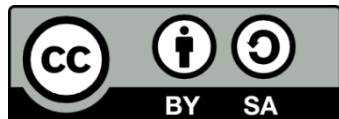




Εκμετάλλευση και Προστασία των Υπόγειων Υδατικών Πόρων

Ενότητα 4: Κλιματικές αλλαγές και υδατικοί πόροι -
Επιπτώσεις στο σχεδιασμό και στη λειτουργία των υδραυλικών έργων

Αναπληρωτής Καθηγητής Νικόλαος Θεοδοσίου
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

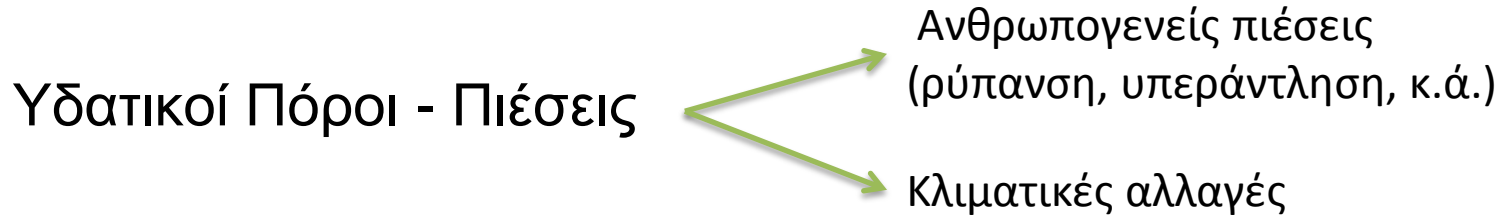




Κλιματικές αλλαγές και υδατικοί πόροι - Επιπτώσεις στο σχεδιασμό και στη λειτουργία των υδραυλικών έργων



Εισαγωγικά στοιχεία (1/3)



ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ:

1. ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΙ ΑΙΤΙΩΝ ΤΟΥΣ
2. ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ
3. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Με έμφαση
στους υδατικούς
πόρους



Εισαγωγικά στοιχεία (2/3)

κλιματική αλλαγή →



είναι μια αλλαγή στην κατάσταση του κλίματος που μπορεί να προσδιοριστεί από τις αλλαγές στο μέσο όρο ή/και τη μεταβλητότητα των ιδιοτήτων του, και που υπάρχει για μια εκτεταμένη περίοδο, συνήθως δεκαετίες ή περισσότερο.

IPCC Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης (4th Assessment Report , 2007):

- Working Group I: «The Physical Science Basis».
- Working Group II: «Impacts, Adaptation and Vulnerability».
- Working Group III: «Mitigation of Climate Change».

IPCC Τεχνική Έκθεση IV, «Climate Change and Water», 2008



Εισαγωγικά στοιχεία (3/3)

Για περισσότερες πληροφορίες βλ.:

- «Climate Change and Water IPCC Technical Paper VI» στο <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf> (ημ/νία τελ. Επίσκεψης 20/4/2015)
- <http://www.ipcc.ch/> (ημ/νία τελ. Επίσκεψης 20/4/2015)



Αιτίες κλιματικών αλλαγών (1/2)

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

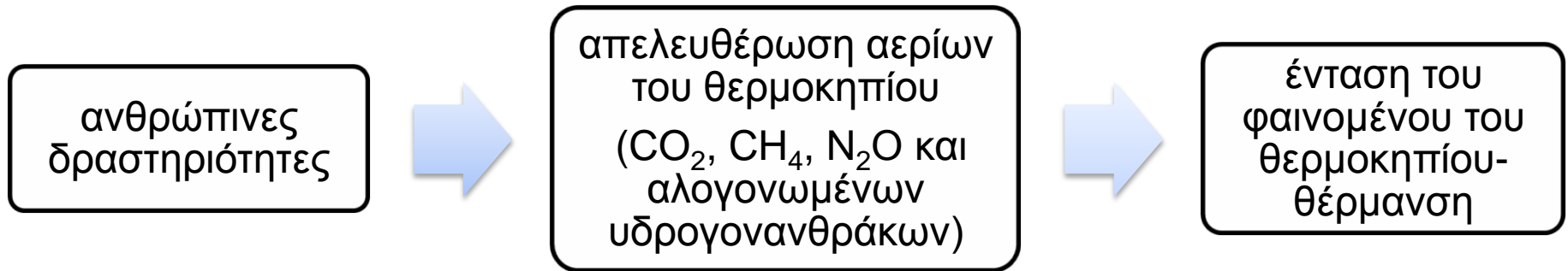
- Σύστημα: ατμόσφαιρα-υγρόσφαιρα-γεώσφαιρα-βιόσφαιρα
- Μεταβολές: απόσταση Ηλίου – Γης
μεταβολές της ηλιακής ενέργειας,
γήινη τροχιά,
ηφαιστειακή δραστηριότητα, κλπ

ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

- Ρύπανση: χρήση ορυκτών καυσίμων
εκπομπές θερμοκηπικών αερίων
αύξηση θειϊκών αερολυμμάτων
μεταβολές στη χρήση γης
καταστροφή δασών, κλπ



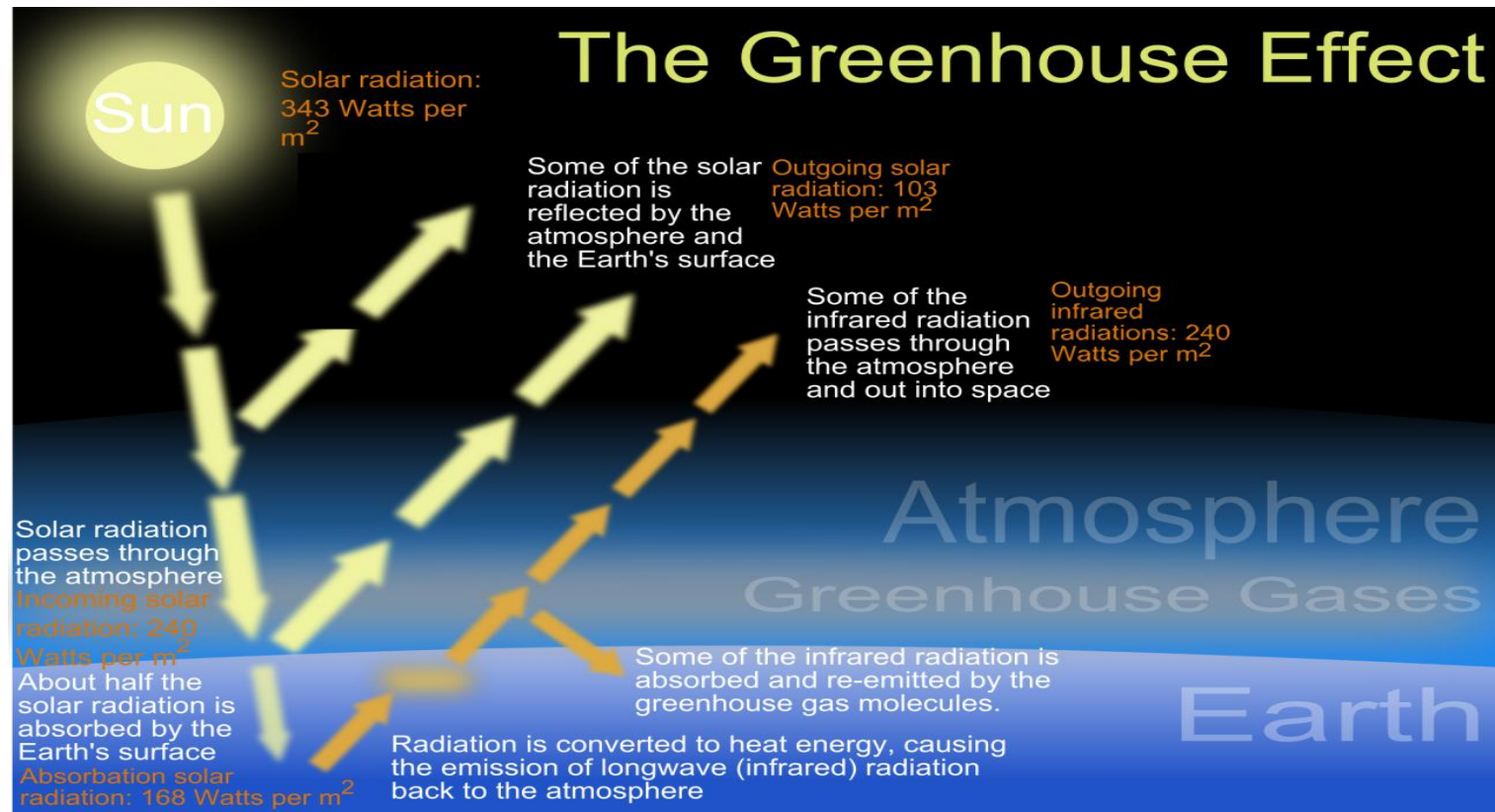
Αιτίες κλιματικών αλλαγών (2/2)



Το μεγαλύτερο μέρος της θέρμανσης από τα μέσα του 20^{ου} αι. είναι «πολύ πιθανό» να οφείλεται στις ανθρωπογενείς εκπομπές των θερμοκηπικών αερίων



Το φαινόμενο του θερμοκηπίου (1/2)



Εικόνα 1: Σχηματική αναπαράσταση φαινομένου θερμοκηπίου.

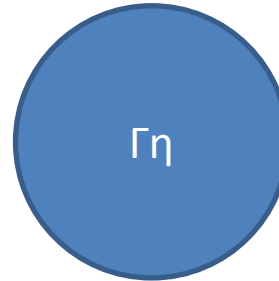
http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_effect#/media/File:The_green_house_effect.svg CC BY-SA 3.0 (τελ. Ημ/νία επίσκεψης 21/4/2015).



Το φαινόμενο του θερμοκηπίου (2/2)



Άρης



Γη



Αφροδίτη

- Θερμοκρασία:	-50 °C	+15 °C	-450 °C
- Φαινόμενο Θερμοκηπίου:	λίγοι βαθμοί	~30 °C	~ 470 °C

- Η **Αφροδίτη** είναι πιο κοντά στον Ήλιο αλλά λόγω των νεφών της απορροφά 25% της ηλιακής ακτινοβολίας (Η **Γη** απορροφά 70%). Ισχυρό φαινόμενο θερμοκηπίου λόγω αυξημένου CO₂.
- Ο **Άρης** είναι πολύ ψυχρός (όλο το νερό είναι παγωμένο), η **Αφροδίτη** πολύ θερμή (όλο το νερό έχει εξατμιστεί), η **Γη** έχει ακριβώς τις κατάλληλες συνθήκες για ύπαρξη ζωής.



Καταγραφές κλιματικών αλλαγών (1/3)

Θερμοκρασία

- Αύξηση κατά 0,74 C την 100-ετία 1906-2005
- Διπλάσιος ρυθμός αύξησης την 50-ετία 1956-2005

Κατακρημνίσεις (1901-2005)

- Σημαντική αύξηση στις ανατολικές περιοχές της Βόρειας και της Νότιας Αμερικής, στη βόρεια Ευρώπη και τη βόρεια και κεντρική Ασία
- Μείωση στη Σάχελ, τη Μεσόγειο, τη Νότιο Αφρική και περιοχές της νότιας Ασίας
- Οι πλανητικές μέσες τιμές επηρεάζονται κυρίως από τις τροπικές και υποτροπικές κατακρημνίσεις



Καταγραφές κλιματικών αλλαγών (2/3)

Ακραία Φαινόμενα (τελευταία 50 έτη)

Αύξηση συχνότητας έντονων κατακρημνίσεων στις περισσότερες περιοχές

Συχνότερα κύματα θερμότητας στις περισσότερες χερσαίες περιοχές

Αύξηση φαινομένου ακραίας υψηλής στάθμης της θάλασσας

Αύξηση έντονης τροπικής δραστηριότητας κυκλώνων (Βόρειος Ατλαντικός)



Καταγραφές κλιματικών αλλαγών (3/3)

Επιπτώσεις που παρατηρήθηκαν σε διάφορα συστήματα

Φυσικά-Υδρολογικά συστήματα

- Εκτεταμένο λιώσιμο χιονιού και πάγου
- Αύξηση υδρατμών στην ατμόσφαιρα
- Αύξηση εξάτμισης του νερού
- Θέρμανση λιμνών και ποταμών
- Αύξηση στάθμης της θάλασσας

Βιολογικά συστήματα

- Αλλαγές στη βιοποικιλότητα
- Απώλεια παράκτιων υγροτόπων
- Μεταναστεύσεις ειδών

Ανθρώπινα και διαχειριζόμενα συστήματα

- Περιβαλλοντικοί πρόσφυγες
- Ανθρώπινη υγεία
- Γεωργία
- Δραστηριότητες στην Αρκτική



Αύξηση της μέσης στάθμης των ωκεανών

Αίτια:

- α) μεταφορά νερού από την ξηρά και την ατμόσφαιρα (λιώσιμο πάγων –παγετώνων, αποξήρανση λιμνών)
- β) Θερμική διαστολή του νερού

Οι ωκεανοί απορρόφησαν το 80% της θερμότητας που προστέθηκε

->Αύξηση της μέσης στάθμης:

1963-2003: 1,8mm/έτος

1993-2003: 3,1 mm/έτος

1993-2010: 3,2 mm/έτος



Σενάρια εκπομπών

ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SRES

(βλ. «*Special Report on Emissions Scenarios, IPCC, 2000*»)

στο <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf> (τελ. Ημ/νία επίσκεψης 21/4/2015)

ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ ΟΠΟΙΑΣΔΗΠΟΤΕ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Κινητήριοι παράγοντες εκπομπών:

- Μέγεθος πληθυσμού
- Οικονομία
- Τεχνολογία
- Ενέργεια
- Χρήσεις γης - γεωργία

Έμφαση σε:
Περιβάλλον – Οικονομία
Παγκόσμιες - Τοπικές λύσεις



Κλιματικά μοντέλα (1/2)

Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (General Circulation Models -GCMs)



αριθμητικά μοντέλα που προσομοιώνουν τις φυσικές διαδικασίες στην ατμόσφαιρα, τον ωκεανό, την κρυόσφαιρα και την επιφάνεια του εδάφους

- βασίζονται στους νόμους διατήρησης της ορμής, της μάζας, της ολικής ενέργειας και της ποσότητας των υδρατμών

- προσομοιώνουν την απόκριση του παγκόσμιου κλιματικού συστήματος στις αυξανόμενες συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου

- χρησιμοποιούν ένα τρισδιάστατο πλέγμα σε όλη την υδρόγειο με ανάλυση ~200-300km



Κλιματικά μοντέλα (2/2)

Μοντέλο «γονέας» : Συζευγμένα Ατμοσφαιρικά-Ωκεάνια Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (AOGCMs)

ΠΕΡΙΟΧΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ
(Regional Climate Models - RCMs)

- υψηλή ανάλυση 50x50km ή μικρότερη
- προσομοίωση τοπικού κλίματος και τοπικών χαρακτηριστικών
- αβεβαιότητες - συστηματικά σφάλματα από «γονέα» μοντέλο
- μεγάλος υπολογιστικός χρόνος και κόστος



Εκτιμήσεις μελλοντικού κλίματος (1/3)

Θερμοκρασία

- Θέρμανση περίπου 0.2 C ανά δεκαετία
- Μεγαλύτερες αλλαγές από αυτές του 20^{ου} αιώνα

Κατακρημνίσεις

- Συνολικά, οι βροχοπτώσεις πάνω από τη χέρσο θα αυξηθούν περίπου 5%, ενώ οι βροχοπτώσεις πάνω από τους ωκεανούς θα αυξηθούν 4% (2080-2099).
- μείωση έως και 20% στις περιοχές της Μεσογείου

Ένταση Κατακρημνίσεων

- η ένταση των βροχοπτώσεων αυξάνεται σχεδόν παντού, ιδιαίτερα στις τροπικές περιοχές και τις περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους
- σύνδεση με τον κίνδυνο φαινομένων ξηρασίας



Εκτιμήσεις μελλοντικού κλίματος (2/3)

Μεταβολές στη μέση στάθμη των ωκεανών

- Στο τέλος του 21^{ου} αιώνα η στάθμη των ωκεανών θα αυξηθεί από:

- 18 εκατοστά (στο αισιόδοξο σενάριο)
- μέχρι 60 εκατοστά (στο απαισιόδοξο σενάριο)



Εκτιμήσεις μελλοντικού κλίματος (3/3)

Άλλες Κλιματικές Παράμετροι σε σχέση με το νερό

εκτεταμένη μείωση **χιονοκάλυψης** κατά τη διάρκεια όλου του 21^{ου} αιώνα και απώλεια 60% του **όγκου παγετώνων** μέχρι το 2050

άνοδος της **παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας** ανάμεσα στα τέλη του 20^{ου} και του 21^{ου} αιώνα ~0.18 - 0.59 m

αύξηση **δυνητικής εξατμισοδιαπνοής** σχεδόν παντού

αξιόλογη μείωση της **απορροής** σε νότια Ευρώπη και αύξηση σε Νοτιοανατολική Ασία και υψηλά γεωγραφικά πλάτη



Τρόποι αντιμετώπισης της παγκόσμιας θέρμανσης

- Μείωση των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων
 - Ελάττωση της κατανάλωσης ενέργειας
 - Στροφή προς τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας
 - Προστασία των δασών
 - Ελάττωση και διαχείριση των απορριμμάτων
- Κατοχύρωση των μέτρων με ισχυρές διεθνείς συμφωνίες
- Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών
 - Απόσυρση και αποθήκευση CO₂
 - Γεωμηχανική (Geoengineering) (?)



Πως μπορούμε να μειώσουμε τις εκπομπές

A. Τεχνητή δέσμευση και αποθήκευση CO₂:

αποθήκευση υγροποιημένου CO₂ σε υπόγειες ή υποθαλάσσιες φυσικές αποθήκες (συνήθως εξαντλημένα πετρελαικά πεδία)

B. Γεω-μηχανική (Geo-engineering):

- Μείωση της εισερχόμενης ηλιακής ατινοβολίας (2% λιγότερη ηλιακή ενέργεια θα ισοσκελίζε τις επιπτώσεις από το διπλασιασμό του CO₂ - ψύξη)
- Κάτοπτρα σε τροχιά
- Θειούχα μικροσωματίδια στη στρατόσφαιρα
- Αύξηση της ανακλαστικότητας του εδάφους και της ατμόσφαιρας
- Αύξηση των χαμηλών νεφών πάνω από τους ωκεανούς



Εφαρμογή (1/22)

Περιοχή Μελέτης



Λεκάνη απορροής Μουδανιών, ΝΔ Νομού Χαλκιδικής

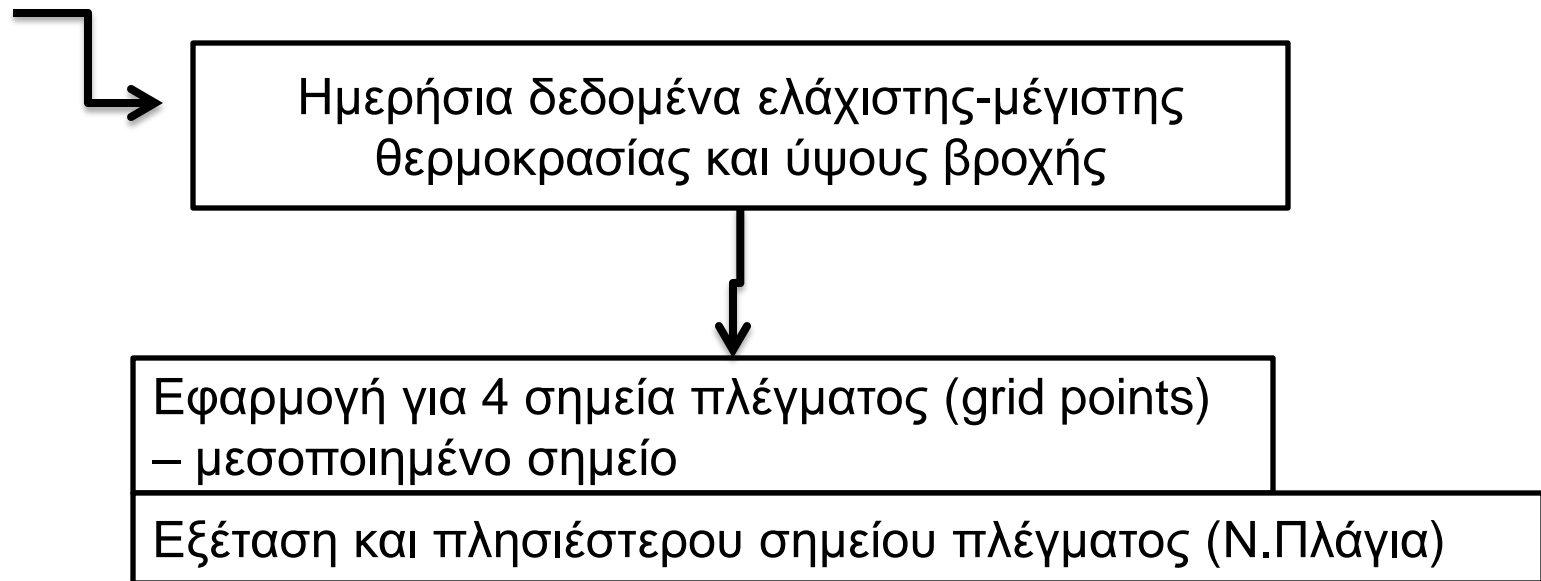
- ✿ 80% καλλιεργήσιμη έκταση - 20% δασική έκταση
- ✿ μικρές εδαφικές κλίσεις
- ✿ σχετικά διαπερατές εδαφικές στρώσεις
- ✿ πυκνό υδρογραφικό δίκτυο



Εφαρμογή (2/22)

Χρήση τριών σύγχρονων περιοχικών μοντέλων (ανάλυση 25x25km):

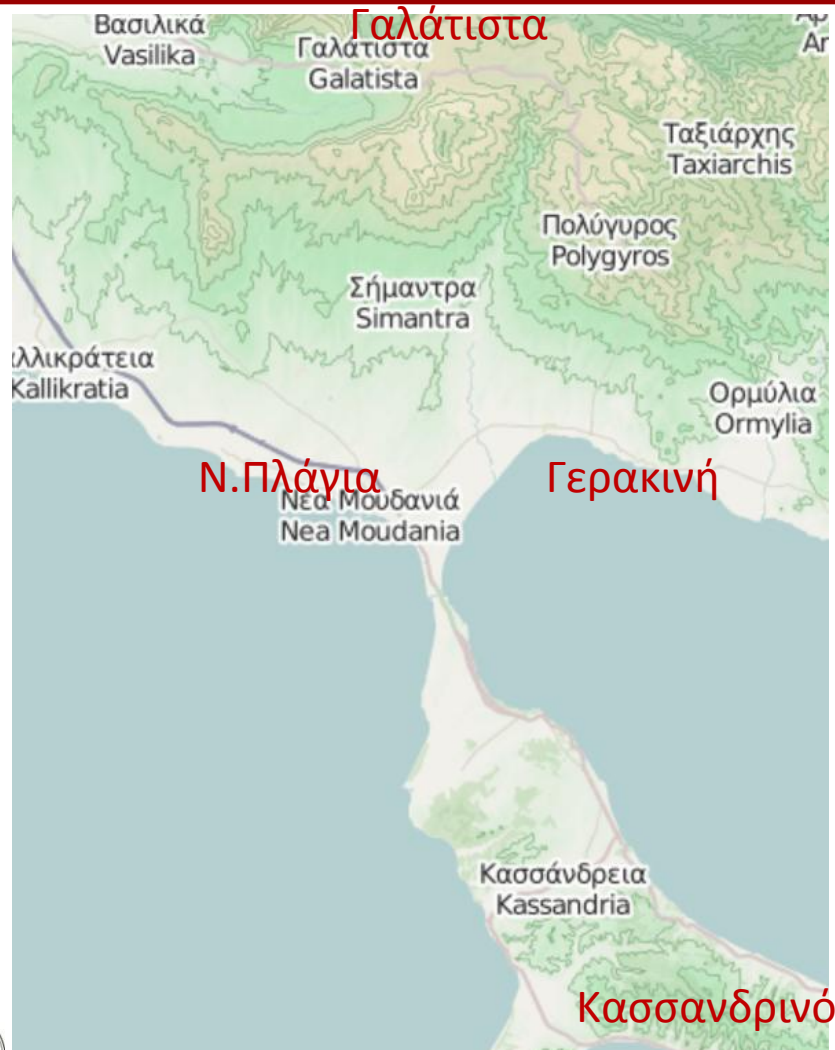
1. **C4I-RCA3** (1970-2050)
2. **CNRM-RM4** (1970-2050)
3. **KNMI-RACMO2** (1970-2100)



(Πηγή δεδομένων: *European Commission ENSEMBLES project*)



Εφαρμογή (3/22)



Εικόνα 2: Τοποθεσία των τεσσάρων σημείων πλέγματος.

(Χάρτης από

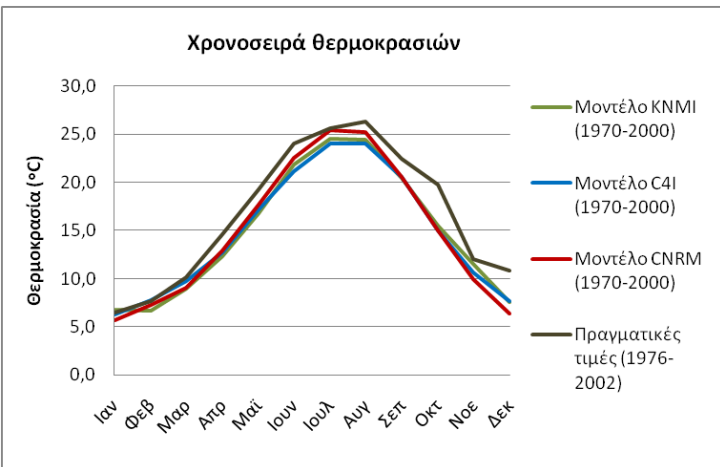
[https://www.openstreetmap.org/#map=10/40.2219/23.2622&layers=C,](https://www.openstreetmap.org/#map=10/40.2219/23.2622&layers=C)

τελ. Ημ/νία επ/ψης 21/4/2015).



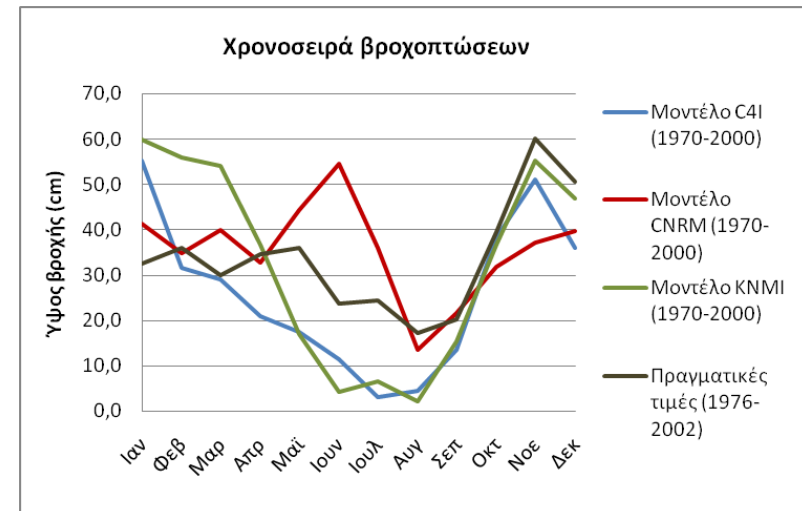
Εφαρμογή (4/22)

περίοδος 1970-2000



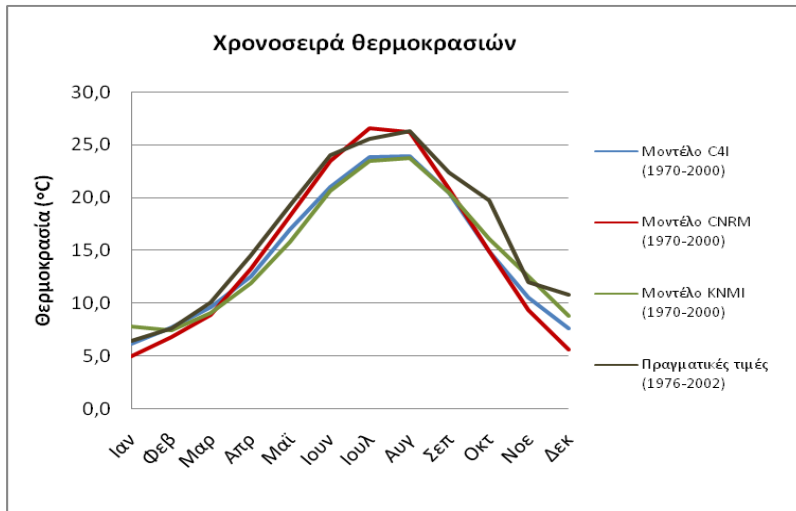
Εικόνα 3: Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασιών της περιόδου 1970-2000 για το μεσοποιημένο σημείο πλέγματος.

Εικόνα 4: Μέσες μηνιαίες τιμές βροχοπτώσεων της περιόδου 1970-2000 για το μεσοποιημένο σημείο πλέγματος.



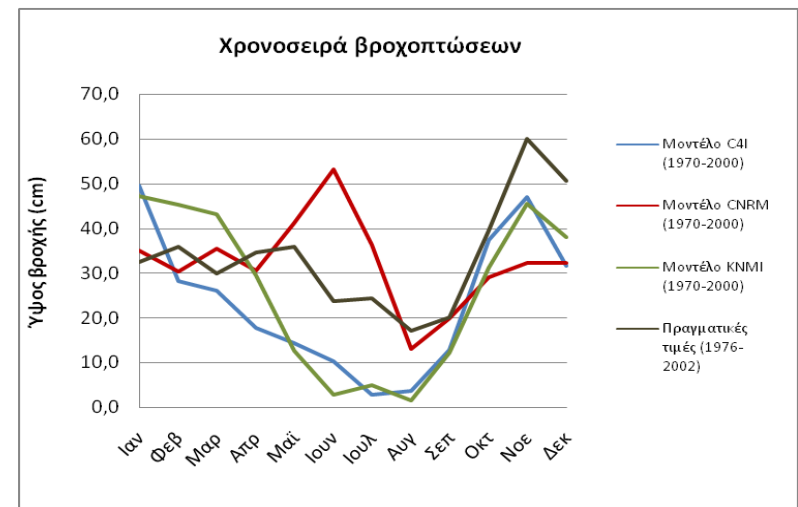
Εφαρμογή (5/22)

περίοδος 1970-2000



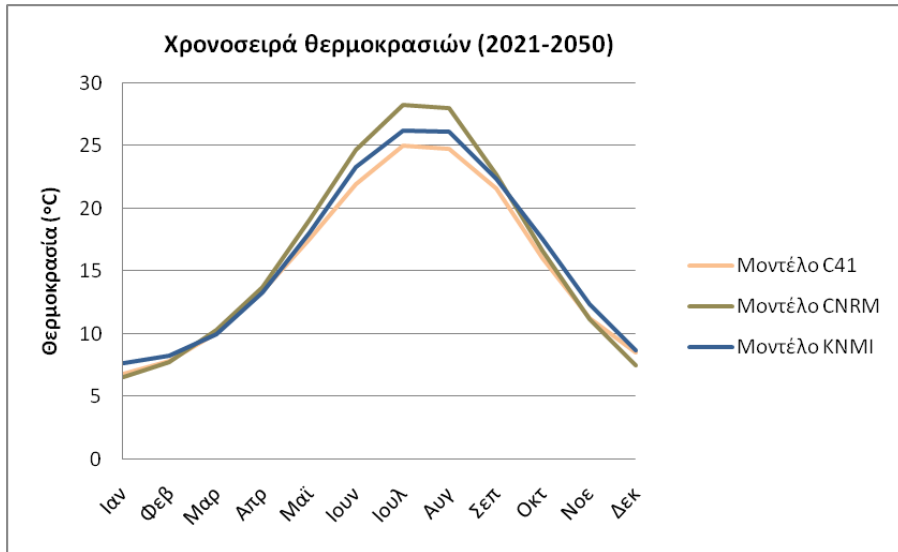
Εικόνα 6: Μέσες μηνιαίες τιμές βροχοπτώσεων της περιόδου 1970-2000 για το πλησιέστερο σημείο πλέγματος.

Εικόνα 5: Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασιών της περιόδου 1970-2000 για το πλησιέστερο σημείο πλέγματος.



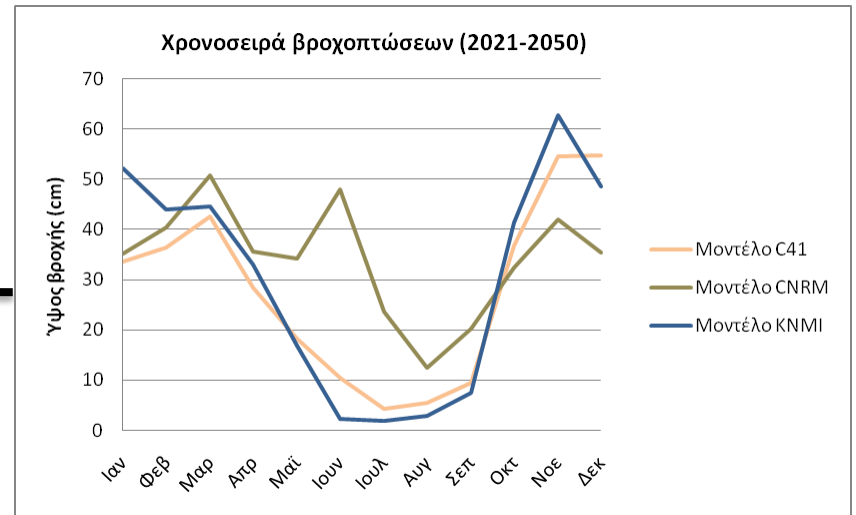
Εφαρμογή (6/22)

περίοδος 2021-2050

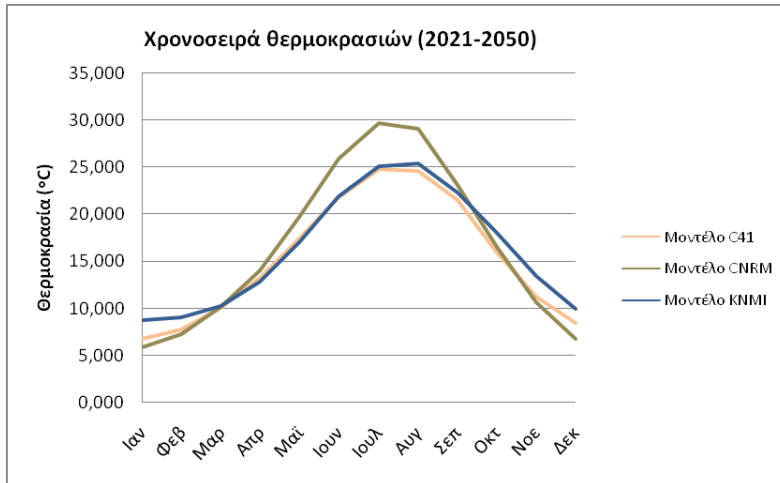


Εικόνα 8: Μέσες μηνιαίες τιμές βροχοπτώσεων της περιόδου 1970-2000 για το μεσοποιημένο σημείο πλέγματος.

Εικόνα 7: Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασιών της περιόδου 1970-2000 για το μεσοποιημένο σημείο πλέγματος.



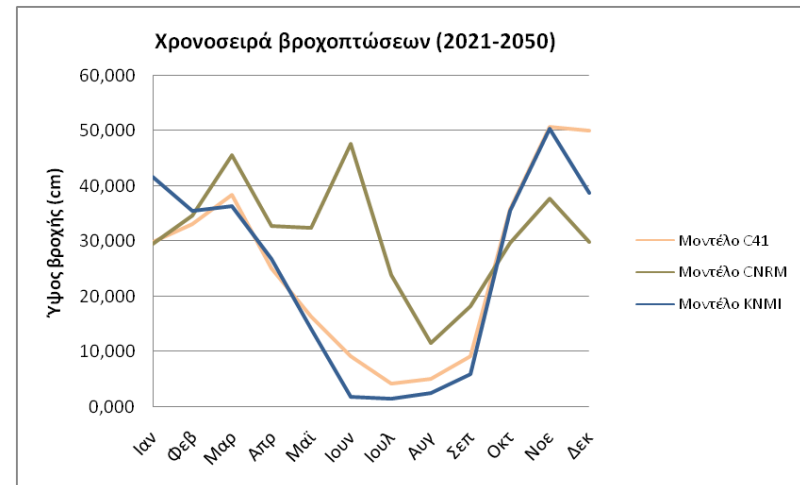
Εφαρμογή (7/22)



Εικόνα 10: Μέσες μηνιαίες τιμές βροχοπτώσεων της περιόδου 1970-2000 για το πλησιέστερο σημείο πλέγματος.

περίοδος 2021-2050

Εικόνα 9: Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασιών της περιόδου 1970-2000 για το πλησιέστερο σημείο πλέγματος.



Εφαρμογή (8/22)

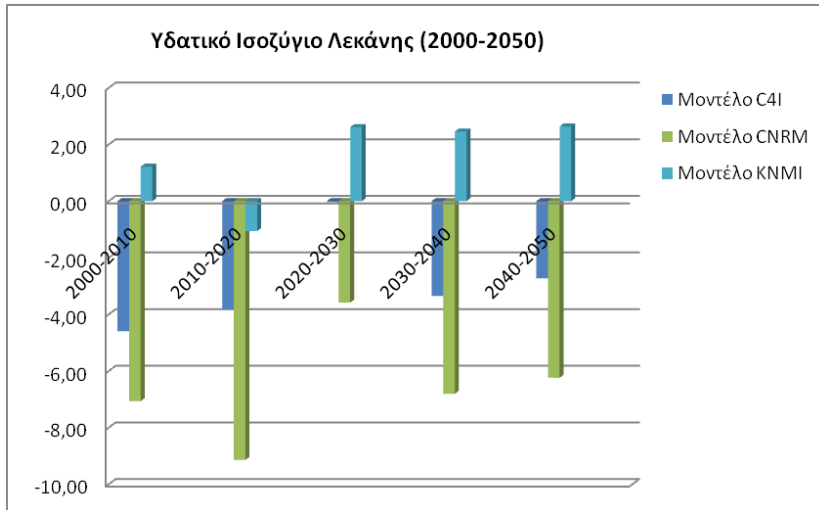
Μοντέλο C4I	Μοντέλο CNRM	Μοντέλο KNMI
Μικρή απόκλιση θερμοκρασίας και σχετικά μικρή απόκλιση βροχόπτωσης για την περίοδο 1970-2000 σε σχέση με τις πραγματικές τιμές	Μικρή απόκλιση θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για την περίοδο 1970-2000 σε σχέση με τις πραγματικές τιμές	Μικρή απόκλιση θερμοκρασίας και σχετικά μεγάλη απόκλιση βροχόπτωσης για την περίοδο 1970-2000 σε σχέση με τις πραγματικές τιμές
Στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις πραγματικές τιμές (1970-2000) για τις βροχοπτώσεις στο δεύτερο σημείο πλέγματος	Μη στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις πραγματικές τιμές (1970-2000)	Μη στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις πραγματικές τιμές (1970-2000)
Εκτίμηση αύξησης της θερμοκρασίας κατά 1,2 C ως το 2050 και για τα δύο σημεία πλέγματος	Εκτίμηση αύξησης της θερμοκρασίας κατά 1,2 C ως το 2050 και για τα δύο σημεία πλέγματος	Εκτίμηση αύξησης της θερμοκρασίας κατά 2 C/1,5 C ως το 2050 και 3,7 C/3,5 C ως το 2100 (μεσοποιημένο/δεύτερο σημείο πλέγματος)



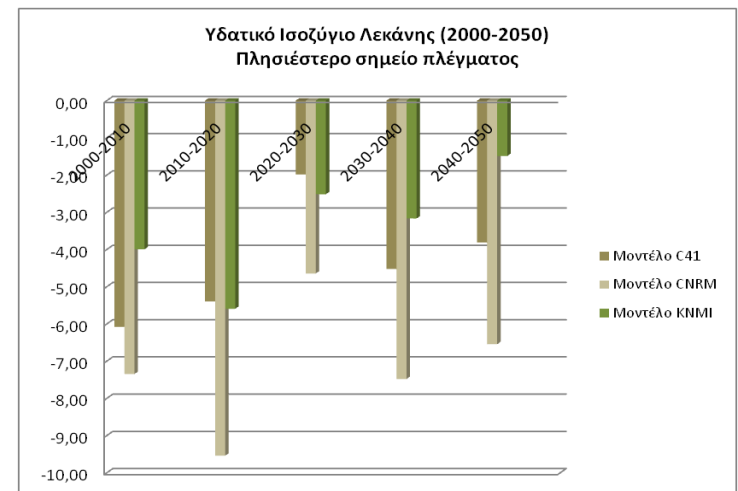
Εφαρμογή (9/22)

εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου

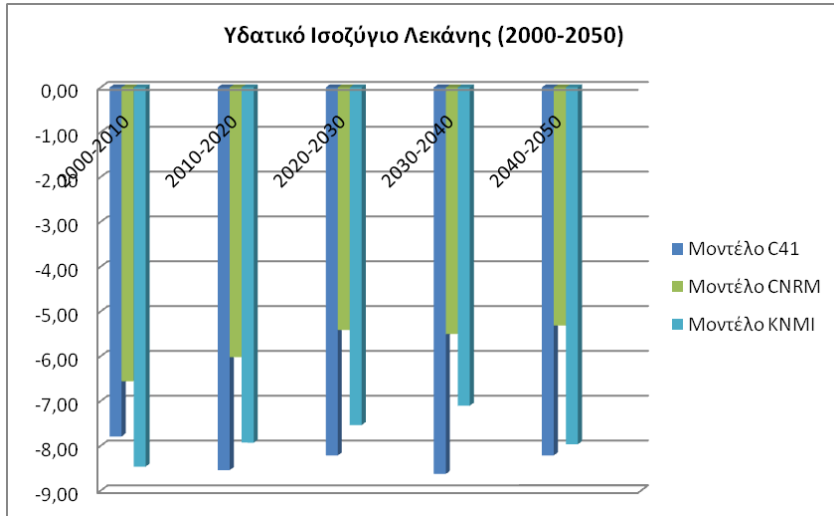
Εικόνα 11: Υδατικό ισοζύγιο λεκάνης (εκατ. m³) της περιόδου 2000-2050 για το μεσοποιημένο σημείο πλέγματος.



Εικόνα 12: Υδατικό ισοζύγιο λεκάνης (εκατ. m³) της περιόδου 2000-2050 για το πλησιέστερο σημείο πλέγματος.



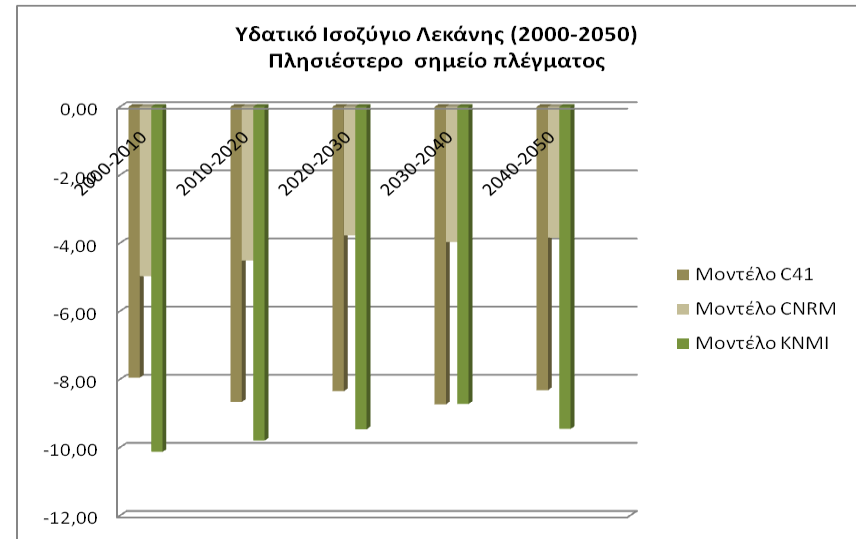
Εφαρμογή (10/22)



Εικόνα 14: Υδατικό ισοζύγιο λεκάνης (εκατ. m³) της περιόδου 2000-2050 για το πλησιέστερο σημείο πλέγματος και τη μεταβολή μόνο θερμοκρασίας.

εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου

Εικόνα 13: Υδατικό ισοζύγιο λεκάνης (εκατ. m³) της περιόδου 2000-2050 για το μεσοποιημένο σημείο πλέγματος και τη μεταβολή μόνο θερμοκρασίας.



Εφαρμογή (11/22)

εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου

Μεταβολή του υδατικού ισοζυγίου την τριακονταετία 2021-2050 για τα τρία μοντέλα και τα δύο σημεία πλέγματος, σε σχέση με την περίοδο 1971-2000.

	Μοντέλο C4I	Μοντέλο CNRM	Μοντέλο KNMI
Μεσοποιημένο σημείο πλέγματος	+43%	+41%	-11%
Δεύτερο σημείο πλέγματος	+32%	+38%	-33%

Ομοίως, για τη μεταβολή μόνο της θερμοκρασίας.

	Μοντέλο C4I	Μοντέλο CNRM	Μοντέλο KNMI
Μεσοποιημένο σημείο πλέγματος	-88%	+50%	-489%
Δεύτερο σημείο πλέγματος	-47%	+66%	-278%



Εφαρμογή (12/22)

σύνοψη - συμπεράσματα

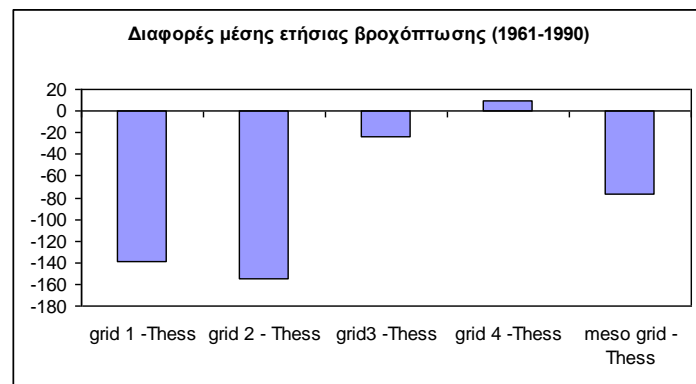
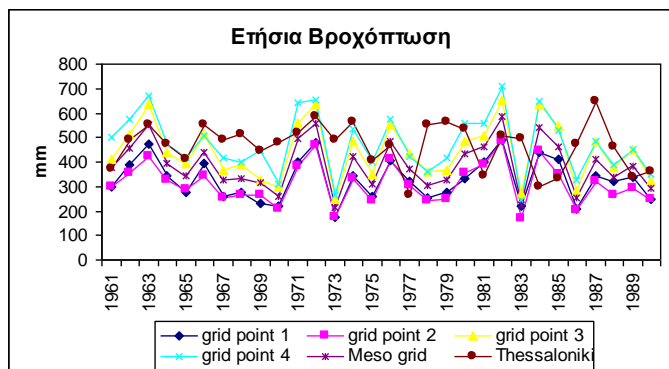
Σαφής αύξηση της θερμοκρασίας
Μείωση μέσων βροχοπτώσεων

Αύξηση υδατικού ισοζυγίου (CNRM, C4I)
Μικρή μείωση (KNMI)

- υπόγειοι υδατικοί πόροι – πιο αργή απόκριση σε κλιματικές αλλαγές
- πιθανή τροποποίηση αποτελεσμάτων (ακραίες βροχοπτώσεις)
- συνεχής κατασπατάληση ανανεώσιμων αποθεμάτων



Εφαρμογή (13/22)



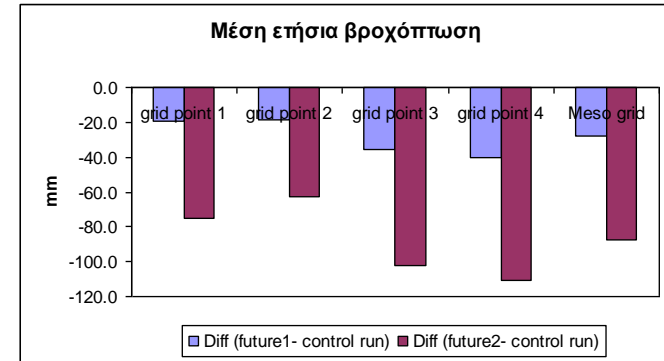
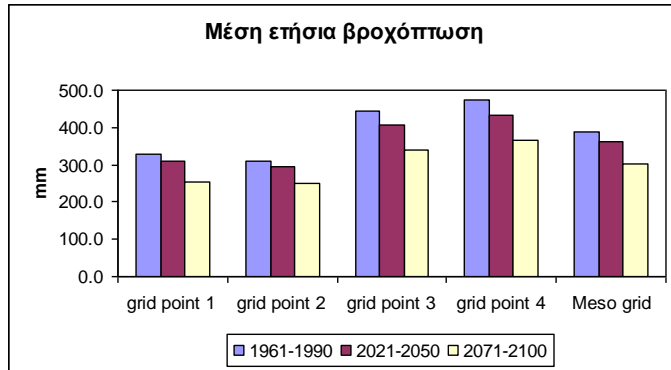
Επιλογή 4 σημείων πλέγματος (και υπολογισμός του μέσου σημείου) στην περιοχή μελέτης- Ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης για την περίοδο 1950-2100- μοντέλο RCM – KNMI.

Σύγκριση για την περίοδο ελέγχου (control run 1961-1990) με τον σταθμό της Θεσσαλονίκης (AUTH) – Ο κοντινότερος σταθμός με αξιόπιστη ελεγμένη χρονοσειρά από άποψη ομοιογένειας – χωρίς κενά.

Από τα δύο σχήματα φαίνεται ότι το μοντέλο γενικά υποεκτιμά τη μέση ετήσια βροχόπτωση για την περίοδο ελέγχου (αρνητικές διαφορές). Οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται στο πρώτο και στο δεύτερο σημείο πλέγματος, ενώ εξαίρεση αποτελεί το τέταρτο σημείο πλέγματος όπου εμφανίζει μικρή υπερεκτίμηση (θετικές διαφορές) της μέσης ετήσια βροχόπτωσης για την περίοδο 1961-1990. Η όχι καλή προσαρμογή των δεδομένων του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα μπορεί να οφείλεται τόσο στις αδυναμίες του να προσομοιώσει το τοπικό μικροκλίμα στην περιοχή όσο και στο γεγονός ότι ο σταθμός ελέγχου δεν βρίσκεται ακριβώς μέσα στα όρια της περιοχής μελέτης αλλά λίγο μακρύτερα. Ο έλεγχος που έγινε με το στατιστικό τεστ (t-test) έδειξε ότι οι διαφορές που προέκυψαν για το πρώτο, το δεύτερο και το μέσο σημείο πλέγματος είναι και στατιστικά σημαντικές για στάθμη σημαντικότητας 0,05.



Εφαρμογή (14/22)



Επιλογή δύο μελλοντικών περιόδων (πρώτη 2021-2050) και (δεύτερη 2071-2100). Σύγκριση με τα αποτελέσματα του μοντέλου σε σχέση με την περίοδο ελέγχου (1961-1990).

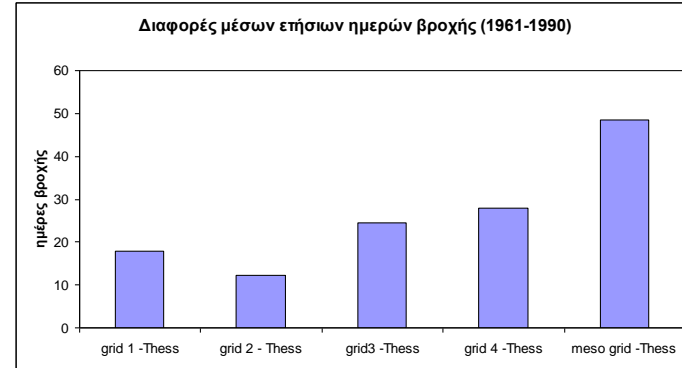
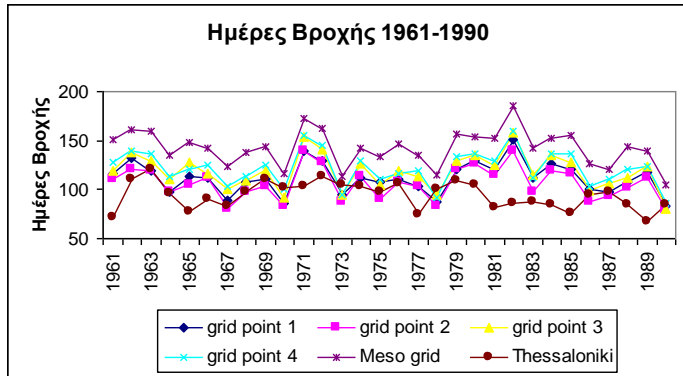
Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μοντέλο εκτιμά ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση θα μειωθεί κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα. Η μείωση είναι μεγαλύτερη κατά την τελευταία 30 ετία του 21ου αιώνα.

Οι διαφορές που προκύπτουν φαίνονται στα παρακάτω σχήματα. Τη μεγαλύτερη μείωση εμφανίζει το τέταρτο σημείο πλέγματος όπου τα ύψη βροχής αναμένεται ότι θα μειωθούν ως και 110 mm.

Σύμφωνα λοιπόν με τις μελλοντικές προβολές του μοντέλου χρησιμοποιώντας το A1B σενάριο εκπομπών (emission scenario SRES), τα ετήσια ποσά βροχής αναμένεται να παρουσιάσουν μείωση στην περιοχή μελέτης.



Εφαρμογή (15/22)



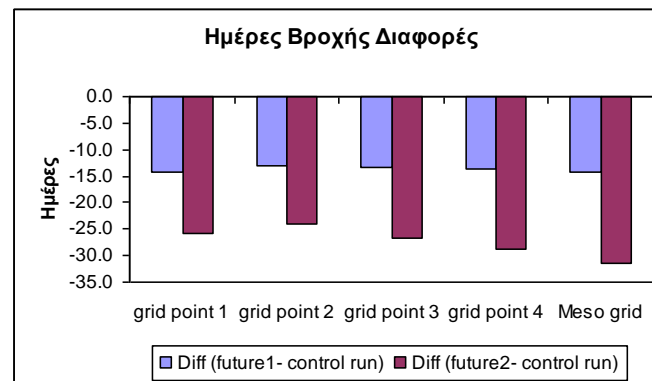
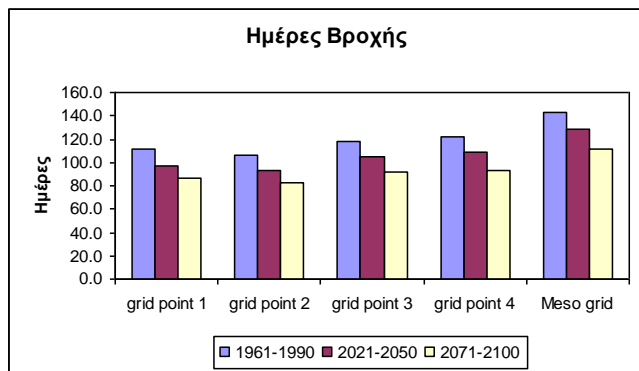
Σε αντίθεση με τα ύψη βροχόπτωσης, οι ημέρες βροχής (ημέρες όπου παρουσιάστηκε βροχόπτωση μεγαλύτερη του κατωφλίου 0.1mm) φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερο αριθμό στις χρονοσειρές των δεδομένων του μοντέλου, σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα του σταθμού της Θεσσαλονίκης, για την ίδια περίοδο ελέγχου 1961-1990.

Φαίνεται δηλαδή ότι το μοντέλο ενώ προσομοιώνει μικρότερα ποσά βροχής, τα ποσά αυτά είναι καταναμημένα σε περισσότερες ημέρες σε σχέση με τις πραγματικές. Στα τέσσερα σημεία πλέγματος οι διαφορές των ημερών βροχής από τις πραγματικές κυμαίνονται από 12 (2 σημείο πλέγματος) ως 28 (4 σημείο πλέγματος), ενώ όπως είναι φανερό λόγω της μεσοποίησης, το μέσο σημείο πλέγματος παρουσιάζει και τη μεγαλύτερη υπερεκτίμηση της παραμέτρου (θετικές διαφορές).

Και στα πέντε σημεία πλέγματος, οι διαφορές που υπολογίστηκαν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές, σύμφωνα με το t-test για στάθμη σημαντικότητας 0.05.



Εφαρμογή (16/22)



Συγκρίνοντας τώρα μόνο τα δεδομένα του μοντέλου και υπολογίζοντας τις διαφορές για τις δύο μελλοντικές περιόδους σε σχέση με την τωρινή περίοδο 1961-1990, φαίνεται ότι το KNMI εκτιμά ότι, όπως και στην περίπτωση της βροχόπτωσης, έτσι και οι ημέρες βροχής αναμένεται να μειωθούν στο μέλλον και ιδιαίτερα κατά την τελευταία 30ετία του 21ου αιώνα.

Ιδιαίτερα στην περίπτωση του μεσοποιημένου σημείου πλέγματος οι διαφορές αυτές (μείωση) αναμένεται ότι θα φτάσει τις 31 ημέρες, σε σχέση πάντα με την περίοδο ελέγχου 1961-1990.

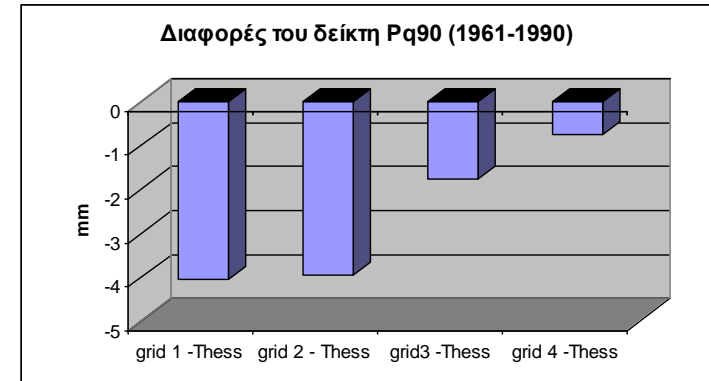
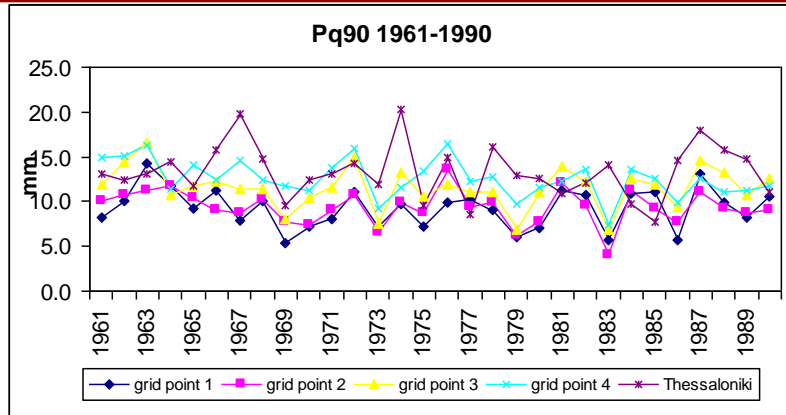
Πάντως, λόγω της προηγούμενης σύγκρισης που έγινε με τα πραγματικά δεδομένα γίνεται φανερό ότι τα αποτελέσματα των μελλοντικών προβολών του μοντέλου για την περίοδο μελέτης θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με επιφύλαξη.

Ενώ δηλαδή από τα ίδια τα δεδομένα του μοντέλου, είναι φανερή η μεγάλη μείωση των ημερών βροχής, αν η σύγκριση γίνει ως προς τα πραγματικά δεδομένα τότε το αποτέλεσμα είναι διαφορετικό και το κλιματικό σήμα αρκετά μικρότερο, με μείωση των ημερών βροχής η οποία δεν ξεπερνάει τις 17 ημέρες (στο μέσο σημείο πλέγματος).

Για τα τέσσερα πρωταρχικά σημεία πλέγματος μάλιστα η μείωση αυτή κυμαίνεται από 1 ως 12 ημέρες βροχής, αρκετά μικρότερη σε σχέση με αυτή που προβλέπει το ίδιο το μοντέλο.



Εφαρμογή (17/22)



ΑΚΡΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΝΜΙ

α) Pq90 (90στό ποσοστημόριο της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του έτους)

Ο δείκτης αυτός των ακραίων βροχοπτώσεων έχει υπολογιστεί από τα ημερήσια δεδομένα τόσο του σταθμού της Θεσσαλονίκης όσο και των τεσσάρων σημείων πλέγματος στην περιοχή μελέτης, σε ετήσια βάση.

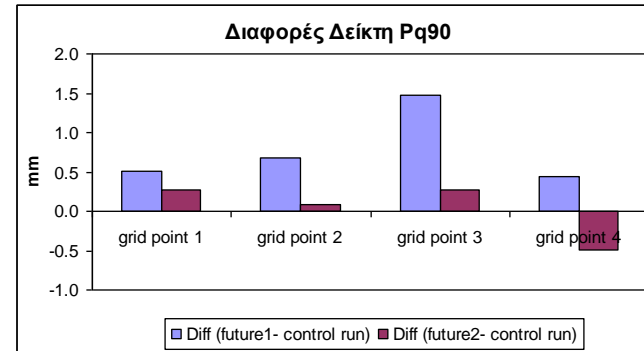
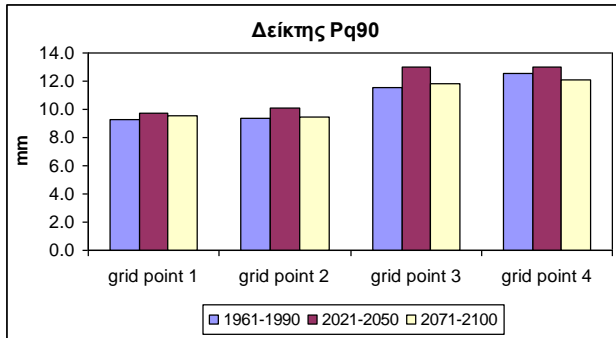
Όπως και στην περίπτωση των μέσων ετήσιων υψών βροχής έτσι και για τις τιμές του δείκτη των ακραίων βροχοπτώσεων το μοντέλο ΚΝΜΙ φαίνεται ότι υποεκτιμά (αρνητικές διαφορές) τα ακραία ύψη βροχής σε σχέση με τα πραγματικά που παρουσιάζει ο σταθμός της Θεσσαλονίκης για την περίοδο ελέγχου 1961-1990.

Πρέπει όμως στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι ο σταθμός της Θεσσαλονίκης, δεν βρίσκεται ακριβώς μέσα στην περιοχή μελέτης αλλά ήταν ο κοντινότερος δυνατός σταθμός με μεγάλη χρονοσειρά δεδομένων. Έτσι, κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η απόσταση που παρουσιάζουν τα σημεία πλέγματος σε σχέση με το σταθμό, ιδιαίτερα σε μια τέτοια περίπτωση ακραίων βροχοπτώσεων όπου (για παράδειγμα μια καταιγίδα – μεγάλα ύψη βροχής) εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γ. θέση και μπορεί να δώσει διαφορετικά ποσά βροχής ακόμα σε κοντινές περιοχές.

Σύμφωνα με το t-test οι διαφορές που υπολογίστηκαν είναι στατιστικά σημαντικές για τα πρώτα τρία σημεία πλέγματος που μελετώνται.



Εφαρμογή (18/22)



ΑΚΡΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ KNMI

α) Pq90 (90στό ποσοστημόριο της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του έτους)

Για τα τέσσερα σημεία πλέγματος ο πρώτος αυτός δείκτης των ακραίων βροχοπτώσεων φαίνεται ότι θα παρουσιάσει μια μικρή αύξηση κατά τις μελλοντικές περιόδους.

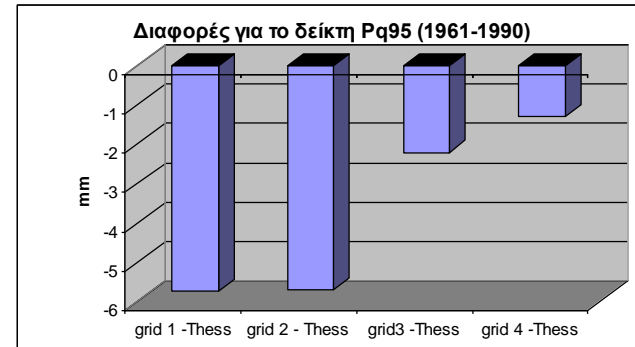
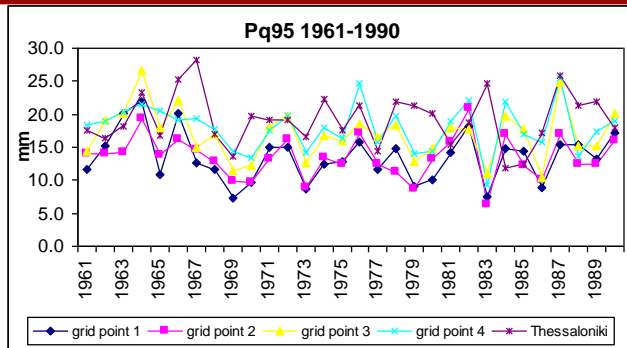
Χαρακτηριστικό μάλιστα είναι ότι τη μεγαλύτερη αύξηση την παρουσιάζει την πρώτη μελλοντική 30ετία (2021-2050) και όχι τη δεύτερη.

Μοναδική εξαίρεση παρουσιάζει το τέταρτο σημείο πλέγματος όπου στο τέλος του 21ου αιώνα εκτιμάται ότι θα παρουσιάσει μείωση των ακραίων βροχοπτώσεων του δείκτη Pq90.

Γενικά, οι διαφορές που υπολογίζονται είναι μικρές (δεν ξεπερνούν το 1.5mm).



Εφαρμογή (19/22)



ΑΚΡΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΝΜΙ

b) Pq95 (95στό ποσοστημόριο της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του έτους)

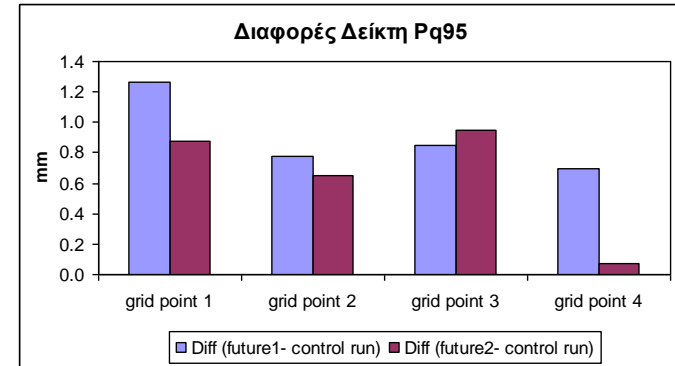
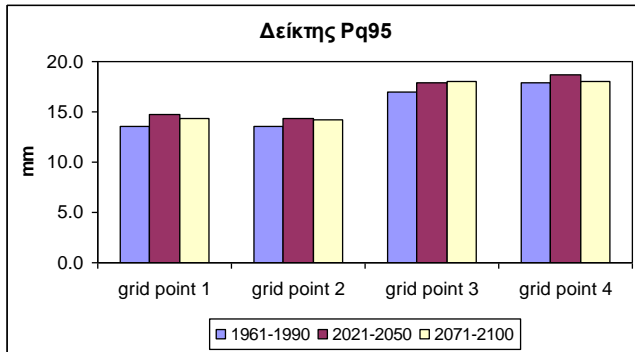
Ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται όπως και για τον προηγούμενο.

Το μοντέλο φαίνεται να υποεκτιμά και σε αυτήν την περίπτωση τις τιμές του δείκτη των ακραίων βροχοπτώσεων σε σχέση με τα πραγματικά αποτελέσματα που έδωσε ο σταθμός της Θεσσαλονίκης.

Οι διαφορές που υπολογίστηκαν, για την περίοδο ελέγχου 1961-1990 είναι μεγαλύτερες σε σχέση με εκείνες του Pq90, αλλά είναι στατιστικά σημαντικές (t-test) για τα τρία πρώτα και πάλι σημεία πλέγματος. Το τέταρτο σημείο πλέγματος φαίνεται ότι προσομοιώνει καλύτερα τα πραγματικά δεδομένα και οι διαφορές σε σχέση με τα ακραία ύψη βροχής του σταθμού της Θεσσαλονίκης δεν ξεπερνούν τα 2mm.



Εφαρμογή (20/22)



ΑΚΡΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ KNMI

b) Pq95 (95στό ποσοστημόριο της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του έτους)

Οι μελλοντικές προβλέψεις για τον ακραίο δείκτη βροχόπτωσης Pq95 δεν διαφέρουν ιδιαίτερα σε σχέση με τον προηγούμενο δείκτη. Φαίνεται δηλαδή ότι τα ύψη των ακραίων βροχοπτώσεων θα είναι ελαφρώς αυξημένα κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα κυρίως την πρώτη μελλοντική 30ετία μελέτης για τα δύο πρώτα σημεία πλέγματος.

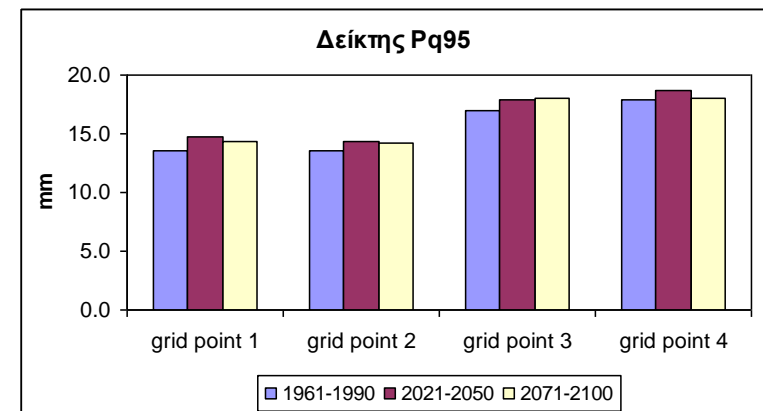
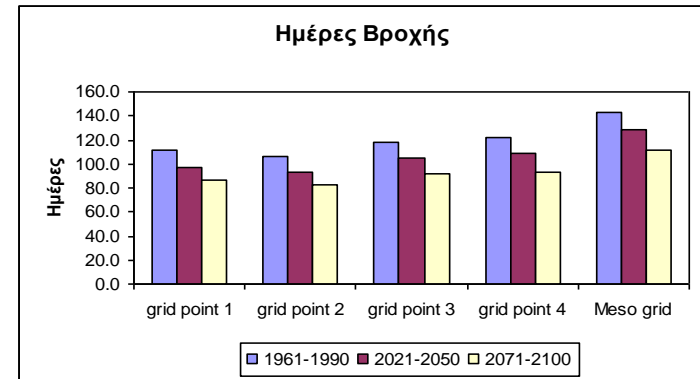
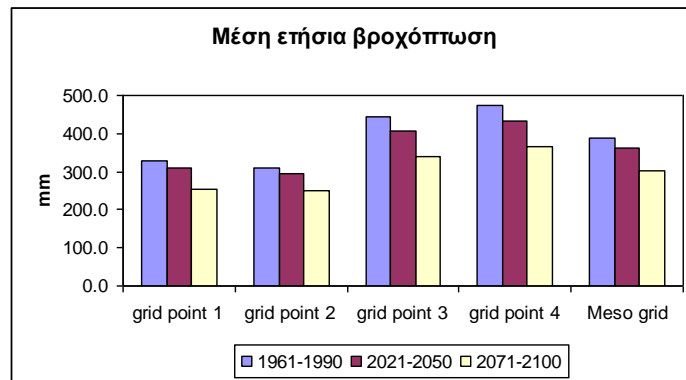


Εφαρμογή (21/22)

Εκτιμήσεις κλιματικών αλλαγών


Εφαρμογή στη Χαλκιδική:

1. μείωση των μέσων βροχοπτώσεων
2. μείωση του πλήθους των ημερών βροχής
3. αύξηση της έντασης βροχής



Εφαρμογή (22/22)

βασικές προτάσεις

- Αλλαγή των μεθόδων άρδευσης  «στάγδην άρδευση» με σωστή συντήρηση για την ελαχιστοποίηση των απωλειών
- Αλλαγή καλλιεργειών με λιγότερο υδροβόρες
Μουδανιά: βρώσιμη ελιά (63,8%), δενδρώδη (21,2%), κηπευτικά (9%), ποτιστικό βαμβάκι (3,2%)
- Καθορισμός ακριβούς ποσότητας και διάρκειας /προγράμματος άρδευσης



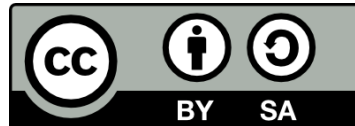
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Νικόλαος Θεοδοσίου.
«Εκμετάλλευση και Προστασία των Υπόγειων Υδατικών Πόρων. Κλιματικές
αλλαγές και υδατικοί πόροι - Επιπτώσεις στο σχεδιασμό και στη λειτουργία
των υδραυλικών έργων». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη
δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS373/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

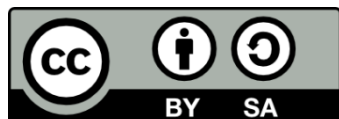
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Γιάννης Αυγολούπης>
Θεσσαλονίκη, <Χειμερινό Εξάμηνο 2014-2015>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

