

ΦΥΣΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ II

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ (Site adaptation)

ΟΜΑΔΑ 11: Καϊρακτίδη Κωνσταντίνα ΑΜ:1068622

Μερκουλίδη Ελευθερία ΑΜ:1068777

Σμπόρας Κωνσταντίνος ΑΜ:1068716

Τα δεδομένα αφορούν την πόλη Tataouine, που βρίσκεται στην Τυνησία, και είναι επίγεια και δορυφορικά. Το Tataouine έχει γεωγραφικό πλάτος 32.92° Β και γεωγραφικό μήκος 10.45° Α.

Τα επίγεια δεδομένα έχουν μεγάλη ακρίβεια και συχνότητα μετρήσεων, όμως έχουν αρκετά μειονεκτήματα όπως το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων, η αναγκαιότητα συντήρησης και συνεχούς βαθμονόμησης των οργάνων και η περιορισμένη γεωγραφική διαθεσιμότητα. Σε αντίθεση, τα δορυφορικά δεδομένα έχουν διαρκή γεωγραφική κάλυψη, ικανοποιητική συχνότητα μετρήσεων, μεγάλη διαθεσιμότητα και ιστορικό μετρήσεων για πάνω από 20 χρόνια. Όμως, παρά τα τόσα θετικά υπάρχει ένα σημαντικό μειονέκτημα, το οποίο είναι ότι παρουσιάζουν μικρότερη ακρίβεια λόγω αβεβαιοτήτων. Οι αβεβαιότητες που βαραίνουν τις δορυφορικές μετρήσεις είναι η αλληλεπίδραση της ατμόσφαιρας (όζον, σκέδαση κλπ), των νεφών, των αιωρούμενων σωματιδίων, της μορφολογίας του εδάφους και της ύπαρξης αντικειμένων που μπορεί να προκαλούν ανάκλαση ή σκίαση.

Για όλους αυτούς τους λόγους μας ενδιαφέρει να έχουμε δορυφορικά δεδομένα που πρέπει όμως να διορθωθούν. Για τη διόρθωσή τους απαιτείται να έχουμε μετρήσεις υψηλής ποιότητας τόσο από τον δορυφόρο όσο και από τον επίγειο σταθμό για τουλάχιστον 12 μήνες. Για την διόρθωση των δεδομένων χρησιμοποιούμε την γραμμική διόρθωση ελαχίστων τετραγώνων, η οποία χωρίζεται σε 2 στάδια, στο training και στο testing. Στο training επεξεργαζόμαστε δεδομένα διάρκειας ενός έτους με σκοπό να προσδιορίσουμε ορισμένες σταθερές με βάση τις οποίες θα διορθώσουμε τα δορυφορικά δεδομένων. Στο testing έχουμε δορυφορικές μετρήσεις για διαφορετικό χρονικό διάστημα. Εφαρμόζουμε τη διόρθωση από το training period και βρίσκουμε τις

διορθωμένες δορυφορικές μετρήσεις του testing. Στην εργασία αυτή έχουμε δεδομένα για 2 έτη, οπότε θα εκτελέσουμε το κομμάτι του training για το έτος 2011, σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις:

$$y_{\text{mod}}^{\text{train}} = a * y_{\text{obs}}^{\text{train}} + b$$

$$y_{\text{mod,cor}}^{\text{train}} = y_{\text{mod}}^{\text{train}} - [(a - 1) * y_{\text{obs}}^{\text{train}} + b]$$

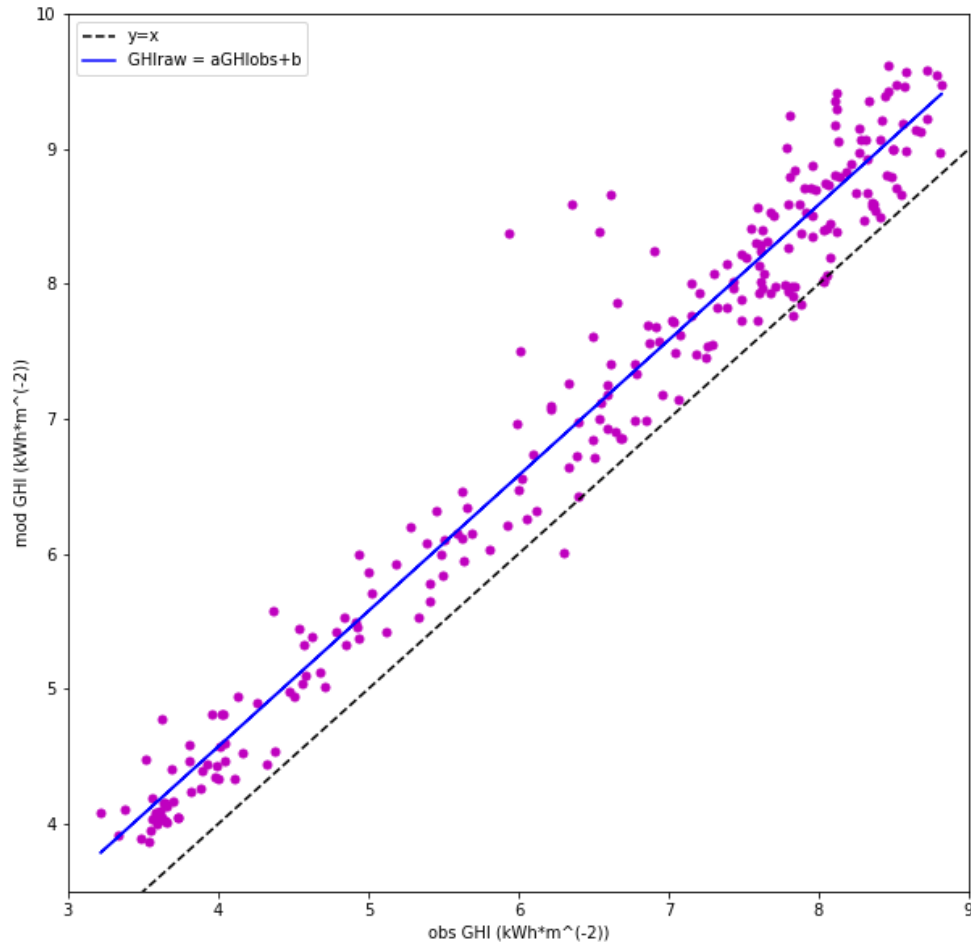
και στην συνέχεια θα προχωρήσουμε στην επεξεργασία του testing period για το έτος 2012 με βάση τις σχέσεις:

$$y_{\text{mod,cor}}^{\text{train}} = h(y_{\text{mod}}^{\text{train}}) = a^* * y_{\text{mod}}^{\text{train}} + b^*$$

$$y_{\text{mod,cor}}^{\text{test}} = a^* * y_{\text{mod}}^{\text{test}} + b^*$$

Με την σειρά που εμφανίζονται ονομάζουμε τις σχέσεις αυτές (1), (2), (3) και (4). Σκοπός της επεξεργασίας των δεδομένων είναι να προσδιορίσουμε τους συντελεστές a και b για το training period και στην συνέχεια τους συντελεστές a^* και b^* για το testing period.

Αρχικά, για να προσδιορίσουμε τις σταθερές a και b της σχέσης (1) κάναμε μια γραφική παράσταση των μη διορθωμένων δεδομένων. Στην ίδια γραφική παράσταση χαράξαμε και την ευθεία $y=x$ (μαύρη διακεκομμένη γραμμή) ώστε να είναι εμφανής η απόκλιση των δορυφορικών δεδομένων από τις πραγματικές, ιδανικές τιμές. Η εν λόγω γραφική παράσταση παρουσιάζεται στην συνέχεια:



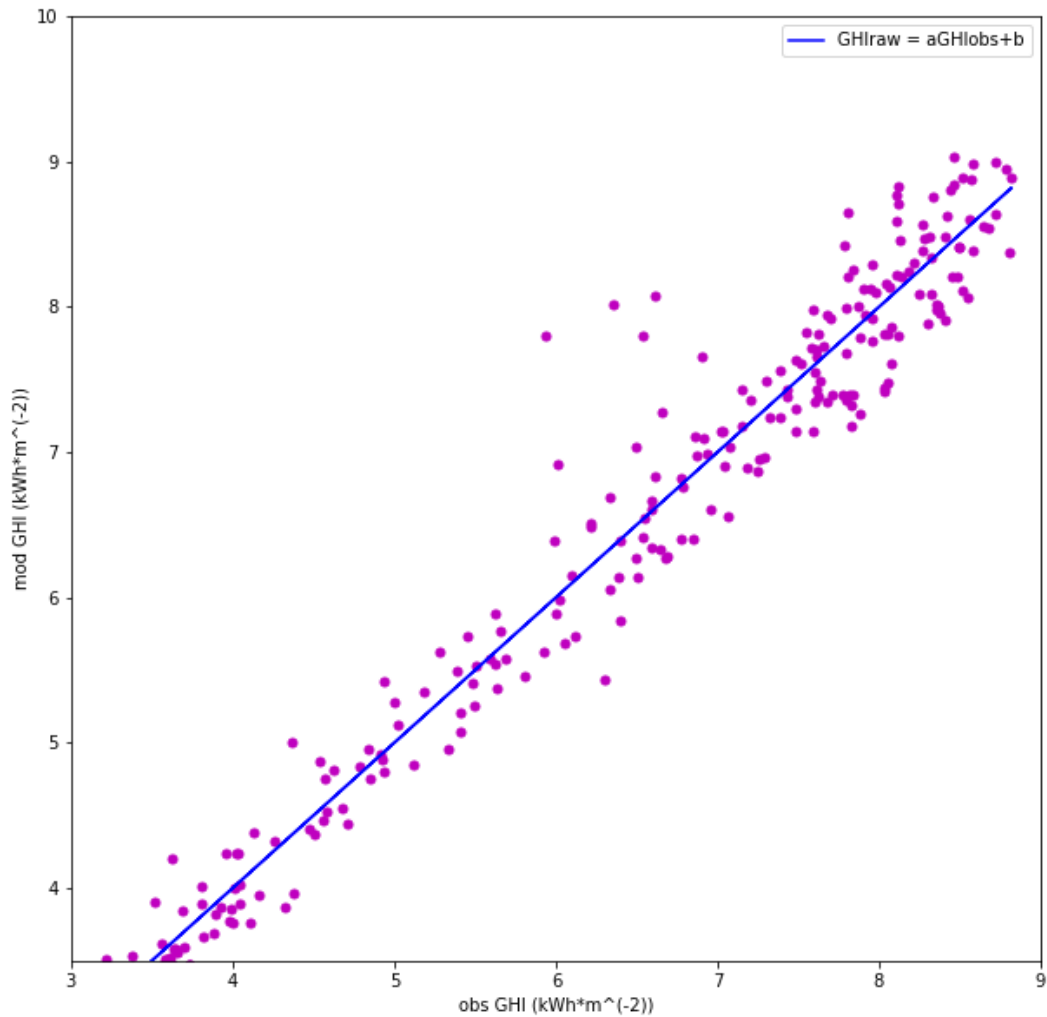
Εικόνα 1: initial train period

Από την παραπάνω γραφική παράσταση παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις του δορυφόρου και του επίγειου σταθμού έχουν όντως γραμμική εξάρτηση (μπλε ευθεία), βάσει της οποίας προσδιορίζουμε την κλίση $a=1.0036$ και την σταθερά $b=0.5578$ kWh/m². Βλέπουμε επίσης ότι η μπλε ευθεία δεν ταυτίζεται με την διακεκομμένη μαύρη ευθεία οπότε πράγματι απαιτείται διόρθωση των δορυφορικών δεδομένων.

Τα σφάλματα της παραπάνω γραφικής είναι:

MBE	-0.2866 kWh/m ²
RMSE	0.4806 kWh/m ²
R²	0.9783

Χρησιμοποιώντας τις σταθερές a, b που βρήκαμε παραπάνω, εξάγουμε τα διορθωμένα δορυφορικά δεδομένα με τη βοήθεια της σχέσης (2). Στη συνέχεια αναπαριστούμε γραφικά τα διορθωμένα δορυφορικά δεδομένα με τα ίδια επίγεια:



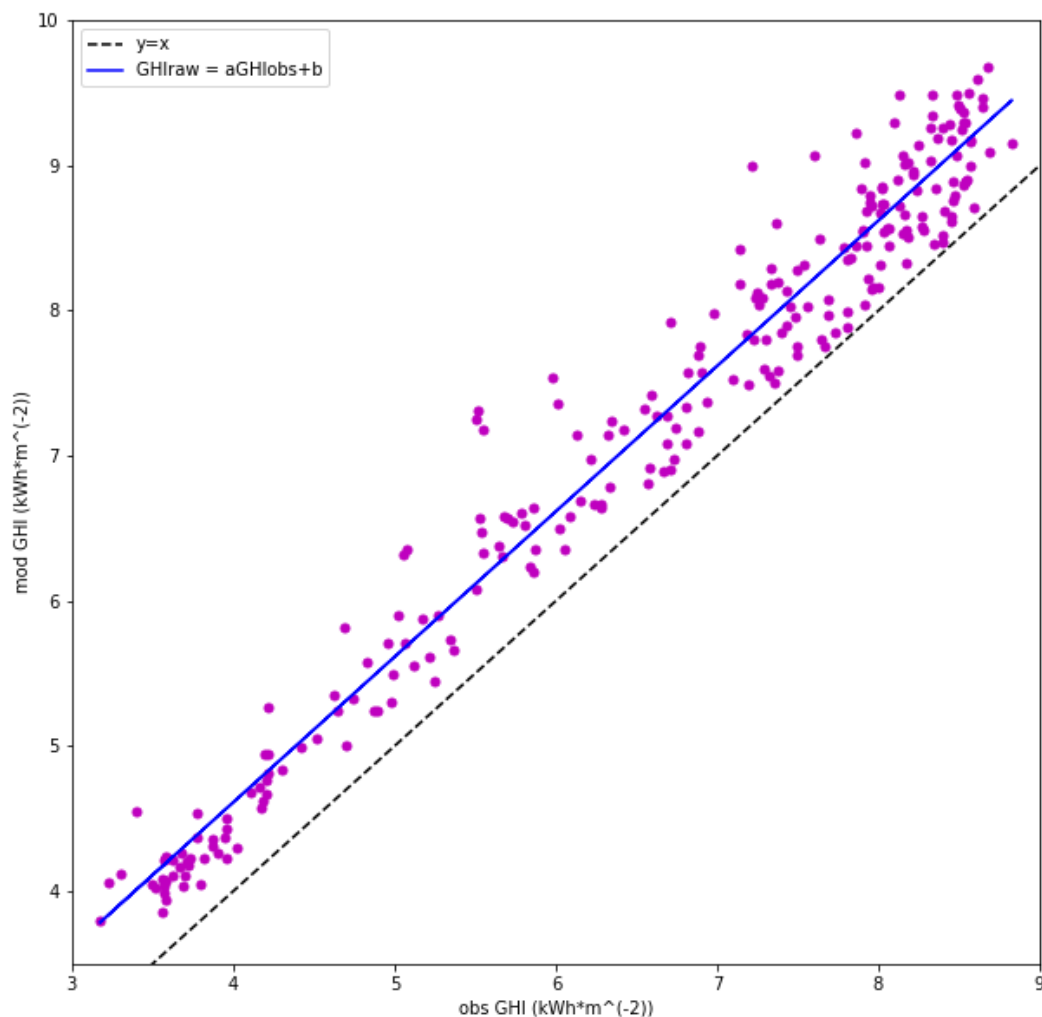
Εικόνα 2: corrected train period

Μετά τη διόρθωση παρατηρούμε ότι οι δύο ευθείες ταυτίζονται. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τις νέες τιμές της κλίσης $a=1.0$ και της σταθεράς $b=-1.7764 \cdot 10^{-15} \approx 0$.

MBE	$-3.7142 \cdot 10^{-16} \text{ kWh/m}^2$
RMSE	0.2534 kWh/m^2
R²	0.9782

Εκτός από τις αναμενόμενες τιμές για τα a και b , βλέπουμε ότι έχει μηδενιστεί και το MBE. Το MBE μας δείχνει κατά πόσο τα δεδομένα μας χρειάζονται διόρθωση και εφόσον έχει μηδενιστεί σημαίνει ότι για τα δεδομένα μας δεν απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία. Τέλος, σημειώνεται μικρή βελτίωση στο RMSE, ενώ το R^2 παραμένει ίδιο και κοντά στη μονάδα, γεγονός που μας δείχνει ότι οι εξισώσεις 1,2 βρίσκουν καλή εφαρμογή στα δεδομένα μας.

Στην συνέχεια, μπορούμε να περάσουμε στο testing period. Για αρχή, θα κάνουμε μία γραφική παράσταση των αρχικών δορυφορικών δεδομένων με τα επίγεια καθώς και την συνοδευτική στατιστική ανάλυση για να επιβεβαιώσουμε ότι και για το έτος 2012 απαιτείται διόρθωση των δορυφορικών δεδομένων.

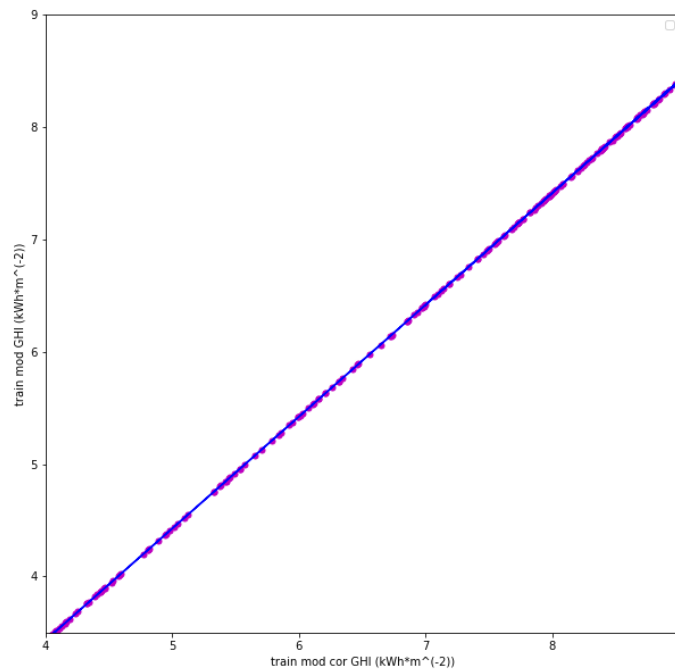


Εικόνα 3: initial testing period

Τα στατιστικά που συνοδεύουν την παραπάνω γραφική παράσταση είναι τα ακόλουθα:

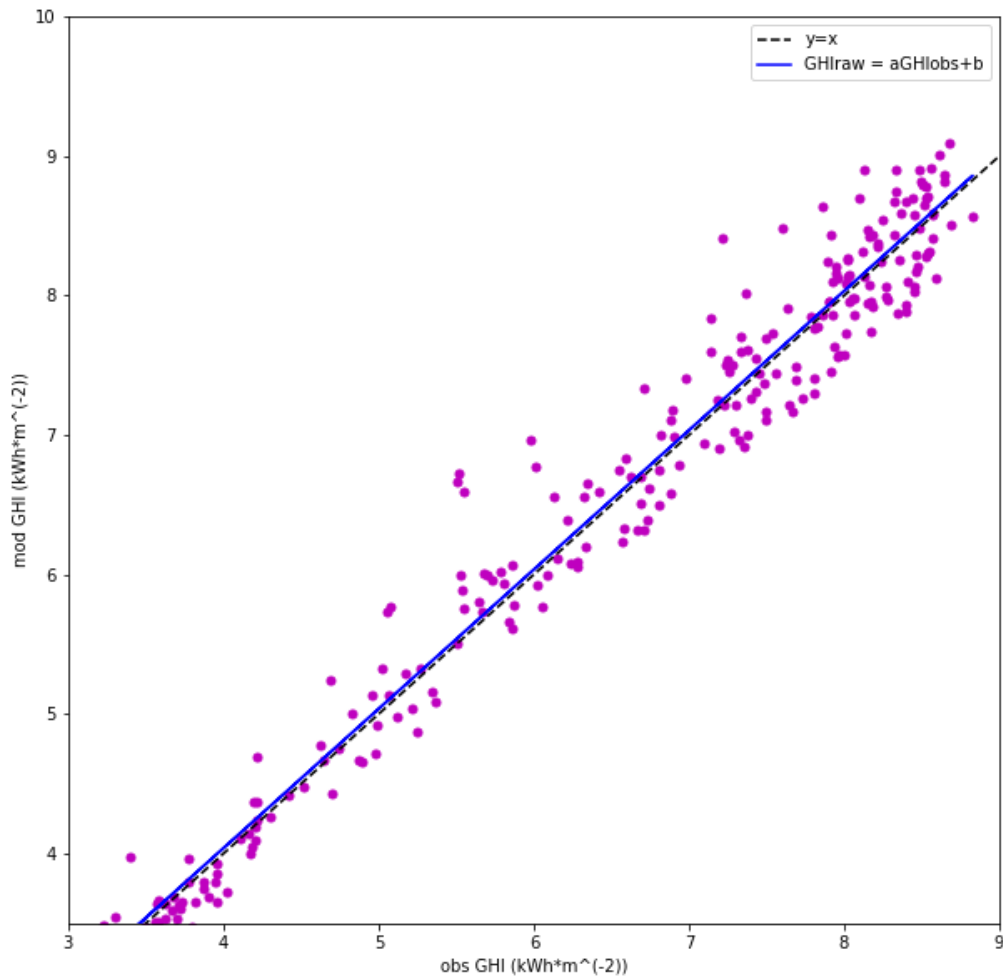
MBE	$-0.3131 \cdot 10^{-16} \text{ kWh/m}^2$
RMSE	0.4961 kWh/m^2
R²	0.9824

Στην συνέχεια, για να προσδιορίσουμε τις απαραίτητες σταθερές a^* και b^* αναπαριστούμε γραφικά την σχέση (3) δηλαδή τα a^* και b^* είναι η κλίση και ο σταθερός όρος της γραμμικής σχέσης που συνδέει τα αρχικά δορυφορικά δεδομένα του training period με τα διορθωμένα δορυφορικά δεδομένα για την ίδια περίοδο.



Εικόνα 4: προσδιορισμός a^* και b^*

Οι σταθερές a^* και b^* προκύπτουν ότι είναι ίσες με $a^* = 0.9964$ και $b^* = -0.5568$. Τις σταθερές αυτές αξιοποιούμε έτσι ώστε με βάση την σχέση (4) να προσδιορίσουμε τα διορθωμένα δορυφορικά δεδομένα για το testing period. Η γραφική απεικόνιση της σχέσης (4) παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 5: corrected testing period

Βλέπουμε ότι τα δεδομένα μας σχεδόν εφάπτονται στην ευθεία $y=x$. Η κλίση ισούται με $a = 0.9985$ πλησιάζοντας πολύ κοντά την μονάδα και ο σταθερός όρος (intercept) ισούται με $b = 0.0450$ πλησιάζοντας το μηδέν. Ιδανικά θα θέλαμε οι τιμές αυτές να είναι ακριβώς 1.0 για το a και το b να τείνει στο μηδέν όσο πιο πολύ γίνεται. Η στατιστική ανάλυση τη παραπάνω γραφικής παράστασης παρουσιάζεται στην συνέχεια:

MBE	$-0.0179 \cdot 10^{-16} \text{ kWh/m}^2$
RMSE	0.2304 kWh/m^2
R²	0.9824

Ξανά, παρατηρούμε ότι το MBE σχεδόν μηδενίζεται κάτι που μετά την διόρθωση είναι επιθυμητό. Όπως και το b , θα θέλαμε να πλησιάζει όσο περισσότερο γίνεται το μηδέν. Μικρή βελτίωση εμφανίζεται για το RMSE ενώ το R^2 παραμένει σταθερό όπως είναι αναμενόμενο.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι καταφέραμε επιτυχώς να εφαρμόσουμε την διόρθωση των δορυφορικών δεδομένων με την χρήση της μεθόδου της γραμμικής διόρθωσης ελαχίστων τετραγώνων, αν και στο testing period θα μπορούσαμε να έχουμε καλύτερα τελικά αποτελέσματα. Αξίζει να σημειωθεί πως τα δεδομένα μας δεν ήταν ομοιόμορφα, δηλαδή υπήρχαν και μέρες για τις οποίες δεν είχαμε καθόλου δεδομένα και αυτό πιθανόν να επηρεάζει και την ανάλυση που κάναμε.