.1	39.6	54.4	52.2	57.0	52.2	52.7	53.8	47.6
IQR	16.1	-	-	18.0	19.0	19.0	25.6	30.0	31.4	16.2	12.8	13.5	18.5
Maximum	123.7	-	-	151.4	144.7	146.2	232.0	165.8	250.2	125.8	149.2	143.6	136.5
Minimum	36.4	-	-	26.4	24.2	25.7	35.7	30.2	38.2	31.9	34.0	32.2	21.7
July 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	74.2	74.5	71.8	76.0	73.6	76.4	70.2	70.9	65.3	71.1	74.4	74.5	46.6
IQR	43.8	44.7	43.7	34.5	36.2	34.4	27.9	30.4	24.2	28.3	29.7	27.6	46.7
Maximum	118.7	120.2	115.3	148.6	128.9	143.3	169.0	160.8	151.5	134.3	132.1	147.6	196.2
Minimum	29.7	30.7	30.5	33.6	32.5	30.0	37.8	38.3	37.3	37.1	36.2	37.6	5.8
October 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	70.7	76.3	79.4	71.7	69.2	67.9	73.9	75.9	73.4	68.2	68.0	71.0	65.3
IQR	14.7	19.6	16.7	19.1	12.9	12.2	14.4	17.0	15.4	14.1	12.1	19.0	42.4
Maximum	160.5	164.2	165.6	255.2	252.7	245.2	220.7	235.7	250.7	225.7	189.0	216.3	322.8
Minimum	35.2	27.9	36.5	41.5	46.0	44.3	51.9	46.3	43.8	40.8	44.1	39.1	13.5

Πίνακας Π. 14 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Βορειοανατολική Ευρώπη για το 2019

January 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	76.9	75.0	70.7	54.8	55.3	56.5	68.4	68.5	65.6	63.9	57.3	64.5	61.0
IQR	21.8	22.5	23.9	29.6	27.4	29.4	26.7	29.5	34.4	16.4	17.9	17.1	36.1
Maximum	147.6	164.1	146.1	188.6	166.9	173.5	232.6	189.8	243.1	154.5	143.6	144.9	205.6
Minimum	34.9	40.7	34.0	29.7	29.8	30.0	43.0	39.8	40.3	40.2	34.7	39.7	21.5
April 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	60.4	62.1	60.6	42.6	37.2	39.8	47.9	54.6	51.9	51.1	52.2	52.5	18.8
IQR	14.9	15.3	14.7	18.5	19.2	18.7	27.2	27.0	29.2	11.4	14.9	15.9	23.5
Maximum	99.1	105.1	104.2	138.3	140.8	128.8	172.7	173.3	191.4	109.6	119.6	123.0	125.5
Minimum	32.5	33.8	34.8	25.0	27.5	24.6	29.7	31.0	31.1	30.0	32.6	30.8	2.2
July 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	69.7	69.7	70.0	73.0	66.9	75.2	63.9	74.2	71.1	73.8	69.5	70.2	65.8
IQR	43.4	39.5	37.8	32.2	33.9	35.6	26.4	29.0	27.0	24.5	22.8	24.5	42.8
Maximum	114.0	121.6	113.8	148.8	119.9	135.6	166.9	166.7	162.0	131.0	128.7	129.4	176.2
Minimum	27.8	31.3	32.1	33.8	34.2	36.6	39.0	39.0	42.5	38.0	36.3	37.8	19.6
October 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	76.6	78.7	80.5	74.3	67.0	69.4	70.7	74.8	73.8	70.0	73.6	70.3	84.0
IQR	17.6	18.0	19.1	15.1	13.5	13.1	14.6	14.6	13.1	13.9	16.2	16.9	50.9
Maximum	153.7	156.4	166.4	255.9	221.9	246.8	223.2	223.8	258.8	200.9	215.5	203.8	212.0
Minimum	34.0	37.6	32.7	43.7	44.8	44.5	45.7	43.0	47.4	46.8	42.3	35.9	21.0

Πίνακας Π. 15 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Βορειοανατολική Ευρώπη για το 2020

January 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	76.7	74.8	74.6	57.1	53.7	55.8	67.9	62.7	67.3	64.6	61.2	61.0	63.3
IQR	26.2	23.2	22.9	26.2	26.7	24.9	22.1	31.3	29.8	15.6	17.3	18.6	36.2
Maximum	174.9	164.4	162.7	193.2	200.4	169.5	202.2	224.0	245.3	166.2	167.9	153.1	569.6
Minimum	39.2	39.0	40.4	32.7	34.5	27.9	42.6	39.0	39.9	38.5	38.1	37.5	19.9
April 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	62.9	62.6	64.7	41.7	41.7	41.4	54.1	52.8	54.1	51.6	51.0	50.4	48.0
IQR	17.4	13.9	13.7	18.8	15.6	15.0	14.8	17.7	15.1	11.0	10.0	12.3	33.3
Maximum	154.5	111.8	110.7	221.8	156.8	128.8	205.1	195.2	169.0	168.4	151.1	160.2	204.7
Minimum	38.8	36.4	36.8	28.6	27.2	25.5	38.7	35.6	36.8	37.1	32.8	32.8	7.7
July 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	68.5	74.9	71.4	71.9	77.6	73.1	72.1	69.4	67.3	74.0	73.7	71.0	90.7
IQR	44.8	44.9	39.2	35.1	31.1	32.9	27.2	26.1	23.7	25.0	24.6	27.0	70.1
Maximum	120.1	128.7	120.1	139.5	139.4	129.8	167.2	155.9	156.2	142.3	138.0	132.8	224.0
Minimum	30.3	29.8	28.7	33.7	37.4	37.6	40.3	39.9	38.6	38.1	38.2	36.4	17.0
October 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	78.2	80.1	77.2	74.3	69.0	72.9	73.0	75.3	73.2	76.5	70.7	72.9	75.2
IQR	17.5	20.7	15.0	16.3	17.7	12.6	14.3	18.0	18.2	15.6	14.7	18.7	34.5
Maximum	153.2	159.5	143.8	254.2	268.2	238.8	244.8	258.4	262.6	235.4	199.3	207.5	256.2
Minimum	47.8	37.1	36.1	42.2	44.5	42.1	42.9	41.9	38.1	44.6	43.6	40.3	32.5

Πίνακας Π. 16 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Βορειοδυτική Ευρώπη για το 2018

January 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-	-	-	108.9	109.4	110.5	127.2	120.4	118.9	117.6	117.2	-	128.5
IQR	-	-	-	57.1	56.5	58.1	56.6	59.4	60.8	61.6	71.1	-	94.2
Maximum	-	-	-	290.5	285.7	298.4	314.1	307.4	323.0	276.0	278.6	-	352.3
Minimum	-	-	-	27.2	22.2	19.5	27.1	20.5	21.0	25.0	25.0	-	39.5
April 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	88.7	-	-	88.6	81.7	80.7	112.6	95.4	118.4	85.2	96.4	92.4	72.2
IQR	37.7	-	-	42.0	47.8	44.1	47.9	46.0	55.9	42.7	43.9	45.9	35.6
Maximum	161.7	-	-	205.4	230.4	227.7	321.9	214.4	356.6	162.6	220.5	200.8	241.2
Minimum	26.4	-	-	16.2	19.4	10.7	25.9	20.5	27.7	13.2	19.0	18.4	7.0
July 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	52.4	49.0	51.6	57.6	53.8	54.4	59.3	56.3	59.4	58.2	55.1	58.8	65.6
IQR	23.3	20.6	24.2	28.0	24.7	28.0	31.9	30.4	28.0	24.4	25.2	24.8	37.3
Maximum	137.9	129.9	126.7	159.4	153.8	154.4	194.1	202.5	202.5	143.1	144.5	167.6	206.1
Minimum	19.9	22.0	21.3	9.9	12.6	9.6	17.5	17.4	15.3	17.1	12.3	13.4	4.7
October 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	97.4	100.3	97.7	100.6	95.4	93.3	96.5	102.5	95.9	96.7	89.1	86.6	123.0
IQR	33.8	33.4	32.9	31.2	29.9	33.2	25.3	39.3	32.9	31.1	35.7	27.3	50.3
Maximum	199.6	226.2	212.5	358.0	297.2	283.3	287.2	297.0	314.4	262.9	220.9	254.9	504.3
Minimum	39.7	33.0	29.0	24.1	23.8	21.3	25.5	30.1	32.1	21.1	24.2	20.0	24.4

Πίνακας Π. 17 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Βορειοδυτική Ευρώπη για το 2019

January 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	115.2	120.7	117.5	109.8	106.0	112.1	119.0	116.2	125.1	117.7	113.8	111.4	104.0
IQR	56.7	53.6	57.8	58.5	60.7	57.7	53.5	59.7	58.1	68.3	60.9	59.4	42.8
Maximum	226.5	244.1	206.0	305.5	295.6	306.8	318.7	287.2	346.3	248.7	244.6	233.2	226.5
Minimum	26.6	29.3	32.5	30.4	19.5	24.3	24.6	26.4	18.5	20.7	21.6	21.0	20.8
April 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	79.1	78.1	78.7	83.8	79.3	79.2	98.4	97.3	101.6	88.2	87.5	87.6	39.7
IQR	27.9	30.3	30.3	40.3	42.2	40.1	48.4	42.9	49.1	43.0	41.9	43.6	69.3
Maximum	140.9	145.1	142.1	202.5	214.5	217.7	242.8	225.7	270.6	171.7	165.0	172.9	437.6
Minimum	19.2	20.6	17.9	10.8	15.3	14.8	21.0	19.8	27.6	15.0	14.0	15.7	4.9
July 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	47.3	52.7	50.6	56.5	51.8	53.5	58.4	58.7	59.5	57.3	52.3	54.8	62.8
IQR	22.8	19.2	23.6	30.8	26.6	23.2	26.3	23.5	26.7	23.6	25.6	22.6	36.8
Maximum	123.3	123.3	113.0	171.1	137.9	145.7	188.2	190.3	196.1	143.2	135.7	136.3	235.1
Minimum	19.9	24.0	20.4	9.8	11.4	12.1	15.6	22.1	14.4	14.2	15.7	13.7	16.5
October 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	96.1	97.7	97.8	97.1	94.0	92.3	99.4	97.8	100.7	96.1	95.4	89.4	111.7
IQR	36.6	30.0	34.0	35.4	33.9	31.8	37.5	34.7	35.5	31.2	34.1	26.8	76.8
Maximum	205.2	219.1	232.5	334.3	300.3	302.0	303.0	298.8	330.6	251.7	256.1	222.1	339.6
Minimum	29.4	33.2	37.0	20.5	29.7	24.1	33.1	29.1	29.9	25.1	19.7	22.0	1.4

Πίνακας Π. 18 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Βορειοδυτική Ευρώπη για το 2020

January 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	125.5	118.9	114.0	109.2	113.6	113.6	125.0	117.9	129.6	126.0	119.7	111.2	164.0
IQR	73.9	61.9	56.3	57.5	58.5	69.2	70.6	65.6	62.6	64.1	66.4	60.1	64.2
Maximum	269.1	231.7	224.4	298.4	319.1	323.7	326.8	298.3	362.6	270.4	252.0	227.0	563.9
Minimum	24.6	26.2	27.0	24.7	20.3	27.8	39.3	25.6	18.4	27.4	19.9	17.8	33.2
April 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	88.8	86.0	81.3	91.4	84.5	79.0	96.6	90.2	90.2	99.3	94.6	90.5	66.1
IQR	32.1	38.3	37.7	40.2	44.4	41.2	42.7	44.1	44.0	39.8	42.9	45.1	37.4
Maximum	203.7	174.8	161.8	230.6	216.1	220.6	248.1	223.8	221.1	223.1	208.2	209.0	211.9
Minimum	20.6	24.5	18.0	16.4	14.4	14.3	24.6	21.0	27.7	17.8	16.1	18.6	0.4
July 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	48.2	53.4	53.4	55.7	55.3	54.3	52.7	57.9	57.9	58.0	57.7	59.2	73.1
IQR	26.5	24.1	25.7	28.1	24.6	26.5	25.1	26.0	25.4	20.6	23.9	27.8	32.5
Maximum	115.8	127.0	119.0	165.4	153.8	151.7	152.2	159.6	175.2	151.7	147.6	161.3	263.7
Minimum	15.4	25.9	23.0	9.6	8.5	9.6	19.0	21.8	23.3	14.6	11.8	12.1	10.5
October 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	102.8	98.9	91.0	100.1	99.0	93.5	95.0	99.6	101.2	101.5	96.7	95.4	115.5
IQR	40.3	30.8	28.8	33.8	35.9	30.2	34.7	32.5	26.4	34.4	32.9	28.2	90.5
Maximum	222.1	226.4	187.2	350.8	322.4	288.3	277.0	292.5	292.0	299.4	258.2	274.5	384.9
Minimum	35.0	35.2	29.2	24.1	21.7	21.0	29.4	33.5	40.2	22.2	22.5	23.0	15.9

Πίνακας Π. 19 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη για το 2018

January 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-	-	-	54.6	56.0	58.3	64.6	64.8	63.6	64.0	66.3	-	51.5
IQR	-	-	-	35.2	33.0	33.1	37.3	34.7	35.5	35.6	33.5	-	35.8
Maximum	-	-	-	342.0	333.0	357.0	250.4	271.9	235.3	304.7	310.2	-	336.2
Minimum	-	-	-	10.4	7.6	5.5	11.9	10.6	8.4	7.2	6.7	-	0.4
April 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	56.1	-	-	47.5	47.9	46.0	49.8	50.5	47.5	59.3	53.8	54.9	23.4
IQR	27.4	-	-	23.4	22.4	22.5	25.0	26.6	25.8	25.3	25.2	27.1	30.1
Maximum	191.9	-	-	176.8	168.5	187.1	165.7	194.3	166.2	217.8	213.8	238.3	186.1
Minimum	1.9	-	-	7.5	6.1	5.5	11.5	15.2	14.7	12.3	7.0	9.9	0.2
July 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	29.7	30.7	30.7	34.7	42.4	39.9	31.2	24.8	28.8	33.8	31.7	27.0	38.3
IQR	78.2	77.8	70.9	57.8	74.7	66.8	50.9	53.5	50.4	53.3	57.0	54.5	89.7
Maximum	150.3	153.4	147.0	204.4	195.8	195.5	209.1	209.2	215.2	178.9	190.3	196.5	310.7
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
October 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	21.7	17.5	17.7	37.5	33.1	31.5	43.0	37.6	37.0	37.2	29.9	28.6	38.9
IQR	29.4	25.1	28.0	36.4	33.5	35.0	38.6	31.4	26.5	32.2	32.4	31.0	46.6
Maximum	101.3	99.9	97.5	206.2	168.8	168.6	185.1	156.9	167.8	111.5	132.1	126.0	385.3
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3

Πίνακας Π. 20 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη για το 2019

January 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	77.0	77.3	78.1	60.9	58.7	57.8	64.2	67.5	61.4	66.1	64.2	66.0	77.5
IQR	32.2	31.7	31.7	34.8	31.6	28.8	34.2	33.0	34.7	36.9	40.3	38.7	59.0
Maximum	291.3	279.2	291.4	357.6	379.1	316.8	274.8	308.0	243.0	251.2	258.4	280.7	609.1
Minimum	3.7	4.7	4.0	11.2	5.8	5.4	12.7	13.9	10.3	10.5	4.6	6.6	2.3
April 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	67.3	63.8	61.9	47.9	46.5	47.2	51.5	52.5	49.6	56.7	56.9	60.5	45.7
IQR	27.8	25.7	25.1	21.9	29.1	24.2	26.5	28.2	27.6	26.7	27.2	29.2	46.9
Maximum	221.3	199.9	191.3	187.5	180.8	193.1	183.9	204.7	183.8	195.0	215.8	231.1	334.6
Minimum	7.2	7.6	7.1	6.3	5.1	5.5	9.2	10.7	16.4	9.0	7.7	8.2	5.0
July 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	47.8	49.4	45.6	43.1	49.2	44.1	31.2	27.9	29.3	42.0	39.9	34.3	42.2
IQR	81.6	76.8	82.2	63.1	68.2	68.9	45.0	52.0	59.0	58.4	56.7	53.5	63.3
Maximum	149.8	163.3	172.7	216.9	212.1	202.5	219.9	222.1	223.5	190.1	178.8	185.9	266.0
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.3	0.8	1.0	0.2	0.0
October 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	19.8	20.9	20.5	32.6	33.6	30.6	34.0	32.7	37.0	33.4	28.5	27.1	35.5
IQR	30.4	31.8	30.0	35.3	37.2	35.3	36.8	33.9	30.3	39.2	33.1	33.6	32.1
Maximum	101.6	111.2	96.1	163.7	158.4	166.5	172.2	156.5	159.9	140.5	132.0	134.4	288.4
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	1.5

Πίνακας Π. 21 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη για το 2020

January 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	74.5	76.0	77.0	59.4	56.7	55.2	64.0	64.3	63.4	65.5	63.9	68.1	37.2
IQR	33.1	31.5	32.8	37.8	33.1	35.9	39.4	37.4	28.1	34.5	34.0	37.7	31.2
Maximum	271.8	295.1	313.0	357.5	340.7	323.2	236.8	243.2	264.4	243.8	254.7	253.5	392.3
Minimum	4.8	2.8	3.2	5.1	4.2	5.4	9.6	13.0	10.7	8.4	6.1	5.5	2.8
April 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	60.3	55.5	57.7	44.9	45.8	46.6	56.0	55.0	56.8	53.6	53.0	54.6	22.3
IQR	21.9	24.5	24.3	19.8	21.7	24.8	30.6	27.0	27.7	28.9	25.7	24.4	35.0
Maximum	192.7	171.8	176.8	172.3	178.1	182.9	233.2	211.9	206.4	182.6	177.2	174.0	212.8
Minimum	5.2	7.4	9.5	10.4	5.1	3.4	9.8	9.0	10.9	10.8	7.5	9.8	0.9
July 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	35.6	35.3	40.0	37.0	41.0	40.4	31.1	35.7	35.9	33.3	33.2	29.8	17.6
IQR	81.9	77.8	77.6	60.0	68.3	62.7	48.5	54.8	48.9	56.9	54.3	51.4	53.0
Maximum	151.3	146.3	157.6	194.6	198.5	195.0	234.7	237.5	257.2	190.0	185.9	183.4	255.7
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	0.7	0.3	0.1	0.2	0.0
October 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	25.3	19.7	19.8	28.6	28.8	25.8	32.2	35.0	31.0	29.5	29.6	27.6	41.8
IQR	34.3	27.1	36.8	36.5	35.1	36.9	35.5	27.7	32.5	38.5	39.6	32.0	63.5
Maximum	96.1	102.4	113.4	157.3	148.2	172.5	202.9	188.6	191.3	129.6	141.8	134.7	436.8
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0

Πίνακας Π. 22 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Νοτιοδυτική Ευρώπη για το 2018

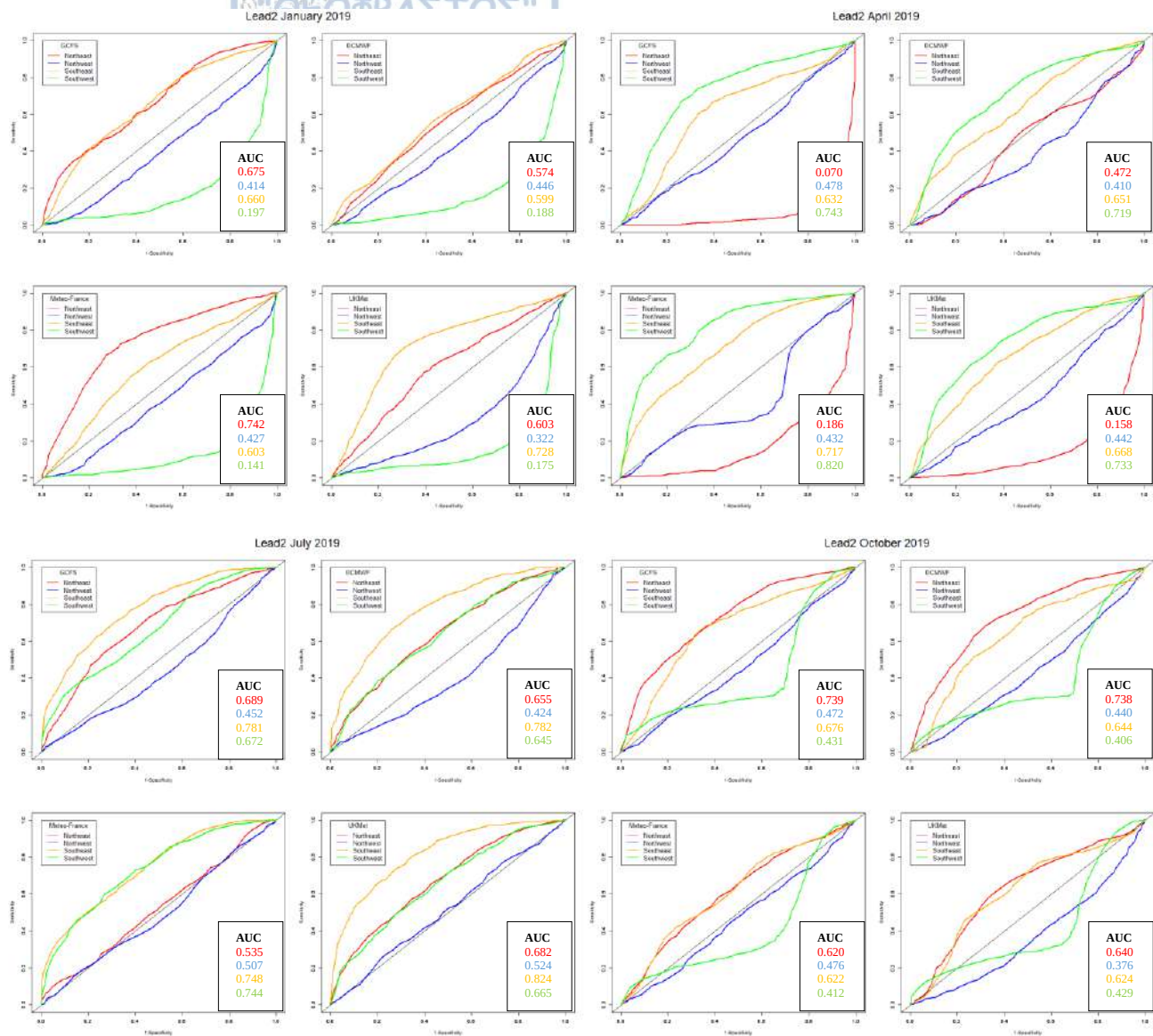
January 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	-	-	-	99.8	98.9	98.9	119.6	116.9	112.1	103.9	103.8	-	82.6
IQR	-	-	-	58.8	52.7	61.7	46.0	51.5	52.0	50.3	61.5	-	83.7
Maximum	-	-	-	220.9	208.4	208.8	237.6	281.6	259.7	245.5	246.8	-	386.6
Minimum	-	-	-	7.7	5.9	4.3	8.1	8.7	6.7	5.7	5.1	-	0.3
April 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	83.3	-	-	68.3	66.4	67.2	74.9	86.5	74.5	73.9	66.6	70.9	78.8
IQR	66.1	-	-	44.7	46.4	42.6	49.9	44.8	53.0	42.0	40.3	38.2	65.5
Maximum	174.5	-	-	135.6	137.9	145.2	175.6	217.1	180.2	162.1	174.0	167.1	236.1
Minimum	4.3	-	-	5.2	4.8	4.3	8.4	10.8	10.5	11.7	8.0	8.1	0.1
July 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	34.4	38.6	38.5	32.3	31.8	32.1	39.8	37.3	37.2	29.4	33.5	31.3	24.7
IQR	42.7	48.5	48.0	40.9	44.0	40.7	50.9	49.9	49.0	36.0	42.1	38.9	40.1
Maximum	137.5	140.2	132.0	189.4	200.5	159.9	189.0	164.3	173.2	162.0	163.8	189.7	343.7
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	2.7	1.5	1.9	2.2	3.1	1.8	0.0
October 2018													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	49.7	46.4	42.6	51.5	51.6	52.2	61.0	54.4	59.8	43.2	46.7	42.4	90.8
IQR	49.9	47.2	50.3	39.0	39.3	44.9	50.3	49.8	46.4	41.3	47.5	37.5	65.3
Maximum	116.3	126.3	122.4	170.2	146.2	144.9	173.2	146.0	160.1	131.1	123.9	109.5	380.9
Minimum	0.4	1.0	0.2	2.6	1.6	1.7	5.5	4.3	3.8	3.8	2.2	3.3	2.7

Πίνακας Π. 23 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Νοτιοδυτική Ευρώπη για το 2019

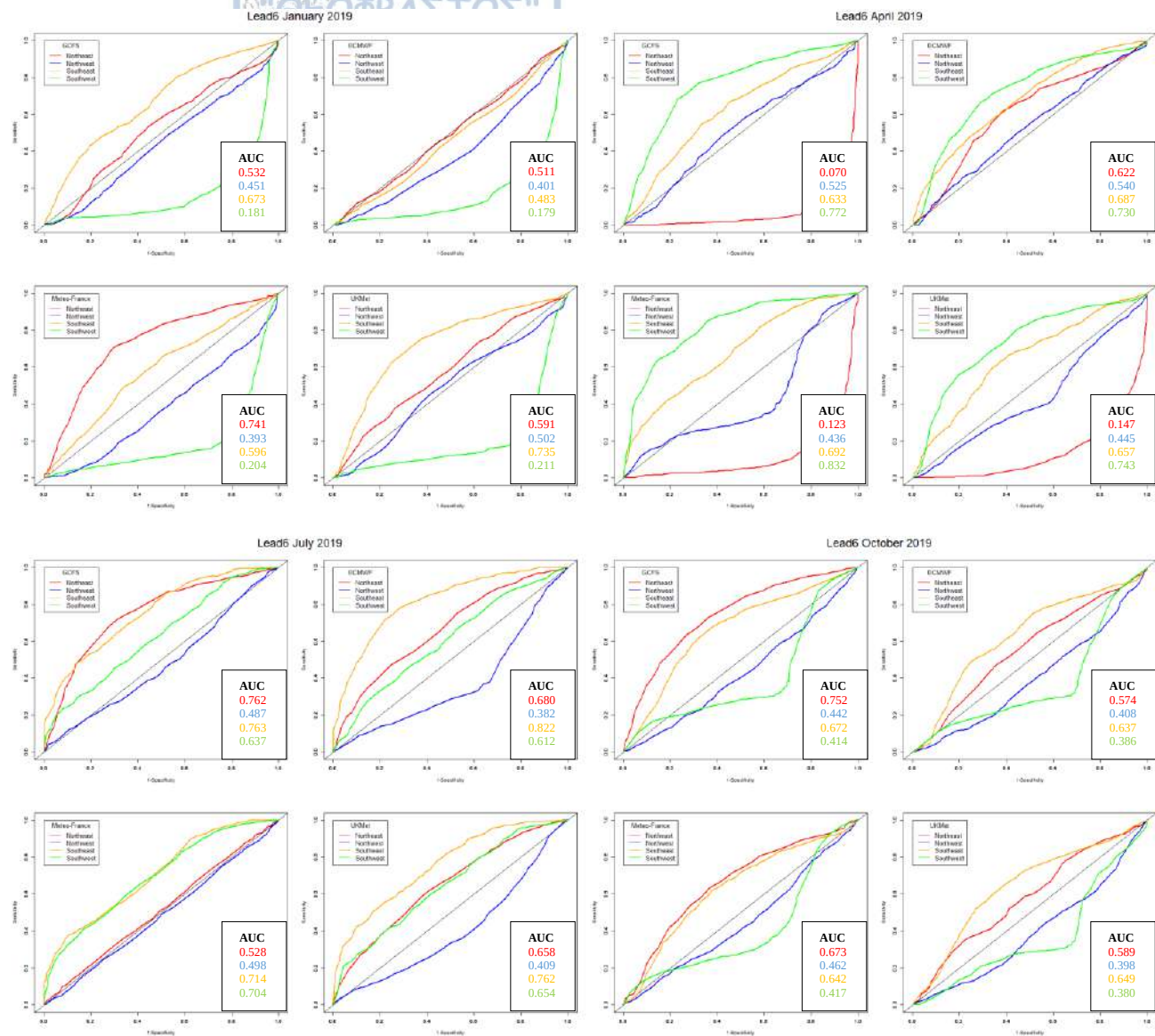
January 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	115.8	109.1	118.2	92.9	99.8	100.4	117.5	116.0	111.0	103.0	106.8	106.0	52.2
IQR	80.8	74.4	85.4	56.4	65.0	62.1	51.5	60.0	51.3	66.3	59.6	53.2	49.7
Maximum	228.3	220.2	237.0	197.0	225.1	222.4	279.0	292.3	261.1	206.8	221.5	234.4	387.6
Minimum	3.1	4.0	3.6	9.7	5.6	5.3	9.9	12.1	8.9	8.2	4.6	4.2	0.4
April 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	86.5	84.1	94.4	73.4	69.9	74.0	80.7	80.7	78.6	72.3	74.5	73.8	73.2
IQR	36.3	45.5	37.8	40.3	44.0	44.6	46.5	49.5	49.6	42.8	45.9	48.0	59.7
Maximum	170.3	152.4	180.3	143.3	159.7	162.3	186.1	199.2	190.0	160.1	182.5	184.5	320.1
Minimum	6.3	6.0	8.1	5.2	4.4	4.2	5.8	9.3	11.9	10.2	7.3	7.9	1.7
July 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	39.3	36.0	37.9	34.3	36.6	37.9	38.0	36.1	40.1	32.7	37.4	36.2	24.8
IQR	46.1	40.5	45.3	42.8	40.5	40.1	46.0	45.5	48.5	33.6	38.8	39.7	46.1
Maximum	136.4	147.7	157.1	191.5	189.4	193.0	182.9	180.5	187.0	162.3	158.1	159.0	260.1
Minimum	0.2	0.1	0.4	0.5	2.0	0.6	3.1	2.5	2.8	3.0	2.4	2.1	0.0
October 2019													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	45.2	43.9	40.1	50.9	49.1	50.2	58.7	61.3	59.1	52.6	44.7	49.3	114.4
IQR	51.7	49.4	43.2	43.6	42.0	34.6	51.3	54.3	49.7	45.8	45.1	38.7	99.6
Maximum	120.1	115.4	126.0	131.0	139.8	135.6	165.2	162.2	152.2	136.1	118.5	123.4	402.0
Minimum	0.7	0.4	0.6	1.0	1.2	0.9	3.9	3.4	6.1	1.9	1.8	1.6	1.3

Πίνακας Π. 24 Στατιστικά αποτελέσματα των μηνιαίων βροχοπτώσεων για τη Νοτιοδυτική Ευρώπη για το 2020

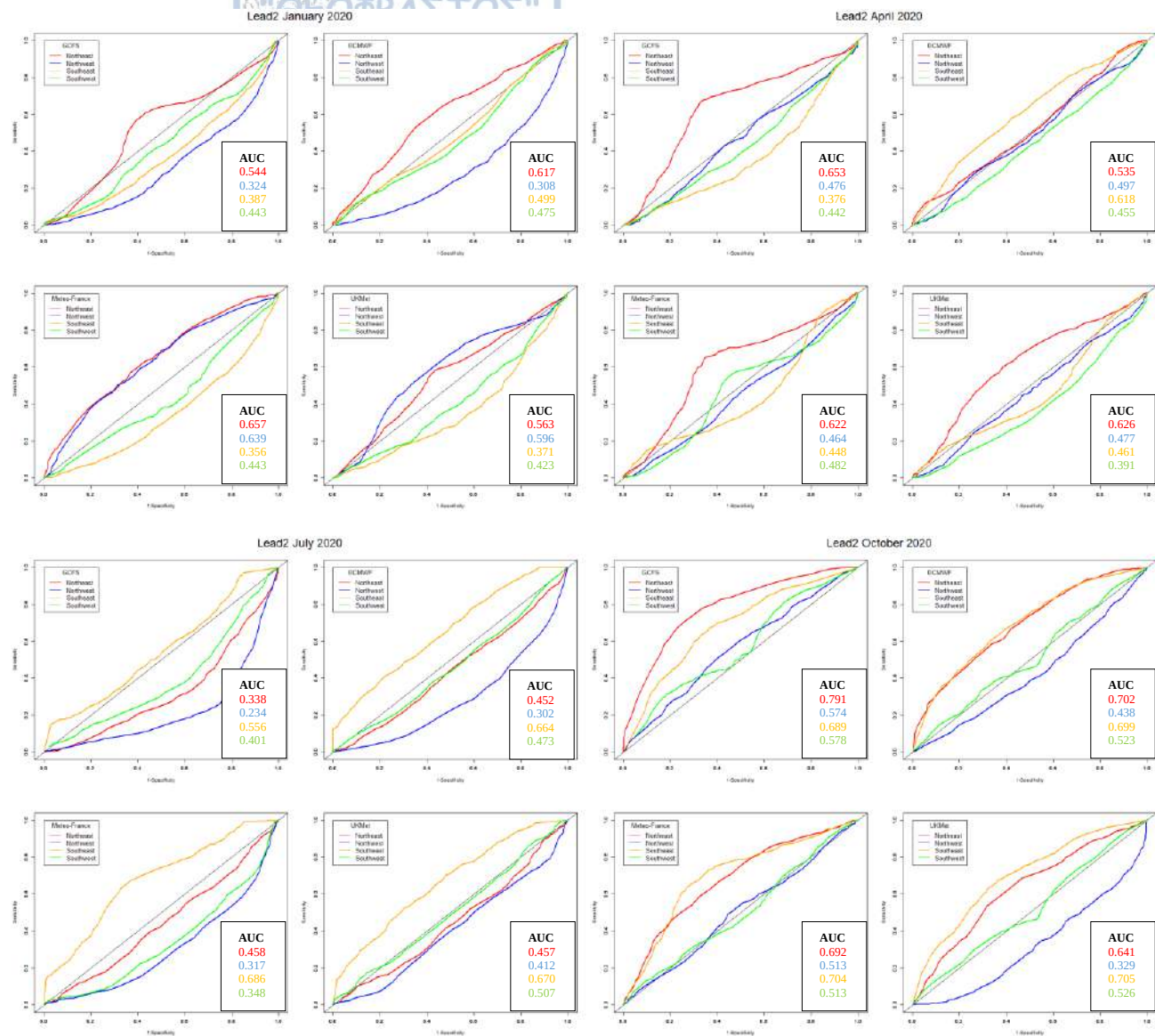
January 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
(mm)	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	Lead2	Lead4	Lead6	
Median	116.2	115.2	123.8	99.0	93.6	98.1	114.5	116.5	106.3	104.5	103.9	110.3	72.5
IQR	96.6	85.4	93.4	63.4	66.3	68.2	66.0	61.4	51.5	66.5	59.4	61.2	62.9
Maximum	228.6	231.4	246.1	206.2	198.9	218.8	255.0	282.2	241.5	221.0	219.1	235.7	220.2
Minimum	4.2	2.6	3.0	3.7	4.2	4.8	7.0	8.2	8.9	7.4	4.4	4.7	0.9
April 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	68.8	81.5	90.4	64.5	70.6	74.0	84.1	86.8	83.8	65.3	65.3	65.4	63.4
IQR	39.6	42.4	38.7	32.9	45.8	44.0	42.8	50.9	44.1	27.9	37.0	35.4	43.2
Maximum	133.8	156.8	177.7	125.0	154.0	160.9	204.3	184.3	212.8	142.8	143.4	134.9	243.1
Minimum	7.5	6.5	8.3	7.8	5.0	2.9	8.2	7.4	7.3	11.0	6.5	11.5	1.5
July 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	35.6	34.8	36.8	31.0	34.8	32.7	41.2	43.7	43.5	34.2	34.3	34.1	11.1
IQR	50.1	44.1	48.1	38.2	44.4	37.4	47.2	48.2	48.4	39.7	42.8	41.8	38.3
Maximum	137.9	137.3	143.0	191.0	188.9	172.1	257.3	259.2	256.9	168.5	169.6	162.9	248.5
Minimum	0.0	0.0	0.1	0.3	0.6	0.3	2.8	2.6	4.0	2.2	2.4	2.4	0.0
October 2020													
	GCFS			ECMWF			Météo-France			UKMet			ERA5
Median	48.2	43.4	42.4	51.5	42.3	53.8	61.8	62.3	67.8	48.4	49.0	47.5	88.3
IQR	51.2	52.4	48.2	49.4	48.8	49.9	51.2	43.7	41.1	47.1	51.7	46.9	92.3
Maximum	135.8	108.9	113.8	141.7	129.4	145.6	247.8	237.0	238.0	119.9	135.6	120.5	376.3
Minimum	0.4	0.8	0.5	0.4	0.8	0.6	5.8	6.4	9.7	1.0	1.5	1.3	0.0



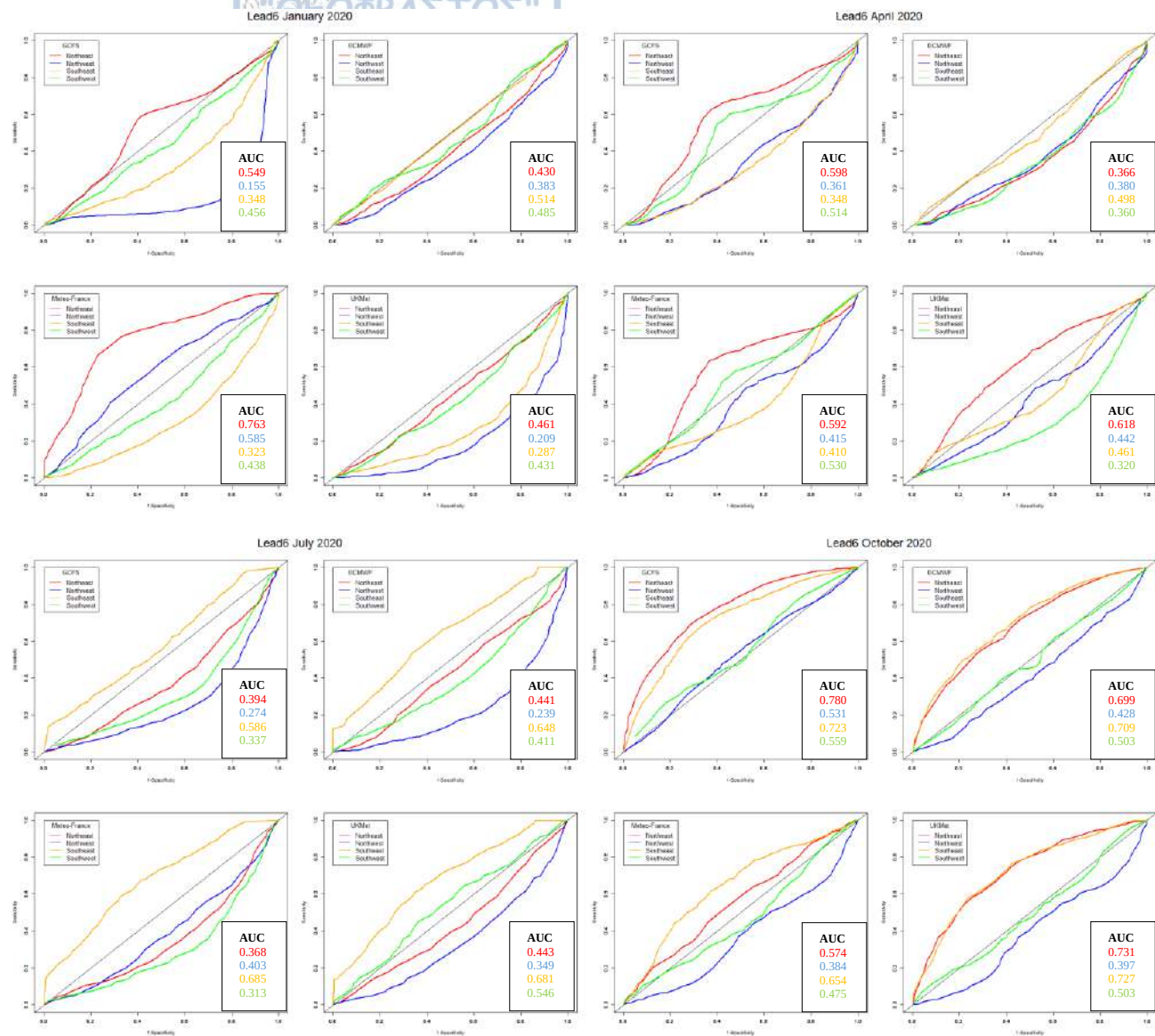
Σχήμα Π. 93 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCMs, ECMWF, Météo-France, UKMet) με Lead time 2, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2019 για την κλιματική παράμετρο της βροχόπτωσης, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



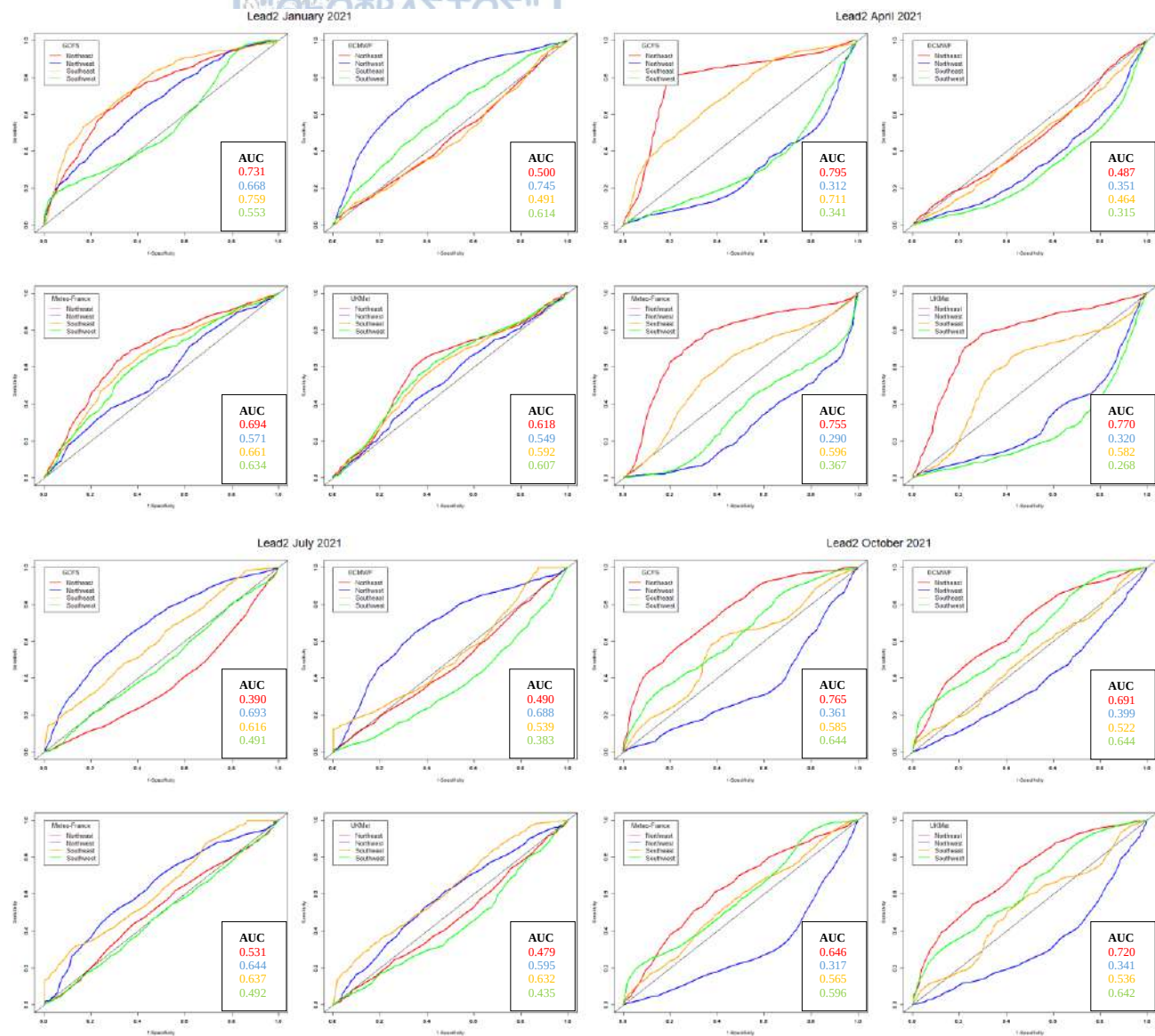
Σχήμα Π. 94 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Μétéo-France, UKMet) με Lead time 6, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2019 για την κλιματική παράμετρο της βροχόπτωσης, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



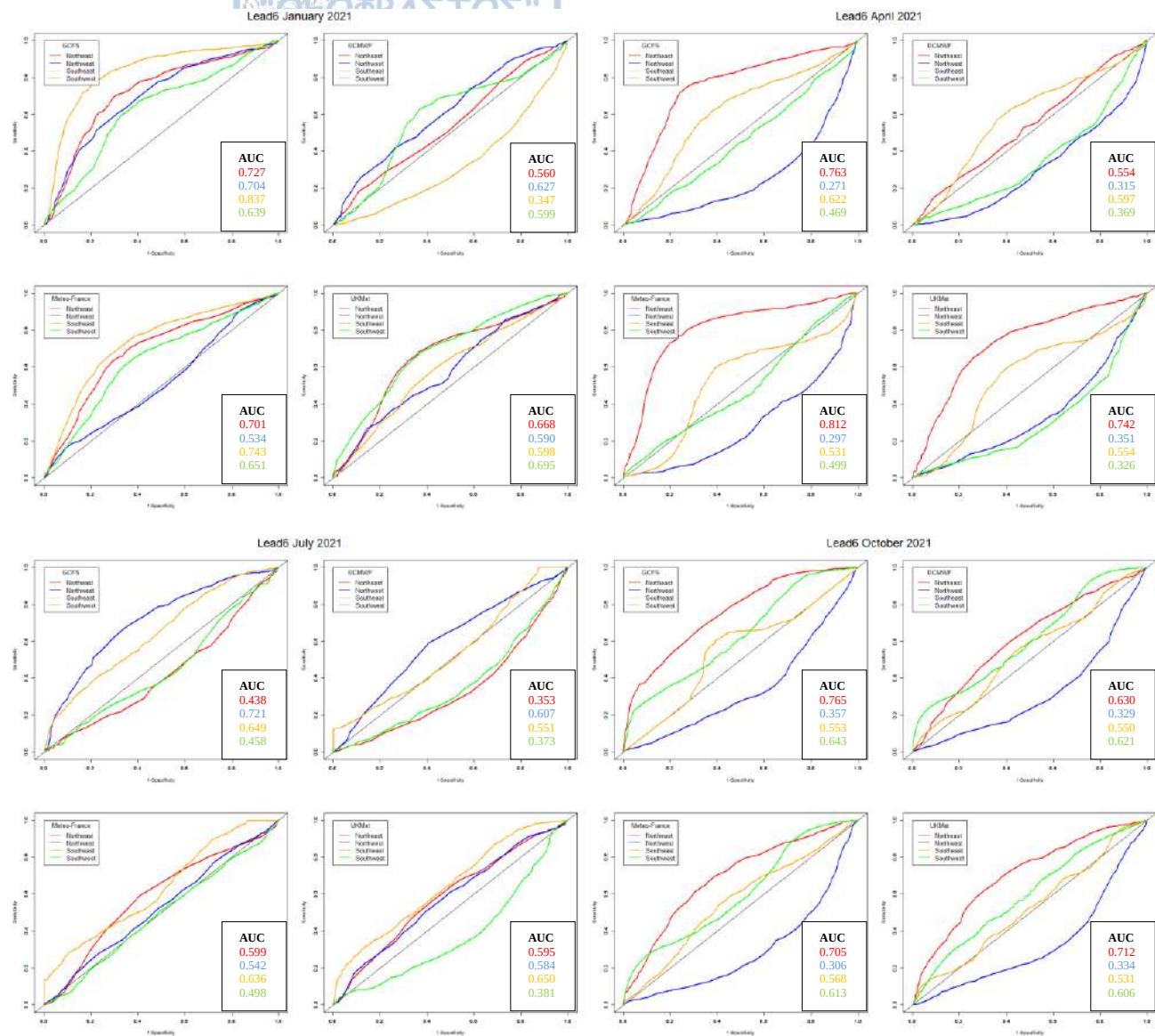
Σχήμα Π. 95 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Μétéo-France, UKMet) με Lead time 2, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2020 για την κλιματική παράμετρο της βροχόπτωσης, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



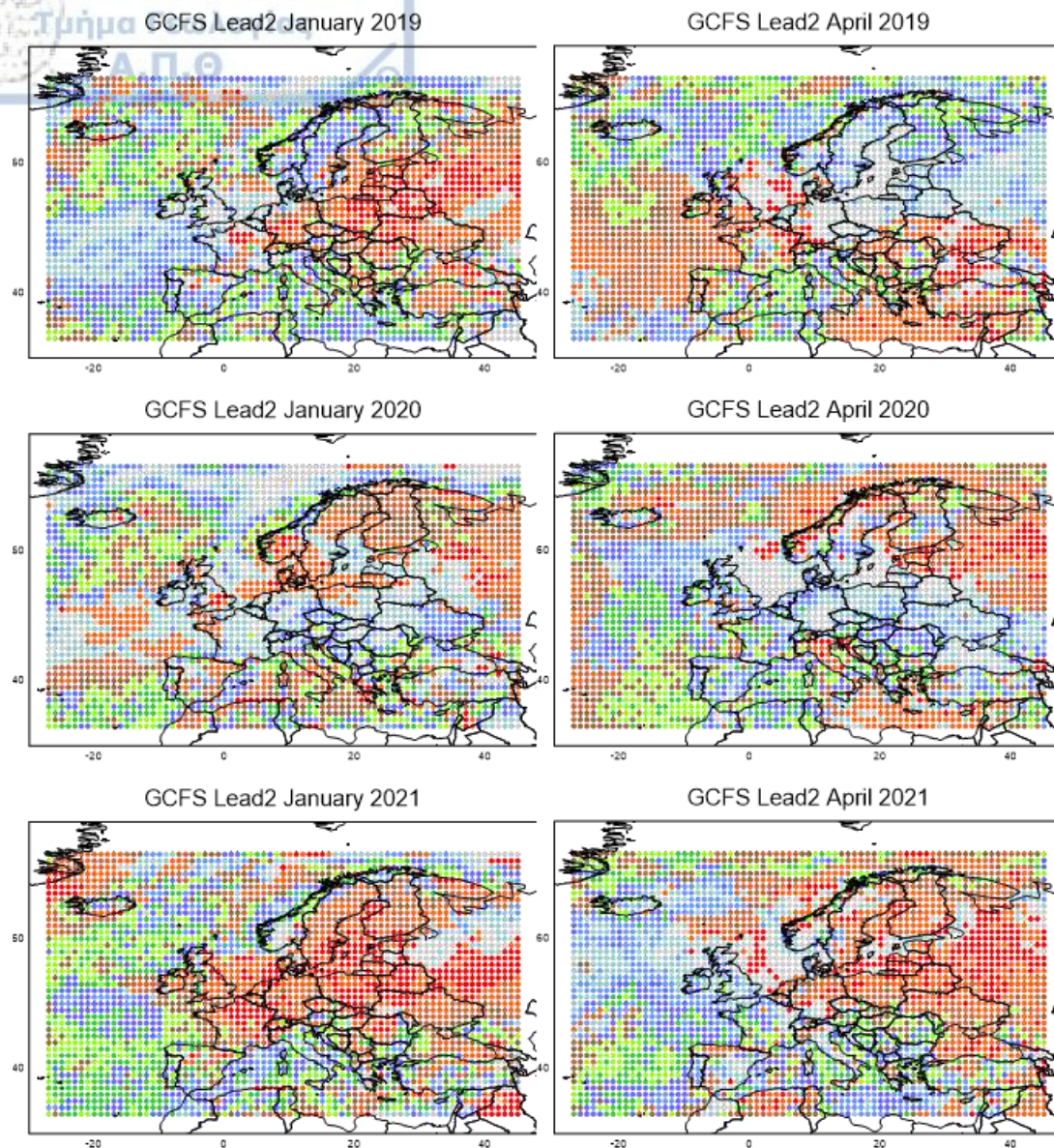
Σχήμα Π. 96 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Météo-France, UKMet) με Lead time 6, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2020 για την κλιματική παράμετρο της βροχόπτωσης, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



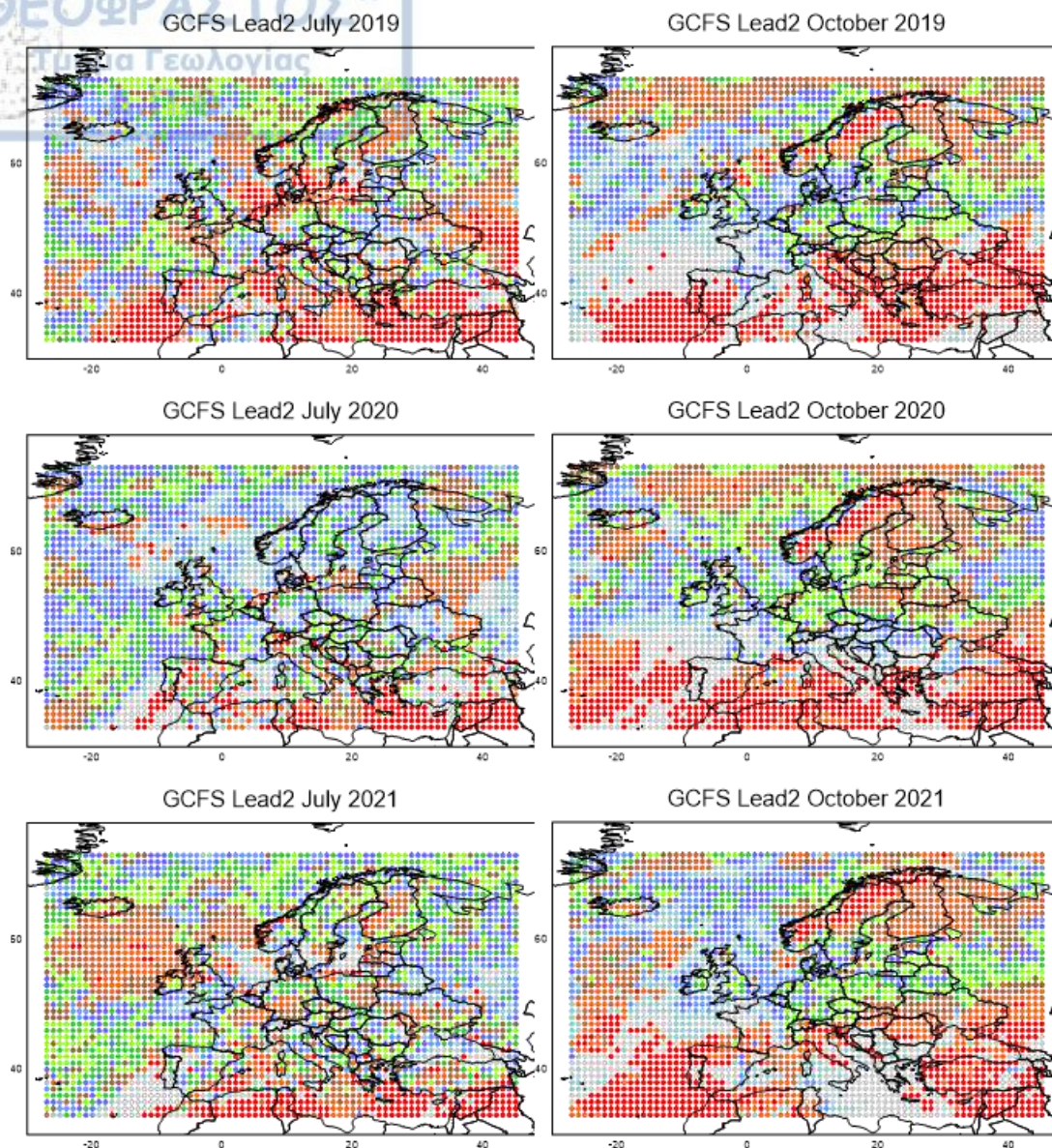
Σχήμα Π. 97 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Μétéo-France, UKMet) με Lead time 2, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2021 για την κλιματική παράμετρο της βροχόπτωσης, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



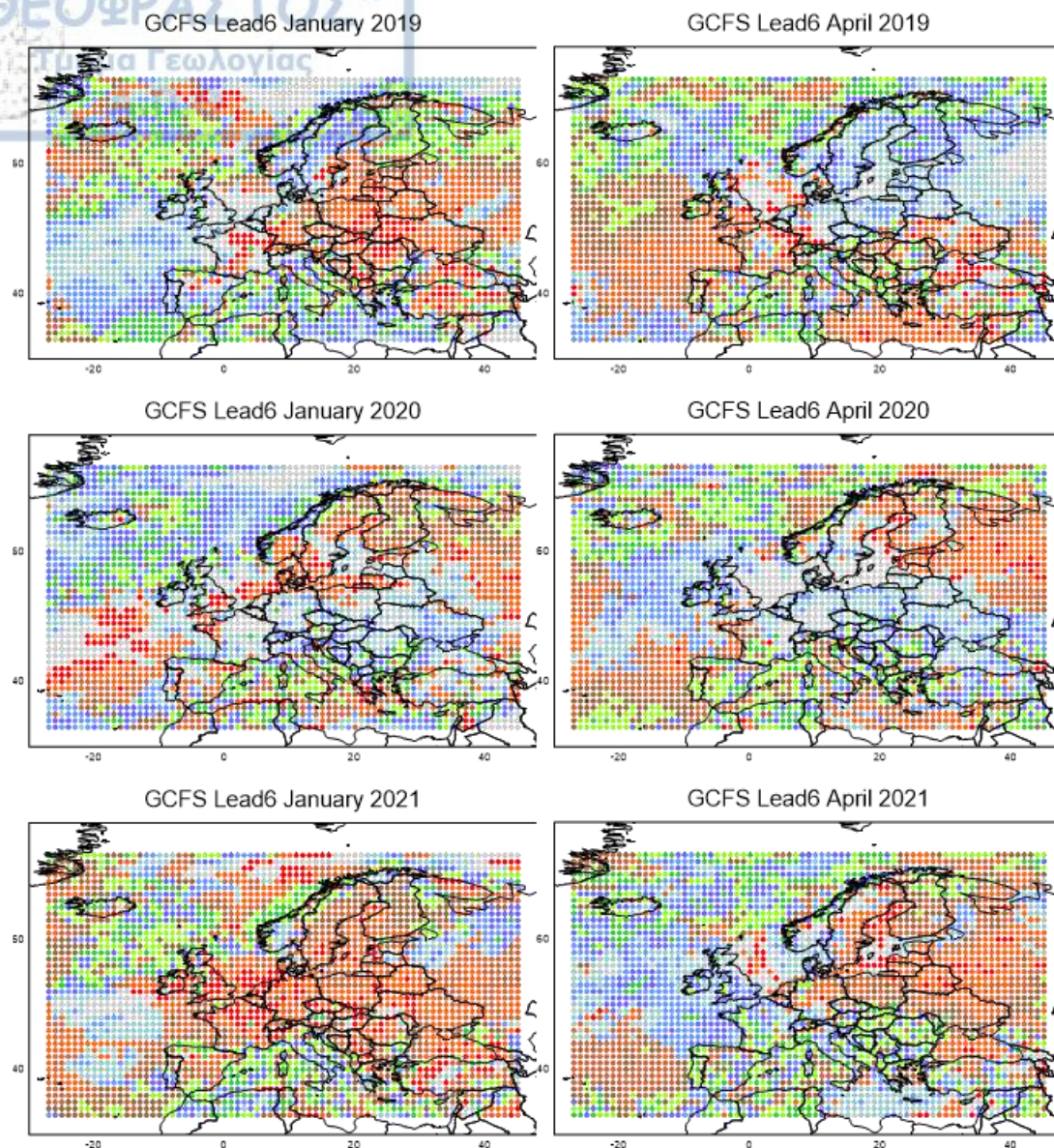
Σχήμα Π. 98 ROC καμπύλες των τεσσάρων συστημάτων πρόγνωσης (GCFS, ECMWF, Météo-France, UKMet) με Lead time 6, τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2021 για την κλιματική παράμετρο της βροχόπτωσης, για τις τέσσερις υποπεριοχές της Ευρώπης



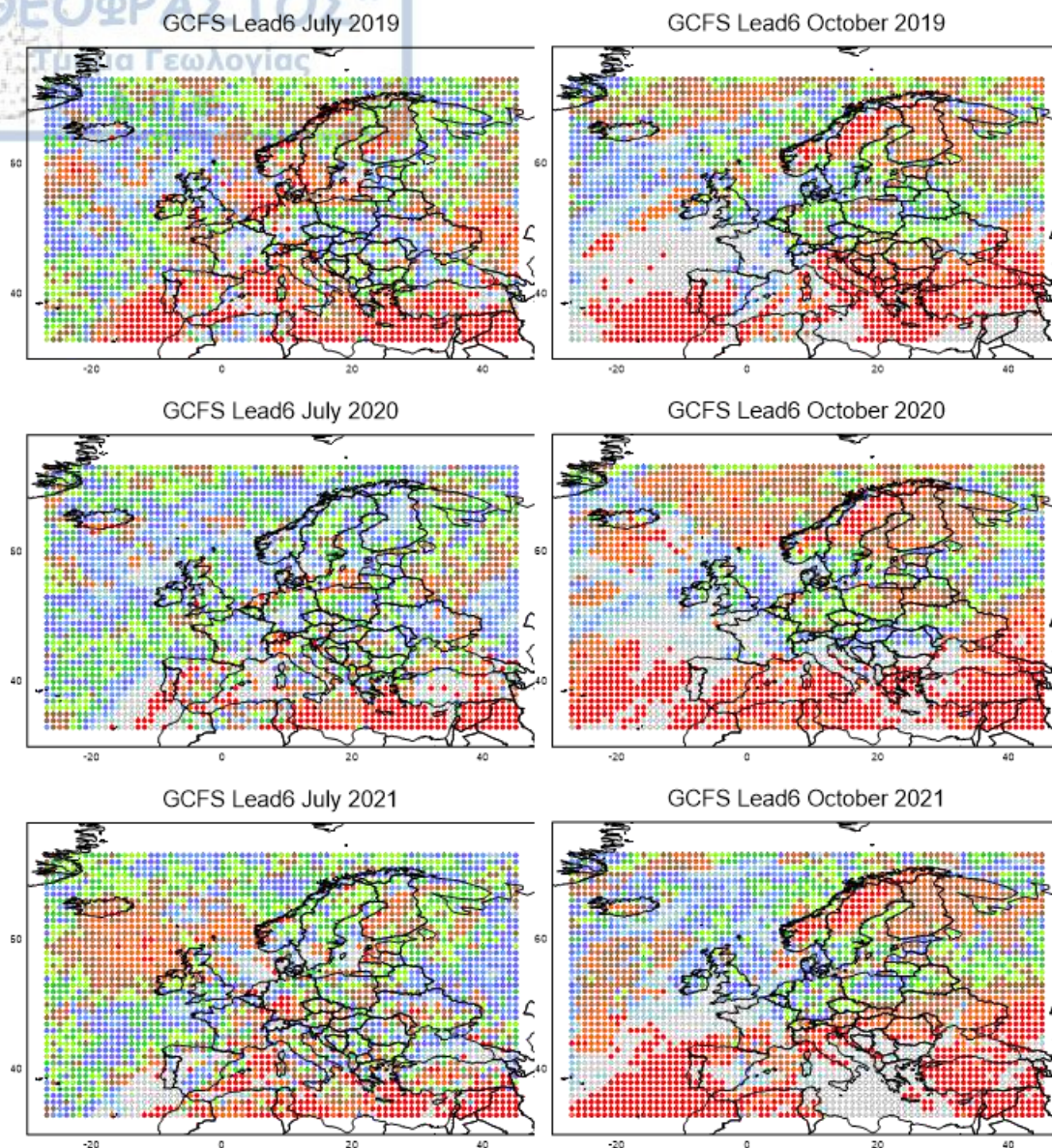
Σχήμα Π. 99 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCFS με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



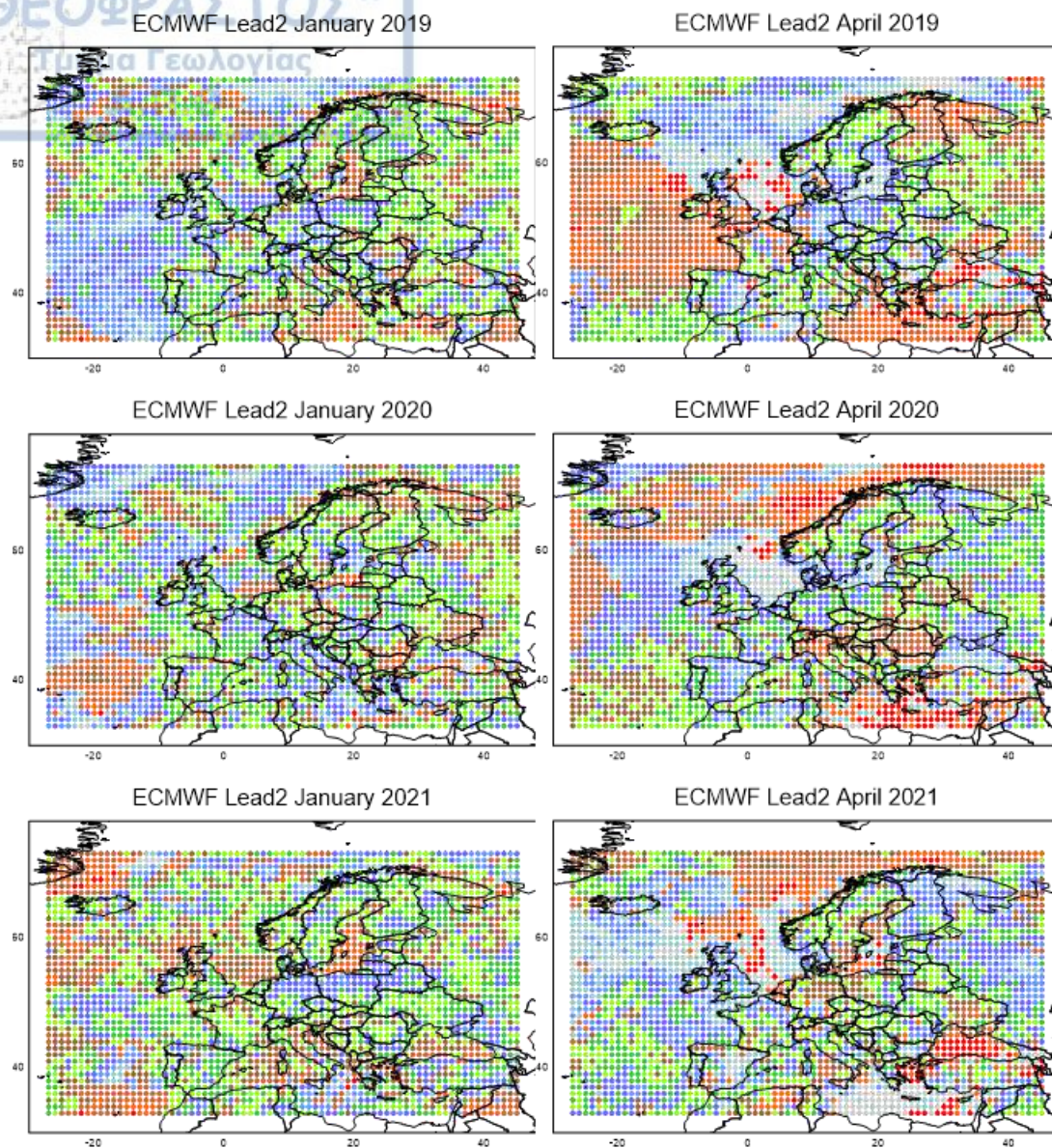
Σχήμα Π. 100 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCFS με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



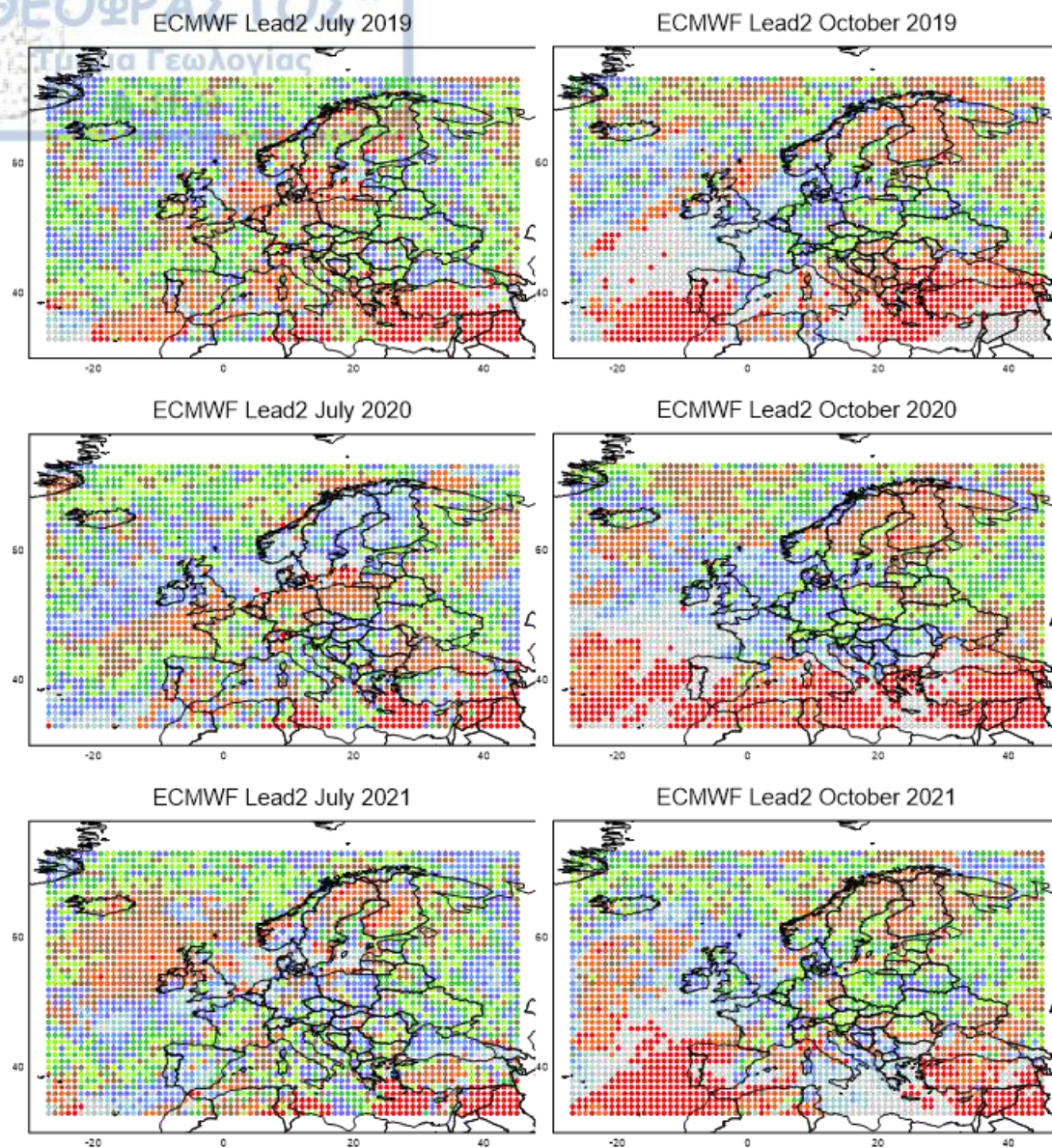
Σχήμα Π. 101 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του GCFS με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



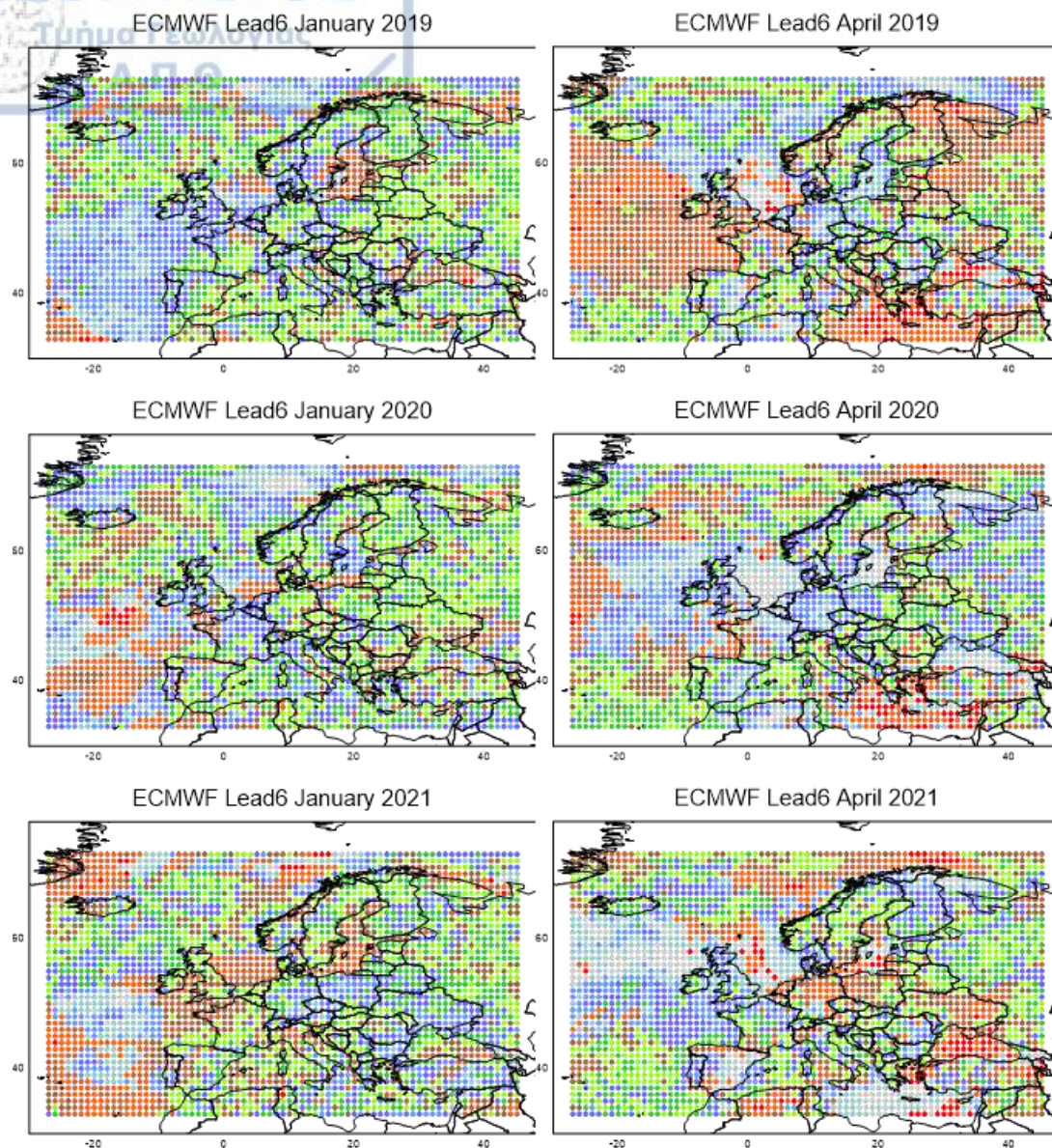
Σχήμα Π. 102 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του GCFS με *Lead time* 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



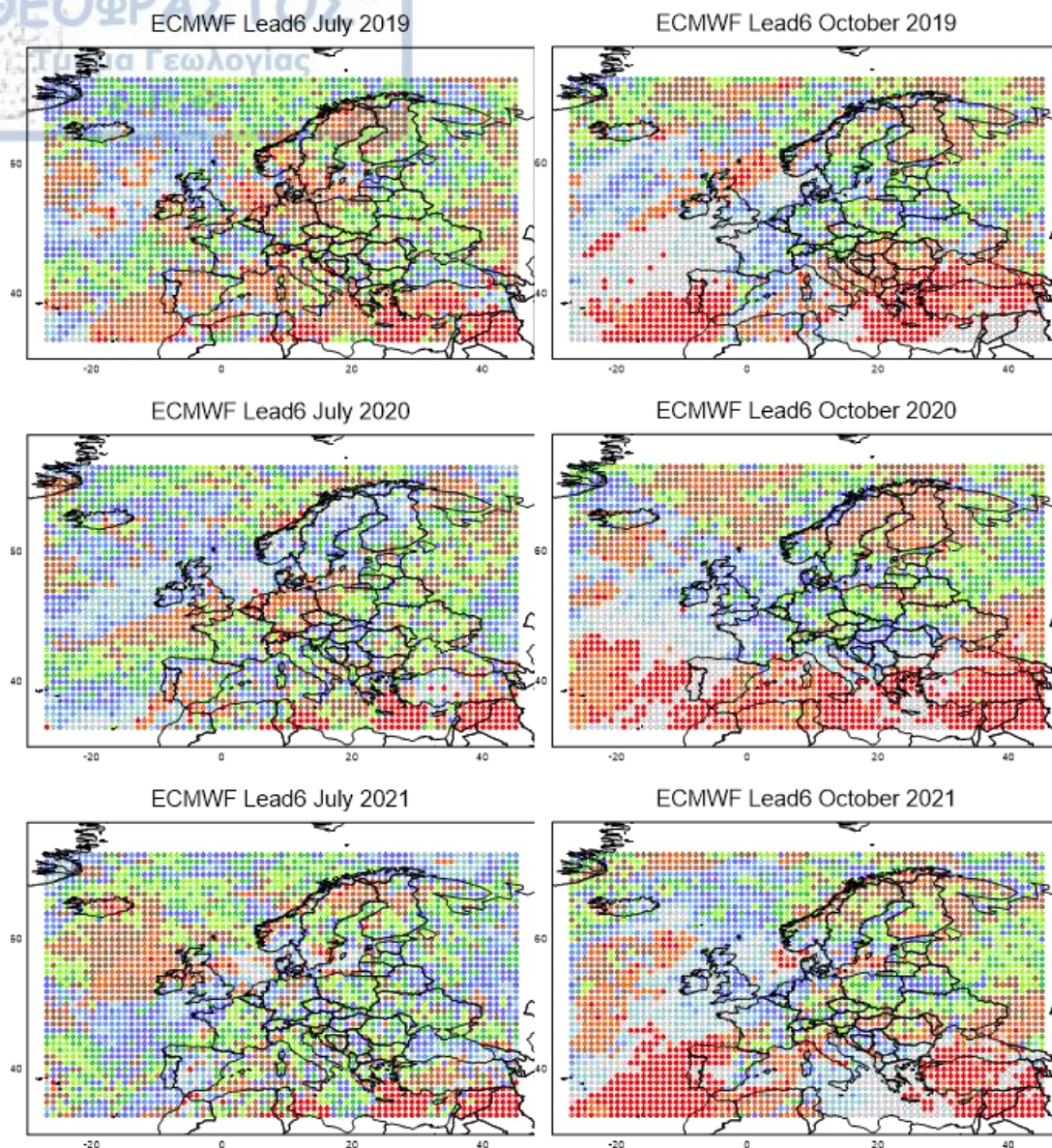
Σχήμα Π. 103 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του ECMWF με *Lead time* 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



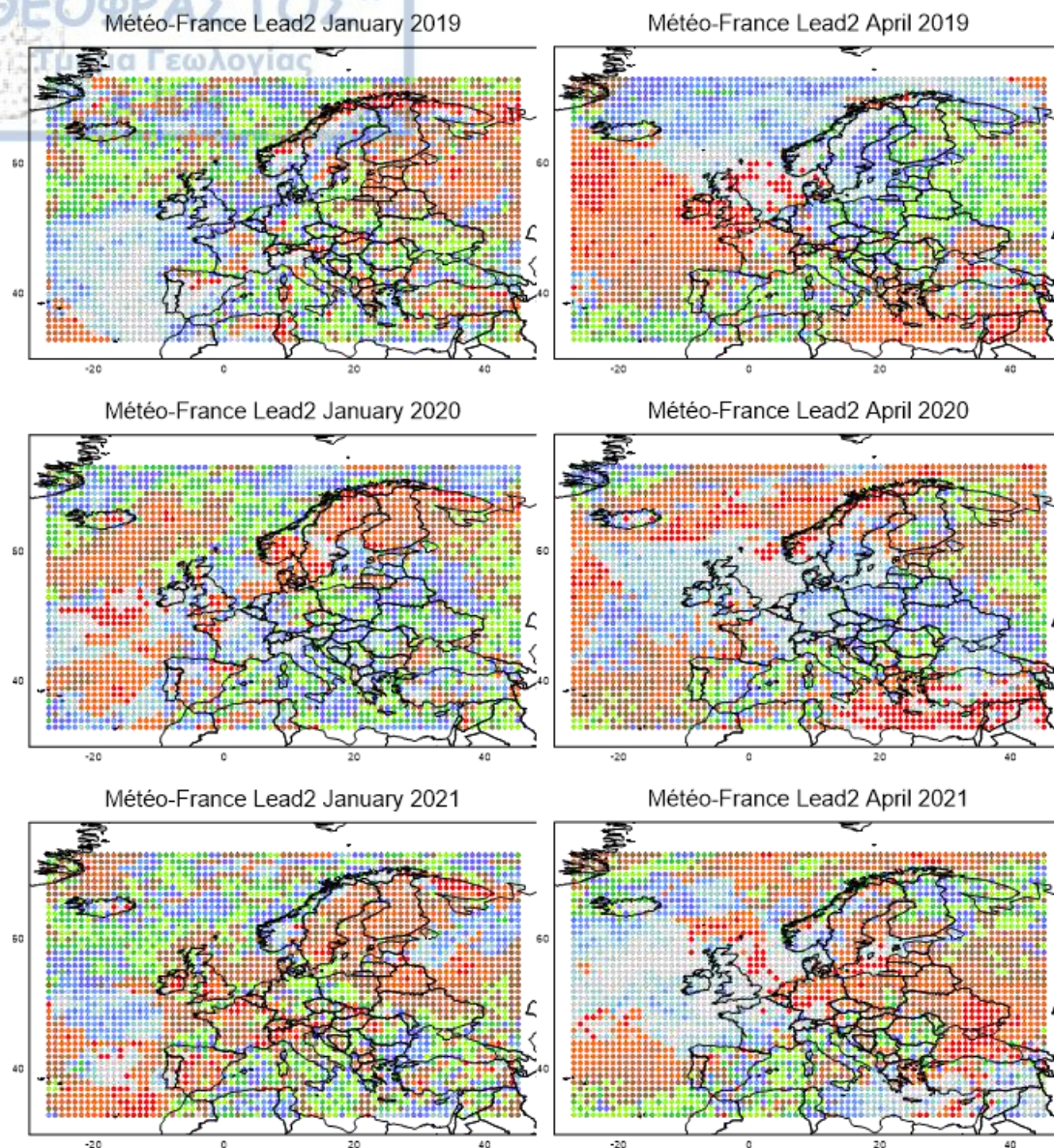
Σχήμα Π. 104 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του ECMWF με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



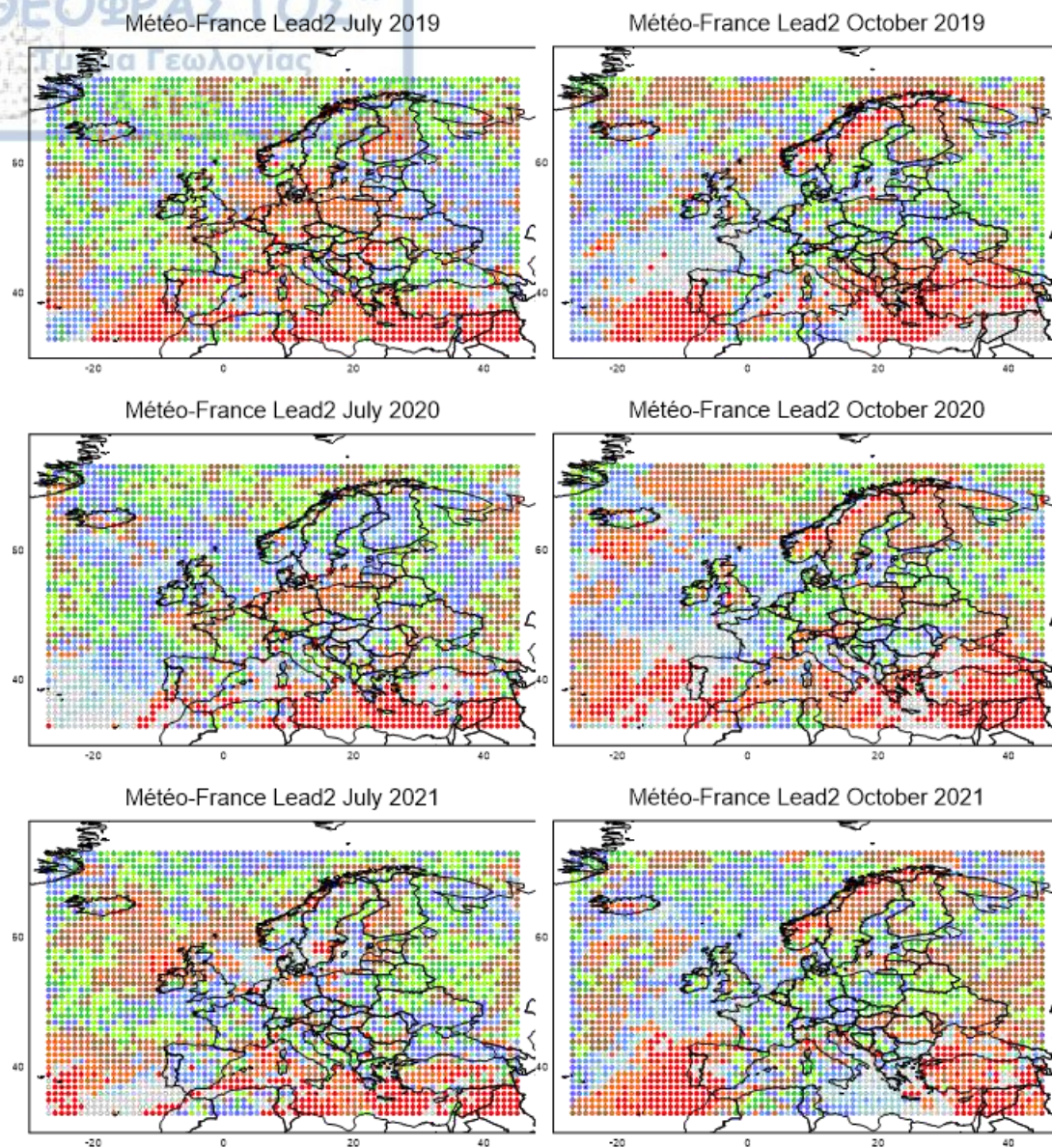
Σχήμα Π. 105 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του ECMWF με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



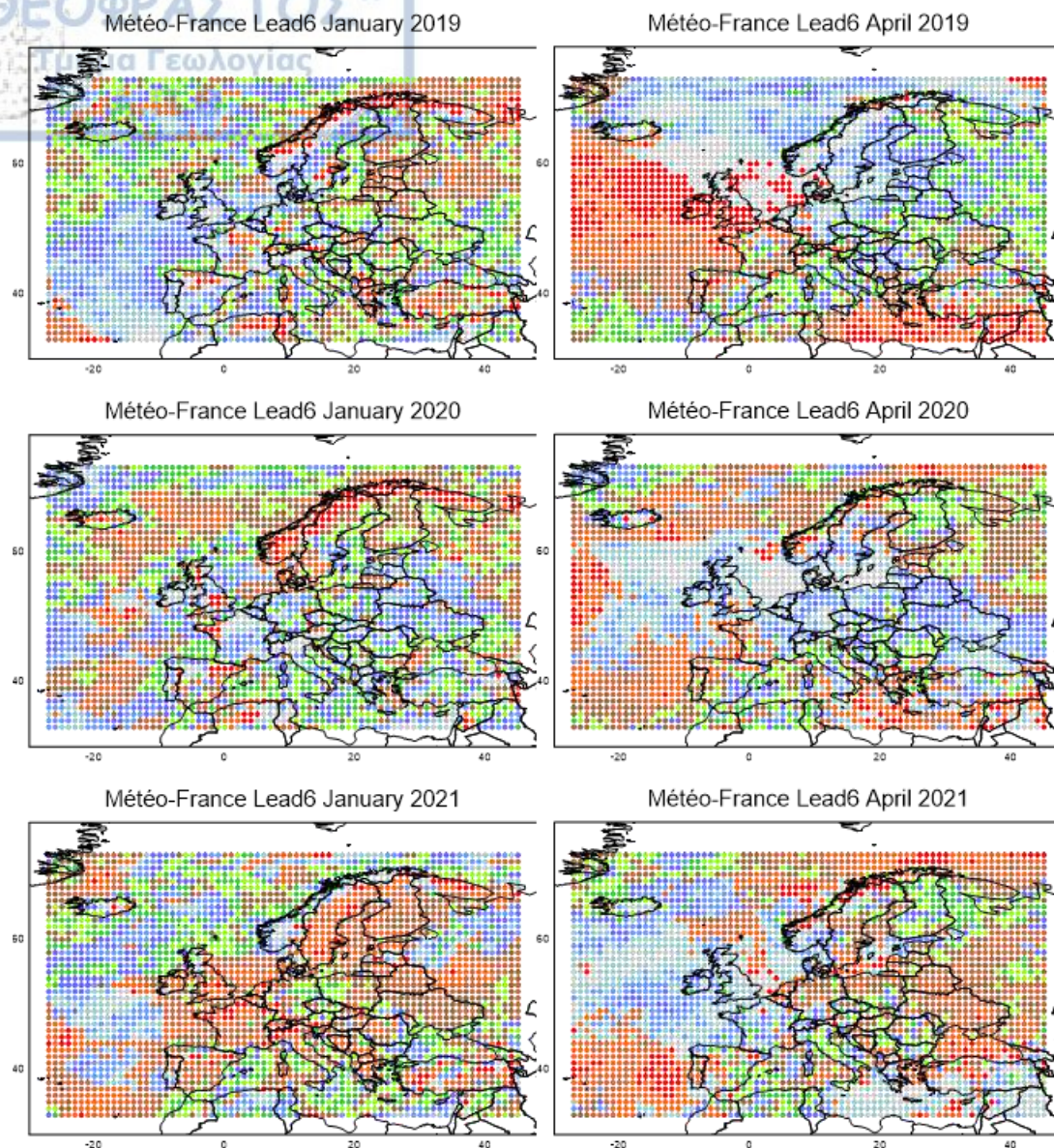
Σχήμα Π. 106 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του ECMWF με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



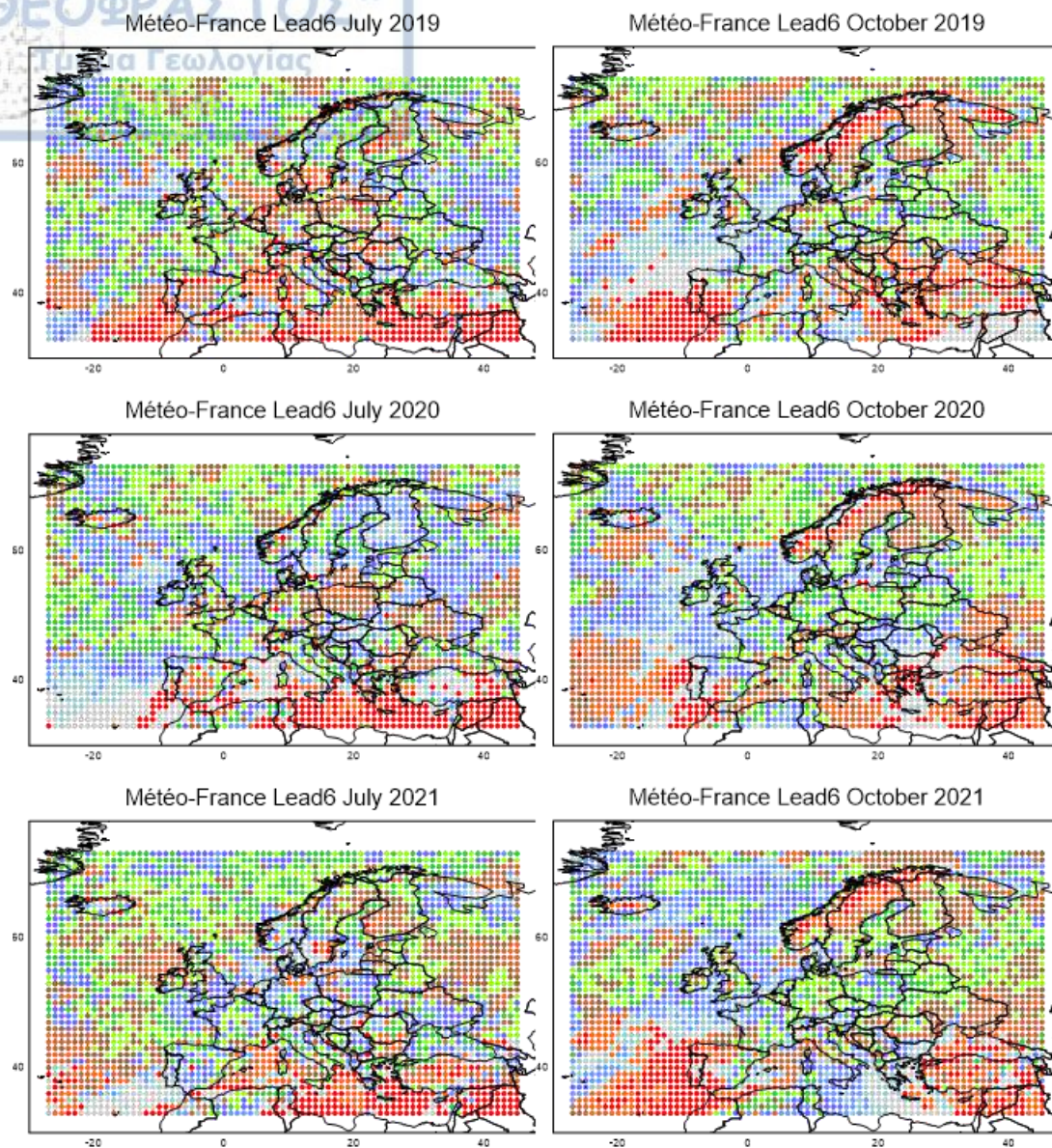
Σχήμα Π. 107 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του *Météo-France* με *Lead time* 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



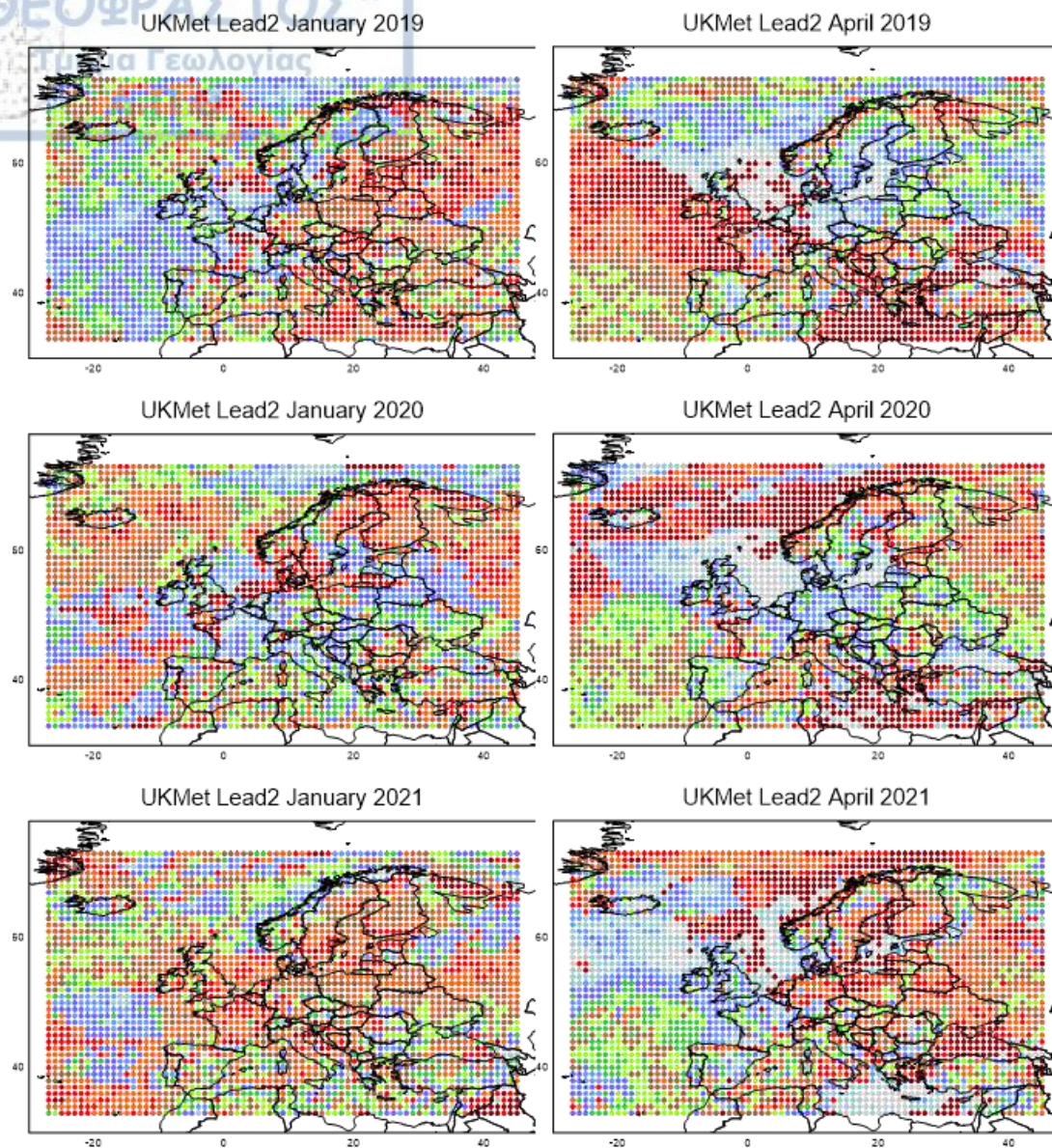
Σχήμα Π. 108 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του *Météo-France* με *Lead time* 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



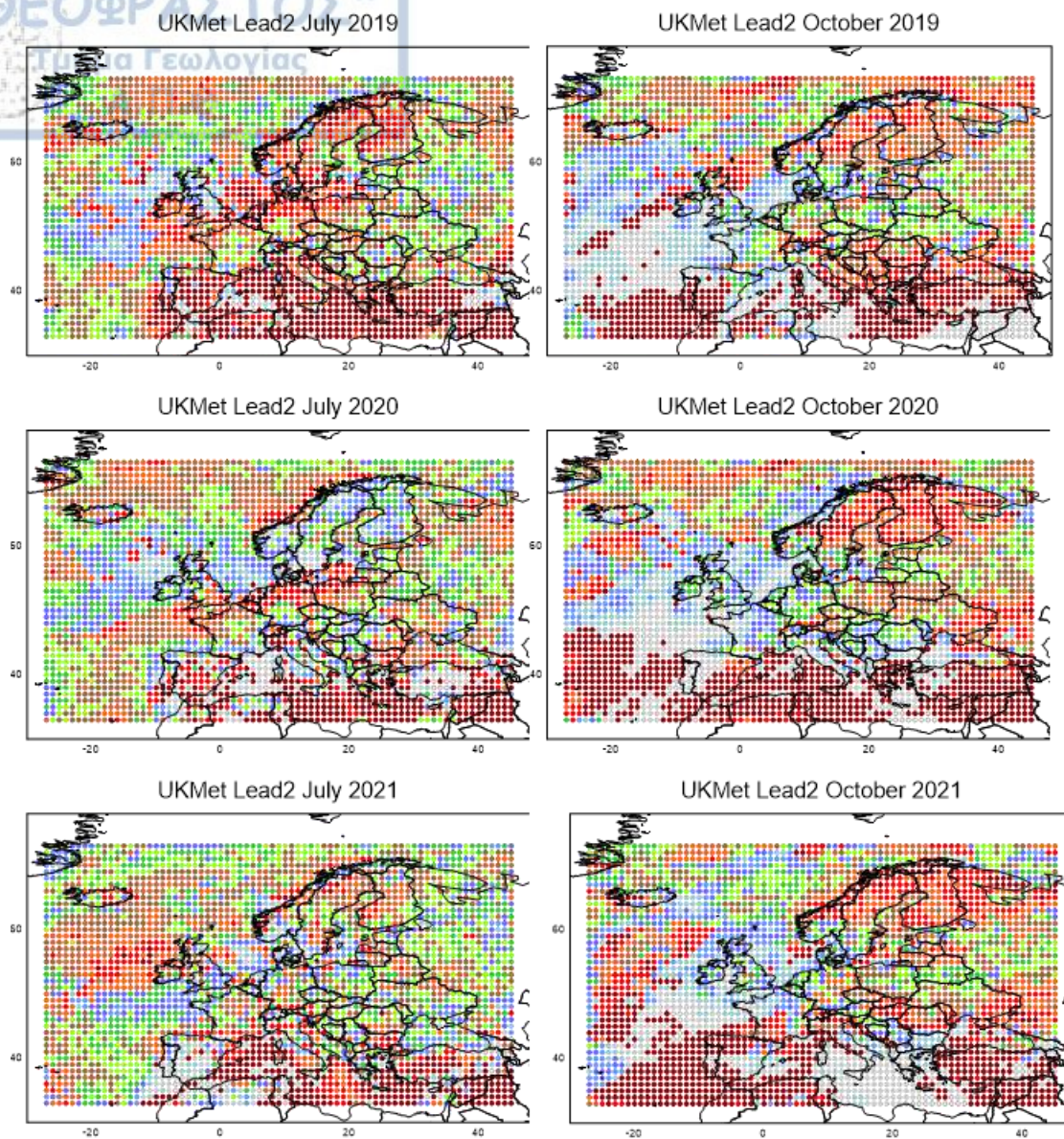
Σχήμα Π. 109 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του Météo-France με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



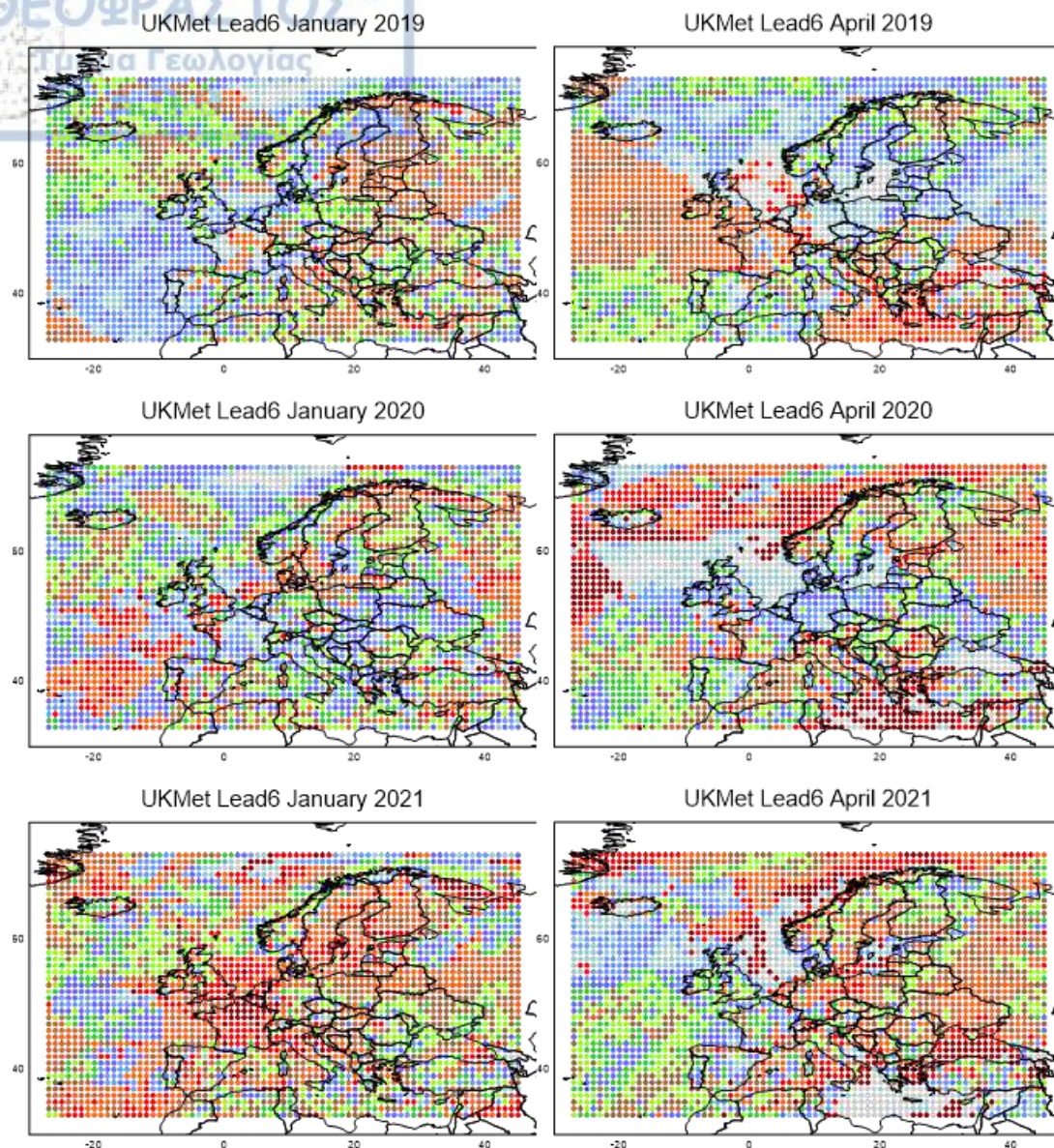
Σχήμα Π. 110 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του *ensemble* του *Météo-France* με *Lead time* 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



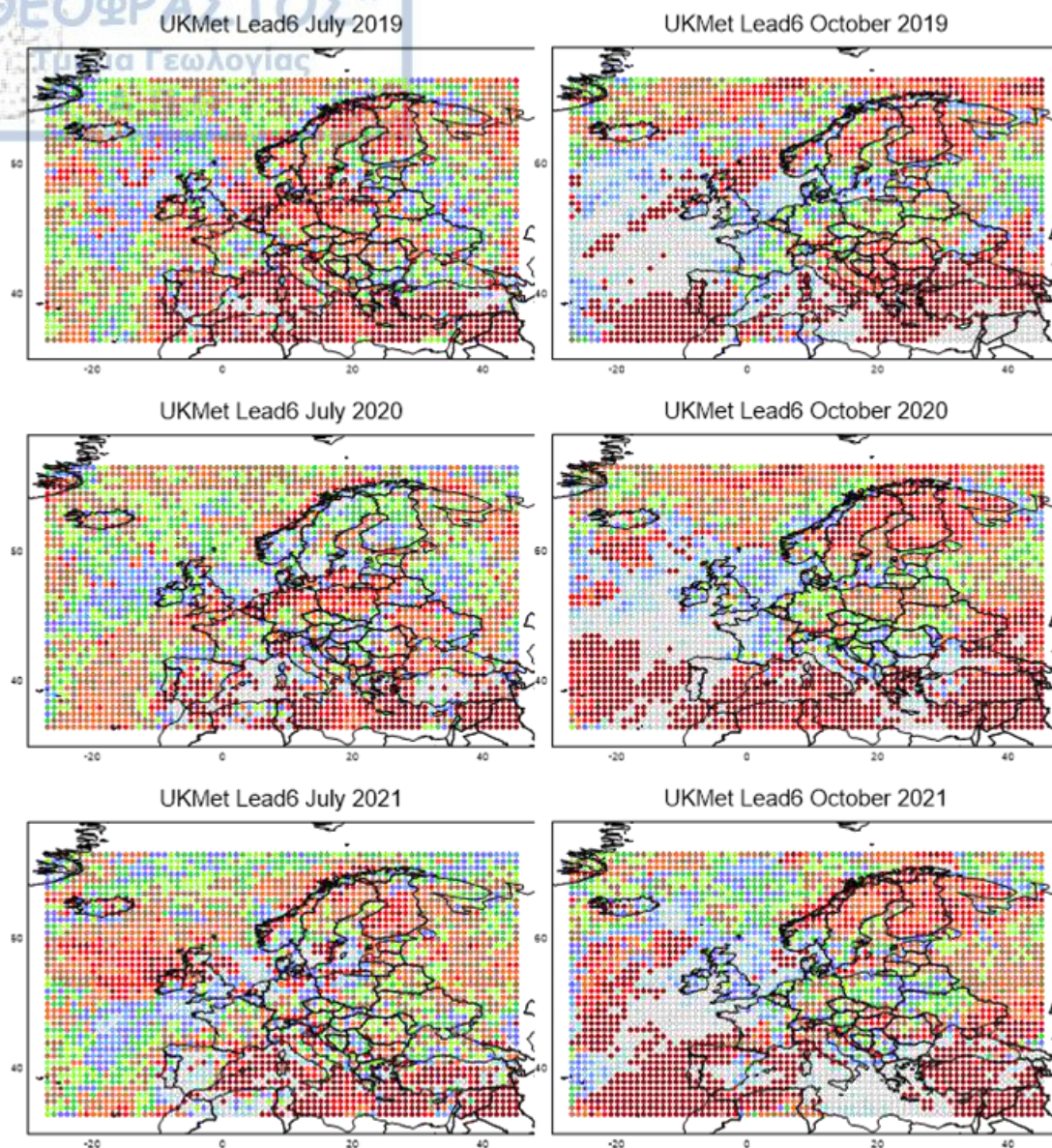
Σχήμα Π. 111 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



Σχήμα Π. 112 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 2, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



Σχήμα Π. 113 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη



Σχήμα Π. 114 Χάρτες βαθμονομημένης ταξινόμησης με τον εύστοχο αριθμό των μελών του ensemble του UKMet με Lead time 6, ανά σημείο πλέγματος, για τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο της χρονικής περιόδου 2019-2021 για την Ευρώπη