



**Σύγχρονες αναλυτικές τεχνικές της αξιολόγησης
απόδοσης αιολικών σταθμών
παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας**

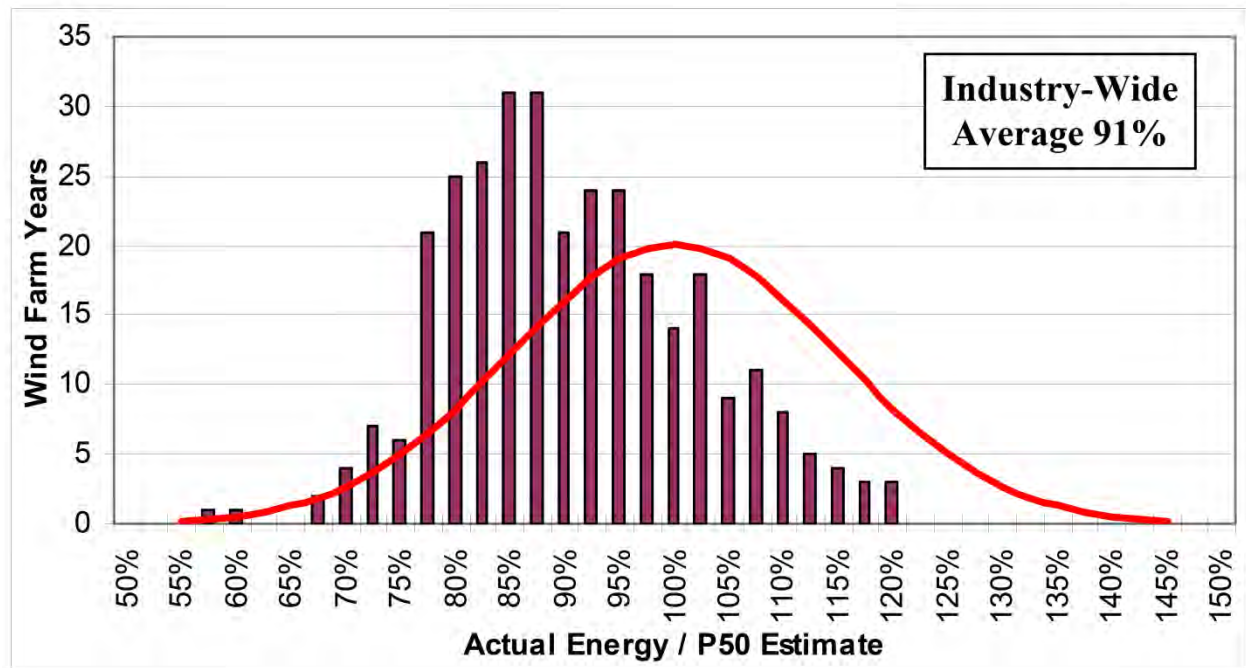


“While wind power costs have become increasingly competitive over the past years, it is still essential to improve the overall performance of the technology”.

“In order to achieve their desired production and revenue goals, wind farm operators must understand and manage the performance analysis of wind farms”.

EWEA Technology Analysis Workshop of Operating Wind Farms 2016

Underperformance gap



Years of operation: 2000-2010

Subset of Database	Industry-Wide
Comparison Years of Operation	317 ^a
Number of Projects	60
Average Years Per Project	4.3

DNV Report No.: IEWP0101-B
May 20, 2011

Υποβαθμισμένη λειτουργία

Κύριες αιτίες :

- Σύστημα μέτρησης ταχύτητας & διεύθυνσης ανέμου
- Υψηλή θερμοκρασία υποσυστημάτων
- Παράμετροι λειτουργίας συστήματος διαχείρισης ισχύος και ελέγχου της α/γ
- Απόκλιση στη ρύθμιση ελέγχου βήματος των πτερυγίων (pitch misalignment)
- Θέματα αναφορικά με το λογισμικό διαχείρισης ισχύος και ελέγχου της α/γ
- Σφάλματα/βλάβες στους μετατροπείς ισχύος
- Απόκλιση στον προσανεμισμό της α/γ (yaw misalignment)



Τεχνικές αξιολόγησης

Οι τεχνικές διαχωρίζονται σε τρεις άξονες :

- Ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων ισχύος/ενέργειας καθώς και του βιβλίου συμβάντων (logbook).
- Σύγκριση ενεργειακής παραγωγής με την εκτιμώμενη σύμφωνα με το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό της περιόδου ανάλυσης.
- Εξαγωγή συντελεστών απόδοσης (Key Performance Indicators-KPIs).

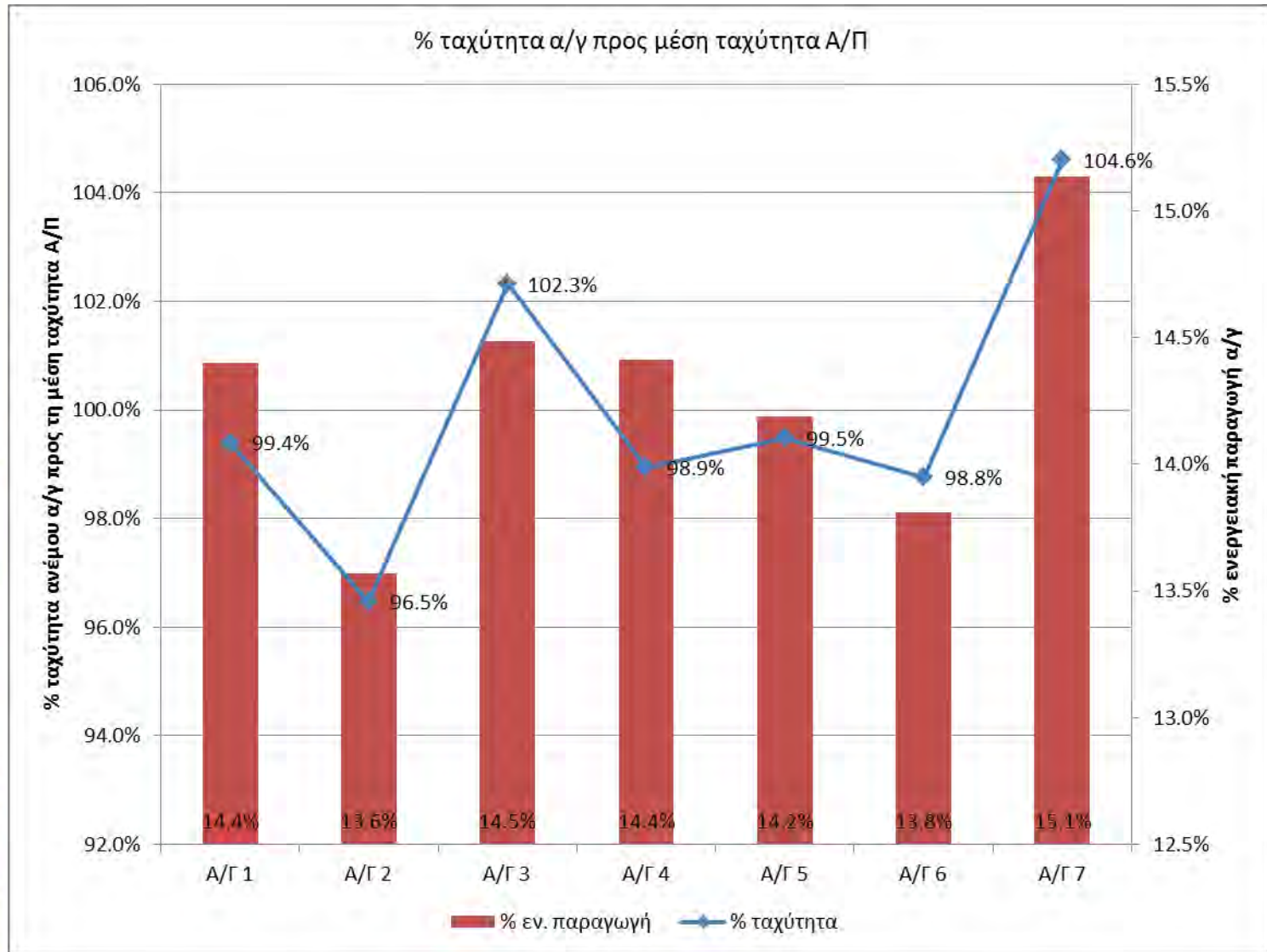


Αντικείμενα των τεχνικών

- Η πραγματοποίηση ανάλυσης του χρόνου εκτός λειτουργίας για την αξιολόγηση της απόδοσης και της αξιοπιστίας των α/γ.
- Διερεύνηση συγκεκριμένων KPIs όπως:
 - το σχήμα της καμπύλης ισχύος,
 - το energy ratio (πραγματική/θεωρητική ισχύς),
 - pitch curve, yaw effect (προσανεμισμός της πλήμνης – wind vane misalignment),
 - ταχύτητα περιστροφής δρομέα και γεννήτριας,
 - χαρακτηριστική ροπής – ισχύος.
- Μελέτη των θερμοκρασιών στα διάφορα υποσυστήματα (θερμοκρασιών-αποδιδόμενης ισχύος και λειτουργικής κατάστασης) με συγκριτικούς ελέγχους μεταξύ α/γ και ελέγχους υπερθερμάνσεων.



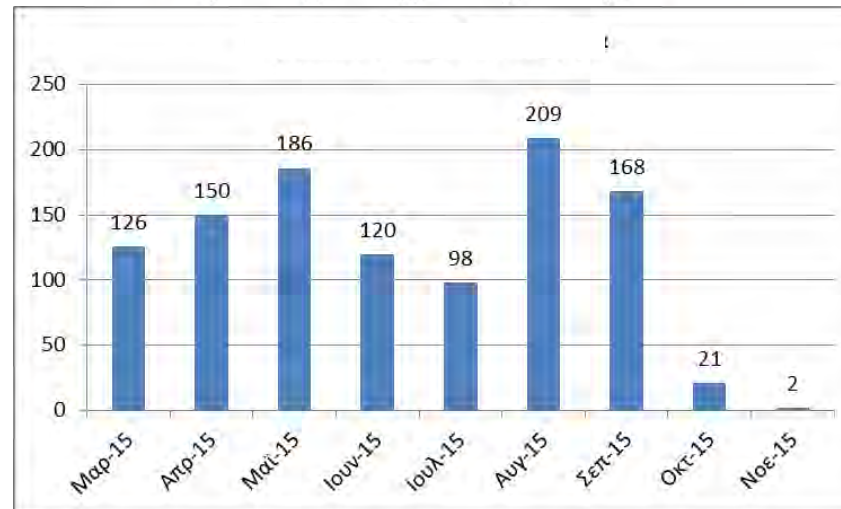
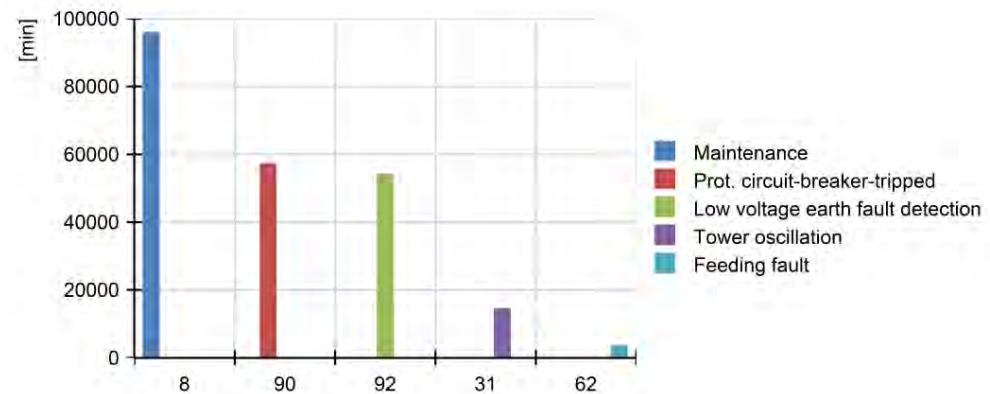
Ενεργειακή παραγωγή



Downtime analysis

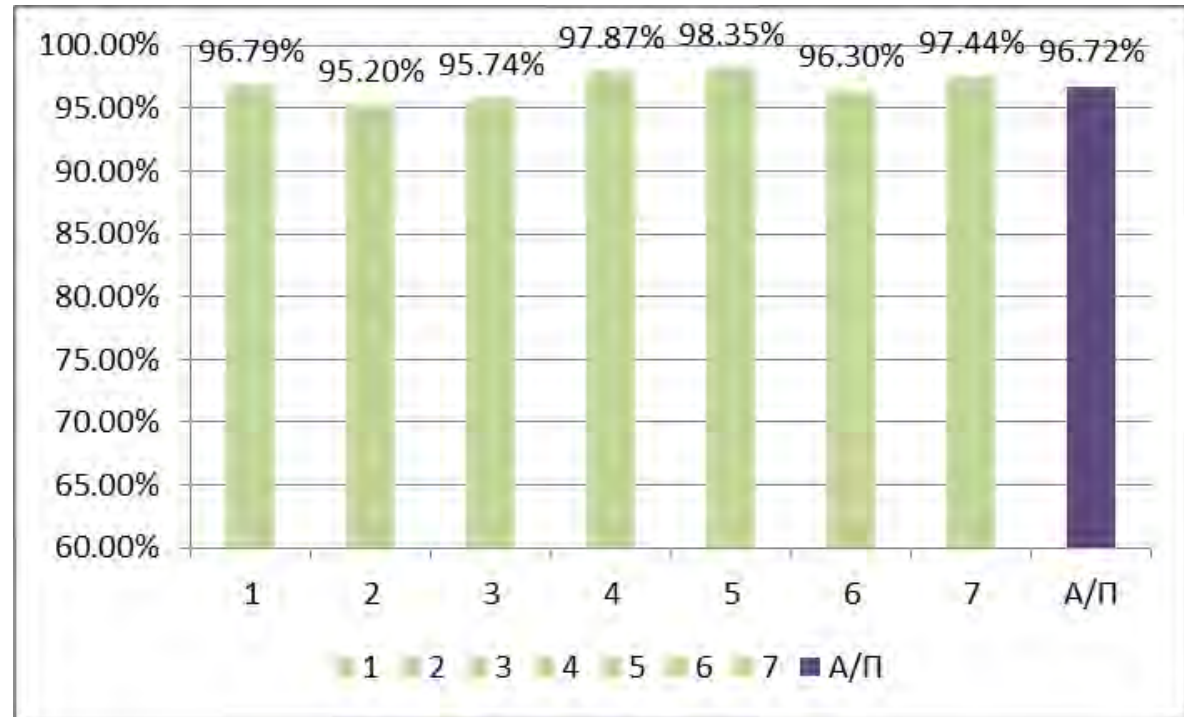
- Αριθμός συμβάντων
- Διάρκεια συμβάντων
- Συχνότητα εμφάνισης

Top 5 downtimes

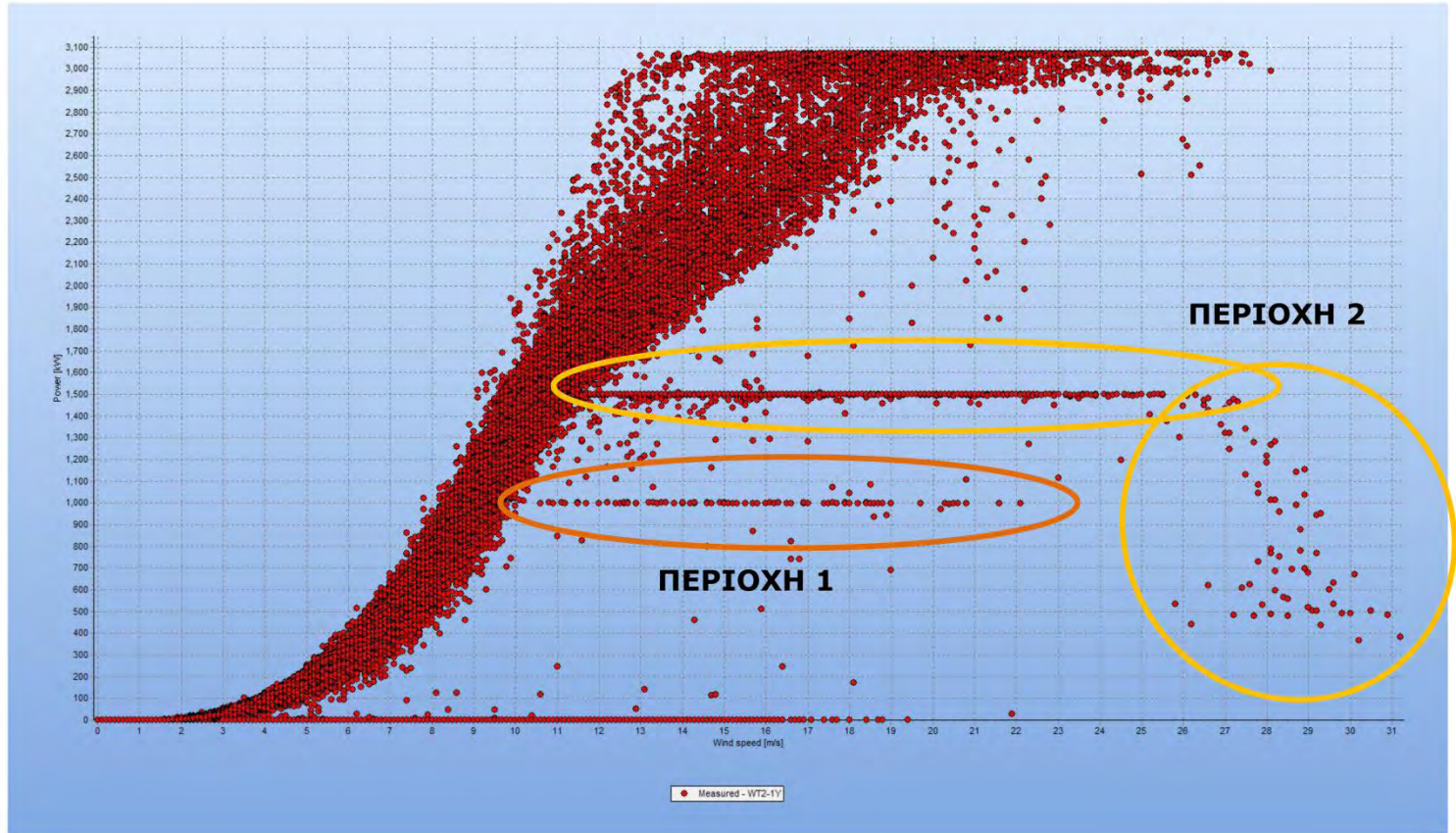


Διαθεσιμότητα α/γ – Α/Π

Διαθεσιμότητα =
χρόνος που είναι διαθέσιμη να παράγει ενέργεια /
συνολικό χρόνο

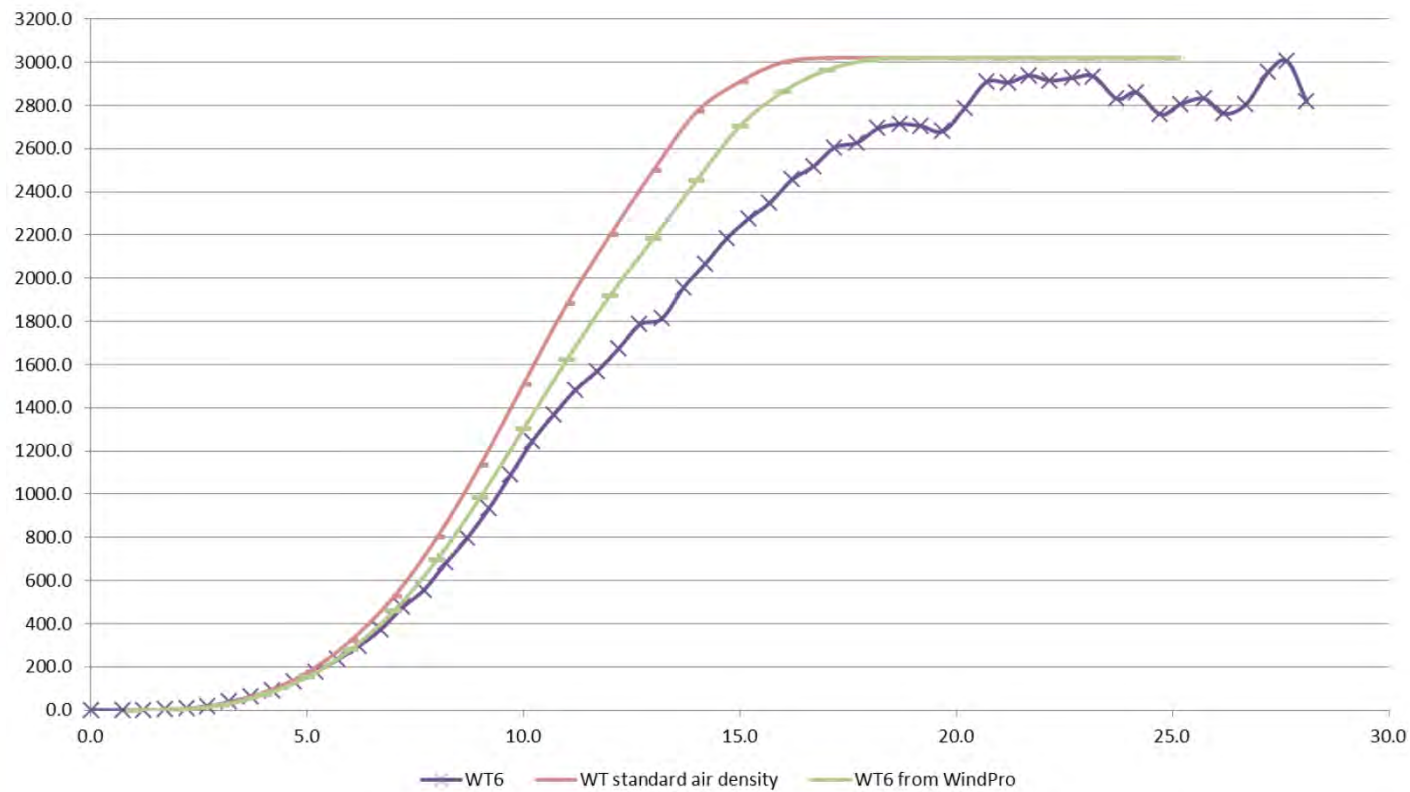


Καμπύλες ισχύος – Energy ratio

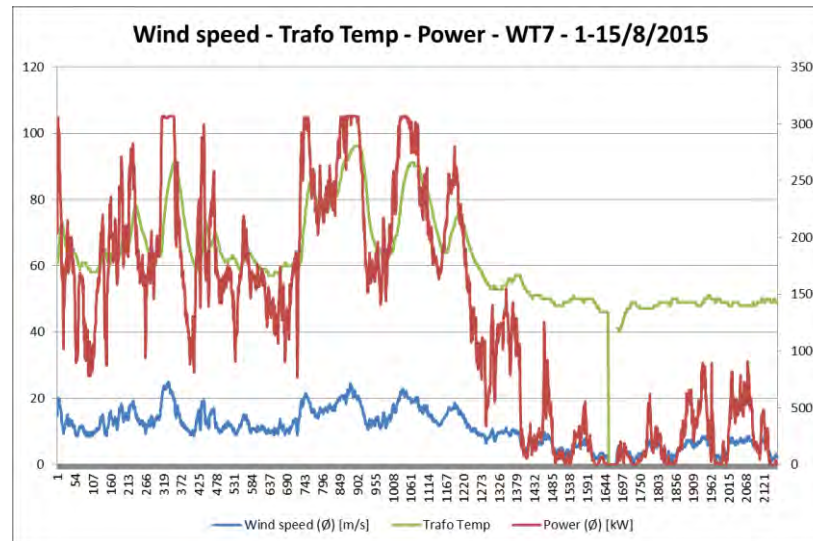
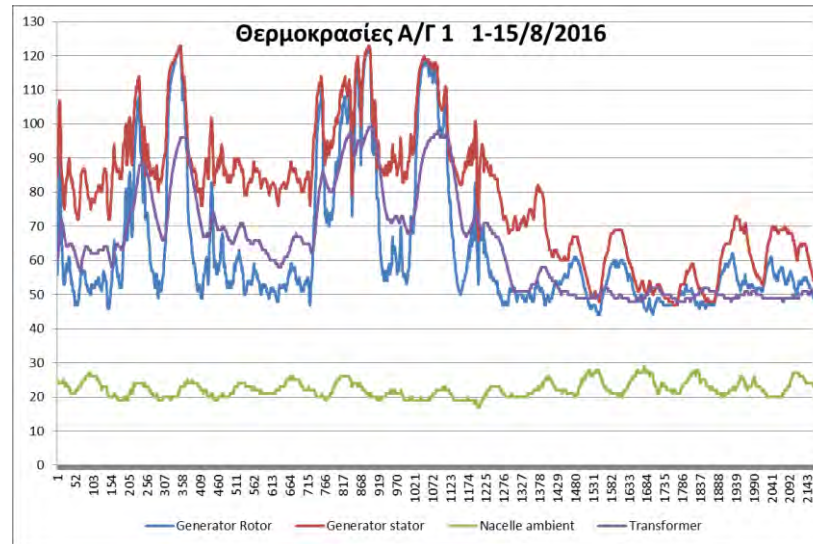


Energy ratio = Active Power/Theoretical power

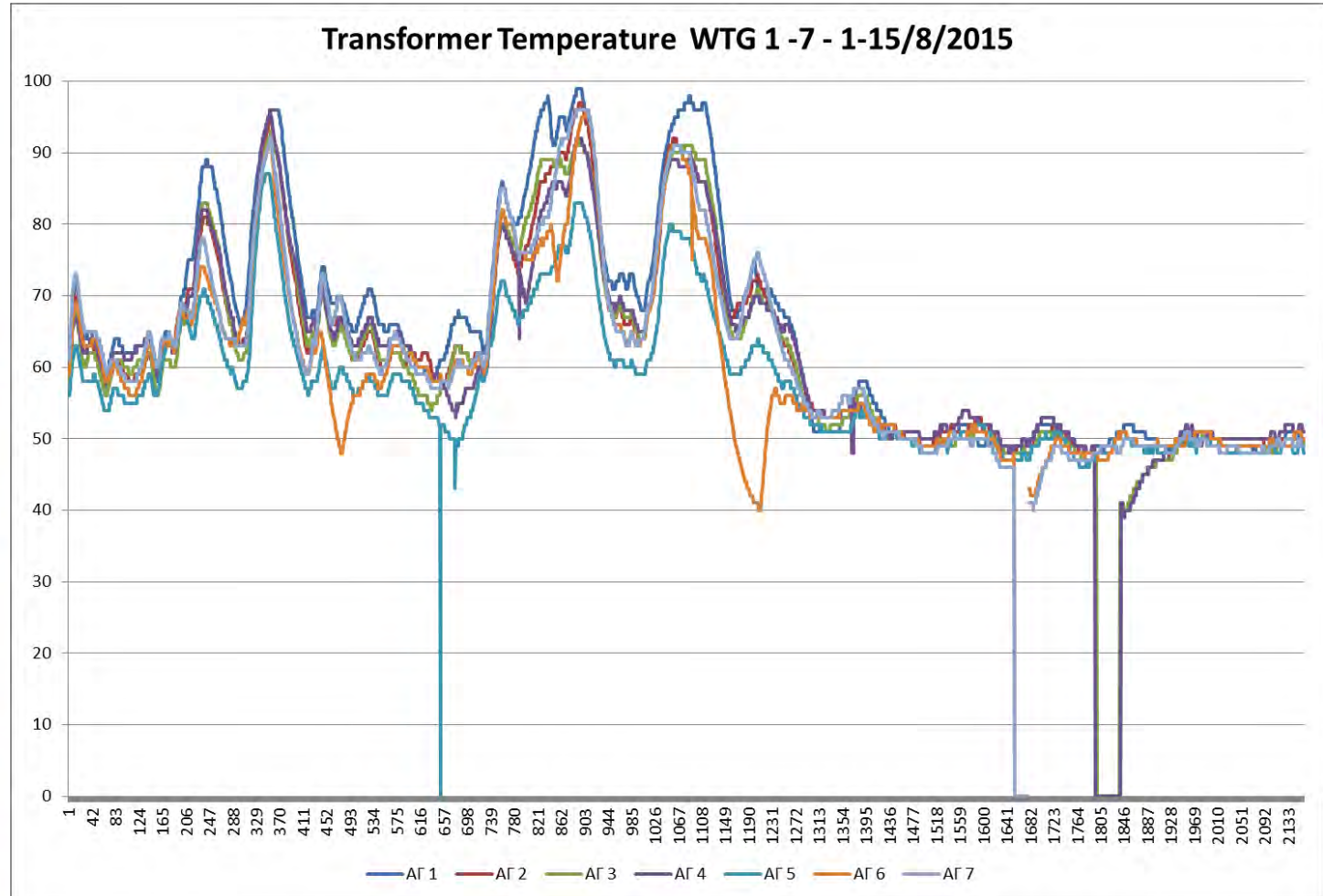
Καμπύλες ισχύος



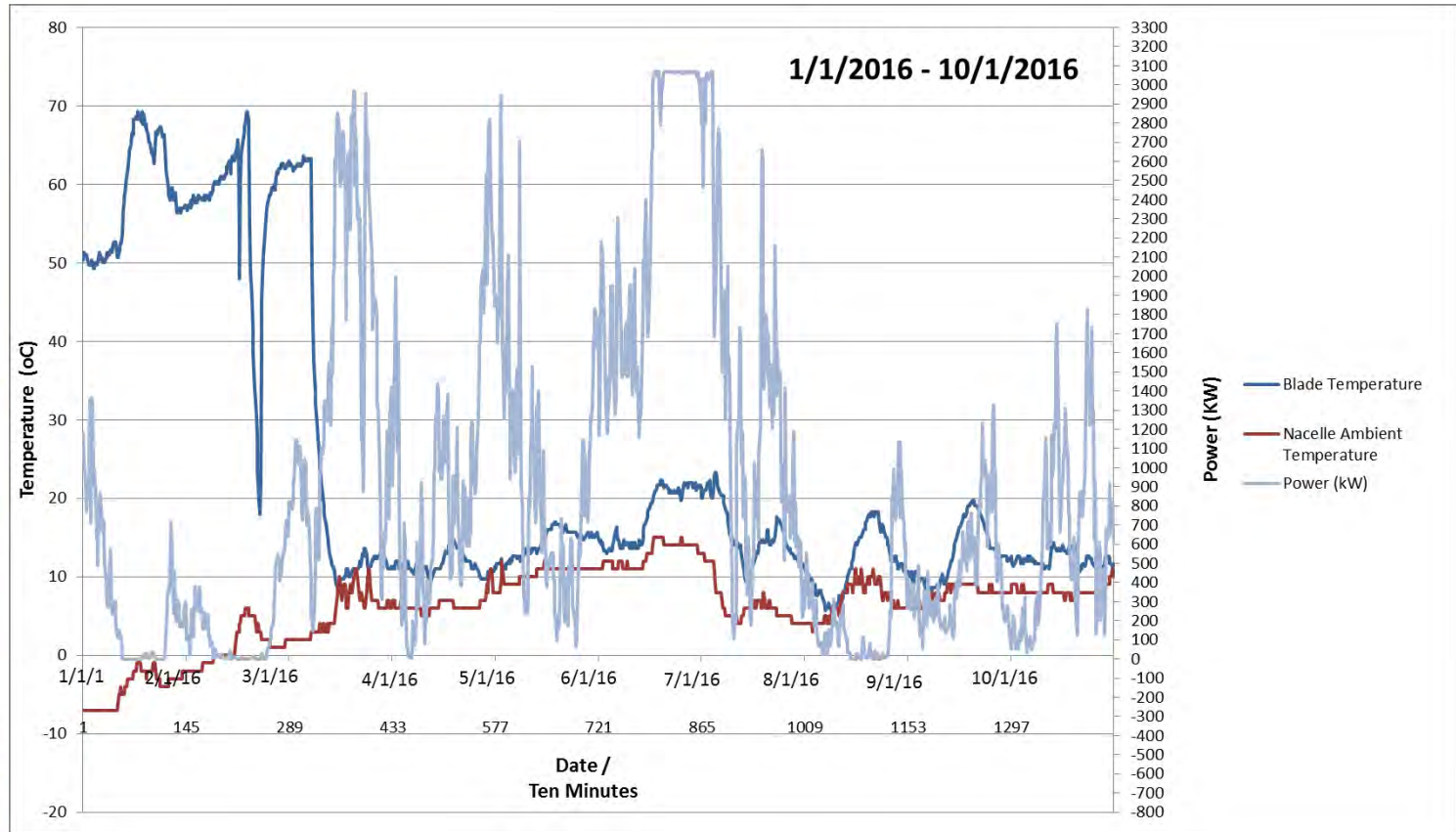
Έλεγχος θερμοκρασιών υποσυστημάτων



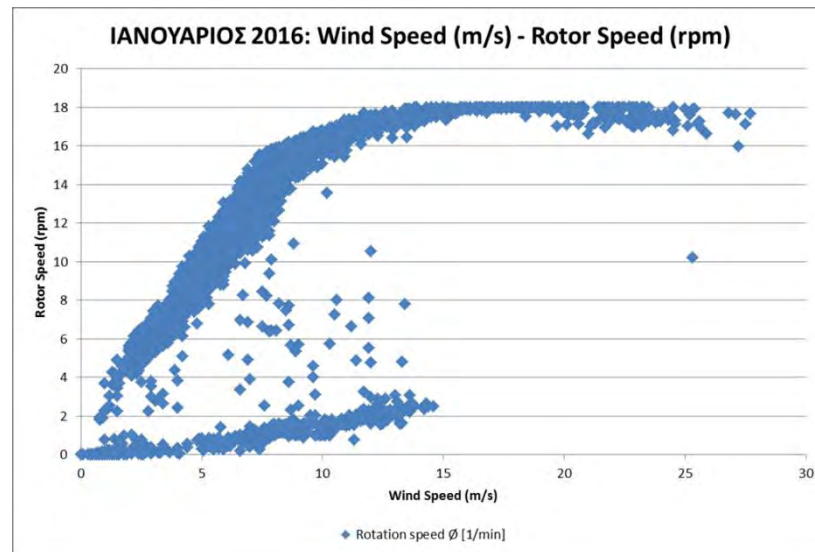
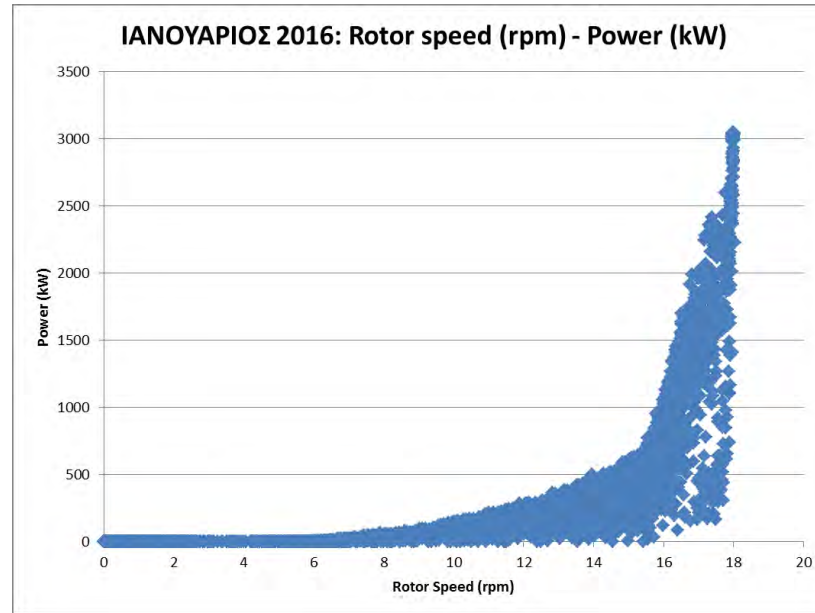
Έλεγχος θερμοκρασίας μεταξύ ανεμογεννητριών



Αξιολόγηση συστήματος de-icing

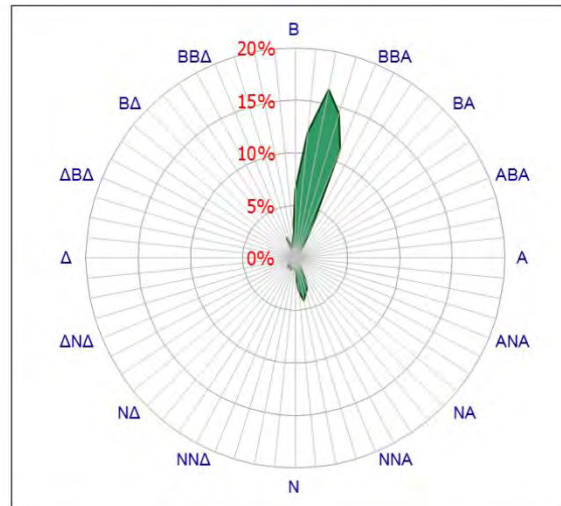


Ανάλυση ταχύτητας δρομέα

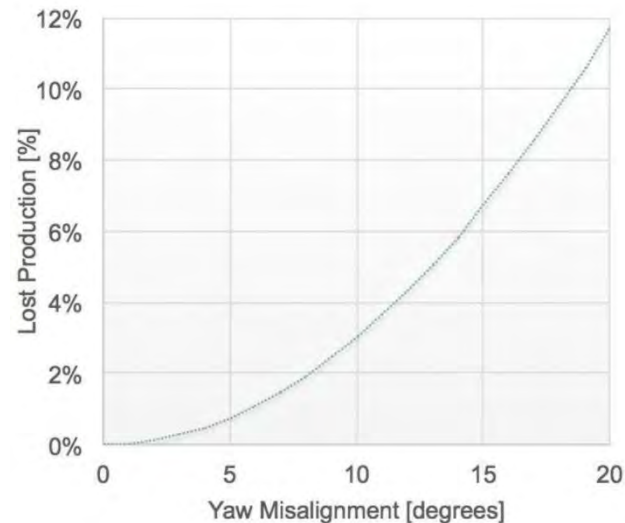
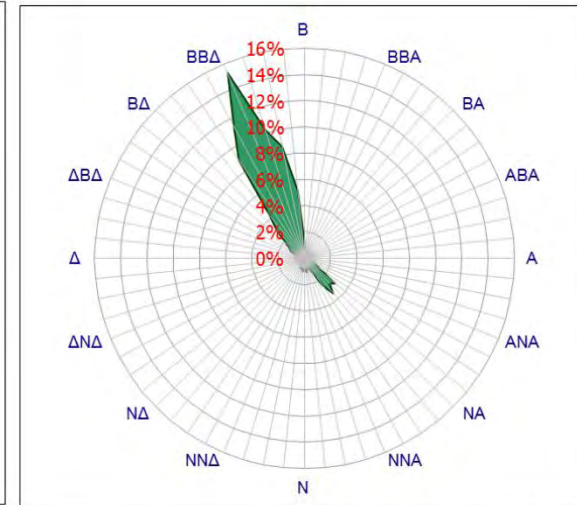


Απόκλιση συστήματος προσανεμισμού

Α/Γ 3



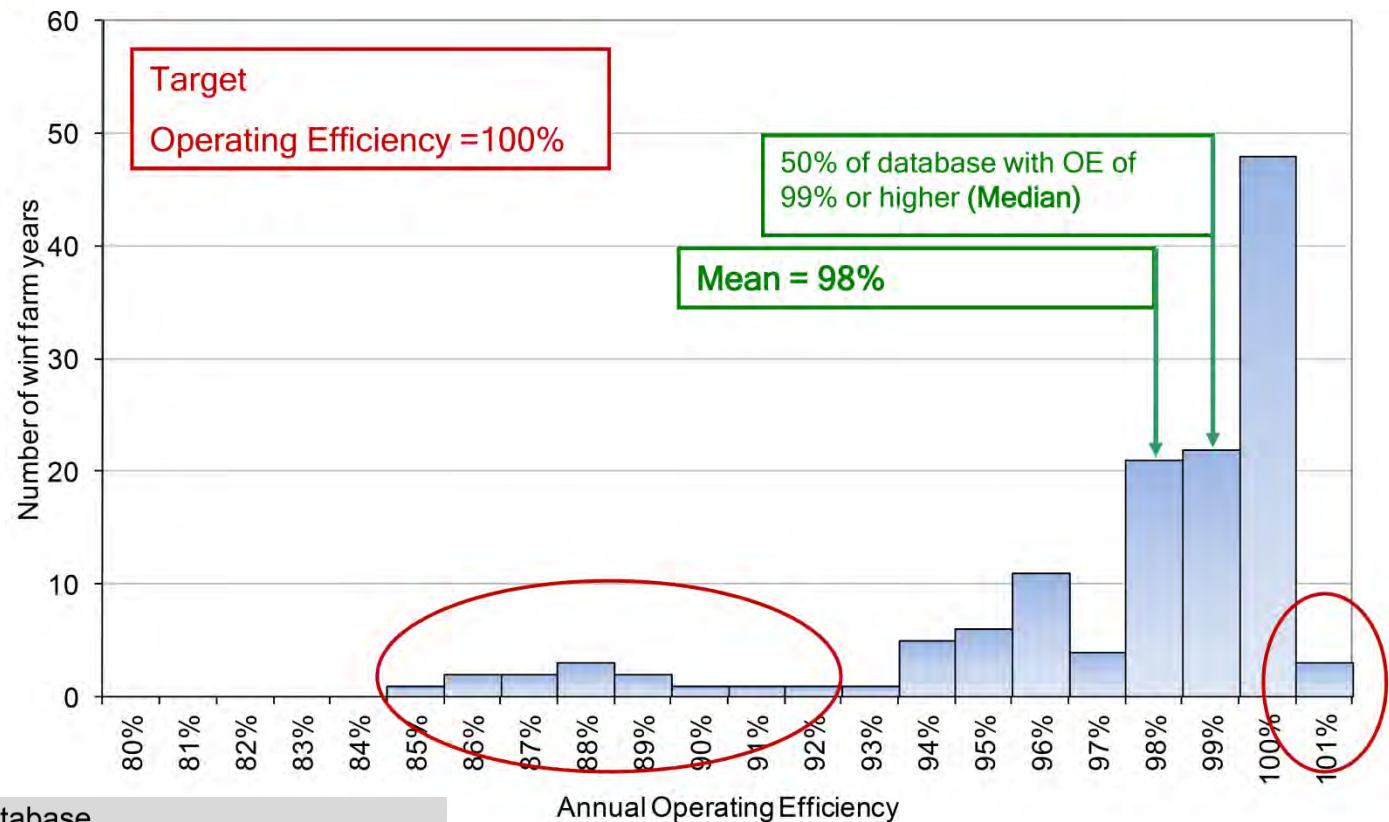
Α/Γ 2



Yaw misalignments	Lower production
4°	0.5%
6°	1.1%
8°	1.9%
10°	3.0%
12°	4.3%
16°	5.9%
14°	7.6%
18°	9.5%

Λειτουργική αποδοτικότητα

$$\text{Operating Efficiency (OE)} = \frac{\text{Energy produced}}{\text{Energy expected with 'normal' power curve}}$$



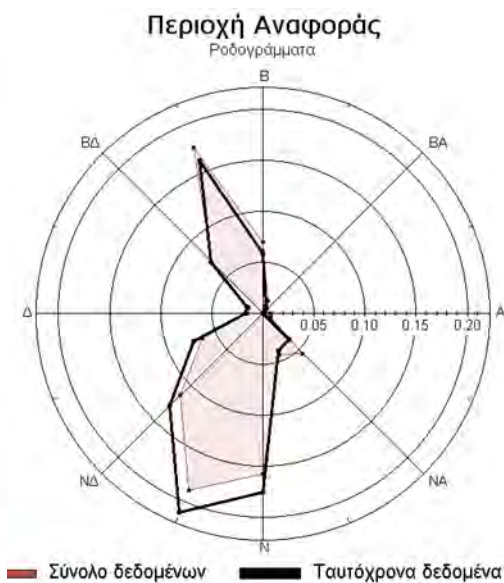
Database

62 wind farms across Europe
Between 1 and 6 years of operation
134 wind farm years

Έλεγχος ταχύτητας & διεύθυνσης ανέμου – α/γ με τον ιστό αναφοράς

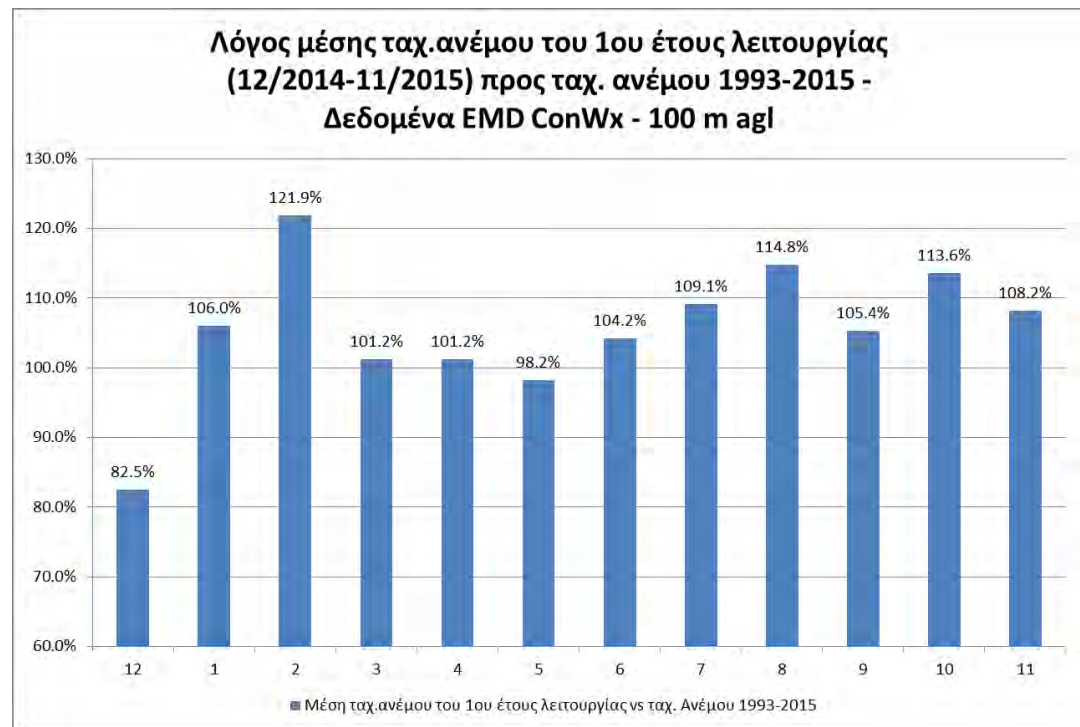
➤ Εφαρμογή στατιστικής μεθοδολογίας MCP.

Αριθμός μερής εων	1η μέρής η	ημερομηνία	Μέξ η ημής (*) ηατύηης [m/s]	Αριθμός ηαηότρονων μερής εων	Μέγισ ηος Σονηελζ ηής ζ σζ τέηζ ης ηατσηήων	ζετρονική διαθ ορά(**) [min]	Αβεβαιόηηα ζ σζ τέηζ ης ηατσηήων για ηην Περιοτή 2	Γενικοί ζ σονηελζ ηής αναγωγής ηών	ηατσηήων ης Περιοτής Αναθ οράς 1,	ζεπατύηης ης Περιοτής 2
4060	1/1/2016	31/1/2016 23:50	9.67	3581	0.957	0	[m/s]	πολστής	σταθερός όρος [m/s]	R2
							0.00	0.988	0.339	0.917
3775	2/1/2016 8:20	31/1/2016 23:50	9.95							



Αξιοποίηση μεσοκλιματικών δεδομένων (*virtual mast*)

- Μελέτη διαχρονικής μεταβολής αιολικού δυναμικού

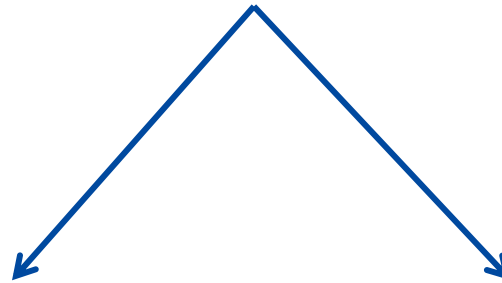


- Σύγκριση με τις μετρήσεις του ιστού αναφοράς και των α/γ

-

Υπολογισμοί εν. απώλειας λόγω διαθεσιμότητας & περικοπών ισχύος

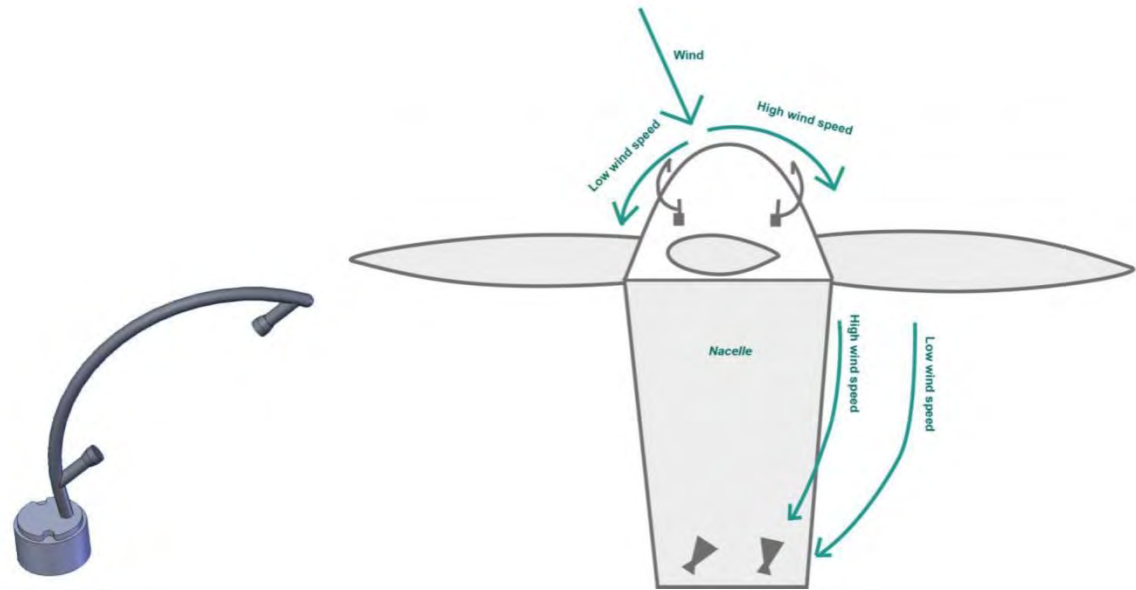
- Υπολογισμοί ενεργειακής απώλειας λόγω μειωμένης διαθεσιμότητας των α/γ και περικοπών ισχύος λειτουργίας λόγω βλαβών (πχ. ζημιά σε πτερύγιο ή προστασίας υποσυστήματος λόγω δυσλειτουργίας).



Με χρήση μετρήσεων αεροδυναμικού της α/γ ή κοντινότερης της

Συνολικά μέσω διαθεσιμότητας και παραδοχών της ενεργειακής παραγωγής των α/γ που υπήρχε το πρόβλημα.

Χρήση spinner anemometry



- Μέτρηση περιβαλλοντικών μεγεθών
- Έλεγχος προσανεμισμού της πλήμνης
- Αξιολόγηση καμπύλης ισχύος
- Έλεγχος λειτουργίας και απόδοσης
- Έλεγχος συνάρτησης μεταφοράς πλήμνης (NTF)

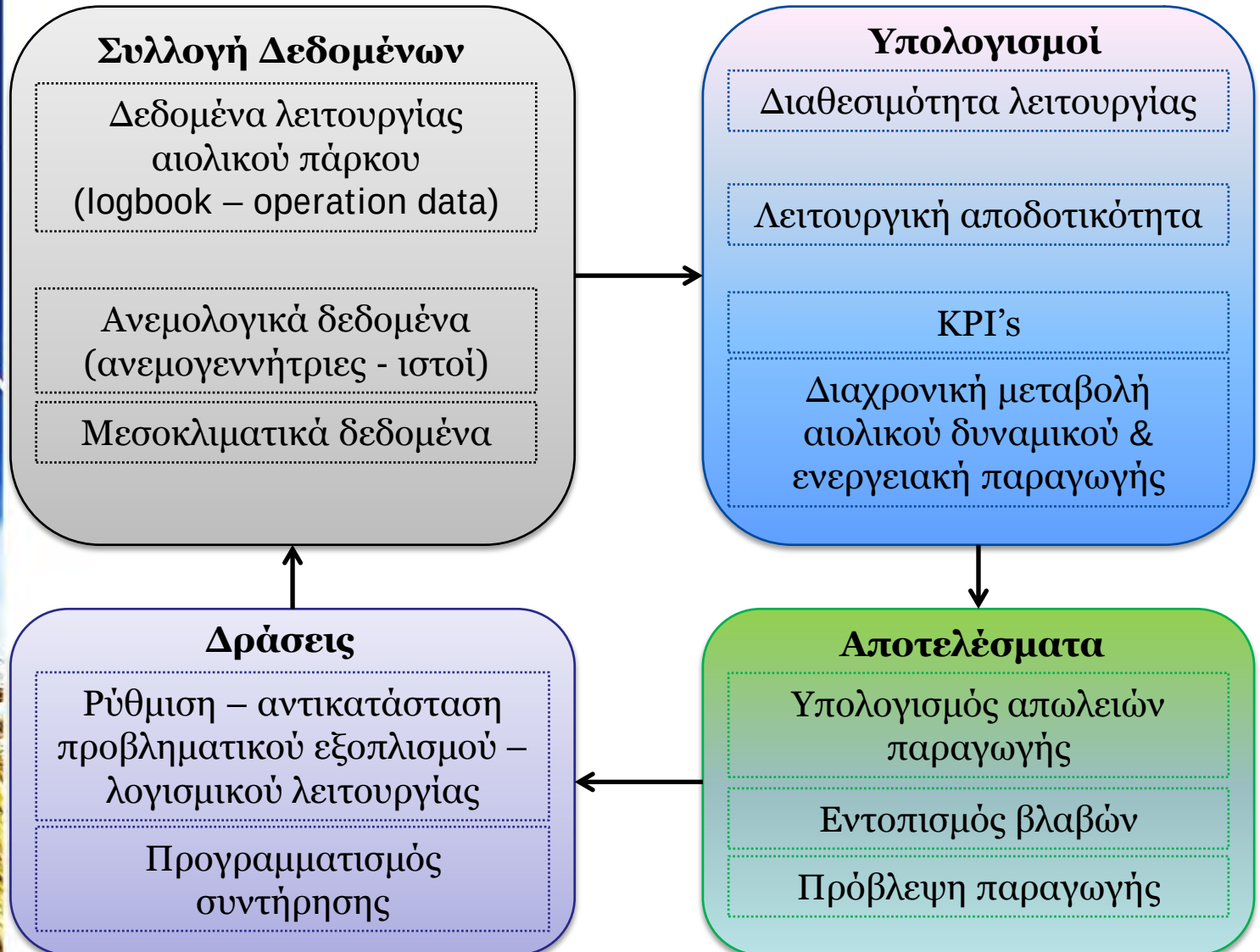


Υπολογιστικά εργαλεία

- In-house υπολογιστικών εργαλείων (macro excels)
- Εμπορικά πακέτα ανάλυσης μετρήσεων (ΚΑΠΕ WindRose, WindoGrapher)
- Εμπορικά πακέτα ανάλυσης αιολικών πάρκων (DTU WAsP, EMD windPRO, WAsP CFD)

Μελλοντικό βήμα θα είναι η χρήση τεχνικών Data Mining ώστε να πραγματοποιούνται με αυτοματοποιημένο αλγόριθμο οι υπολειτουργούσες α/γ και να εντοπίζονται αμεσότερα σφάλματα λειτουργίας.

Διάγραμμα ροής τεχνικών αξιολόγησης λειτουργίας



Συμπεράσματα

Η αξιολόγηση απόδοσης αιολικών σταθμών αποτελεί ένα από πιο σημαντικά θέματα που απασχολεί τα τελευταία χρόνια την αγορά της αιολικής ενέργειας.

Για την χάραξη μίας στρατηγικής βελτιστοποιημένης λειτουργίας απαιτείται η συνδυαστική χρήση αναλυτικών τεχνικών από εξειδικευμένο προσωπικό.

Με αυτό τον τρόπο προκύπτει η επίτευξη υψηλής τεχνικής διαθεσιμότητας, ασφαλούς λειτουργίας και μεγιστοποίησης της ενεργειακής (και κατά επέκταση οικονομικής) αποδοτικότητας καθώς και ο έγκαιρος εντοπισμός σφαλμάτων και βλαβών.





Σας ευχαριστούμε !

Κωνσταντίνος Χ. Γκαράκης
Ενεργειακός Μηχανικός, MSc, MA
Εργαστήριο ΑΠΕ, Τμήμα Μηχανικών
Ενεργειακής Τεχνολογίας, ΤΕΙ Αθήνας
Αγ. Σπυρίδωνος 17, 12210 Αιγάλεω
Τηλ. : 0030 697 45 07 955
Email: ape@teiath.gr

Κωνσταντίνος Λουκίδης
Ενεργειακός Μηχανικός, MBA
Τηλ. : 0030 694 46 50 804
Email: loukidisk@gmail.com