

ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΗΘΑΧΕΣ

Αρχική ΠΑΡΑΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ

Μειώνουν τα αιολικά πάρκα τις βροχοπτώσεις;



26 Αυγ 2024



- Τα Ellinika Hoaxes είναι μέλος του International Fact-Checking Network Το σήμα αυτό αποδεικνύει ότι τα ellinikahoaxes.gr ελέγχθηκαν και είναι σύμφωνα με τις αρχές του IFCN, για πολιτική ανεξαρτησία, διαφάνεια των πηγών, της χρηματοδότησης, της μεθοδολογίας, και δέσμευση για ανοικτές και ειλικρινείς διορθώσεις.
- Το σήμα αυτό αποδεικνύει ότι τα ellinikahoaxes.gr ελέγχθηκαν και συμμορφώνονται συνολικά με τον “European Code of Standards”, ένα σύνολο κανόνων και κριτηρίων που έχουν σχεδιαστεί για να διασφαλίζουν ότι οι οργανισμοί που ελέγχουν τα γεγονότα και την παραπληροφόρηση, συμμορφώνονται με τα υψηλότερα πρότυπα μεθοδολογίας, ηθικής και διαφάνειας.

Ισχυρισμός

"Οι ανεμογεννήτριες μειώνουν τις βροχοπτώσεις", σύμφωνα με συνέντευξη του Γιώργου Στουρνάρα, ομότιμου καθηγητή Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας του ΕΚΠΑ

Συμπέρασμα

Η άποψη αυτή δεν υποστηρίζεται από τη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία. Ο συλλογισμός του κ. Στουρνάρα βασίζεται στη λανθασμένη σύγκριση των ανεμογεννητριών με τους ανεμομείκτες, που αποτελούν εντελώς διαφορετικά συστήματα με διαφορετικές λειτουργίες. Η διεθνής έρευνα, μέχρι στιγμής, δείχνει ότι οι επιπτώσεις των αιολικών πάρκων στις βροχοπτώσεις είναι μικρές και περιορισμένες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μάλιστα, οι ειδικοί έχουν παρατηρήσει μικρή αύξηση των βροχοπτώσεων, ενώ σε άλλες μείωση, εποχικά και γεωγραφικά σχετιζόμενη, χωρίς να εντοπίζονται οι αρνητικές συνέπειες που με βεβαιότητα περιγράφονται από τον κ. Στουρνάρα.



Παραπληροφόρηση


Εξαιρετικά μεγάλη διάδοση γνώρισε παλαιότερη συνέντευξη του ομότιμου καθηγητή Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας του ΕΚΠΑ, **Γιώργου Στουρνάρα**, στην οποία υποστήριξε με βεβαιότητα ότι “οι ανεμογεννήτριες εμποδίζουν τις βροχοπτώσεις”. Η συνέντευξη επανήλθε πρόσφατα στην επικαιρότητα από χρήστες των μέσων κοινωνικής δικτύωσης, με πληθώρα δημοσιευμάτων και χρηστών να αναπαράγει τον ισχυρισμό. Ωστόσο, η τρέχουσα επιστημονική βιβλιογραφία απορρίπτει αυτή τη βεβαιότητα, ενώ ορισμένα μοντέλα έχουν εντοπίσει μέχρι και μικρή αύξηση των βροχοπτώσεων. Ας δούμε αναλυτικότερα τι ισχύει.

Παραδείγματα αναπαραγωγών σε δημοσιεύματα και αναρτήσεις: voicenews.gr, karditsastakra.com, e-synews.gr, kastorianiestia.gr, amazonios.net, diavlosnews.gr, e-maistros.gr, proionta-tis-fisis.com, ksipnistere.com, triklopodia.gr, kozani.tv, egerssi.gr, greeknewsdemand.com, orizontespress.gr

13 August at 21:40 · 🌐

Συνέντευξη το 2014
Γεώργιος Στουρνάρας
Ομότιμος Καθηγητής ΕΚΠΑ
Δυναμικής, Τεκτονικής, Εφαρμοσμένης Γεωλογίας
(Υδρογεωλογία, Τεχνική Γεωλογία, Περιβαλλοντική Γεωλογία)

Ακούστε!



«Τα Αιολικά πάρκα μειώνουν τις βροχοπτώσεις»

TikTok
@jula.orfan

0:34 / 2:55

👍👎👀 and 2K others

402 comments 9.4K shares



Κυριάκος Βελόπουλος ✓
@velopky

...

Τι έχουμε εδώ; Ο Καθηγητής Υδρογεωλογίας και Τεχνικής Βιολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, Γιώργος Στουρνάρας, μας λέει ότι τα αιολικά πάρκα μειώνουν τις βροχοπτώσεις!

Ας μας πει ο «αψέκαστος» πρωθυπουργός Μητσοτάκης αν πρόκειται για θεωρία συνωμοσίας ή όχι! Γιατί αν δεν πρόκειται... τότε έχει στα χέρια του ένα ακόμα εθνικό έγκλημα για το οποίο πρέπει να απολογηθεί για να μην πούμε να πάει φυλακή!

Απόσπασμα από τη συνέντευξη που έδωσε το 2014 στον Γιώργο Σαχίνη.

#Βελόπουλος #Βελοπουλος #Ελληνική_Λύση #Ελλαδα #Ελλάδα
#Μητσοτάκης #κυβερνηση_Μητσοτακη #Μητσοτακης
#Ανεμογεννήτριες #ανεμογεννητριες



11:46 π.μ. · 13 Αυγ 2024 · 25,2 χιλ. Προβολές



Ελληνικά Νέα - Συμβαίνει Τώρα III

14 August at 18:01 · 🌐



Συνέντευξη το 2014

Γεώργιος Στουρνάρας

Ομότιμος Καθηγητής ΕΚΠΑ

Δυναμικής, Τεκτονικής, Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

(Υδρογεωλογία, Τεχνική Γεωλογία, Περιβαλλοντική Γεωλογία)....

Ακούστε!

«Τα Αιολικά πάρκα μειώνουν τις βροχοπτώσεις»

TikTok
@jula.orfan

0:16 / 2:50

👍 🗿 🗿 1.4K

96 comments 1.1K shares

The image shows a TikTok video player. At the top, there is a white box with the text 'Ακούστε!' (Listen!). Below this is a video frame showing a landscape with several wind turbines on a hill. Overlaid on the bottom of the video frame is a white box with the Greek text '«Τα Αιολικά πάρκα μειώνουν τις βροχοπτώσεις»' (Wind farms reduce precipitation). In the bottom right corner of the video frame, the TikTok logo and the username '@jula.orfan' are visible. Below the video frame is a progress bar showing '0:16 / 2:50'. At the bottom of the video player, there are icons for like, comment, and share, followed by the number '1.4K'. To the right of the video player, there are icons for settings, full screen, and share, followed by the text '96 comments' and '1.1K shares'. The '1.4K' and '1.1K shares' are highlighted with red boxes.



Τέμπη άρση βουλευτικής ασυλίας

4 August at 00:21 · 🌐



Είναι πλέον επίσημο! Οι ανεμογεννήτριες μειώνουν τις βροχοπτώσεις – Στα όρια της...

Είναι πλέον επίσημο! Οι ανεμογεννήτριες μειώνουν τις βροχοπτώσεις – Στα όρια της εσχάτης προδοσίας τα αιολικά που φυτεύουν ανεξέλεγκτα η Αλεξάνδρα Μητσοτάκη, η Σακελλαροπούλου και ο Γιώργος Γεράπετρίτης

Επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στον υδροφόρο ορίζοντα.... [See more](#)



Είναι πλέον επίσημο! Οι ανεμογεννήτριες μειώνουν τις βροχοπτώσεις – Στα όρια της εσχάτης προδοσίας τα αιολικά που φυτεύουν ανεξέλεγκτα η Αλεξάνδρα Μητσοτάκη, η Σακελλαροπούλου και ο Γιώργος Γεράπετρίτης

👍👎🗨️ 302

61 comments [204 shares](#)



6 August at 22:40 · 🌐



Γιώργος Στουρνάρας

(Καθηγητής Υδρογεωλογίας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών)

- "ΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΑΛΛΑΖΟΥΝ ΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΠΕΡΙΟΧΗΣ"..

- "ΜΕΙΩΝΟΥΝ ΤΙΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΤΗΝ ΧΛΩΡΙΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΝΙΔΑ"!..

(Και μετά, οι ίδιοι που θα έχουν εγκαταστήσει παντού ανεμογεννήτριες θα λένε ότι για την παρατεταμένη ανομβρία φταίει η "κλιματική αλλαγή"..

Αξίζει να διαβαστεί η τεκμηριωμένη συνέντευξη τού συγκεκριμένου πανεπιστημιακού καθηγητή:

<https://shorturl.at/jjwM6>

ΥΓ: Και η τελευταία εξέλιξη:

ΘΕΛΟΥΝ ΝΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΟΥΝ 13.500 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ!

Κρητικοί θα το δεχτείτε;..

Το σχετικό βίντεο:

<https://youtu.be/Ela9rVYU2cQ?si=K6UqOnuKAAV-fjcp>

Αθανάσιος Γκόρδης



Είναι πλέον επίσημο! Οι ανεμογεννήτριες μειώνουν τις βροχοπτώσεις – Στα όρια της εσχάτης προδοσίας τα αιολικά που φυτεύουν ανεξέλεγκτα η Αλεξάνδρα Μητσοτάκη, η Σακελλαροπούλου και ο Γιώργος Γεράπετρίτης

161

10 comments 261 shares



5 August at 17:48 · 🌐



Επιτέλους σταματήστε να καταστρέφεται το φυσικό μας περιβάλλον.

-Οι ανεμογεννήτριες μειώνουν τις βροχοπτώσεις...

«...Οι υδρατμοί που είναι μαζεμένοι δεν μπορούν να συμπυκνωθούν και να δημιουργήσουν βροχή, γιατί δεν τους αφήνει να συμπυκνωθούν η δράση των ανεμογεννητριών, επομένως έχουμε μια, θα λέγαμε, καταστροφή εν τη γενέσει τους των τοπικών βροχών και έναν εμπόδιο των υδρατμών κοντά στο έδαφος να κάτσουν στο έδαφος και να πάρουν μέρος στον υδρολογικό κύκλο της περιοχής...»

Δεν τα λέω εγώ...ο Γιώργος Στουρνάρας, καθηγητής Υδρογεωλογίας και Τεχνικής Γεωλογίας, Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αθηνών τα λέει...και πολλά άλλα...



👍👎👏 69

45 comments 4 shares

1 / 6

Πλαίσιο

Το διακινούμενο βίντεο είναι **μονταρισμένο απόσπασμα** από συνέντευξη του Ομότιμου Καθηγητή Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Γιώργου Στουρνάρα, στον δημοσιογράφο Γιώργο Σαχίνη και στον σταθμό 9.84 το 2014. Ολόκληρη τη συνέντευξη μπορείτε να την ακούσετε κάνοντας κλικ [εδώ](#) (αρχειοθετημένη [εδώ](#)).

Το βίντεο επανήλθε στην επικαιρότητα στις **13 Αυγούστου 2024**, από [λογαριασμό](#) στο **TikTok** και στη συνέχεια διαδόθηκε στο **Facebook**, με [ανάρτηση](#), που γνώρισε κοντά στις **9,5 χιλιάδες κοινοποιήσεις**. Το βίντεο γνώρισε διάδοση και στο [YouTube](#), αλλά και μεταξύ πολιτικών λογαριασμών, όπως ο **Κυριάκος Βελόπουλος**, με [ανάρτηση](#) στον λογαριασμό του στο X (πρώην Twitter).



13 August at 21:40 · 🌐



Συνέντευξη το 2014

Γεώργιος Στουρνάρας

Ομότιμος Καθηγητής ΕΚΠΑ

Δυναμικής, Τεκτονικής, Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

(Υδρογεωλογία, Τεχνική Γεωλογία, Περιβαλλοντική Γεωλογία)



and 2K others

402 comments

9.4K shares

Ο ισχυρισμός, καθότι παλαιός, διατυπώνεται συχνά σε δημοσιεύματα που κάνουν λόγο για τις επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον, που επαναλαμβάνουν τους ισχυρισμούς του καθηγητή κ. Στουρνάρα, ο οποίος έχει δώσει παρόμοιες τέτοιες συνεντεύξεις υποστηρίζοντας ότι “τα αιολικά πάρκα μειώνουν τις τοπικές βροχοπτώσεις” (παραδείγματα [εδώ](#) κι [εδώ](#)).

Ακούστε το διακινούμενο απόσπασμα της συνέντευξης, πατώντας πάνω στο βίντεο:

https://media.ellinikahoaxes.gr/uploads/2024/08/An9Vfbb5xa4kETgJICbLBVLXHggYIT4Myhf95RWQ3qDxb5SP15DxIPYtDEUWiI8GuESQZqwcSHbELBCs_nInsJwh.mp4

Στην ερώτηση του δημοσιογράφου, Γιώργου Σαχίνη, **“Είναι δυνατόν τα αιολικά να μειώνουν τις βροχοπτώσεις; Αυτό έχετε διατυπώσει;”**, ο καθηγητής, Γιώργος Στουρνάρας, απαντά:

*Κι όμως, αυτό είναι η πραγματικότητα, κύριε Σαχίνη. Ξέρετε, τα αιολικά πάρκα είναι κάτι το πρόσφατο και τώρα σιγά σιγά συνειδητοποιούμε, πέρα από τις γενικότερες άλλες επιπτώσεις, τις ενεργειακές, οικονομικές, χωροταξικές ή αισθητικές, αν θέλετε, που είναι πολύ σοβαρές επιπτώσεις, και κάποιες άλλες μορφές τις οποίες ανακαλύπτουμε με πάρα πολύ μεγάλο ενδιαφέρον. **Όντως, τα αιολικά πάρκα επηρεάζουν το υδατικό δυναμικό μιας περιοχής από την γένεση της βροχόπτωσης μέχρι τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα.***

Ο καθηγητής συνεχίζει με την ακόλουθη διευκρίνιση, η οποία δεν περιλαμβάνεται στο διακινούμενο απόσπασμα:

*“Δεν ξέρω αν έχετε υπόψη σας τι γίνεται στις μεγάλες καλλιέργειες των εσπεριδοειδών, στο Άργος, στην Άρτα. **Εκεί λοιπόν έχουν τοποθετηθεί ανεμομείκτες, οι οποίοι είναι έλικες.** Και τι κάνουν αυτοί οι έλικες; Ενεργοποιούνται όταν η ατμόσφαιρα έχει υγρασία κοντά στο έδαφος όταν η θερμοκρασία κατέβει, για να μην δημιουργηθεί παγετός, διότι με τον παγετό θα παγώσουν οι χυμοί των εσπεριδοειδών. Επομένως εκεί τους θέλουμε αυτούς τους έλικες και τους ενεργοποιούμε και κάνουν πολύ καλά τη δουλειά τους”.*

Και καταλήγει, λέγοντας τα εξής:

Στα αιολικά πάρκα, οι ανεμογεννήτριες είναι έλικες και αυτοί και γυρίζουν. Ίδια λειτουργία κάνουνε. Εκεί, εμποδίζουν τον παγετό, εμποδίζουν την πάχνη, εμποδίζουν την ομίχλη κυρίως από την χαμηλή νέφωση και δεν αφήνουν τους υδρατμούς αυτούς να κάτσουν στο έδαφος. [...] Οι υδρατμοί κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, στις κατηγορίες αυτές που αναφέραμε, παίζουν αυτό τον ρόλο. Συντηρούν την πανίδα και τη χλωρίδα στην εδαφική ζώνη και εμποδίζουν την τριχοειδή ανύψωση και εξάτμιση του νερού του υδροφόρου ορίζοντα. Αυτό όσον αφορά τους υδρατμούς κοντά στην ατμόσφαιρα, δηλαδή, λειτουργούν σαν ανεπιθύμητοι ανεμομείκτες.

Αλλά υπάρχουν και είδη βροχών, κυρίως, οι τοπικές βροχές, οι οποίες, οι μετεωρολόγοι τις ονομάζουν κατακόρυφης μεταφοράς ή ορογραφική, κυρίως, αυτές που είναι δίπλα στα βουνά, οι οποίες δεν μπορούν να συμπυκνώσουν τους υδρατμούς και να γίνουν οι υδρατμοί που είναι μαζεμένοι εκεί, δεν μπορούν να συμπυκνωθούν και να δημιουργήσουν βροχή, διότι δεν τους αφήνει να συμπυκνωθούν η δράση των ανεμογεννητριών. Επομένως έχουμε μία, θα λέγαμε, καταστροφή εν τη γενέσει τους

των τοπικών βροχών και έναν εμπόδιο των υδρατμών κοντά στο έδαφος, να κάτσουν στο έδαφος και να πάρουν μέρος σε υδρολογικό κύκλο της περιοχής.

Τι ισχύει

Όπως διαπιστώνουμε, η επιχειρηματολογία του κ. Στουρνάρα βασίζεται στη **σύγκριση των ανεμογεννητριών με τους ανεμομείκτες**. Το σκεπτικό του κ. Στουρνάρα είναι ότι εφόσον και τα δύο συστήματα έχουν έλικες τότε επιτελούν την ίδια λειτουργία.

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει:

“Εκεί λοιπόν έχουν τοποθετηθεί ανεμομείκτες, οι οποίοι είναι έλικες. Και τι κάνουν αυτοί οι έλικες; Ενεργοποιούνται όταν η ατμόσφαιρα έχει υγρασία κοντά στο έδαφος όταν η θερμοκρασία κατέβει, για να μην δημιουργηθεί παγετός, διότι με τον παγετό θα παγώσουν οι χυμοί των εσπεριδοειδών [...] Στα αιολικά πάρκα, οι ανεμογεννήτριες είναι έλικες και αυτοί και γυρίζουν. Ίδια λειτουργία κάνουνε”.

Όμως, **οι ανεμογεννήτριες επιτελούν την ακριβώς αντίστροφη λειτουργία από τους ανεμομείκτες**. Ο Νίκος Γκίκας, γεωγράφος και ιδιοκτήτης της σελίδας προγνώσεων καιρού umeteo.gr, εξηγεί σε [σχετικό άρθρο](#) του:

“Οι ανεμογεννήτριες λειτουργούν παθητικά και αυτό που στην ουσία κάνουν είναι να μετατρέπουν μέρος της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική την οποία στη συνέχεια εγχύει στο δίκτυο. Εάν σταματήσει να φυσάει τότε και η ανεμογεννήτρια θα πάψει να κινείται και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σταματάει. Το αντίθετο ακριβώς κάνει ένας ανεμομείκτης, ο οποίος χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια του δικτύου ώστε να δημιουργήσει ένα ρεύμα αέρα, όπως ακριβώς κάνει και ένας ανεμιστήρας. Άρα, η ανεμογεννήτρια παράγει ρεύμα όταν υπάρχει άνεμος, ενώ ο ανεμομείκτης καταναλώνει ρεύμα για να προκαλέσει κάποιο ρεύμα αέρα”.



Ανεμομείκτης, Πηνύ

Οι ανεμομείκτες, συνεχίζει στο άρθρο του ο κ. Γκίκας, **τοποθετούνται στα πεδινά σημεία**, για να προστατέψουν τις καλλιέργειες από το ψύχος που επικάθεται και εγκλωβίζεται στα χαμηλά υψόμετρα ύστερο από έναν παγετό. **“Το συγκεκριμένο φαινόμενο δεν το συναντάμε σε υψηλά σημεία στα ορεινά όπου είναι τοποθετημένες οι ανεμογεννήτριες”**.

Οι ανεμομείκτες, λοιπόν, είναι σαν μεγάλοι ανεμιστήρες που δημιουργούν ρεύματα αέρα στα πεδινά για την προστασία των καλλιεργειών από την εναπόθεση πάγου. Χαρακτηριστικό είναι το ακόλουθο [βίντεο](#) από καλλιέργειες εσπεριδοειδών στην Καλιφόρνια, στο οποίο βλέπουμε τη δύναμη των ρευμάτων που δημιουργεί ένας **περιστρεφόμενος ανεμομείκτης**:

<https://media.ellinikahoaxes.gr/uploads/2024/08/antifreeze.mp4>

Οι ανεμογεννήτριες κάνουν ακριβώς το αντίθετο. Στέκονται παθητικές, δεν λειτουργούν με την ηλεκτρική ενέργεια, αλλά την παράγουν και κινούνται μόνο με τη δύναμη του ανέμου. Θα λέγαμε, με άλλα λόγια, πως **οι ανεμογεννήτριες δεν έχουν τη δυνατότητα να επιδράσουν στη γύρω περιοχή, όπως αντιθέτως προορίζεται να κάνει ένας ανεμομείκτης, ο οποίος λειτουργεί για αυτόν ακριβώς τον σκοπό, για να δημιουργεί ρεύματα αέρα, τροφοδοτούμενος από κάτι πολύ δυναμικό, όπως η ηλεκτρική ενέργεια**.

Ενδεικτικό είναι το ακόλουθο βίντεο από τη Νότια Εύβοια, όπου έντονη και αυξανόμενη ως προς την πυκνότητα νέφωση προσεγγίζει τις ανεμογεννήτριες. Σύμφωνα με τον κ. Γκίκας, **“η κυκλική κίνηση των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας δεν διαταράσσει ούτε κατ’ ελάχιστο τη νέφωση μέσα από την οποία διέρχεται, καθώς οι ανεμογεννήτριες δεν δημιουργούν κάποιο ρεύμα”**.

<https://media.ellinikahoaxes.gr/uploads/2024/08/anemo-clouds.mp4>

Γίνεται σαφές από τα παραπάνω, πως ο κ. Στουρνάρας, **όταν αναφέρεται στις επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον**, λέγοντας ότι “εμποδίζουν τον παγετό, εμποδίζουν την πάχνη, εμποδίζουν την ομίχλη κυρίως από την χαμηλή νέφωση και δεν αφήνουν τους υδρατμούς αυτούς να κάτσουν στο έδαφος”, **στην ουσία δεν αναφέρεται στις επιπτώσεις των ανεμογεννητριών αλλά σε κάποιους από τους τρόπους λειτουργίας των ανεμομεικτών**.

Άρα, το γεγονός ότι φέρουν μια κάποια εξωτερική ομοιότητα, λόγω της παρουσίας του έλικα, όπως αναφέρει ο κ. Στουρνάρας, **δεν καθιστά σε καμία περίπτωση τις ανεμογεννήτριες συγκρίσιμες με τους ανεμομείκτες**.

Η σύγκριση, που επιχειρεί ο κ. Στουρνάρας, και η ταύτιση των λειτουργιών και της δράσης τους στο περιβάλλον είναι άστοχη. Πρόκειται για δύο εντελώς διαφορετικά συστήματα, με εντελώς διαφορετική λειτουργία και δράση στον χώρο.

Τι λέει η επιστήμη για την επίδραση των αιολικών πάρκων στις βροχοπτώσεις;

Η διεθνής βιβλιογραφία έχει μελετήσει και συνεχίζει να μελετά τις επιπτώσεις των αιολικών πάρκων στη θερμοκρασία, την ταχύτητα του ανέμου, τη νεφοκάλυψη και τη βροχόπτωση σε τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο. Η πλειοψηφία των μελετών χρησιμοποιούν αριθμητικά μοντέλα για την προσομοίωση των επιπτώσεων των ανεμογεννητριών στην ατμόσφαιρα. [[πηγή 1](#)] [[πηγή 2](#)]

Ιδιαίτερης σημασίας, **λόγω υψηλής αξιοπιστίας των ευρημάτων**, είναι η μελέτη των Β.-Η. Fiedler και Μ.-S. Bukovsky, με τίτλο “*The effect of a giant wind farm on precipitation in a regional climate model*”, δημοσιευμένη τον Οκτώβριο του 2011, στο επιστημονικό περιοδικό [Environmental Research Letters](#), η οποία **μελετά τις μεταβολές στις βροχοπτώσεις**, κατά τις θερμές εποχές, από την εγκατάσταση αιολικών πάρκων μεγάλης κλίμακας **στα ανατολικά δύο τρίτα των Ηνωμένων Πολιτειών**.

Οι επιστήμονες χρησιμοποίησαν ένα *υπολογιστικό μοντέλο που προσομοιώνει τον καιρό*. Σε αυτό το μοντέλο, πρόσθεσαν ένα γιγαντιαίο αιολικό πάρκο, το οποίο κάλυπτε μια περιοχή από το Τέξας έως τη βόρεια Νεμπράσκα. Αυτό το αιολικό πάρκο είχε **πάνω από 228.000 ανεμογεννήτριες**. Έτρεξαν αυτό το μοντέλο προσομοίωσης για 62 χρόνια **θερμών εποχών** για να δουν τι θα συνέβαινε στον καιρό, ιδίως στη βροχή.

Επηρέασαν οι ανεμογεννήτριες τη βροχή;

Ναι, **το γιγάντιο αιολικό πάρκο προκάλεσε, στην παραπάνω προσομοίωση, μια μικρή αύξηση της βροχής της τάξης του 1% κατά μέσο όρο**, η οποία χαρακτηρίστηκε από τους μελετητές ως “**στατιστικά σημαντική**”. Η **υψηλή αξιοπιστία** του ευρήματος ενισχύεται από τις πολλαπλές στατιστικές αναλύσεις, που πραγματοποίησαν οι μελετητές. Όλα τα τεστ, επιβεβαίωσαν ότι **η αύξηση των βροχοπτώσεων από την παρουσία των ανεμογεννητριών δεν οφείλεται σε τυχαία διακύμανση**, αλλά σε ένα **σταθερό αποτέλεσμα** καθ’ όλη τη διάρκεια των 62 **θερμών εποχών** που μελετήθηκαν.

Η παρατηρούμενη αύξηση οφείλεται στο ότι οι ανεμογεννήτριες επιβράδυναν ελαφρώς την κίνηση του αέρα, καθώς αντλούσαν από τον άνεμο μέρος της κινητικής του ενέργειας για να την μετατρέψουν σε ηλεκτρική, πράγμα που σήμαινε ότι παρέμεινε περισσότερη υγρασία στην περιοχή, οδηγώντας σε λίγο περισσότερη βροχή. Ωστόσο, καθώς επρόκειτο

για ένα πολύ πυκνό αιολικό πάρκο, ενδέχεται τα αποτελέσματα να φαίνονται μεγαλύτερα από ό,τι θα ήταν σε μέρη με λιγότερες ανεμογεννήτριες.

Επίσης, αξιοσημείωτο είναι ότι, πέρα των θερμών εποχών, οι μεταβολές στις βροχοπτώσεις άγγιζαν το ποσοστό του 0,6%, που από τους επιστήμονες θεωρήθηκε αμελητέο. Με άλλα λόγια, η συνολική επίπτωση των ανεμογεννητριών στις αλλαγές του μοτίβου των βροχοπτώσεων, πλην της περιόδου του καλοκαιριού, είναι τόσο μικρές που είναι δύσκολο να πούμε αν όντως οφείλονται στο αιολικό πάρκο ή απλώς σε φυσιολογικές μεταβολές του καιρού.

Σημαντικά υψηλότερα ποσοστά αυξήσεων στις βροχοπτώσεις, εντοπίζουμε στη μελέτη της Anna C. Fitch, με τίτλο "*Climate Impacts of Large-Scale Wind Farms as Parameterized in a Global Climate Model*", δημοσιευμένη τον Αύγουστο του 2015, στο επιστημονικό περιοδικό *Journal of Climate*. Στη μελέτη αυτή εξετάστηκε τι συμβαίνει στον καιρό όταν εγκαθίστανται αιολικά πάρκα σε ευρεία κλίμακα, σε διάφορες περιοχές ανά την υφήλιο, σε βάθος 60 ετών και με διαφορετικές και αυξανόμενες αποδόσεις στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε όλα τα σενάρια που εφάρμοσε η μελέτη, διαπιστώθηκε ότι η παρουσία των αιολικών πάρκων θα μπορούσε να οδηγήσει σε ελαφρώς περισσότερες βροχοπτώσεις σε αυτά τα μέρη.

Ενδεικτικά, ένα από τα σενάρια (σενάριο WF), το οποίο ξεκινάει από την υπόθεση ότι τα αιολικά πάρκα λειτουργούν ως μεγάλα αντικείμενα που επιβραδύνουν τον άνεμο, διαπιστώθηκε ότι η βροχή μπορεί να αυξηθεί κατά περίπου 2,6%, κατά μέσο όρο, στις περιοχές όπου βρίσκονται τα αιολικά πάρκα. Στο σενάριο αυτό, η αύξηση της βροχής είναι πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι οι ανεμογεννήτριες αναμιγνύουν περισσότερο τον αέρα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερα σύννεφα και, τελικά, σε περισσότερη βροχή, όπως ακριβώς και στην προηγούμενη μελέτη.

		WF	WFD	WFD2	WFQ	Z0
Temperature (K)	Local	+0.09 ± 0.07	+0.12 ± 0.06	+0.16 ± 0.09	+0.12 ± 0.07	+0.09 ± 0.07
	Global	-0.009 ± 0.014	-0.008 ± 0.013	-0.017 ± 0.016	-0.013 ± 0.015	-0.003 ± 0.016
Wind speed (%)	Local	-19.0 ± 1.4	-19.3 ± 1.3	-28.8 ± 1.2	-15.5 ± 1.3	-28.8 ± 1.2
	Global	-0.64 ± 0.56	-0.42 ± 0.51	-0.41 ± 0.52	-0.17 ± 0.55	-0.67 ± 0.56
Wind direction (°)	Local	±7.0 ± 0.7	±6.8 ± 0.7	±9.6 ± 0.7	±3.7 ± 0.7	±5.9 ± 0.7
TKE (%)	Local	+17 ± 0.8	-6 ± 0.7	+30 ± 1.0	+25 ± 0.9	+56 ± 0.8
Sensible heat flux (%)	Local	-0.5 ± 1.3	+0.5 ± 1.1	-1.4 ± 1.2	+1.4 ± 1.2	+0.8 ± 1.3
	Global	+0.5 ± 0.2	+0.5 ± 0.2	+0.6 ± 0.2	+0.7 ± 0.2	+0.8 ± 1.3
Latent heat flux (%)	Local	+0.4 ± 0.2	-0.3 ± 1.0	+0.5 ± 1.0	-0.8 ± 1.0	+5.3 ± 1.0
	Global	-0.06 ± 0.09	-0.11 ± 0.07	-0.08 ± 0.07	-0.09 ± 0.08	0.01 ± 0.08
Low cloud fraction (%)	Local	+0.7 ± 0.3	+0.6 ± 0.2	+1.0 ± 0.3	+0.3 ± 0.3	+1.0 ± 0.3
	Global	+0.2 ± 0.04	+0.2 ± 0.03	+0.2 ± 0.04	+0.2 ± 0.04	+0.004 ± 0.04
Total precipitation rate (%)	Local	+2.6 ± 1.5	+1.3 ± 0.007	+3.4 ± 1.6	+0.3 ± 1.6	+6.0 ± 1.7
	Global	-0.06 ± 0.09	-0.11 ± 0.07	-0.08 ± 0.07	-0.09 ± 0.08	+0.01 ± 0.08

Μέσες επιπτώσεις σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο σε περίοδο 60 ετών, Πηγή: Fitch, A. C., 2015: Climate Impacts of Large-Scale Wind Farms as Parameterized in a Global Climate Model. *J. Climate*, **28**, 6160–6180, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00245.1>.

Σε ένα άλλο σενάριο της ίδιας μελέτης, (σενάριο Z0), η Fitch παραμετροποίησε τα αιολικά πάρκα, ώστε να κάνουν το έδαφος πιο τραχύ και ο άνεμος να επιβραδύνεται και να ανακατεύεται ακόμη περισσότερο. Στην περίπτωση αυτή, **η μελέτη διαπίστωσε ότι η βροχή θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 6%, κατά μέσο όρο, στις περιοχές με αιολικά πάρκα.** Ένα τέτοιο σενάριο είναι περισσότερο πιθανό να συμβεί σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από έντονη καιρική αστάθεια και στο αιολικό πάρκο έχει εγκατασταθεί μεγάλος αριθμός ανεμογεννητριών, **ενώ σε όλα τα πιθανά σενάρια η παγκόσμια επίπτωση στις βροχοπτώσεις είναι αμελητέα.**

Αντίθετα, η έρευνα των Vautard et al., με τίτλο “*Regional climate model simulations indicate limited climatic impacts by operational and planned European wind farms*”, δημοσιευμένη τον Φεβρουάριο του 2014, στο επιστημονικό περιοδικό [Nature](#), εντόπισε μια **μικρή μείωση των βροχοπτώσεων** στη Δυτική Ευρώπη, **μόνο κατά την περίοδο του χειμώνα**, κατά **0,15 χιλιοστά ανά ημέρα**. Οι μελετητές, ωστόσο, **τονίζουν** ότι η διακύμανση αυτή είναι μικρή σε σχέση με την ετήσια μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων και τις αλλαγές που αναμένονται από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

“Οι χειμερινές βροχοπτώσεις έχουν μια πιο αποσπασματική δομή, αλλά βρέθηκε σημαντική μείωση στη Δυτική Ευρώπη που φτάνει τα 0,15 mm ανά ημέρα, δηλαδή περίπου 5% της μέσης βροχόπτωσης. Ωστόσο, οι χειμερινές αντιδράσεις της θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων παραμένουν μικρές σε σύγκριση με τη διαχρονική τους μεταβλητότητα, φτάνοντας περίπου 10% για τη θερμοκρασία και 20% για τις βροχοπτώσεις σε ορισμένες περιοχές”.

Η έρευνα των Vautard et al., η οποία είχε δημοσιευθεί το 2014, έχει **ιδιαίτερη σημασία** καθώς οι εκτιμήσεις των μελετητών έγιναν μέσα από την **εφαρμογή δύο ρεαλιστικών σεναρίων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές**. Το πρώτο σενάριο λάμβανε υπόψη τον όγκο των αιολικών πάρκων που λειτουργούσαν έως το 2012, **συνολικής ισχύος 101 GW (τρέχον σενάριο)** και το δεύτερο σενάριο την προβλεπόμενη δυναμικότητα των αιολικών πάρκων που θα λειτουργούσαν μέχρι το 2020, η οποία διπλασιάζεται στα **220 GW παραγόμενης ισχύος (μελλοντικό σενάριο)**, με βάση τις τότε ενεργειακές και κλιματικές πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η μείωση του 5% στις χειμερινές βροχοπτώσεις εντοπίστηκε στο τρέχον σενάριο και όχι στο μελλοντικό. Η μείωση αυτή ήταν στατιστικά σημαντική και συνδέθηκε με αλλαγές στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία, συγκεκριμένα με αύξηση των αντικυκλωνικών συνθηκών (υψηλών πιέσεων). Όταν η μελέτη εξέτασε το μελλοντικό σενάριο, διαπίστωσε

ότι οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις ήταν γενικά μικρότερες και λιγότερο σημαντικές σε σύγκριση με το πρώτο σενάριο.

Αυτό το εύρημα είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον. Παρόλο που η δυναμική των αιολικών πάρκων διπλασιάστηκε, οι πρόσθετες ανεμογεννήτριες δεν οδήγησαν σε αναλογικά μεγαλύτερο αντίκτυπο στις βροχοπτώσεις. Με άλλα λόγια, περισσότερες ανεμογεννήτριες δεν σημαίνει αυτομάτως και εντονότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Παράγοντες, όπως η γεωγραφική εξάπλωση ενδέχεται να συμβάλλουν και να αμβλύνουν τις παρατηρούμενες μεταβολές στο περιβάλλον και την ατμόσφαιρα.

Μία ακόμη έρευνα, στην οποία αξίζει να σταθούμε, είναι η μεγάλης κλίμακας έρευνα των Lee M. Miller και David W. Keith, με τίτλο "*Climatic Impacts of Wind Power*", δημοσιευμένη στις 19 Δεκεμβρίου 2018, στο επιστημονικό περιοδικό *Joule*, διότι πρόκειται για μια μελέτη η οποία χρησιμοποιεί, εκτός από τις μαθηματικές προσομοιώσεις, και δεδομένα από παρατήρηση στο πεδίο. Τη συγκεκριμένη έρευνα έχουμε εξηγήσει και αναλύσει στο άρθρο μας, με τίτλο "*Τι ισχύει με τη μελέτη του Harvard που συσχέτισε τις ανεμογεννήτριες με αύξηση της θερμοκρασίας*", καθώς τα ευρήματά της είχαν γίνει αντικείμενο παρερμηνείας.

Οι μελετητές, όπως και στις προηγούμενες έρευνες που παρουσιάσαμε, είχαν ως στόχο τους τη διερεύνηση των επιπτώσεων της αιολικής ενέργειας στο περιβάλλον και στον καιρό σε μεγάλης κλίμακας αιολικά πάρκα. Για να το πετύχουν αυτό, εφάρμοσαν το ακόλουθο "ακραίο" σενάριο: οι ανεμογεννήτριες που είναι εγκατεστημένες στο 1/3 των ΗΠΑ, θα ήταν σε θέση να καλύπτουν το 100% της ανάγκης ολόκληρης της χώρας για ρεύμα! Για να το καταλάβουμε καλύτερα αυτό, αρκεί να γνωρίζουμε ότι για το 2023, η αιολική ενέργεια στις ΗΠΑ, **καλύπτει** μόλις το 9% των αναγκών της χώρας.

Το βασικό εύρημα της μελέτης, συνεπές προς τα ευρήματα άλλων μελετών, ήταν η τοπική αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της νύχτας, αύξηση σαφώς "μικρή σε σύγκριση με την προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα", όπως **σημειώνουν** οι μελετητές.

Οι αλλαγές που καταγράφηκαν στα πρότυπα βροχοπτώσεων ήταν μικρές, σύμφωνα με τους μελετητές, χωρίς να μπορεί να σχηματιστεί συσχέτιση με τα κατά τόπους αιολικά πάρκα. Σε κάθε περίπτωση, όμως, οι βροχοπτώσεις σημείωσαν, και σε αυτή τη μελέτη, αύξηση κατά 2% εντός της περιοχής των αιολικών πάρκων, η οποία εκτείνεται στις ηπειρωτικές ΗΠΑ.

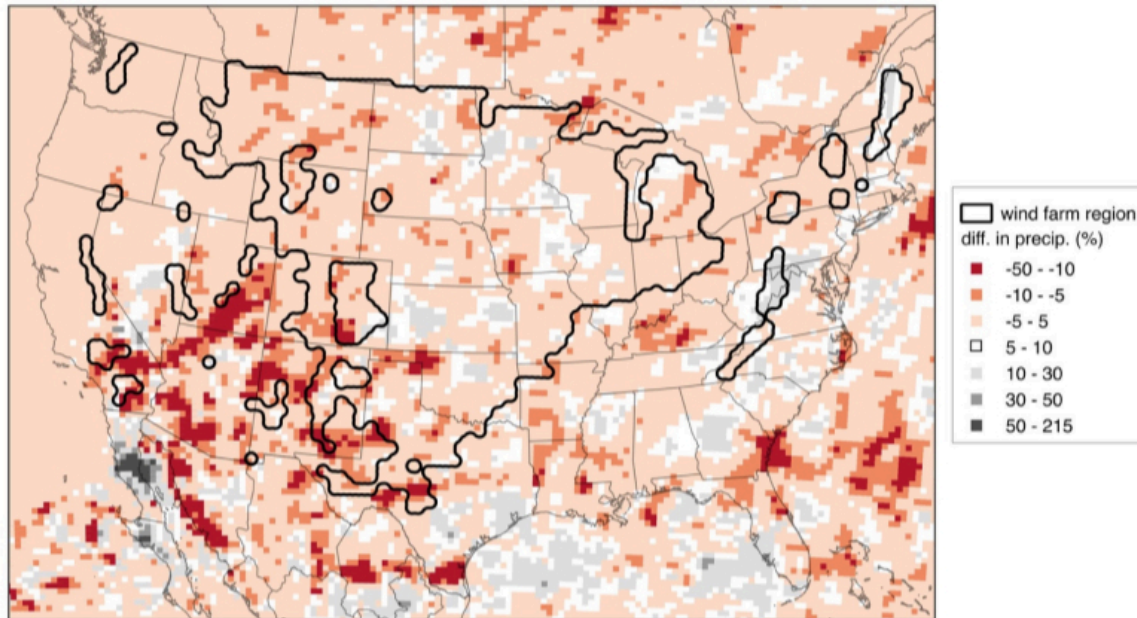


Fig. S3

Mean (2012-2014) precipitation differences between the *benchmark scenario* (0.5 MW km^{-2}) and the control. The black outlined area delineates the wind farm region. Overall, precipitation increased by 2% within the wind farm region.

Πηγή: [Miller, L.-M. & Keith, D.-W. \(2018\), Συμπληρωματικό υλικό, Γράφημα 3](#)

Μια άλλη μελέτη των Pryor, et al, με τίτλο “*The Influence of Real-World Wind Turbine Deployments on Local to Mesoscale Climate*”, δημοσιευμένη τον Μάιο του 2018, στο επιστημονικό περιοδικό [Journal of Geophysical Research: Atmospheres](#), εισήγαγε τις ίδιες παραμετροποιήσεις με την έρευνα της Fitch, σε διαφορετικό, ωστόσο, μοντέλο προσομοίωσης. Η έρευνα μελέτησε το κατά πόσο μεγάλα αιολικά πάρκα, εγκατεστημένα στην Άιοβα των Ηνωμένων Πολιτειών, μπορούν να επιδράσουν στη θερμοκρασία, τον αέρα και τη βροχή, όχι μόνο τοπικά, αλλά και σε ευρύτερη έκταση σε βάθος χρόνου. Αυτό που διαπίστωσαν οι μελετητές ήταν **οι μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας, σε αποκλειστικά τοπικό επίπεδο, όχι μακρύτερα από την έκταση του αιολικού πάρκου.**

Η μόνη μείωση της πιθανότητας βροχόπτωσης εντοπίστηκε κατά την περίοδο του καλοκαιριού κατά περίπου 2,6%, εύρημα που διαφοροποιείται από τις προηγούμενες μελέτες. Ωστόσο, για το εύρημα αυτό, **οι μελετητές αναφέρουν μια σειρά περιορισμών.** Αρχικά, οι ερευνητές συνέκριναν περιοχές που είχαν ανεμογεννήτριες με περιοχές που δεν είχαν, [διαπιστώνοντας](#) ότι δεν υπήρχε σαφή εικόνα για τον τρόπο που διαμορφώνεται το μοτίβο των βροχοπτώσεων, που σημαίνει ότι **οι διαφορές στις**

βροχοπτώσεις μπορεί να μην οφείλονται στις ίδιες τις ανεμογεννήτριες, αλλά σε τυχαίες διακυμάνσεις στις προσομοιώσεις.

Με άλλα λόγια, τα αποτελέσματα μπορεί να μην δείχνουν μια πραγματική, μεγάλης κλίμακας επίδραση των ανεμογεννητριών στις βροχοπτώσεις, αλλά μάλλον **μικρές, τοπικές διακυμάνσεις** που διαφέρουν από τόπο σε τόπο, **χωρίς να σχηματίζεται ένα συνεκτικό μοτίβο**. Επίσης, πέρα από την περίοδο του καλοκαιριού, **οι διακυμάνσεις στις βροχοπτώσεις ήταν της τάξης του 0.6%**, παρόμοιο εύρημα με την έρευνα των Fiedler και Bukovsky. Αυτή η αλλαγή, όπως επισημαίνουν οι μελετητές, είναι **τόσο μικρή που θα μπορούσε να είναι εντός του περιθωρίου σφάλματος του μοντέλου, πράγμα που σημαίνει ότι είναι δύσκολο να πούμε με βεβαιότητα αν οι ανεμογεννήτριες προκάλεσαν πράγματι κάποια αλλαγή στις βροχοπτώσεις.**

Γενικά, τα αιολικά πάρκα μεγαλύτερης κλίμακας παρουσιάζουν εντονότερες αλλαγές στο μοτίβο των βροχοπτώσεων, έως και 10%, για παράδειγμα, σε έρευνα μεγάλης κλίμακας, που κάλυπτε μια ευρεία ηπειρωτική και ωκεάνια περιοχή του βόρειου και του νότιου ημισφαιρίου, επιβεβαιώνοντας τις επισημάνσεις των ειδικών, ότι τα ευρήματα “εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την πυκνότητα των αιολικών πάρκων και την κατανομή τους στον χώρο”.

Συνολικά, η αντίληψη ότι οι ανεμογεννήτριες **εμποδίζουν τη συμπύκνωση ή εμποδίζουν άμεσα τη δημιουργία βροχής δεν υποστηρίζεται από την επιστημονική κοινότητα.**

Αυτό που στην πραγματικότητα δείχνουν οι έρευνες είναι ότι οι ανεμογεννήτριες μπορούν να επηρεάσουν τις τοπικές και περιφερειακές ατμοσφαιρικές συνθήκες, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε αλλαγές στα πρότυπα βροχόπτωσης, **αλλά καμία από τις έρευνες δεν υποστηρίζει τον ισχυρισμό, που με βεβαιότητα διατύπωσε ο καθηγητής Γιώργος Στουρνάρας ότι “οι ανεμογεννήτριες εμποδίζουν τους υδρατμούς να συμπυκνωθούν και να δημιουργήσουν βροχή”**.

Αντίθετα, υπάρχουν μελέτες που έχουν δείξει μια πιθανή αύξηση των βροχοπτώσεων λόγω της παρουσίας αιολικών πάρκων, παρά την παρεμπόδιση του σχηματισμού βροχής.

Ωστόσο, **κάθε εύρημα, όπως τονίζουν και οι επιστήμονες, πρέπει να ερμηνεύεται πάντοτε σε συνάρτηση με τις σχεδιαστικές προδιαγραφές και τους μεθοδολογικούς περιορισμούς που θέτει η κάθε έρευνα ξεχωριστά, διότι τα ευρήματα εξαρτώνται από μια ποικιλία παραγόντων, από τις παραμετροποιήσεις και τα**

διαφορετικά μοντέλα προσομοίωσης, έως την πυκνότητα, την έκταση και τη γεωγραφική κατανομή των αιολικών πάρκων.

Περισσότερα για την επίδραση των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον μπορείτε να διαβάσετε πατώντας στις ακόλουθες πηγές: [\[πηγή 1\]](#) [\[πηγή 2\]](#) [\[πηγή 3\]](#) [\[πηγή 4\]](#)

Συμπέρασμα

Οι απόψεις του κ. Στουρνάρα ότι οι ανεμογεννήτριες εμποδίζουν τον σχηματισμό της βροχής δεν υποστηρίζονται από τη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία. Ο συλλογισμός του βασίζεται στη λανθασμένη σύγκριση των ανεμογεννητριών με τους ανεμομείκτες, δύο εντελώς διαφορετικών συστημάτων με διαφορετικές λειτουργίες. Η διεθνής έρευνα, μέχρι στιγμής, δείχνει ότι οι επιπτώσεις των αιολικών πάρκων στις βροχοπτώσεις είναι μικρές και περιορισμένες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μάλιστα, οι ειδικοί έχουν παρατηρήσει μικρή αύξηση των βροχοπτώσεων, ενώ σε άλλες μείωση, εποχικά και γεωγραφικά σχετιζόμενη, χωρίς να εντοπίζονται οι αρνητικές συνέπειες που με βεβαιότητα περιγράφονται από τον κ. Στουρνάρα.

Πηγές που χρησιμοποιήθηκαν:

1. <https://umeteo.wordpress.com/2024/08/09/%cf%86%cf%81%ce%b5%ce%bd%ce%ac%cf%81%ce%bf%cf%85%ce%bd-%cf%84%ce%b5%ce%bb%ce%b9%ce%ba%ce%ac-%cf%84%ce%b9%cf%82-%ce%b2%cf%81%ce%bf%cf%87%ce%bf%cf%80%cf%84%cf%8e%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82-%cf%84%ce%b1/>
2. <https://www.markakisagrotika.gr/index.php/2016-03-10-09-26-36>
3. <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/28/15/jcli-d-14-00245.1.xml>
4. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2017JD028114>
5. https://media.ellinikahoaxes.gr/uploads/2024/08/Fiedler_2011_Environ._Res._Let.t._6_045101.pdf
6. [https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351\(18\)30446-X?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS254243511830446X%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(18)30446-X?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS254243511830446X%3Fshowall%3Dtrue)
7. <https://acp.copernicus.org/articles/10/2053/2010/>
8. <https://www.nature.com/articles/ncomms4196>
9. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/4/044024>
10. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/2016JD025297>
11. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/3/034006>