



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τμήμα Φυσικής

Τομέας Φυσικής Περιβάλλοντος – Μετεωρολογίας

*Μελέτη των οπτικών και φυσικών
ιδιοτήτων αιωρούμενων σωματιδίων από
καύση βιομάζας.*

Ευάγγελος Ορφανός

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Αθήνα, 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

1.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.2	ΜΟΡΦΕΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ.....	6
1.3	ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΑΙΩΡΗΜΑΤΩΝ.....	7
1.4	ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ.....	7
1.5	ΤΥΠΟΙ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ, ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΙ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ.....	9
1.6	ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΑΠΟ ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	16
1.7	ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ.....	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1	ΔΙΚΤΥΟ ΑΕΡΟΝΕΤ.....	20
2.2	ΣΥΣΤΗΜΑ FIRMS.....	22
2.3	ΟΡΓΑΝΟ MODIS.....	23
2.4	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	
2.4.1	ΑΜΑΖΟΝΙΟΣ.....	24
2.4.2	ΑΦΡΙΚΗ.....	29
2.4.3	ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΣΙΑ.....	31
2.5	ΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	
2.5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
2.5.2	ΟΠΤΙΚΟ ΒΑΘΟΣ ΑΟΔ.....	38
2.5.3	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ.....	38
2.5.4	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ (g).....	39
2.5.5	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ANGSTROM.....	39
2.5.6	LIDAR RATIO (S).....	39
2.5.7	DEPOLARISATION RATIO.....	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.1 ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ FIRMS.....	41
3.2 ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ Aqua/Modis.....	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΜΑΖΟΝΙΟΥ.....	
4.1.1 AOD ₅₀₀	46
4.1.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Angstrom $\alpha_{440-870}$	50
4.1.3 ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ (SSA)...	53
4.1.4 ΛΟΓΟΣ SSA ₈₇₀ /SSA ₄₄₀	62
4.1.5 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ DEPOLARIZATION RATIO (δ) ΜΕ ΤΟ LIDAR RATIO (S)	64
4.1.6 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ (SSA) ΜΕ LIDAR RATIO (S).....	69
4.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΦΡΙΚΗΣ.....	
4.2.1 AOD ₅₀₀	75
4.2.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Angstrom $\alpha_{440-870}$	78
4.2.3 ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ (SSA)...	81
4.2.4 ΛΟΓΟΣ SSA ₈₇₀ /SSA ₄₄₀	87
4.2.5 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ DEPOLARIZATION RATIO (δ) ΜΕ ΤΟ LIDAR RATIO (S).....	88
4.2.6 ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ (SSA) – LIDAR RATIO (S).....	93
4.3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΣΙΑΣ	
4.3.1 AOD ₅₀₀	97
4.3.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Angstrom $\alpha_{440-870}$	100
4.3.3 ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ (SSA)...	107
4.3.4 ΛΟΓΟΣ SSA ₈₇₀ /SSA ₄₄₀	108
4.3.5 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ DEPOLARIZATION RATIO (δ) ΜΕ ΤΟ LIDAR	

RATIO (S).....	110
4.3.6 ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ (SSA) – LIDAR RATIO (S).....	113

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΝΟΨΗ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ..... 117**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η μελέτη των οπτικών ιδιοτήτων και μικροφυσικών ιδιοτήτων των αιωρούμενων σωματιδίων από κάυση βιομάζας για περιοχές που βρίσκονται στον τροπικό κύκλο και χαρακτηρίζονται, ανάλογα με την εποχικότητα, από έντονα φαινόμενα κάυση βιομάζας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κ. Ελίνα Γιαννακάκη, για την εμπιστοσύνη της ,καθώς και για την καθοδήγηση της σε όλη την διάρκεια της εργασίας, δίνοντάς μου άμεση βοήθεια σε ότι πρόβλημα αντιμετώπιζα.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την τεράστια στήριξη που μου παρείχαν καθόλη την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι οι οπτικές και μικροφυσικές ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων από κάυση βιομάζας. Χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες από το σύστημα Firms και επιλέχθηκαν τρεις περιοχές: Αμαζόνιος, Αφρική και Νοτιοανατολική Ασία. Στις υπό εξέταση περιοχές η επικρατέστερη πηγή αιωρούμενων σωματιδίων είναι η κάυση βιομάζας εξαιτίας του μεγάλου αριθμού πυρκαγιών που λαμβάνουν χώρα. Για τη μελέτη των οπτικών και μικροφυσικών ιδιοτήτων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα ηλιακού φασματοφωτομέτρου Cimel του δικτύου AERONET. Μελετήθηκε η εποχικότητα των ιδιοτήτων και εξετάστηκε πιθανή συσχέτιση μεταξύ οπτικών και μικροφυσικών ιδιοτήτων.

ABSTRACT

In this study we focus on the optical and microphysical properties of biomass burning aerosols. Satellite data based on FIRMS are used to select three regions: Amazonios, Africa and South-east Asia. In the regions of interest the dominant aerosol source is biomass burning due to large number of fires that take place. For the study of optical and microphysical properties data from Cimel sunphotometer of AERONET ground based network. We study the seasonality of the biomass burning optical properties while we investigate potential correlation between optical and microphysical properties.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Αιωρούμενα σωματίδια

1.1 Εισαγωγή

Τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα έχουν πολλές και σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αποτελούν κίνδυνο για το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, στις υψηλές συγκεντρώσεις που βρίσκονται σε αστικά περιβάλλοντα. Διασκορπίζουν και απορροφούν την ορατή ακτινοβολία περιορίζοντας την ορατότητα. Επιπλέον συμβάλλουν στην τροποποίηση του ισοζυγίου ακτινοβολίας της γης, απορροφώντας και σκεδάζοντας την ηλιακή ακτινοβολία (αμεσο φαινόμενο), καθώς και με την μεταβολή του χρόνου ζωής και των οπτικών ιδιοτήτων του νέφους (εμμεσο φαινόμενο). Και τα δύο φαινόμενα συμβάλλουν ώστε να δροσιζουν την ατμόσφαιρα σε παγκόσμια κλίμακα, αυξάνοντας την λευκάυγεια της γης, καταστέλλοντας το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπιου. Η κάυση βιομάζας είναι μια σημαντική πηγή τροποσφαιρικού αερολύματος σε διάφορες περιοχές της γης, όπως ο Αμαζόνιος και η κεντρική Αφρική. Η σκέδαση και η απορρόφηση της ακτινοβολίας από κάυση βιομάζας επηρεάζουν την ηλική ακτινοβολία άμεσα, η οποία σύμφωνα με Penner et al. 1992, Hobbs et al. 1997 οφείλεται στα υψηλά οπτικά βάθη. Ο Robock (1991) ανέλυσε τις επιπτώσεις από κάυση βιομάζας στις τροπικές περιοχές και έδειξε ότι η επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε κατά 1,5 έως 7°C κατά την διάρκεια της μέρας, χωρίς να συμπεριλάβει τα νυχτερινά φαινόμενα. Η αξιολόγηση των επιδράσεων της ακτινοβολίας από τα αιωρούμενα σωματίδια βασίζεται σε ακριβή γνώση βασικών οπτικών και μικροφυσικών ιδιοτήτων όπως το οπτικό βάθος AOD και η ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης SSA (Dubovik et. al, 2002). Στην παρούσα εργασία επικεντρωνόμαστε στην περαιτέρω μελέτη βασικών οπτικών και μικροφυσικών ιδιοτήτων (AOD, συντελεστή Angstrom, SSA, Lidar ratio, Depolarization Ratio) για περιοχές που βρίσκονται στον τροπικό κύκλο και χαρακτηρίζονται, ανάλογα με την εποχικότητα, από έντονα φαινόμενα κάυση βιομάζας.

Τα αιωρούμενα σωματίδια ή αερολύματα, είναι αιωρήματα υγρών, στερεών ή μικτών σωματιδίων με πολύ μεταβλητή χημική σύνθεση και κατανομή μεγέθους (Putaud *et al.* 2010). Η μεταβλητότητά τους οφείλεται στις πολυάριθμες πηγές και στους διαφορετικούς μηχανισμούς σχηματισμού. Τα σωματίδια αερολύματος εκπέμπονται απευθείας στην ατμόσφαιρα (πρωτογενή αερολύματα) ή παράγονται στην ατμόσφαιρα από φυσικές ή χημικές διαδικασίες μετατροπής αερίων σε σωματίδια (δευτερογενή αερολύματα).

Πρωτογενή

Τα πρωτογενή αερολύματα αποτελούνται τόσο από ανόργανα όσο και από οργανικά συστατικά. Τα ανόργανα πρωτογενή αερολύματα είναι σχετικά μεγάλα (συντά μεγαλύτερα από 1 μm) και προέρχονται από την θάλασσα, σκόνη απο ορυκτα και ηφαίστεια. Αυτά τα χονδροειδή αερολύματα έχουν μικρή διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα, συνήθως μόνο λίγες ημέρες. Οι διεργασίες καύσης, η κάυση βιομάζας και τα φυτικά / μικροβιακά υλικά είναι πηγές ανθρακούχων αερολυμάτων, συμπεριλαμβανομένου τόσο του οργανικού άνθρακα (OC) όσο και του συμπαγούς μαύρου άνθρακα (BC). Το BC είναι το κύριο ανθρωπογενές συστατικό

απορρόφησης φωτός που υπάρχει στα αερολύματα. Οι κύριες πηγές του είναι η καύση ορυκτών καυσίμων (όπως βενζίνη, πετρέλαιο και άνθρακας), ξύλο και άλλη βιομάζα. Τα πρωτογενή αερολύματα που περιέχουν BC και OC είναι γενικά μικρότερα από 1 μm .

Δευτερογενή

Δευτερογενή σωματίδια αερολύματος παράγονται στην ατμόσφαιρα από πρόδρομα αέρια με συμπύκνωση ατμών σε προϋπάρχοντα σωματίδια ή με πυρήνοποίηση νέων σωματιδίων. Ένα σημαντικό κομμάτι της μάζας των δευτερογενών αερολυμάτων σχηματίζεται μέσω διαδικασιών εντός του νέφους (Ervens *et al.* 2011). Τα δευτερεύοντα αερολύματα είναι μικρά, κυμαίνονται σε μέγεθος από μερικά νανόμετρα έως 1 μm και έχουν διάρκεια ζωής από ημέρες έως εβδομάδες. Τα δευτερεύοντα αερολύματα αποτελούνται από μείγματα ενώσεων. Τα κύρια συστατικά είναι θειικά, νιτρικά και OC. Τα κύρια πρόδρομα αέρια εκπέμπονται από την καύση ορυκτών καυσίμων, αλλά οι πυρκαγιές και οι βιογενείς εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) είναι επίσης σημαντικές. Περιστασιακά ηφαιστειακές εκρήξεις οδηγούν σε τεράστιες ποσότητες πρωτογενών και δευτερογενών αερολυμάτων τόσο στο έδαφος όσο και στη στρατόσφαιρα (Boulon *et al.* 2011).

1.2 Μορφές εμφάνισης αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια βρίσκονται στην ατμόσφαιρα σε διάφορες μορφές, οι πιο συνηθισμένες είναι οι εξής:

1. Σκόνη (dust): Σχηματίζονται από διάβρωση ή κατακερματισμό στερεών υλικών και είναι στερεά σωματίδια σχετικά μεγάλου μεγέθους με διάμετρο $D > 1 \mu\text{m}$.
2. Ομίχλη (fog): Είναι ορατά υδροσταγονίδια, διάχυτα στην ατμόσφαιρα και βρίσκονται συνήθως κοντά στο έδαφος.
3. Κάπνα (fume): Είναι στερεά σωματίδια που προκύπτουν από τη συμπύκνωση ατμών, κυρίως από πτητικές ουσίες ή ως αποτέλεσμα (προϊόν) οξειδωτικών αντιδράσεων με διάμετρο $D < 1 \mu\text{m}$.
4. Αχλύς (haze): Μικρά σωματίδια με διάμετρο $D < 1 \mu\text{m}$, που είναι μείγμα υδρογονανθράκων, ρύπων και σκόνης, τα οποία μειώνουν την ορατότητα.
5. Νέφος (smog): Είναι ο συνδυασμός ομίχλης και καπνού
6. Καπνός (smoke): Είναι μικρά σωματίδια ($D \geq 0,01 \mu\text{m}$), που προέρχονται από ατελή καύση. Αποτελούνται κυρίως από άνθρακα ή άλλα καύσιμα, τα οποία έχουν αρκετά υψηλή συγκέντρωση ώστε να είναι ορατά.
7. Αιθάλη (soot): Είναι η συσσώρευση σωματιδίων άνθρακα που δημιουργούνται από την ατελή καύση ανθρακικών ενώσεων.
8. Εκνεφώματα από την επιφάνεια της θάλασσας: Σχηματίζονται όταν ο άνεμος και τα κύματα εξαναγκάζουν φυσαλίδες αέρα να σκάνε στην επιφάνεια της θάλασσας με διάμετρο $D > 2 \mu\text{m}$ (Seinfeld and Pandis, 2006).

1.3 Πηγές ατμοσφαιρικών αιωρημάτων

- Φυσικές πηγές
 - Σκόνη απο πετρώματα κι από το έδαφος
 - Ηφαιστειακή δραστηριότητα
 - Κάυση βιομάζας
 - Αντιδράσεις μεταξύ φυσικών αέριων εκπομπών
- Ανθρωπογενείς πηγές
 - Κάυσεις
 - Βιομηχανική δραστηριότητα
 - Μεταφορές
 - Κατασκευές
 - Αγροτική εκμετάλευση γης

Το μέγεθος και η σύσταση των σωματιδίων στον αέρα μπορεί να μετατραπεί λόγω:

- Συμπύκνωσης ατμών διαφόρων ουσιών
- Εξάτμιση ατμών
- Συσσωμάτωσης με άλλα σωματίδια
- Χημικών αντιδράσεων
- Δημιουργία ομίχλης ή νεφοσταγόνων

Γενικά σωματίδια με $D < 1\mu\text{m}$ έχουν συγκέντρωση $10\text{-}100000/\text{cm}^3$, ενώ με $D > 1\mu\text{m}$ έχουν συγκέντρωση $< 1/\text{cm}^3$.

1.4 Μέγεθος αιωρούμενων σωματιδίων

Το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων καθορίζεται από τη διαμέτρο της προβολής σε δύο διαστάσεις του περιγράμματος των σωματιδίων. Για σφαιρικά σωματίδια η παραπάνω διάμετρος είναι η διάμετρος του κύκλου, ενώ για την πιο σινηθή περίπτωση των μη σφαιρικών σωματιδίων διακρίνονται οι εξής διάμετροι:

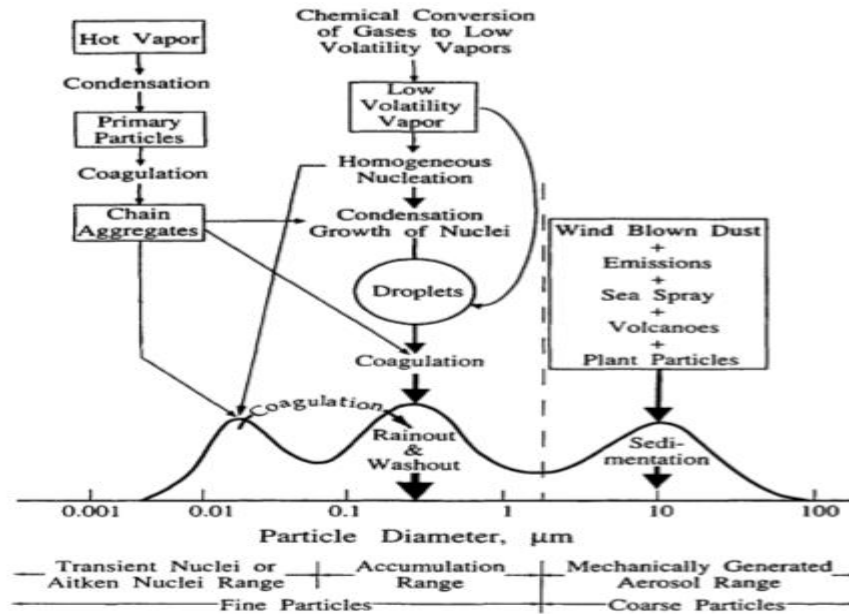
- Διάμετρος Martin: το μήκος της γραμμής που χωρίζει το σωματίδιο σε δύο ίσα μέρη
- Διάμετρος προβαλλόμενης επιφάνειας: η διάμετρος ενός σφαιρικού σωματιδίου που έχει προβολή ίσου εμβαδού με το εν λόγω σωματίδιο
- Διάμετρος Feret: η μέγιστη απόσταση από τη μία άκρη του σωματιδίου έως την άλλη

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούνται από σωματίδια που κυμαίνονται σε μέγεθος από μερικές δεκάδες angstroms (A) έως μερικές εκατοντάδες μικρόμετρα. Τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 2,5 μm αναφέρονται γενικά ως "λεπτά" και εκείνα με διάμετρο μεγαλύτερη από 2,5 μm ως "χονδρά". Τα μέρη των λεπτών και χονδροειδών σωματιδίων, προέρχονται ξεχωριστά, μετασχηματίζονται ξεχωριστά, απομακρύνονται από την ατμόσφαιρα με διαφορετικούς μηχανισμούς, απαιτούν διαφορετικές τεχνικές για την απομάκρυνσή τους από πηγές, έχουν διαφορετική χημική σύνθεση, έχουν διαφορετικές οπτικές ιδιότητες και διαφέρουν σημαντικά στα μοτίβα εναπόθεσης τους στο αναπνευστικό σύστημα.

Τα φαινόμενα που επηρεάζουν τα μεγέθη των σωματιδίων φαίνονται στο Σχήμα 1.1, το οποίο απεικονίζει την τυπική κατανομή της επιφάνειας ενός ατμοσφαιρικού αερολύματος. Το μέγεθος των σωματιδίων μπορεί να διαχωριστεί βάση ορισμένων διαδικασιών που γίνονται.

- **Πηρινοποίηση:** περιλαμβάνει σωματίδια με διαμέτρους έως 10 nm.. Λόγω του μικρού τους μεγέθους, αυτά τα σωματίδια σπάνια είναι περισσότερα από την συνολική μάζα των αερομεταφερόμενων σωματιδίων. Τα σωματίδια σε αυτήν την διαδικασία σχηματίζονται από συμπύκνωση καυτών ατμών κατά τη διάρκεια των διαδικασιών καύσης και από την πυρήνοποίηση άλλων ατμοσφαιρικών ειδών ώστε να σχηματίσουν φρέσκα σωματίδια. Με αυτόν τον τρόπο όμως χάνονται με μεγαλύτερα σωματίδια λόγω πήξης.
- **Συσσωρευση:** εκτείνεται από 0,1 έως περίπου 2,5 μm σε διάμετρο, συνήθως αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας του αερολύματος και ένα σημαντικό μέρος της μάζας του αερολύματος. Η πηγή των σωματιδίων σε αυτήν την διαδικασία προέρχεται από τη συμπύκνωση των υδρατμών στα υπάρχοντα σωματίδια, τα οποία βρίσκονται σε κατάσταση πυρήνοποίησης, προκαλώντας έτσι την αύξηση του μεγέθους τους.
- **Χονδροειδή Διαδικασία:** για διάμετρο > 2,5 μm ,σχηματίζεται από μηχανικές διεργασίες και συνήθως αποτελείται από σωματίδια ανθρώπογενής και φυσικής σκόνης.

Τα χονδρά σωματίδια έχουν αρκετά μεγάλες ταχύτητες καθίζησης ώστε να κατακάθονται από την ατμόσφαιρα σε αρκετά σύντομο χρονικό διάστημα. Επειδή οι μηχανισμοί απομάκρυνσης που είναι αποτελεσματικοί στα άκρα μικρών και μεγάλων σωματιδίων του φάσματος μεγέθους είναι ανεπαρκείς στο εύρος συσσωρευσης, τα σωματίδια στην διαδικασία συσσωρευσης τείνουν να έχουν σημαντικά μεγαλύτερους χρόνους παραμονής στην ατμόσφαιρα από εκείνους, είτε στην πυρήνοποίηση είτε σε χονδροειδή διαδικασία.

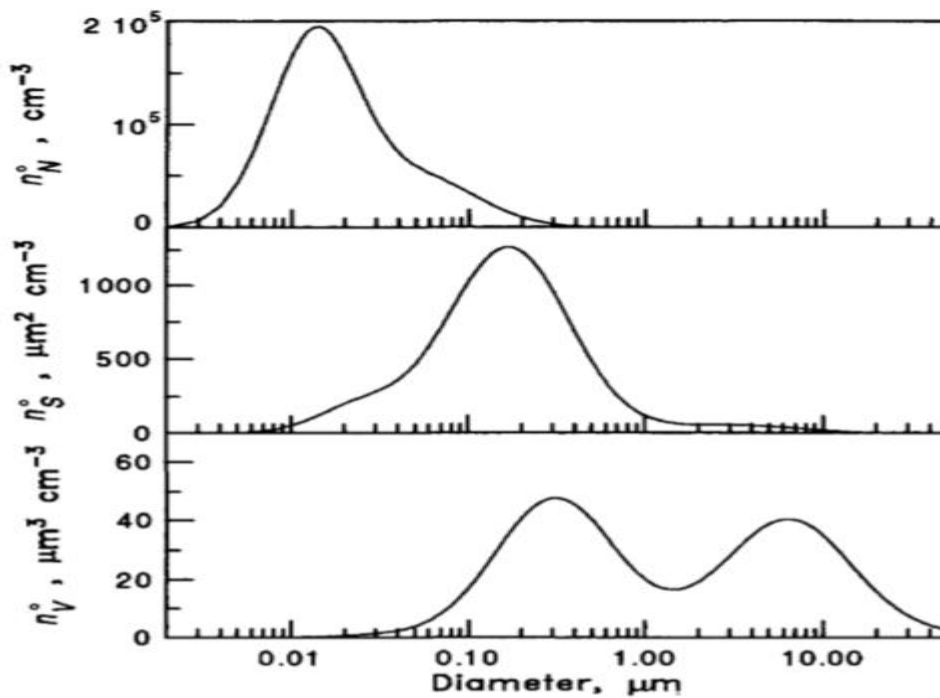


Σχήμα 1.1: Προβολή της κατανομής της επιφάνειας σωματιδίων ενός ατμοσφαιρικού αερολύματος (Whitby and Cantrell 1976). Παριστάνονται οι κύριοι τρόποι, οι πηγές και οι μηχανισμοί σχηματισμού και απομάκρυνσης των σωματιδίων (Seinfeld and Pandis, 2006).

1.5 Τύποι αιωρούμενων σωματιδίων, διαχωρισμένοι με βάση το μέγεθός τους

Αστικά αιωρούμενα σωματίδια

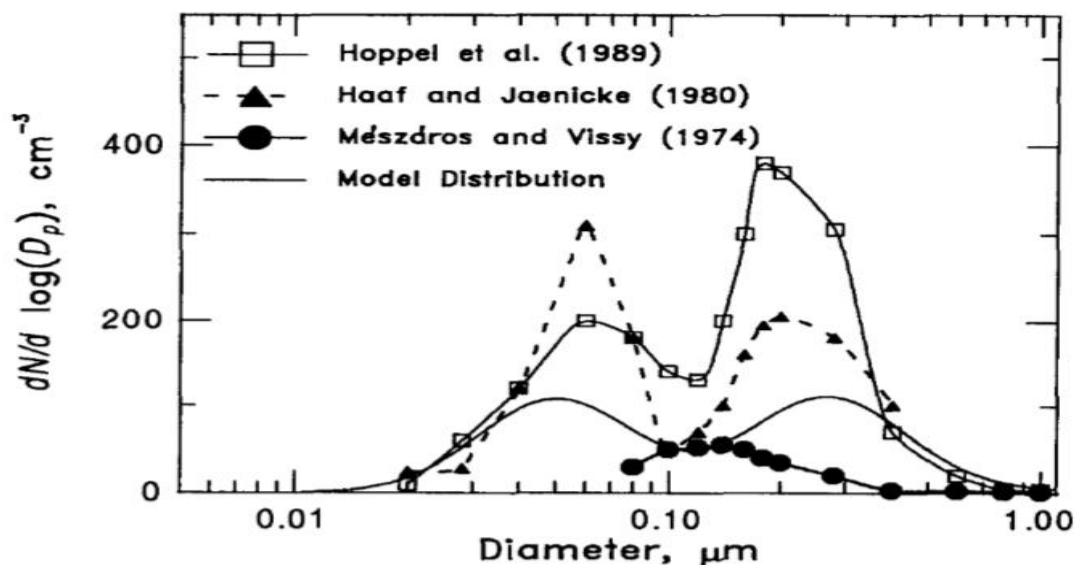
Ως αστικά αιωρούμενα σωματίδια ορίζουμε το προϊόν της ανάμειξης αιωρημάτων βιομηχανικών εκπομπών, σωματιδίων που σχηματίστηκαν από φυσικές διεργασίες μετατροπής αέρας σε στερεά φάση και σωματιδίων που μεταφέρθηκαν από άλλες περιοχές στο αστικό περιβάλλον. Τα περισσότερα από τα αστικά αιωρήματα έχουν διαμέτρους μικρότερες του 0.1 μm ενώ η κατανομή επιφανείας τους είναι μετατοπισμένη κατά κύριο λόγο στην περιοχή από 0.1-0.5 μm. Αντίθετα, η κατανομή μάζας παρουσιάζει δύο μέγιστα όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2.



Σχήμα1.2: Τυπικές κατανομές αστικού αερολύματος, επιφάνειας και όγκου

Θαλάσσια αιωρούμενα σωματίδια

Τα σωματίδια στους ωκεανούς είναι σε μεγάλο βαθμό θαλάσσιας προέλευσης (Savoie and Prospero 1989). Οι συγκεντρώσεις θαλάσσιων ατμοσφαιρικών σωματιδίων κυμαίνονται κανονικά από $100-300 \text{ cm}^{-3}$. Η κατανομή μεγέθους τους χαρακτηρίζεται συνήθως από τρία μέρη: το Aitken ($D_p < 0,1 \text{ μm}$), τη συσσώρευση ($0,1 < D_p < 0,6 \text{ μm}$) και τα χονδρόκοκκα ($D_p > 0,6 \text{ μm}$) (Fitzgerald 1991). \



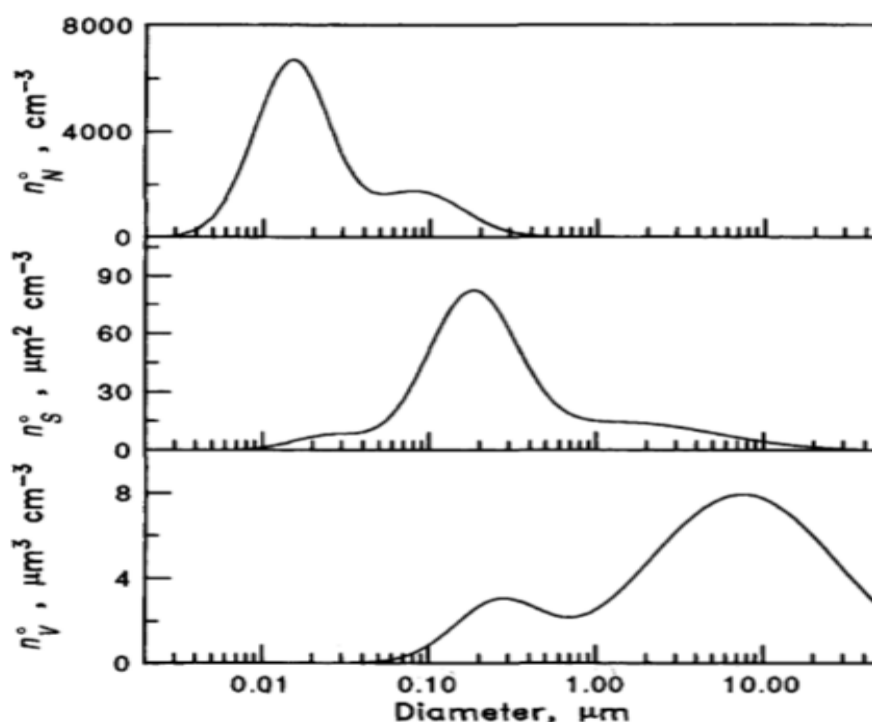
Σχήμα 1.3: Τυπικές κατανομές θαλάσσιων αιωρούμενων και ένα μοντέλο διανομής που χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύει κάποιες μέσες συνθήκες (Seinfeld and Pandis, 2006)

Αγροτικά ηπειρωτικά αιωρούμενα σωματίδια

Τα αερολύματα στις αγροτικές περιοχές είναι κυρίως φυσικής προέλευσης αλλά με μέτρια επίδραση ανθρωπογενών πηγών (Hobbs et al. 1985). Η κατανομή αριθμού χαρακτηρίζεται από δύο διαμέτρους, περίπου 0,02 και 0,08 μm , αντίστοιχα (Jaenicke 1993), ενώ η κατανομή μάζας κυριαρχείται από την χονδρόκοκκη περιοχή που επικεντρώνεται περίπου 7 μm (Σχήμα 1.4).

Η μαζική κατανομή του ηπειρωτικού αερολύματος που δεν επηρεάζεται από τοπικές πηγές έχει μια μικρή περιοχή συσσώρευσης και καμία περιοχή πυρήνων. Η συγκέντρωση PM10

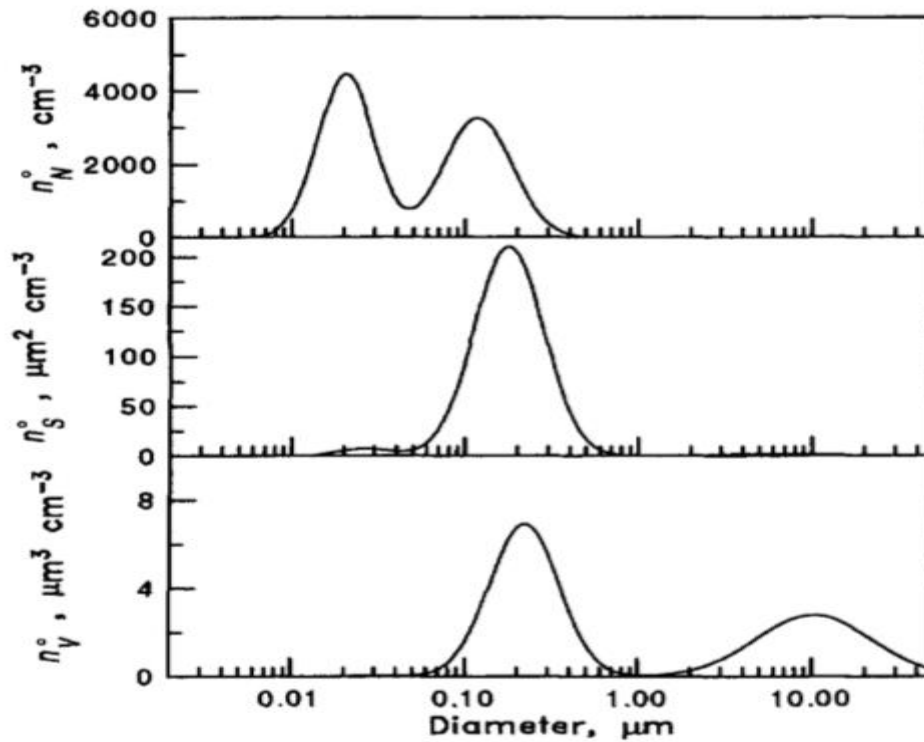
των αγροτικών αερολυμάτων είναι περίπου $20 \mu\text{g m}^{-3}$.



Σχήμα 1.4: Τυπικές κατανομές αγροτικών ηπειρωτικών αιωρούμενων, επιφάνειας και όγκου (Seinfeld and Pandis, 2006)

Απομακρυσμένα ηπειρωτικά αιωρούμενα σωματίδια

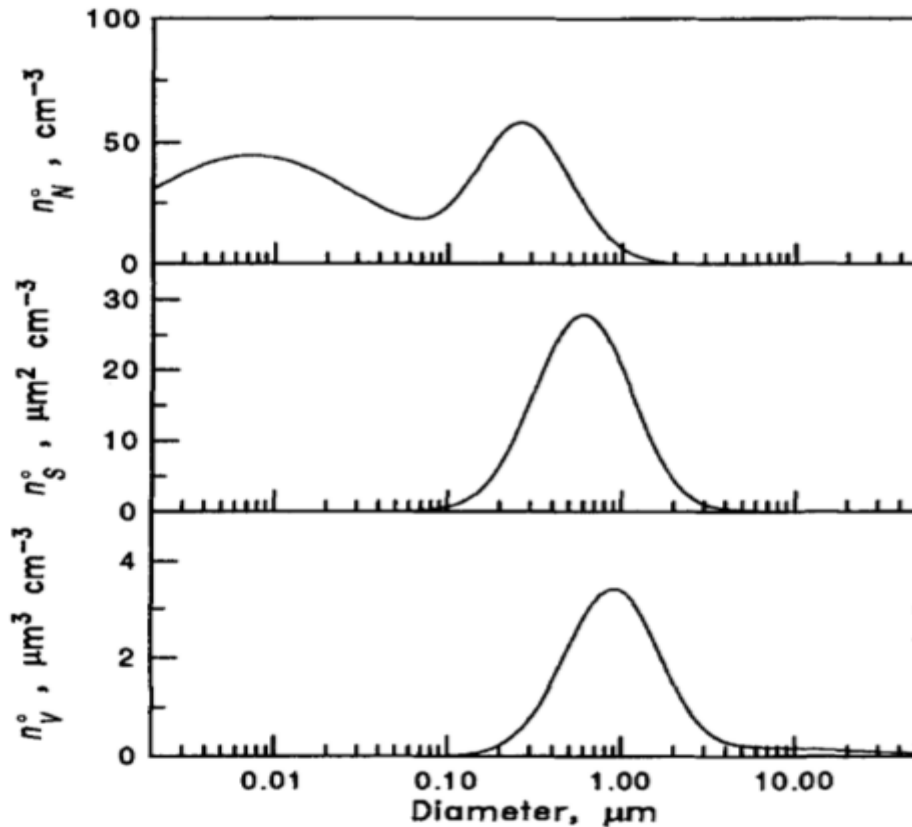
Τα πρωτογενή σωματίδια (π.χ. σκόνη, γύρη, φυτικά κεριά) και τα δευτερεύοντα προϊόντα οξείδωσης είναι τα κύρια συστατικά του απομακρυσμένου ηπειρωτικού αερολύματος (Deerak και Gali 1991). Ο μέσος όρος συγκεντρώσεων αερολύματος είναι περίπου $1000-10.000 \text{ cm}^{-3}$ και οι συγκεντρώσεις PM10 είναι περίπου $10 \mu\text{g m}^{-3}$ (Bashurova et al. 1992; Koutsenogii et al. 1993; Koutsenogii and Jaenicke 1994). Για τις ηπειρωτικές Ηνωμένες Πολιτείες, οι συγκεντρώσεις PM10 σε απομακρυσμένες περιοχές κυμαίνονται από 5 έως $25 \mu\text{g m}^{-3}$ και PM2,5 από 3 έως $17 \mu\text{g m}^{-3}$ (U.S. EPA 1996). Τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από $2,5$ δοχεία αντιπροσωπεύουν το 40-80% της μάζας PM10 και αποτελούνται κυρίως από θειικό, αμμώνιο και οργανικά. Η κατανομή αριθμού αερολύματος μπορεί να χαρακτηρίζεται από τρεις τρόπους σε διαμέτρους 0,02, 0,1 και 2 δοχείο (Jaenicke 1993) (Σχήμα 1.5)



Σχήμα 1.5: Τυπικές κατανομές απομακρυσμένων ηπειρωτικών αιωρούμενων, επιφάνειας και όγκου (Seinfeld and Pandis, 2006)

Ελεύθερα τροποσφαιρικά αιωρούμενα σωματίδια

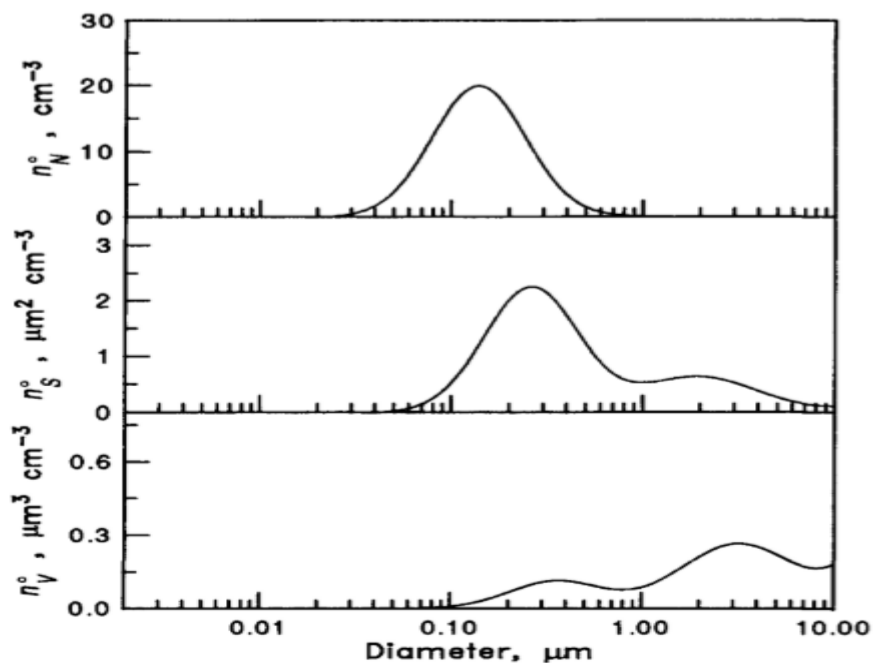
Βρίσκονται στη μέση και την άνωτερη τροπόσφαιρα πάνω από τα σύννεφα. Η περιοχές κατανομής αριθμών αντιστοιχούν σε μέσες διαμέτρους 0,01 και 0,25 (Jaenicke 1993) (Σχήμα 1.6). Τα φάσματα της μεσαίας τροπόσφαιρας συνήθως υποδεικνύουν περισσότερα σωματίδια στην περιοχή συσσώρευσης σε σχέση με την κατώτερη τροπόσφαιρα, υποδηλώνοντας την καθίζηση και την εναπόθεση μικρότερων και μεγαλύτερων σωματιδίων (Leaitch και Isaac 1991). Η επιφάνεια χαμηλής θερμοκρασίας και χαμηλής επιφάνειας αερολύματος καθιστά την άνωτερη τροπόσφαιρα κατάλληλη για σχηματισμό νέων σωματιδίων και μια περιοχή πυρήνωσης συχνά υπάρχει στις κατανομές. (Σχήμα 1.6).



Σχήμα 1.6 Τυπικές κατανομές ελεύθερων τροποσφαιρικών αιωρούμενων σωματιδίων, επιφάνειας και όγκου (Seinfeld and Pandis, 2006)

Πολικά αιωρούμενα σωματίδια

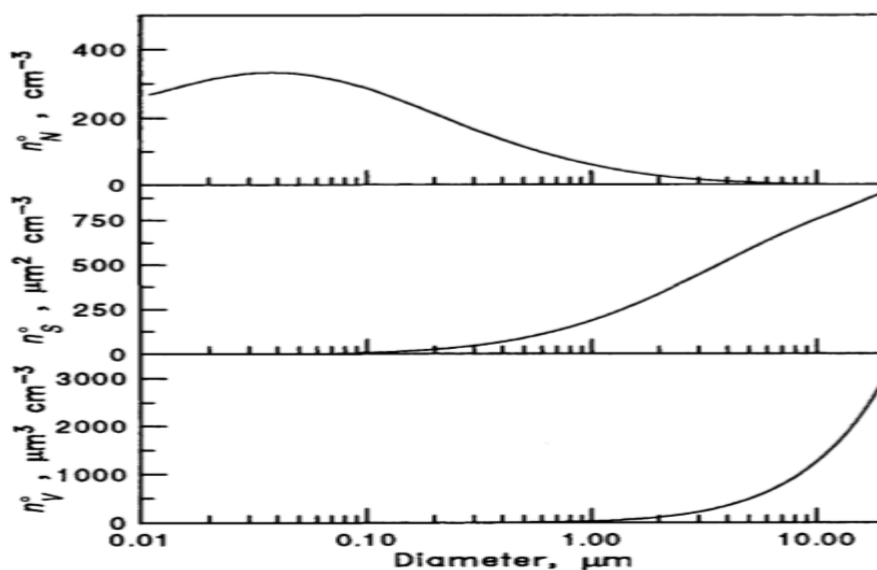
Βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της Αρκτικής και της Ανταρκτικής με πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Η αριθμητική κατανομή έχει μια μέση διάμετρο περίπου 0,15 μm και δύο ακόμη περιοχές στα 0,75 και 8 μm (Shaw 1986; Jaenicke et al. 1992) (Σχήμα 1.7). Κατά τη διάρκεια του χειμώνα και στις αρχές της άνοιξης (Φεβρουάριος έως Απρίλιος), τα αερολύματα της Αρκτικής βρέθηκαν να επηρεάζονται σημαντικά από ανθρωπογενείς πηγές και το φαινόμενο αναφέρεται συνήθως ως «Αρκτική θολότητα» (Barrie 1986). Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου η αριθμητική συγκέντρωση αυξάνεται πάνω από 200 cm³. Η μέση διάμετρος της περιοχής της πυρήνωσης είναι στα 0,05 μm και η περιοχή της συσσώρευσης στα 0,2 μm (Covert και Heintzenberg 1993).



Σχήμα 1.7: Τυπικές κατανομές πολικών αιωρούμενων σωματιδίων, επιφάνειας και όγκου (Seinfeld and Pandis, 2006)

Ερημικά αιωρούμενα σωματίδια

Το ερημικό αεροζόλ, φυσικά παρόν σε ερήμους, εκτείνεται ουσιαστικά σε παρακείμενες περιοχές όπως οι ωκεανοί (Jaenicke and Schutz 1978; d'Almeida and Schutz 1983; Li et al. 1996). Το σχήμα της κατανομής του μεγέθους του είναι παρόμοιο με αυτό του απομακρυσμένου ηπειρωτικού αερολύματος, αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα του ανέμου. Η αριθμητική κατανομή τείνει να εμφανίζει τρεις αλληλεπικαλυπτόμενες περιοχές σε διαμέτρους 0,01 μm, 0,05 μm και 10 μm, αντίστοιχα (Jaenicke 1993) (Σχήμα 1.8). Μεμονωμένες καταιγίδες σκόνης από την έρημο της Σαχάρας έχουν αποδειχθεί ότι μεταφέρουν υλικό από τη βορειοδυτική ακτή της Αφρικής, πέρα από τον Ατλαντικό, στην ανατολική ακτή των Ηνωμένων Πολιτειών (Ott et al. 1991). Μεταφορά σκόνης συμβαίνει από τις ερήμους της Ασίας στον Ειρηνικό Ωκεανό ενώ σωματίδια διαμέτρου έως 100 μm βρίσκονται στις περιοχές προέλευσης, μόνο σωματίδια μικρότερα από 10 μm μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις, συχνά μακρύτερα από 5000 χλμ.



Σχήμα 1.8: Τυπικές κατανομές αιωρούμενων σωματιδίων ερημικών περιοχών, επιφάνειας και όγκου (Seinfeld and Pandis, 2006)

1.6 Αιωρούμενα σωματίδια από κάυση βιομάζας

Οι κύριες πηγές ανθρακούχων αερολυμάτων είναι η καύση βιομάζας και καύση ορυκτών καυσίμων και η ατμοσφαιρική οξείδωση βιογενών και ανθρωπογενών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC). Αποτελείται κυρίως από μικρά σωματίδια καπνού, τα οποία αποτελούνται κυρίως από οργανικές ενώσεις.

Το κάψιμο της σαβάνας και των δασών για γεωργικούς και αποικιστικούς σκοπούς, και το κάψιμο ουσιών που χρησιμοποιούνται για οικιακά καύσιμα όπως ξύλο, τύρφη και κοπριά καθώς και τα γεωργικά απόβλητα παράγουν άφθονες ποσότητες αερολυμάτων (Crutzen and Andreae, 1990). Η πλειονότητα των πυρκαγιών της βλάστησης συμβαίνει στους τροπικούς κύκλους κατά τη διάρκεια της ξηρασίας (π.χ. Duncan et al. (2003)), από την οποία οι εκπομπές μπορεί να αποτελούν έως και το 80% των εκπομπών από την παγκόσμια καύση βιομάζας (Cofer et al., 1996). Αυτό φαίνεται από τα μεγάλα βάρη του αερολύματος και συνδέεται με τον καπνό από βιομάζα στις περιοχές της Νότιας Αφρικής και της Νότιας Αμερικής. Στην πραγματικότητα οι διαδικασίες κάυσης δημιουργούν υψηλό αριθμό συγκέντρωσης μικρών σωματιδίων $a < 0,2 \mu\text{m}$ και μεγάλο αριθμό σωματιδίων όπου συσσωρεύονται μεταξύ τους και έχουν ένα μέγεθος από 0,2-1 μm , επίσης δημιουργούνται ελάχιστα χονδρόκοκκα σωματίδια με το μέγεθος τους να κυμαίνεται από 1-2 μm .

Έχει εκτιμηθεί, το αερόλυμα από κάυση βιομάζας είναι στα 45 έως 80 Tg / έτος. (Liousse, et al., 1996;Cooke, et al., 1999; Scholes and Andreae, 2000). Η διαδικασία καύσης είναι η κυρίαρχη πηγή μαύρου άνθρακα. Πρόσφατος εκτιμάται ότι οι παγκόσμιες εκπομπές από την καύση βιομάζας είναι 6 έως 9 Tg / έτος στην διαδικασία αυτή.(Penner et al., 1993; Cooke and Wilson, 1996; Liousse et al., 1996; Kouk et al., 1999, Scholes and Andreae, 2000; βλ. Πίνακα 1.9).

Η κάυση βιομάζας έχει έντονη επίδραση στο κλίμα, προκαλώντας απότομη άύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος στην επιφάνεια. Επιπλέον προκαλεί μείωση της επιφανειακής ανάκλασης και της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης. Και τα δύο αυτά φαινόμενα συμβάλλουν θετικά σε τοπικά φαινόμενα θέρμανσης της ατμόσφαιρας. (Claudio Tomasi, Angelo Lupi, 2016)

Τα χαρακτηριστικά των εκπομπών, των ιδιοτήτων και των ακτινοβολικών επιδράσεων της κάυσης βιομάζας τόσο σε περιφερειακό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο είναι ζωτικής σημασίας για τη κατανόηση και την βελτίωση των ανθρωπογενών επιπτώσεων στο κλίμα.

	Northern Hemisphere	Southern Hemisphere	Global	Low	High	Source
Carbonaceous aerosols						
Organic Matter (0–2 μm)						
Biomass burning	28	26	54	45	80	Lioussé <i>et al.</i> (1996), Scholes and Andreae (2000)
Fossil fuel	28	0.4	28	10	30	Cook <i>et al.</i> (1999), Penner <i>et al.</i> (1993)
Biogenic (>1μm)	—	—	56	0	90	Penner (1995)
Black Carbon (0–2 μm)						
Biomass burning	2.9	2.7	5.7	5	9	Lioussé <i>et al.</i> (1996); Scholes and Andreae (2000)
Fossil fuel	6.5	0.1	6.6	6	8	Cooke <i>et al.</i> (1999); Penner <i>et al.</i> (1993)
Aircraft	0.005	0.0004	0.006			
Industrial Dust, etc. (> 1 μm)			100	40	130	Wolf and Hidy (1997); Andreae (1995)
Sea Salt						
d< 1 μm	23	31	54	18	100	
d=1–16μm	1,420	1,870	3,290	1,000	6,000	
Total	1,440	1,900	3,340	1,000	6,000	Gong <i>et al.</i> (1998)
Mineral (Soil) Dust^b						
d< 1 μm	90	17	110	—	—	
d=1–2μm	240	50	290	—	—	
d=2–20μm	1,470	282	1,750	—	—	
Total	1,800	349	2,150	1,000	3,000	

^a Range reflects estimates reported in the literature. The actual range of uncertainty may encompass values larger and smaller than those reported here.

^b Source inventory prepared by P. Ginoux for the IPCC Model Intercomparison Workshop.

Πίνακας 1.9: Πρωτογενείς εκπομπές σωματιδίων για το έτος 2000 (Tg/yr)^a (REPORTS,IPCC 2001)

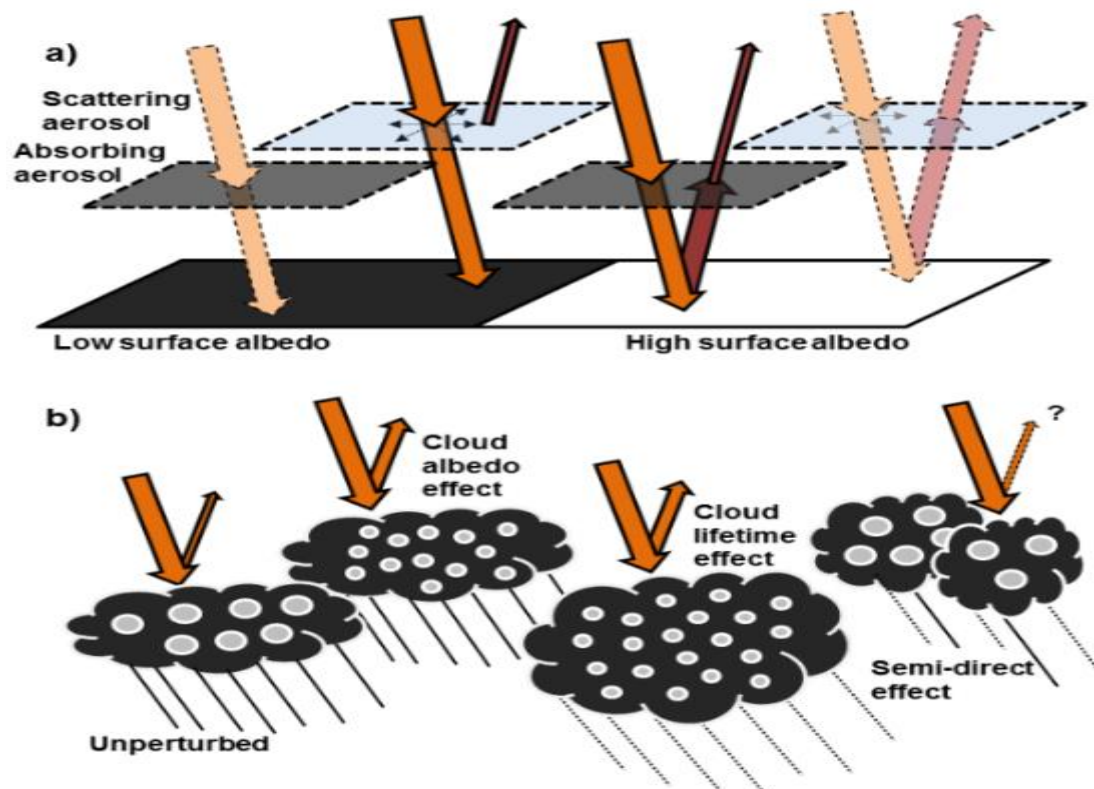
1.7 Αιωρούμενα σωματιδία και κλίμα

Όλα τα ατμοσφαιρικά αερολύματα ανακλούν την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία και ένα είδος αυτών μπορούν επίσης και να την απορροφήσουν. Το BC είναι το πιο σημαντικό από τα τελευταία, αλλά και η εδαφική σκόνη και ορισμένα OC είναι επίσης απορροφητικά του ηλιακού φωτός.

- Τα αερολύματα που ανακλούν κυρίως την ηλιακή ακτινοβολία έχουν ως αποτέλεσμα την ψύξη, ενισχύοντας τη συνολική ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία από τη Γη.
- Τα αερολύματα που απορροφούν έντονα έχουν ως αποτέλεσμα την θέρμανση.

Στην ατμόσφαιρα, υπάρχει ένα μείγμα αυτών των δύο αερολυμάτων, και η επίδραση τους στο ενεργειακό ισοζύγιο της Γης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας και του νέφους. Τα αερολυμάτα, τα οποία σκεδάζουν την ηλιακή ακτινοβολία, πάνω από μια σκούρα επιφάνεια καθώς και τα αερολύματα με απορροφητικό χαρακτήρα, πάνω από μια

ανοιχτόχρωμη επιφάνεια δρουν πιο αποτελεσματικά(βλ. Σχήμα 1.10α). Η σκέδαση ή αντίστοιχα η απορρόφηση του αερολύματος πάνω από μια ανοιχτόχρωμη ή αντίστοιχα σκούρα επιφάνεια είναι λιγότερο αποτελεσματική επειδή η ηλιακή ακτινοβολία αντανακλάται ή απορροφάται αντίστοιχα. Τα απορροφητικά αερολύματα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά όταν τοποθετούνται πάνω από τα σύννεφα, τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στη συνολική ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας πίσω στο διάστημα.



Σχήμα 1.10: Το άμεσο φαινόμενο αερολύματος και το φαινόμενο της λευκάνγειας των νεφών.

(α) Η άμεση επίδραση του αερολύματος, σκεδαστικού και απορροφητικού χαρακτήρα, για χαμηλή και υψηλή επιφανειακή λευκάνγεια. Μια σκούρα επιφάνεια (χαμηλή λευκάνγεια) θα απορροφήσει ήδη ένα μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και η απορροφητικότητα του αερολύματος δεν θα έχει έντονη επίδραση. Τα αερολύματα, τα οποία σκεδιάζουν την ακτινοβολία, θα ενισχύσουν αντ' αυτού τη συνολική ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας και έτσι επιδρούν έντονα. Πάνω από μια ανοιχτόχρωμη επιφάνεια (υψηλή λευκάνγεια) τα αερολύματα, τα οποία σκεδιάζουν, έχουν αμυδρό αποτέλεσμα. Τα απορροφητικά αερολύματα μπορεί να μειώνουν την εξερχόμενη ακτινοβολία και έτσι να έχουν ως αποτέλεσμα την θέρμανση της επιφάνειας. (β) Το αποτέλεσμα της λευκάνγειας των νεφών (πρώτο έμμεσο αποτέλεσμα αερολύματος), το αποτέλεσμα της διάρκειας ζωής στο νέφος (δεύτερο έμμεσο αποτέλεσμα αερολύματος) και το ημι-άμεσο αποτέλεσμα(2013, Nature Education). <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/aerosols-and-their-relation-to-global-climate-102215345/>.

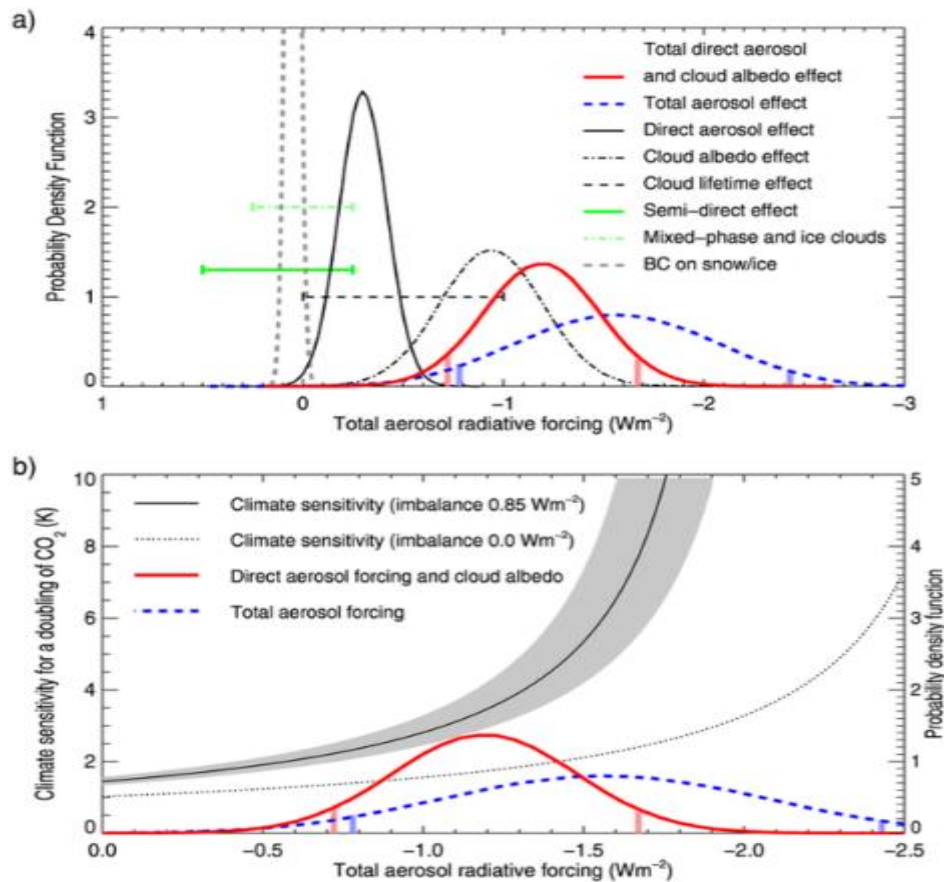
Τα αερολύματα είναι ζωτικής σημασίας για το σχηματισμό νέφους. Ένα υποσύνολο αυτών μπορεί να χρησιμεύσει ως πυρήνες συμπύκνωσης νέφους (CCN) και πυρήνες πάγου (IN). Μια αυξημένη ποσότητα αερολυμάτων μπορεί να αυξήσει τη συγκέντρωση του αριθμού CCN και να οδηγήσει σε περισσότερα, αλλά μικρότερα, σταγονίδια στο νέφος με σταθερή

περιεκτικότητα σε υγρό νερό. Αυτή η διαδικασία αυξάνει την λευκάυγεια του νέφους, με αποτέλεσμα βελτιωμένη ανάκλαση και μείωση της θερμοκρασίας(ψύξη), που ονομάζεται φαινόμενο λευκάυγειας των νεφών (Twomey 1977, Σχήμα 1.10β). Οι μικρότερες σταγόνες απαιτούν μεγαλύτερους χρόνους ανάπτυξης για να φτάσουν σε μεγέθη στα οποία πέφτουν εύκολα με την διαδικασία της καθίζησης. Αυτό το φαινόμενο, που ονομάζεται διάρκεια ζωής του νέφους, μπορεί να ενισχύσει την επικάλυψη του νέφους (βλέπε εικόνα στο Σχήμα 1.10β) και συνεπώς να επιβάλει επιπλέον μείωση της θερμοκρασίας(ψύξη) (Albrecht 1989).

Τα απορροφητικά αερολύματα έχουν επίσης τη δυνατότητα να τροποποιήσουν τις ιδιότητες των νεφών, χωρίς να ενεργούν άμεσα ως CCN και IN, με:

1. Θέρμανση του αέρα που τους περιβάλλει, μειώνοντας έτσι την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος, η οποία σταθεροποιεί την ατμόσφαιρα και μειώνει την κατακόρυφη μεταφορά και συνεπώς τον δυναμικό σχηματισμό του νέφους.
2. Αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, η οποία μειώνει τη σχετική υγρασία, αναστέλλει το σχηματισμό νέφους και ενισχύει την εξάτμιση των υπαρχόντων νεφών. Αυτό ονομάζεται συνολικά ημι-άμεσο αποτέλεσμα αερολύματος (Hansen *et al.* 1997). Το καθαρό αποτέλεσμα είναι αβέβαιο (βλέπε σχήμα 3β) και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κατακόρυφο προφίλ του BC (Koch & Del Genio 2010). Επιπλέον, το BC και άλλα απορροφητικά αερολύματα που εναποτίθενται σε επιφάνειες χιονιού ή πάγου μπορεί να μειώσουν την επιφανειακή λευκάυγεια, οδηγώντας σε μείωση της ανάκλωμενης ηλιακής ακτινοβολίας, και ως εκ τούτου θέρμανση της επιφάνειας(Hansen & Nazarenko 2004).

Η ένταση ακτινοβολίας (RF) συχνά χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό και τη σύγκριση των πιθανών κλιματικών επιπτώσεων των διαφόρων επιδράσεων αερολύματος. Το RF ορίζεται ως αλλαγή στο ισοζύγιο ακτινοβολίας της Γης λόγω κάποιας διαταραχής η οποία έχει ανθρωπογενή ή φυσική προέλευση. Η συνολική συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας εξαναγκασμού αερολύματος(probability density function)(PDF), εκτός από μεμονωμένα συστατικά αερολύματος, υποδεικνύει τόσο τα μεγέθη όσο και την αβεβαιότητα των επιδράσεων, φαίνεται στο Σχήμα 1.11α. Όσο ευρύτερο είναι το PDF, τόσο μεγαλύτερη είναι η αβεβαιότητα. Ο συνδυασμός όλων των αποτελεσμάτων αερολύματος (μπλε διακεκομμένη καμπύλη στο σχήμα 1.11α) ενισχύει την αβεβαιότητα σε σύγκριση με την εξέταση μόνο του άμεσου αποτελέσματος αερολύματος και του αποτελέσματος μέσω της λευκάυγειας του νέφους.



Σχήμα 1.11:Συνάρτηση αερολύματος. Συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας των αποτελεσμάτων του αερολύματος (Isaksen et al. (2009), με μικρές ενημερώσεις από την λευκάυγεια του νέφους και τον χρόνο ζωής αυτού).. (β) Ευαισθησία του κλίματος για διπλασιασμό του CO_2 ως συνάρτηση του συνολικού RF του αερολύματος. Εμφανίζονται ακτινοβολικές ανισορροπίες 0,85 (σταθερή γραμμή, Hansen et al. 2005), 0,7 και 1,0 Wm^{-2} (γκρίζα ζώνη) και 0,0 (ισορροπία ακτινοβολίας, διακεκομμένη γραμμή). Η αλλαγή της θερμοκρασίας στην βιομηχανικής εποχή λαμβάνεται υπόψιν ως 0,8 Kelvin (K) και RF χωρίς αεροζόλ +2,9 Wm^{-2} .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Μεθοδολογία

2.1 Δίκτυο AERONET

Το πρόγραμμα AERONET (AErosol RObotic NETwork) είναι ένα σύνολο από επίγεια δίκτυα οργάνων ανίχνευσης αιωρούμενων σωματιδίων που ιδρύθηκε από τη NASA και τη LOA-PHOTONS (CNRS) και επεκτείνεται σε μεγάλο βαθμό από τους συνεργάτες, από εθνικές υπηρεσίες, ινστιτούτα, πανεπιστήμια, μεμονωμένους επιστήμονες και άλλους συνεργάτες. Το πρόγραμμα παρέχει μια μακροπρόθεσμη, συνεχή και εύκολα προσβάσιμη βάση δεδομένων δημόσιου τομέα με τις οπτικές, μικροφυσικές και ακτινικές ιδιότητες του αερολύματος για έρευνα, χαρακτηρισμό, επικύρωση δορυφορικών προγραμμάτων και συνδυασμό με άλλες βάσεις δεδομένων. Το δίκτυο επιβάλλει τυποποίηση οργάνων, βαθμονόμηση, επεξεργασία και διανομή.

Το AERONET παρέχει παγκόσμιες κατανεμημένες παρατηρήσεις του φασματικού οπτικού βάθους αερολύματος (AOD), των προϊόντων αναστροφής και του κατακρημνισμένου νερού και σε άλλες ιδιότητες του αεροζόλ. Τα δεδομένα οπτικού βάθους των αιωρούμενων σωματιδίων υπολογίζονται για τρία επίπεδα ποιότητας δεδομένων: Επίπεδο 1.0 (αφιλτράριστα), Επίπεδο 1.5 (φιλτραρισμένα σχετικά με τα σύννεφα) και Επίπεδο 2.0 (φιλτραρισμένα σχετικά με τα σύννεφα και διασφάλιση ποιότητας). Οι αναστροφές, το κατακρημνισμένο νερό και άλλα προϊόντα που εξαρτώνται από το AOD προέρχονται από αυτά τα επίπεδα και ενδέχεται να εφαρμόζουν επιπρόσθετους ελέγχους ποιότητας.

Ηλιακό φασματοφωτόμετρο Cimel

Το CIMEL Electronique CE318 είναι ένα ηλιακό φωτόμετρο που μετράει το φάσμα της έντασης της ακτινοβολίας και της ηλιακής ακτινοβολίας. Το τελευταίο μοντέλο CE318-T πραγματοποιεί επίσης νυχτερινές μετρήσεις του φασματος της σεληνιακής ακτινοβολίας.

Αποτελείται από έναν αισθητήρα, ο οποίος προσαρμόζεται σε αντάπτορες των 25 εκατοστών, οι οποίοι είναι προσαρτημένοι σε μια ρομποτική βάση 40 εκατοστών, η οποία δείχνει συστηματικά την κεφαλή του αισθητήρα στον Ήλιο, τον ουρανό και το φεγγάρι σύμφωνα με μια προγραμματισμένη ρουτίνα. Η μονάδα ελέγχου Cimel, οι μπαταρίες και ο εξοπλισμός μετάδοσης μέσω δορυφόρου Sutron συνήθως βρίσκονται σε μια αδιάβροχη πλαστική θήκη διαστάσεων 30 cm x 62 cm x 46 cm. Το συνολικό βάρος του φωτομέτρου Cimel Sun είναι περίπου 15 κιλά, με επιπλέον 22 κιλά το κουτί ελέγχου, η μπαταρία, ο δορυφορικός πομπός Sutron, η αδιάβροχη θήκη και άλλα υλικά.



Σχήμα 2.1: Ηλιακό φωτόμετρο Cimel CE 318-2
(<https://fsf.nerc.ac.uk/instruments/cimel.shtml>)

Λειτουργία οργάνου

Το ραδιόμετρο πραγματοποιεί δύο βασικές μετρήσεις, είτε άμεσα απο τον ήλιο ή τον ουρανό, ή και οι δύο μαζί μέσα από πολλές προγραμματισμένες ακολουθίες. Οι άμεσες μετρήσεις του ήλιου γίνονται σε οκτώ φασματικές ζώνες που απαιτούν περίπου 10 δευτερόλεπτα. Οκτώ φίλτρα παρεμβολής σε μήκη κύματος 340, 380, 440, 500, 670, 870, 940 και 1020 nm, τα οποία βρίσκονται πάνω σε έναν τροχό που περιστρέφεται από έναν κινητήρα. Το κανάλι 940 nm χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της στήλης υδρατμών. Μια προ-προγραμματισμένη ακολουθία μετρήσεων λαμβάνεται από αυτά τα όργανα ξεκινώντας από μια μάζα αέρα 7 το πρωί και τελειώνει σε μια μάζα αέρα 7 το βράδυ. Το οπτικό βάθος υπολογίζεται από τη φασματική εξασθένιση της άμεσης δέσμης ακτινοβολίας σε κάθε μήκος κύματος βάσει του νόμου Beer-Bouguer. Μια ακολουθία τριών τέτοιων μετρήσεων διαρκεί 30 δευτερόλεπτα, δημιουργώντας μια τριπλή παρατήρηση ανά μήκος κύματος. Κατά τη διάρκεια περιόδου μεγάλης μάζας αέρα, γίνονται άμεσες μετρήσεις του ήλιου σε διαστήματα 0,25 μάζας αέρα, ενώ σε μικρότερες μάζες αέρα το διάστημα μεταξύ των μετρήσεων είναι συνήθως 15 λεπτά.

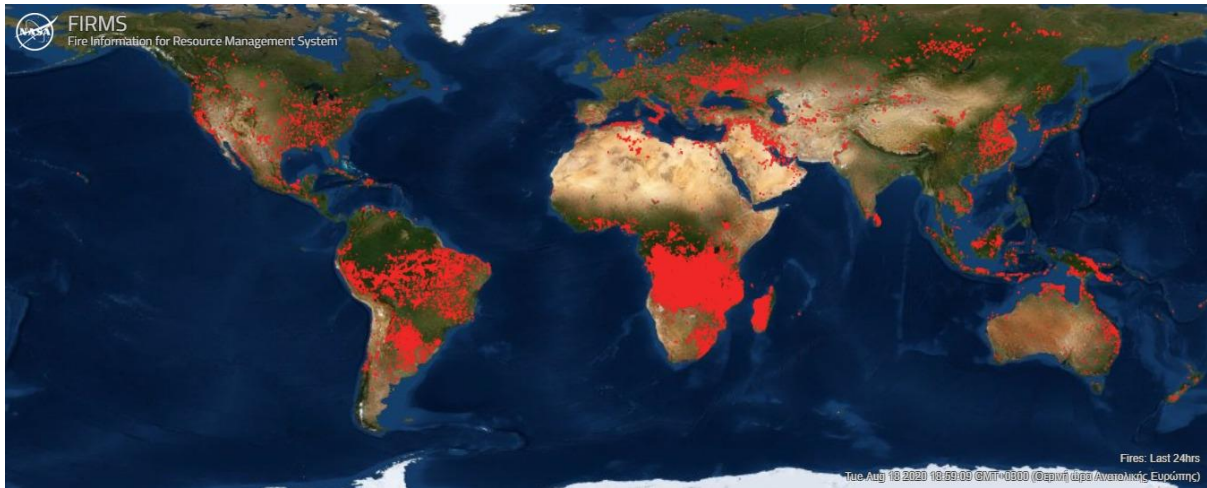
Εκτός από τις μετρήσεις άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που γίνονται με οπτικό πεδίο 1,2 μοιρών, αυτά τα όργανα μετρούν την διάχυση της ακτινοβολίας σε τέσσερις φασματικές ζώνες (440, 670, 870 και 1020 nm) κατά μήκος του κύριου ηλιακού επιπέδου (δηλαδή, σταθερά γωνία η αζιμουθίου, με ποικίλες γωνίες σκέδασης) έως και εννέα φορές την ημέρα και κατά μήκος του ηλιακού almucantar (δηλαδή, σε σταθερή γωνία ανύψωσης, με ποικίλες γωνίες αζιμουθίου) έως και έξι φορές την ημέρα. Η προσέγγιση είναι να αποκτήσετε παρατηρήσεις ακτινοβολίας μέσω ενός μεγάλου εύρους γωνιών σκέδασης από τον ήλιο και μέσω ενός σταθερού προφίλ αερολύματος για την ανάκτηση κατανομής μεγέθους, λειτουργίας φάσης και οπτικού βάθους αερολύματος.

2.2 Σύστημα FIRMS

Το Fire Information for Resource Management System (FIRMS)(Πληροφορίες πυρκαγιών για την διαχείριση πόρων) διανέμει ενεργά δεδομένα πυρκαγιών σχεδόν σε πραγματικό χρόνο (NRT) εντός 3 ωρών από την δορυφορική παρατήρηση τόσο από το φασματόραδιόμετρο ανάλυσης (MODIS) όσο και από την ορατή υπέρυθρη απεικόνιση από το ραδιόμετρο (VIIRS).

Τα ενεργά δεδομένα fire / hotspot μπορούν να προβληθούν στο FIRMS Fire Map ή στο Worldview της NASA, να παραδοθούν ως ειδοποιήσεις μέσω email ή να ληφθούν στις ακόλουθες μορφές: SHP, KML, TXT, WMS

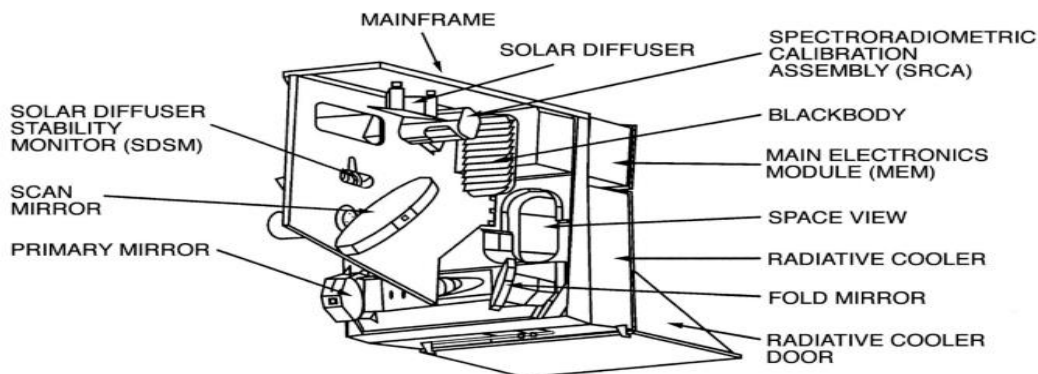
Το FIRMS είναι μέρος της ικανότητας NASA's Land, Atmosphere Near Real-Time για EOS (LANCE). (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>)



Σχήμα 2.2: Χάρτης πυρκαγιών στις 18/8/2020 από το FIRMS

2.3.Όργανο MODIS

Το MODIS (ή Spectroradiometer Moderate Resolution Imaging) είναι ένα βασικό όργανο που βρίσκεται στους δορυφόρους Terra (αρχικά γνωστό ως EOS AM-1) και Aqua (αρχικά γνωστό ως EOS PM-1). Η τροχιά του Terra γύρω από τη Γη είναι συγχρονισμένη έτσι ώστε να περνά από το Βορρά προς το Νότο στον Ισημερινό το πρωί, ενώ ο Aqua περνά νότια προς Βορρά πάνω από τον ισημερινό το απόγευμα. Ο Terra MODIS και Aqua MODIS βλέπουν ολόκληρη την επιφάνεια της Γης κάθε 1 έως 2 ημέρες, αποκτώντας δεδομένα σε 36 φασματικές ζώνες ή σε διάφορες ομάδες μήκους κύματος. Αυτά τα δεδομένα θα βελτιώσουν την κατανόησή μας για την παγκόσμια δυναμική και τις διαδικασίες που συμβαίνουν στην ξηρά, στους ωκεανούς και στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Το MODIS παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη επικυρωμένων, παγκόσμιων, διαδραστικών μοντέλων και συστημάτων, ικανών να προβλέψουν μια παγκόσμια αλλαγή, ώστε να λειφθούν σωστές αποφάσεις σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος. (<https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>)



Σχήμα 2.3: Όργανο MODIS (<https://modis.gsfc.nasa.gov/about/components.php>)

Προϊόντα MODIS

1. Το MODIS ως ενεργό προϊόν πυρκαγιάς, ανιχνεύει πυρκαγιές σε εικονοστοιχεία 1 km που καίγονται, την στιγμή που περνάει από πάνω, υπό συνθήκες καθαρού ουρανού χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο με βάση τα συμφραζόμενα.(<http://modis-fire.umd.edu/af.html>)
2. Προϊόντα Καμμενης Περιοχής. Οι καμένες περιοχές χαρακτηρίζονται από εναποθέσεις άνθρακα και τέφρας, απομάκρυνση της βλάστησης και αλλοίωση της δομής της βλάστησης (Pereira et al., 1997, Roy et al., 1999). Ο αλγόριθμος χαρτογράφησης περιοχών MODIS εκμεταλλεύεται αυτές τις φασματικές, χρονικές και δομικές αλλαγές. Ανιχνεύει την κατά προσέγγιση ημερομηνία καύσης σε χωρική ανάλυση 500 m εντοπίζοντας την εμφάνιση ταχείων αλλαγών στα δεδομένα ημερήσιων σειρών ανάκλασης επιφανείας. Ο αλγόριθμος χαρτογραφεί τη χωρική έκταση των πρόσφατων πυρκαγιών και όχι των πυρκαγιών που σημειώθηκαν σε προηγούμενες εποχές.(<http://modis-fire.umd.edu/ba.html>)

2.4 Περιοχές Μελέτης

2.4.1 Νότιος Αμερική

1. Αμαζόνιος

Το τροπικό δάσος του Αμαζονίου σχηματίζεται γύρω από τον ποταμό Αμαζόνιο και τη λεκάνη απορροής του ποταμού . Είναι το μεγαλύτερο τροπικό δάσος στον κόσμο με 7.000.000 km² (2.700.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα), που διανέμεται σε εννέα διαφορετικές χώρες. Το μεγαλύτερο τμήμα του δάσους είναι στη Βραζιλία και το Περού, ακολουθούμενο από τη Βολιβία, την Κολομβία, τη Βενεζουέλα, τον Ισημερινό, τη Γουιάνα, τη Γαλλική Γουιάνα και το Σουρινάμ.

Οι πυρκαγιές μπορούν να συμβούν για πολλούς διαφορετικούς λόγους: μερικοί προκαλούνται από τη φύση, άλλοι είναι τυχαίοι, ελεγχόμενοι, αλλά μία από τις πιο απειλητικές είναι η κοπή και η καύση, μια μέθοδος εκκαθάρισης της γης για καλλιέργεια, η οποία μπορεί να βγει εκτός ελέγχου. **Αλλά ποιος είναι ο λόγος πίσω από τις πυρκαγιές στον Αμαζόνιο;**

Αν λοιπόν η περίοδος της ξηρασίας δεν εξηγεί τις τρέχουσες πυρκαγιές, η μόνη εύλογη εξήγηση είναι ότι η αποψίλωση των δασών είναι η φλόγα . Η φωτιά χρησιμοποιείται συνήθως για την εκκαθάριση της γης μετά τη μείωση των δασών. Εκτός από την απόκτηση ξύλου, πολλά δέντρα του Αμαζονίου κόβονται για να φυτέψουν σόγια, να δημιουργήσουν ανοιχτό χώρο για επικερδείς βοσκότοπους βοοειδών ή για άλλους σκοπούς. "Δεν υπάρχουν φυσικές πυρκαγιές στον Αμαζόνιο. Ωστόσο, υπάρχουν άνθρωποι που ανάβουν πυρκαγιές, οι οποίες μπορούν να επιδεινωθούν και να μετατραπούν σε δασικές πυρκαγιές κατά τη διάρκεια της ξηρασίας", εξήγησε σε μια δήλωση η επιστημονική διευθύντρια της IPAM Ane Alenca .

Ο κίνδυνος αυτής της πρακτικής στον Αμαζόνιο έγκειται όχι μόνο στην προφανή απώλεια δασικών εκτάσεων και στη συνακόλουθη απώλεια της βιοποικιλότητας, αλλά και στο γεγονός ότι το τροπικό δάσος θα μπορούσε να εισέλθει σε ένα κυκλικό σύστημα στο οποίο αυτή η απώλεια θα έκανε την περιοχή πιο ξηρή και ξηρότερη, και όπου μεγάλο μέρος της βροχής που δημιουργείται από το ίδιο το τροπικό δάσος του Αμαζονίου θα μειωθεί λόγω της μείωσης της ίδιας της δασικής μάζας. Αυτό θα αύξανε την ξηρότητα του εδάφους, την πιθανότητα μεγαλύτερης δραστηριότητας αποψίλωσης και θα μπορούσε να αυξήσει την εξάπλωση των πυρκαγιών.

Και παρόλο που δεν υπάρχει ακόμη επίσημη αναφορά για τις καμένες περιοχές του τροπικού δάσους του Αμαζονίου, **εκτιμάται ότι η πυρκαγιά έχει ήδη καταναλώσει χιλιάδες εκτάρια που φιλοξένησαν ανεκτίμητη βιοποικιλότητα .**

<https://smartwatermagazine.com/blogs/laura-f-zarza/amazon-rainforest-fires-why-one-planets-most-humid-areas-burning>

A. Περιοχή RIO BRANCO

Το Rio Branco είναι ένας δήμος της Βραζιλίας, πρωτεύουσα της πολιτείας του Acre . Βρίσκεται στην κοιλάδα του ποταμού Acre στη βόρεια Βραζιλία , είναι ο πιο πυκνοκατοικημένος δήμος στην πολιτεία , με 407.319 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2018, σχεδόν το μισό του κρατικού πληθυσμού. Το Rio Branco βρίσκεται 9 ° 58 '29 "νότια και 67 ° 48' 36" δυτικά, σε υψόμετρο 143 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Η πόλη έχει αναπτυχθεί και στις δύο πλευρές του ποταμού Acre , με περιοχές γνωστές ως την πρώτη (αριστερή όχθη) και τη δεύτερη περιοχή. Το ποτάμι διασχίζεται από έξι γέφυρες, η νεότερη γέφυρα είναι η γέφυρα Joaquim Macedo. Το Rio Branco βρίσκεται στο μεσοπεριφέραιο του Vale do Juruá και στη μικροπεριφέρεια του Rio Branco. Συνορεύει στα βόρεια από τους δήμους Bujari και Porto Acre . στα νότια από τους δήμους Xapuri , Capixaba και Plácido de Castro . στα ανατολικά από τον δήμο Senador Guiomard · και στα δυτικά από τον δήμο Sena Madureira . Το τροπικό δάσος του Αμαζονίου αντιπροσωπεύει πάνω από το ήμισυ των υπόλοιπων τροπικών δασών του πλανήτη και αποτελεί το μεγαλύτερο και πιο πλούσιο σε είδη τροπικό δάσος στον

κόσμο. Τα υγρά τροπικά δάση είναι η πιο πλούσια σε είδη βιομάζα και τα τροπικά δάση στην Αμερική είναι σταθερά περισσότερα είδη από τα υγρά δάση στην Αφρική και την Ασία. Ως το μεγαλύτερο κομμάτι τροπικού τροπικού δάσους στον κόσμο, τα τροπικά δάση του Αμαζονίου έχουν απaráμιλλη βιοποικιλότητα . Περισσότερα από το ένα τρίτο όλων των ειδών στον κόσμο ζουν στο τροπικό δάσος του Αμαζονίου.

Ο δήμος περιλαμβάνει μέρος των 931.537 εκταρίων (2.301.880 στρέμματα) Chico Mendes Extractive Reserve , μια περιβαλλοντική μονάδα αειφόρου χρήσης που δημιουργήθηκε το 1990.

Η πόλη του Rio Branco έχει τη χαμηλότερη μέση ετήσια θερμοκρασία μεταξύ νόμιμων πρωτευουσών του Αμαζονίου. Η πόλη έχει τροπικό κλίμα μουσώνων, με θερμοκρασίες μεταξύ 23 και 33 ° C κατά τις θερμότερες ημέρες του έτους. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται τη νύχτα, με συχνές θερμοκρασίες 22 ° C την αυγή. Η περίοδος από τον Δεκέμβριο έως τον Μάρτιο είναι η πιο καυτή εποχή του έτους, με υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας ~ 38 ° C και περισσότερο. Συνήθως μεταξύ Μαΐου και Αυγούστου, η περιοχή αντιμετωπίζει πιο δροσερό καιρό, καταγράφοντας χαμηλότερες θερμοκρασίες (περίπου 15 ° C) σε σύγκριση με τα περιφερειακά πρότυπα. Τον Ιούλιο του 2010 η πόλη γνώρισε χαμηλές θερμοκρασίες. Το απόγευμα της 17ης, οι θερμοκρασίες καταγράφηκαν σε 14,7 ° C κατά μέσο όρο με τουλάχιστον 12,1 ° C. Ο 19ος ξεχώρισε με τουλάχιστον 9,8 ° C . Ωστόσο, το μέγιστο του μήνα έφτασε τους 28 ° C.

Το Rio Branco έχει μια μακρά περίοδο υγρής περιόδου από τον Οκτώβριο έως τον Μάιο και μια σχετικά σύντομη περίοδο ξηρασίας που καλύπτει τους υπόλοιπους τέσσερις μήνες. Η πόλη κατά μέσο όρο βλέπει περίπου 1,9 μέτρα βροχοπτώσεων ετησίως. Το Rio Branco βιώνει τις βαρύτερες βροχοπτώσεις από τον Δεκέμβριο έως τον Μάρτιο, κατά μέσο όρο πάνω από 200 χιλιοστά ή 8 ίντσες υετού ανά μήνα κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού πλαισίου.



Σχήμα 2.4: Περιοχή RIO BRANCO

(https://en.wikipedia.org/wiki/Rio_Branco)

B. Περιοχή CUIABA

Η Cuiabá είναι η πρωτεύουσα της βραζιλιάνικης πολιτείας Μάτο Γκρόσο . Χρησιμοποιείται ως το **Γεωγραφικό Κέντρο της Νότιας Αμερικής** και σχηματίζει τη μητροπολιτική περιοχή του κράτους, μαζί με τη γειτονική πόλη Várzea Grande . Το Cuiabá συνορεύει με τις πόλεις Chapada dos Guimarães , Campo Verde, Santo Antônio do Leverger , Várzea Grande , Jangada και Acorizal. Η πόλη είναι μια διασταύρωση πολλών μεγάλων δρόμων και υδάτινων οδών. Ωστόσο, λόγω των όχθων άμμου κατά μήκος του ποταμού, αυτές οι πλωτές οδοί δεν υποστηρίζουν πλέον μεσαία ή μεγάλα πλοία.

Το τρίτο πιο σημαντικό αεροδρόμιο της Βραζιλίας Mid-West περιοχή βρίσκεται στο Cuiabá, και η πόλη είναι το κέντρο μιας σημαντικής και παραγωγικής γεωργικής περιοχής. Είναι διάσημη σε όλη τη Βραζιλία ως μία από τις πιο καυτές πόλεις της χώρας, όπου οι θερμοκρασίες είναι συχνά πάνω από 40 ° C .

Η πόλη βρίσκεται σε μια ζώνη μετάβασης μεταξύ τριών από τα πιο χαρακτηριστικά βραζιλιάνικα οικοσυστήματα: Amazon , Cerrado και Pantanal . Είναι επίσης κοντά στην οροσειρά που είναι γνωστή ως Chapada dos Guimarães (η οποία εμποδίζει τις πολιτικές μάζες και προκαλεί τον εξαιρετικά ζεστό καιρό).

Η Cuiabá είναι επίσης γνωστή ως η νότια πύλη του Αμαζονίου.

Ο δήμος περιέχει το 11% των 3.534 εκταρίων (8.730 στρέμματα) του οικολογικού σταθμού Rio da Casca , μιας αυστηρά προστατευόμενης μονάδας διατήρησης που δημιουργήθηκε το 1994

Σύμφωνα με την ταξινόμηση του κλίματος Köppen , το Cuiabá έχει τροπικό υγρό και ξηρό κλίμα. Η Cuiabá είναι διάσημη για τη φλεγόμενη θερμότητα της, αν και οι θερμοκρασίες το χειμώνα μπορεί μερικές φορές να πέσουν στους 10 ° C. Αυτό είναι άτυπο, προκαλείται από κρύα μέτωπα που μπαίνουν από το νότο και μπορεί να διαρκέσει μόνο μία ή δύο συνεχόμενες ημέρες και μετά να επιστρέψει στη συνήθη ζέστη. Το κλίμα είναι τροπικό και υγρό. Οι βροχοπτώσεις συγκεντρώνονται από Σεπτέμβριο έως Μάιο, η μάζα του ξηρού αέρα πάνω από το κέντρο της Βραζιλίας, εμποδίζοντας τον σχηματισμό βροχής από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο. Τα κρύα μέτωπα διαλύουν τη θερμότητα που σχετίζεται με τον καπνό που παράγεται από πυρκαγιές που ανάβουν κατά τη διάρκεια της ξηρασίας. Η σχετική υγρασία μειώνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, μερικές φορές κάτω από το 15%, αυξάνοντας τις περιπτώσεις αναπνευστικών ασθενειών. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 1.351,1 χιλιοστά, με μέγιστη ένταση από Δεκέμβριο έως Μάρτιο. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία φτάνει τους 34 ° C, αλλά το απόλυτο μέγιστο μπορεί να φτάσει τους 40 ° C σε θερμότερους μήνες αλλά μειωμένο τις βροχερές ημέρες, όταν η μέγιστη θερμοκρασία είναι συνήθως μόνο 28 ° C .

Το Massairó Okamura State Park παρέχει έναν καταπράσινο χώρο με χαρακτηριστική βλάστηση από cerrado στο κέντρο μιας πολύ αστικής περιοχής. Βοηθά στη διατήρηση των υδάτων των ρευμάτων Barbado και Moinho. ^[12] Το κρατικό πάρκο Zé Bolo Flô 66 στρεμμάτων (160 στρέμματα) βρίσκεται στην περιοχή Grande Coxipó. ^[13] Η πόλη περιλαμβάνει επίσης τα 77 εκτάρια (190 στρέμματα) Mãe Bonifácia State Park , που δημιουργήθηκε το 2000, επίσης με τυπικά κεραμίδια. Το Cerrado περιλαμβάνει διάφορους τύπους βλάστησης. Χαρακτηρίζεται από εκτεταμένους σχηματισμούς σαβάνας που διασχίζονται από δάση γκαλερί και κοιλάδες ρέματος. Υγρά πεδία και μονοπάτια παλάμης

"buriti" βρίσκονται όπου το υδάτινο νερό βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια. Τα αλπικά λιβάδια εμφανίζονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα και μεσοφυτικά δάση σε πιο εύφορα εδάφη .

Τα δέντρα «Cerrado» έχουν χαρακτηριστικούς στριμμένους κορμούς που καλύπτονται από έναν παχύ φλοιό και φύλλα που είναι συνήθως πλατιά και άκαμπτα. Πολλά ποώδη φυτά έχουν εκτεταμένες ρίζες για την αποθήκευση νερού και θρεπτικών συστατικών. Ο παχύς φλοιός και οι ρίζες του φυτού χρησιμεύουν ως προσαρμογές για τις περιοδικές πυρκαγιές που σαρώνουν το τοπίο του cerrado. Αυτές οι προσαρμογές προστατεύουν τα φυτά από την καταστροφή και τα καθιστούν ικανά να βλαστήσουν ξανά μετά τη φωτιά.



Σχήμα 2.5: Περιοχή CUIABA

(<https://en.wikipedia.org/wiki/Cuiab%C3%A1>)

C. Περιοχή ALTA FLORESTA

Alta Floresta είναι μια βραζιλιάνικη περιοχή στο βόρειο τμήμα του κράτους του Mato Grosso . Ο δήμος της Alta Floresta έχει έκταση 8 947,07 km² και βρίσκεται στο βόρειο άκρο της πολιτείας Mato Grosso, 830 χλμ. από την πρωτεύουσα της πολιτείας, Cuiabá . Βρίσκεται σε υψόμετρο 283 μέτρων.

Το 2010, είχε πληθυσμό 49 164 κατοίκων, σύμφωνα με την απογραφή του 2010, και εκτιμάται σε 51 782 το 2019, σύμφωνα με εκτιμήσεις της IBGE.

Η γλωριδα του δήμου Alta Floresta, ουσιαστικά, αποτελείται από ανοιχτό και πυκνό τροπικό δάσος , εποχιακό δάσος και Cerrado .

Βροχερό τροπικό κλίμα, με δύο σαφώς καθορισμένες εποχές: βροχερό καλοκαίρι και ξηρό χειμώνα . Θερμοκρασίες μεταξύ 20 ° και 38 ° C, κατά μέσο όρο 26 ° C. Οι θερμοκρασίες μπορούν να φτάσουν τους 40 ° C τις πιο ζεστές ημέρες σε ορισμένα μέρη του δήμου. Τους βροχερούς μήνες, οι βροχοπτώσεις του μπορούν να φτάσουν σε πολύ υψηλούς μέσους όρους, μερικές φορές ξεπερνούν τα 2.750 mm.

Σύμφωνα με στοιχεία από το Εθνικό Ινστιτούτο Μετεωρολογίας (Inmet), η μέγιστη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί ποτέ σε Alta Floresta ήταν 37,8 °C, παρατηρείται στις 7 Σεπτεμβρίου , το 2010 και στις 19 Σεπτεμβρίου του 2011 . Η μεγαλύτερη συσσωρευμένη βροχοπτώσεων καταγράφηκαν στην πόλη μέσα σε 24 ώρες και ήταν 182,0 χιλιοστά, στις 10 τον Ιανουάριο του , 1980, .



Σχήμα 2.6: Περιοχή ALTA FLORESTA

(https://en.wikipedia.org/wiki/Alta_Floresta)

2.4.2 Αφρική

A. BANIZOUMBOU(Niamey)

Το Banizoumbou είναι μια περιοχή στην πόλη Niamey στο Νίγηρα .

Το Banizoumbou βρίσκεται στο κέντρο της πόλης Niamey μεταξύ Boulevard de la Liberté και Boulevard de l'Indépendance. Η συνοικία βρίσκεται σε ένα οροπέδιο με στρώμα άμμου βάθους άνω των 2,5 μέτρων, το οποίο επιτρέπει καλύτερη διείσδυση από ό, τι σε άλλα μέρη της πόλης.

Το Banizoumbou καλύπτει έκταση περίπου 30,8 εκταρίων . Από αυτά, 6,9 εκτάρια, περισσότερο από το ένα πέμπτο, καταλαμβάνονται από την περιοχή της αγοράς του Grand Marché .

Το κλίμα είναι ζεστό ημι-άνυδρο (Köppen κλιματική ταξινόμηση *BSh*), με αναμενόμενη βροχόπτωση μεταξύ 500 mm (20 in) και 750 mm (30 in) ετησίως, κυρίως ξεκινώντας με μερικές καταιγίδες τον Μάιο και μετά μετάβαση σε μια περίοδο βροχών, που συνήθως διαρκεί από τον Ιούνιο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου, όταν οι βροχές μειώνονται αρκετά γρήγορα. Οι περισσότερες βροχοπτώσεις είναι από τα τέλη Ιουνίου έως τα μέσα Σεπτεμβρίου. Δεν υπάρχει σχεδόν βροχή από τον Οκτώβριο έως τον Απρίλιο. Το Niamey είναι εξαιρετικά ζεστό όλο το χρόνο. Στην πραγματικότητα, είναι μια από τις πιο καυτές μεγάλες πόλεις του πλανήτη. Οι μέσες μηνιαίες υψηλές θερμοκρασίες φτάνουν τους 38 ° C τέσσερις μήνες από το έτος και σε κανένα μήνα οι μέσες υψηλές θερμοκρασίες πέφτουν κάτω από τους 32 ° C. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ξηρασίας, ιδιαίτερα από Νοέμβριο έως Φεβρουάριο, οι νύχτες είναι γενικά δροσερές. Οι μέσες βραδινές χαμηλές τιμές μεταξύ Νοεμβρίου και Φεβρουαρίου κυμαίνονται από 14-18 ° C.



Σχήμα 2.7: Περιοχη Niamey

<https://en.wikipedia.org/wiki/Niamey>

B. ΠΟΡΙΝ

Το Πορίν είναι η πρωτεύουσα της Kwara στη Δυτική Νιγηρία . Από την απογραφή του 2006, είχε πληθυσμό 777.667, καθιστώντας την την 7η μεγαλύτερη πόλη από πληθυσμό στη Νιγηρία. Το Porin έχει κλίμα τροπικής σαβάνας. είναι τοποθετημένο στο άνω άκρο της ζώνης της Σαβάνα της Γουινέας. Κατά τη διάρκεια της «ξηράς περιόδου» (Νοέμβριος-Φεβρουάριος), ο επικρατέστερος βόρειος - ανατολικός άνεμος, γνωστός ως «Harmattan», φέρνει αέρα που περιέχει σκόνη Σαχάρας. Αυτή είναι μια κλιματικά σημαντική περιοχή λόγω της θέσης της σε μια ερημική ζώνη μετάβασης και λόγω της επίδρασης του σκονισμένου ανέμου Harmattan που είναι ανθεκτικός για παρατεταμένες χρονικές περιόδους, χαρακτηρίζεται από σταθερές συνθήκες σκονών με υψηλή φόρτιση αερολύματος.(Aeronet)



Σχήμα 2.8: Περιοχή Ilorin

2.4.3 Νοτιοανατολική Ασία

A. Chiang Mai

Το Chiang Mai είναι η μεγαλύτερη πόλη στη βόρεια Ταϊλάνδη και η πρωτεύουσα της επαρχίας Chiang Mai. Απέχει 700 χλμ. βόρεια της Μπανγκόκ, κοντά στα ψηλότερα βουνά της χώρας, συμπεριλαμβανομένου του Doi Inthanon (το ψηλότερο βουνό της Ταϊλάνδης). Έχει ένα τροπικό κλίμα σαβάνας (Köppen Aw), μετριασμένο από το χαμηλό γεωγραφικό πλάτος και το μέτριο υψόμετρο, με ζεστό καιρό όλο το χρόνο, αν και οι συνθήκες κατά τη διάρκεια της ξηρασίας τη νύχτα μπορούν να είναι δροσερές και πολύ χαμηλότερες από τις θερμοκρασίες της ημέρας. Η μέγιστη θερμοκρασία που καταγράφηκε ποτέ ήταν 42,4 °C τον Μάιο του 2005. Κατά την περίοδο Δεκεμβρίου-Απριλίου, η ποιότητα του αέρα στο Chiang συχνά παραμένει χαμηλότερη από τα συνιστώμενα πρότυπα, με τα επίπεδα σκόνης λεπτών σωματιδίων να φτάνουν τα διπλάσια από τα κανονικά όρια. Έχει ειπωθεί ότι η ρύπανση από τον καπνό έχει κάνει τον Μάρτιο «τον χειρότερο μήνα για να επισκεφθείτε την πόλη» Σύμφωνα με την *Bangkok Post*, οι εταιρείες στον αγροτικό τομέα, όχι οι αγρότες, είναι οι μεγαλύτεροι συντελεστές στη ρύπανση της ατμόσφαιρας από καπνό. Η κύρια πηγή των πυρκαγιών είναι η εκκαθάριση της δασικής έκτασης για να δημιουργηθεί χώρος για νέες καλλιέργειες.



Σχήμα 2.9:Περιοχή Chiang Mai

(https://en.wikipedia.org/wiki/Chiang_Mai)

B. Hanoi

Το Hanoi είναι η πρωτεύουσα του Βιετνάμ . Καλύπτει έκταση 3.358,6 τετραγωνικών χιλιομέτρων (1.297 τετραγωνικά μίλια). Είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη στο Βιετνάμ, με περισσότερους από οκτώ εκατομμύρια κατοίκους εντός της πόλης και έναν πληθυσμό περίπου 20 εκατομμυρίων εντός της μητροπολιτικής περιοχής . Στην καρδιά του Red River Delta , το Ανόι είναι το εμπορικό, πολιτιστικό και εκπαιδευτικό κέντρο του Βόρειου Βιετνάμ. Βρίσκεται στη βόρεια περιοχή του Βιετνάμ, στο κόκκινο δέλτα του Βιετνάμ, περίπου 90 χλμ. από την παράκτια περιοχή. Το Ανόι περιέχει τρία βασικά είδη εδάφους, τα οποία είναι η περιοχή του δέλτα, η μεσαία περιοχή και η ορεινή ζώνη. Σε γενικές γραμμές, το έδαφος είναι σταδιακά χαμηλότερο από το βορρά προς το νότο και από τα δυτικά προς τα ανατολικά, με το μέσο ύψος να κυμαίνεται από 5 έως 20 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Οι λόφοι και οι ορεινές ζώνες βρίσκονται στο βόρειο και δυτικό τμήμα της πόλης. Η υψηλότερη κορυφή είναι στο Ba Vi με 1281 μέτρα, που βρίσκεται δυτικά της πόλης. διαθέτει ένα θερμό υγρό υποτροπικό κλίμα (Köppen Cwa) με άφθονη βροχόπτωση. Η πόλη βιώνει το τυπικό κλίμα του βόρειου Βιετνάμ, με τέσσερις διαφορετικές εποχές. Το καλοκαίρι, από Μάιο έως Αύγουστο, χαρακτηρίζεται από ζεστό και υγρό καιρό με άφθονη βροχόπτωση. Από τον Σεπτέμβριο έως τον Νοέμβριο περιλαμβάνεται η περίοδος πτώσης, που χαρακτηρίζεται από μείωση της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης. Ο χειμώνας, από τον Δεκέμβριο έως τον Ιανουάριο, είναι ξηρός και δροσερός σύμφωνα με τα εθνικά πρότυπα. Η πόλη είναι συνήθως συννεφιάσμενη και ομιχλώδης το χειμώνα, με μέσο όρο μόνο 1,5 ώρες ηλιοφάνειας την ημέρα το Φεβρουάριο και τον Μάρτιο.

Το Ανόι έχει κατά μέσο όρο βροχόπτωση 1.612 χιλιοστών (63,5 ίντσες) ετησίως, με την πλειοψηφία να μειώνεται από το Μάιο έως τον Οκτώβριο. Υπάρχουν κατά μέσο όρο 114 ημέρες με βροχή.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι $23,6^{\circ}\text{C}$, με μέση σχετική υγρασία 79%. Η υψηλότερη καταγεγραμμένη θερμοκρασία ήταν $42,8^{\circ}\text{C}$ τον Μάιο του 1926, ενώ η χαμηλότερη καταγεγραμμένη θερμοκρασία ήταν $2,7^{\circ}\text{C}$ τον Ιανουάριο του 1955.



Σχήμα 2.10: Περιοχή Hanoi

(<https://en.wikipedia.org/wiki/Hanoi>)

2.5. Οπτικές και Μικροφυσικές ιδιότητες αιωρούμενων σωματιδίων

2.5.1 Εισαγωγή

Διάδοση Ηλιακής Ακτινοβολίας

Όταν μια ακτινοβολία προσπέσει σε ένα υλικό που δεν είναι τέλειο σώμα, τότε ένα μέρος της θα σκεδαστεί, ένα μέρος θα απορροφηθεί και το υπόλοιπο θα περάσει μέσα από το σώμα.

Σύμφωνα με το νόμο του Beer-Lambert, η μείωση της ειδικής έντασης της ακτινοβολίας $dI_{(\lambda)}$ λόγω απορρόφησης κατά τη διέλευσή της μέσα από ένα ρευστό είναι ανάλογη της έντασης $I_{(\lambda)}$ της εισερχόμενης ακτινοβολίας, της πυκνότητας ρ του ρευστού και του μήκους διαδρομής dx μέσα στο ρευστό και εκφράζεται από τη σχέση:

$$dI_\lambda = -I_\lambda k_\lambda^{\alpha\pi} \rho dx$$

όπου $k_\lambda^{\alpha\pi}$ ο συντελεστής εξασθένησης λόγω απορρόφησης του ρευστού ο οποίος εξαρτάται από τη φύση του υλικού και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

Αν πέραν της απορρόφησης υπάρχει και σκέδαση δηλ. απομάκρυνση των φωτονίων από την αρχική δέσμη και μεταβολή της διεύθυνσης κίνησής τους, τότε ο νόμος του Beer-Lambert θα δίνεται από τη σχέση:

$$dI_\lambda = -I_\lambda k_\lambda^{\sigma\kappa} \rho dx$$

όπου $k_\lambda^{\sigma\kappa}$ ο συντελεστής εξασθένησης λόγω σκέδασης.

Αν σε ένα υλικό συμβαίνει και σκέδαση και απορρόφηση, τότε ο νόμος του Beer-Lambert εκφράζεται από τη σχέση:

$$dI_\lambda = -I_\lambda (k_\lambda^{\alpha\pi} + k_\lambda^{\sigma\kappa}) \rho dx$$

Οι προηγούμενες σχέσεις παίρνουν τη μορφή:

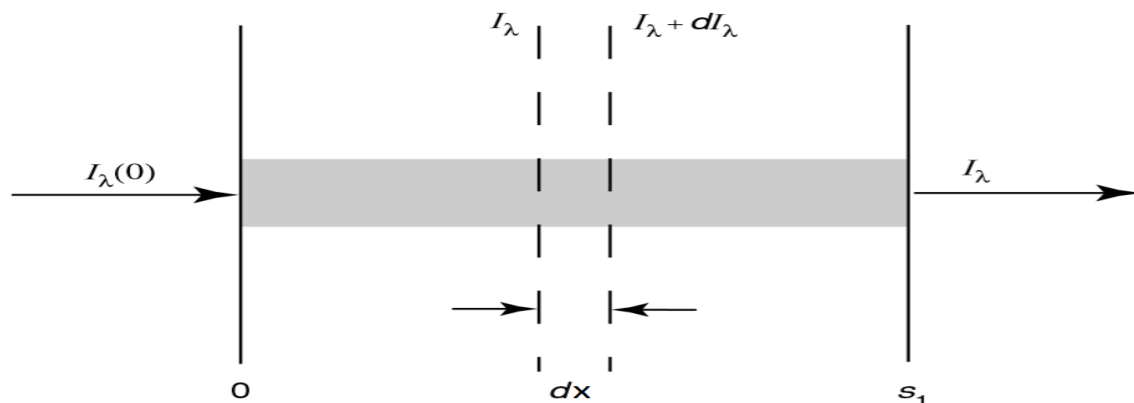
$$I_\lambda = I_{\lambda 0} e^{-k_\lambda \rho x}$$

όπου $I_{\lambda 0}$ η αρχική ένταση ακτινοβολίας, I_λ η ένταση ακτινοβολίας μετά τη διέλευση απόστασης x μέσα στο υλικό, k_λ ο συντελεστής εξασθένησης λόγω σκέδασης ή απορρόφησης ή και των δυο και ρ η μέση πυκνότητα του στρώματος x .

Η προηγούμενη σχέση πολλές φορές εκφράζεται ως:

$$I_\lambda = I_{\lambda 0} e^{-u}$$

όπου u το οπτικό πάχος του ρευστού, το οποίο εξαρτάται από τη φύση του υλικού (k_λ), την περιεκτικότητα του σε σωματίδια (ρ) και το γεωμετρικό πάχος (x) του στρώματος.



Σχήμα 2.11: Η εξασθένιση ακτινοβολίας έντασης I_{λ_0} κατά τη διέλευσή της μέσα από ρευστό με μήκος διαδρομής x . (Liu_Chapter1)

Τηλεπισκόπηση με την χρήση του ηλιακού φωτός

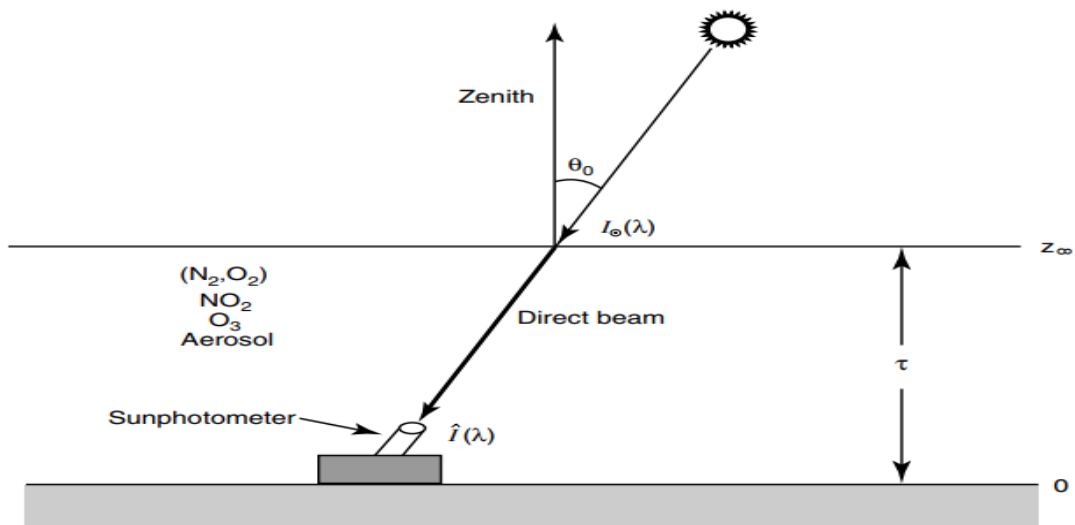
Η τηλεπισκόπηση των αερολυμάτων και του όζοντος από τα επίγεια ραδιομέτρα χρησιμοποιεί την άμεση δέσμη ηλιακής ακτινοβολίας που μεταδίδεται σε ανέφελη ατμόσφαιρα. Κυρίως επιλέγονται τα μήκη κύματος στο UV και στο ορατό φάσμα για τη βελτιστοποίηση των οπτικών ιδιοτήτων των αεροζόλ και όζον. Λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία που απεικονίζεται στο Το Σχ. 2.12 και σύμφωνα με τον νόμο Beer – Lambert που παρουσιάστηκε, η ένταση ακτινοβολίας ενός δεδομένου μήκους κύματος μετρούμενη στο έδαφος σε δεδομένο χρόνο του έτος μπορεί να γραφτεί με τη μορφή:

$$I(\lambda) = (r_0/r)^2 I_0(\lambda) \exp[-\tau(\lambda)m(\theta_0)]$$

Όπου r και r_0 είναι η πραγματική και μέση απόσταση ήλιου-γης αντίστοιχα. I_0 είναι η γνωστή ένταση ακτινοβολίας στην κορυφή της ατμόσφαιρας που αντιστοιχεί σε απόσταση r_0 . Ο συντελεστής μάζας αέριας μάζας $m(\theta_0) = 1/\cos\theta_0$ όπου θ_0 είναι η ζενίθ γωνία του ήλιου. Το συνολικό οπτικό βάθος είναι το άθροισμα των μεμονομένων τιμών που συνεισφέρουν τα αερολύματα(A), τα μόρια από σκέδαση Rayleigh(R), το όζον(3) και το διοξείδιο του αζώτου αντίστοιχα(2) :

$$\tau(\lambda) = \tau_A(\lambda) + \tau_R(\lambda) + \tau_3(\lambda) + \tau_2(\lambda)$$

Τα οπτικά βάθη των μορίων από σκέδαση Rayleigh και του NO_2 για δεδομένο μήκος κύματος θεωρούνται γνωστές ποσότητες, για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων του όζοντος και του αεροζόλ.

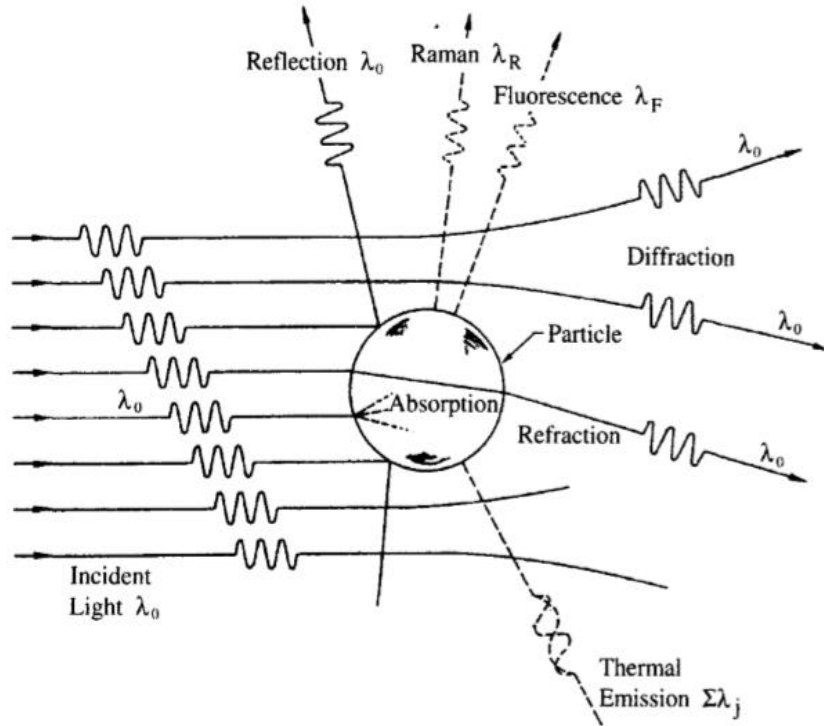


Σχήμα 2.12: Η γεωμετρία ενός επίγειου ραδιόμετρου που μετράει την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Η ζενίθ γωνία του ηλιού καθορίζεται από το θ_0 . Το οπτικό βάθος απεικονίζεται από το τ και η ένταση της ακτινοβολίας και η μέτρηση αυτής με I_0 και I .
(Liou 2nd)

Όταν μια ακτίνα φωτός προσκρούει σε ένα σωματίδιο, τα ηλεκτρικά φορτία στο σωματίδιο διεγείρονται με ταλαντωτική κίνηση. Τα διεγερμένα ηλεκτρικά φορτία εκπέμπουν ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις (σκέδαση) και μπορεί να μετατρέψουν ένα μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε θερμική ενέργεια (απορρόφηση). Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μεταφέρει ενέργεια. Για την σκέδαση έχουμε τρία διαφορετικά είδη:

- Ελαστική σκέδαση-Το μήκος κύματος(συχνότητα) του σκεδαζόμενου φωτός είναι το ίδιο με αυτό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.
- Ημι-ελαστική σκέδαση-Το μήκος κύματος(συχνότητα) του σκεδαζόμενου φωτός μετατοπίζεται, λόγω του φαινομένου Doppler και της διάχυσης.
- Ανελαστική σκέδαση-Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία έχει διαφορετικό μήκος κύματος με αυτό της προσπίπτουσας.

Το παρακάτω σχήμα 2.13 απεικονίζει τις διάφορες διαδικασίες που μπορούν να συμβούν όταν η ακτινοβολία μήκους κύματος λ_0 αλληλεπιδρά με ένα σωματίδιο. Οι ανελαστικές διεργασίες σκέδασης περιλαμβάνουν τη σκέδαση Raman και τον φθορισμό. Για την αλληλεπίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας με τα ατμοσφαιρικά αερολύματα, η ελαστική σκέδαση φωτός είναι η πιο σημαντική. Η απορρόφηση και η ελαστική σκέδαση του φωτός από ένα σφαιρικό σωματίδιο είναι ένα κλασικό πρόβλημα που ονομάζεται θεωρία Mie.



Σχήμα 2.13: Μηχανισμοί αλληλεπίδρασης μεταξύ προσπίπτουσας ακτινοβολίας και σωματιδίου(Seinfeld and Pandis, 2006)

Οι κύριοι παράμετροι που επηρεάζουν την σκέδαση και την απορρόφηση της ακτινοβολίας με ένα σωματίδιο είναι:

- Το μήκος κύματος λ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας
- Το μέγεθος του σωματιδίου, το οποίο συχνά εκφράζεται ως μια αδιάστατη παράμετρος του μεγεθούς του α , που είναι ο λόγος της περιμέτρου του σωματιδίου προς το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

$$\alpha = \pi D_p / \lambda$$

Με βάση την τιμή α , η σκέδαση φωτός μπορεί να χωριστεί σε τρεις τομείς:

- $\alpha \ll 1$ Rayleigh (μικρό μέγεθος σωματιδίου σε σχέση με το μήκος κύματος)
 - $\alpha \sim 1$ Mie (σωματίδιο με μέγεθος περίπου ίδιο με το μήκος κύματος)
 - $\alpha \gg 1$ Γεωμετρική (μεγάλο μέγεθος σωματιδίου σε σχέση με το μήκος κύματος)
- Η οπτική ιδιότητα του σωματιδίου σε σχέση με το περιβάλλον οπτικό μέσο, ο δείκτης διάθλασης:

$$N = n + ik$$

Τόσο το πραγματικό μέρος n , το οποίο αντιπροσωπεύει την συνιστώσα της δέσμης που δεν απορροφάται, όσο και το φανταστικό k , το οποίο αντιπροσωπεύει την συνιστώσα της δέσμης που απορροφάται, είναι συναρτήσεις του μήκους κύματος λ .

2.5.2 Οπτικό βάθος AOD

Το οπτικό βάθος εκφράζει την εξασθένηση της ακτινοβολίας από τα αιωρούμενα σωματίδια λόγω σκέδασης και απορρόφησης ολοκληρωμένη στην κατακόρυφη στήλη. Δηλαδή δείχνει το μέγεθος της μείωσης της άμεσης ακτινοβολίας όταν αυτή διαδίδεται μέσα σε ένα στρώμα σωματιδίων.

$$\tau_{\text{aers}} = \int_0^Z \sigma(\lambda, z) dz$$

όπου $\sigma(\lambda, z)$ είναι ο συντελεστής εξασθένησης της ατμόσφαιρα σε km^{-1} . Το οπτικό βάθος εξαρτάται από το μήκος κύματος και έχει μεγαλύτερες τιμές για μικρά μήκη κύματος όπως και θα παρατηρηθεί στο επόμενο κεφάλαιο. Αναλόγως τις τιμές που παίρνει το οπτικό βάθος μπορούμε να καταλάβουμε περίπου την συγκέντρωση του αεροζόλ στην ατμόσφαιρα.

- AOD=0: Μηδαμινή συγκέντρωση
- AOD~1: Μεγάλη συγκέντρωση
- AOD>1: Παρα πολύ υψηλές συγκεντρώσεις

2.5.3 Ανακλαστικότητα Μεμονομένης Σκέδασης (SSA)

Όταν τα φωτόνια χτυπούν ένα αιωρούμενο σωματίδιο, μερικά από αυτά διασκορπίζονται, ένα τα αλλά απορροφούνται. Το SSA ορίζεται ως ο λόγος του συντελεστή σκέδασης προς τον συντελεστή εξασθένησης και αναφέρεται στο ποσοστό συμμετοχής της σκέδασης ή της απορρόφησης και είναι μια μικροφυσική ιδιότητα. Το SSA είναι συνάρτηση του μήκους κύματος.

$$\text{SSA} = \omega_0 = \sigma_{\text{sp}} / (\sigma_{\text{abs}} + \sigma_{\text{sp}})$$

Όπου σ_{sp} ο συντελεστής σκέδασης και σ_{abs} ο συντελεστής απορρόφησης. Όταν το SSA έχει τιμές:

- SSA=1: Όλα τα σωματίδια σκεδάζουν όλη την ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτά
- SSA=0: Όλα τα σωματίδια απορροφούν όλη την ακτινοβολία (δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα)

Για ατμοσφαιρικά αερολύματα, και για μήκος κύματος $\lambda=0,55\mu\text{m}$, για αστικά ή βιομηχανικά που έχουν μεγάλη απορροφητικότητα και περιέχουν μαύρο άνθρακα η τιμή του SSA κυμαίνεται από ~0,65 και για τα θειικά είναι περίπου ~1.0. (WCP, 1986)

2.5.4 Παράγοντας ασυμμετρίας (g)

Η φασική συνάρτηση σκέδασης $P_\lambda(\varphi)$, περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο τα σωματίδια σκεδάζουν την ακτινοβολία, ως συνάρτηση του μήκους κύματος, και την γωνία σκέδασης φ . Η κατεύθυνση για εμπρόσθια σκέδαση αναφέρεται σε γωνίες σκέδασης $0 < \varphi < \pi/2$, ενώ η οπίσθοσκέδαση αναφέρεται σε γωνίες $\pi/2 < \varphi < \pi$. Στην ατμόσφαιρα ο παράγοντας ασυμμετρίας g χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ασυμμετρία της φασικής συναρτησης σκέδασης $P_\lambda(\varphi)$ και ορίζεται ως η μέση τιμή του συνιμιτόνου της γωνίας σκέδασης, χρησιμοποιώντας την φασική συνάρτηση σκέδασης $P_\lambda(\varphi)$ ως συνάρτηση αντιστάθμισης και δίνεται από :

$$g = \frac{\int_{-1}^1 P_\lambda(\varphi) \cos\varphi d(\cos\varphi)}{\int_{-1}^1 P_\lambda(\varphi) d(\cos\varphi)}$$

Έχουμε για g :

- $g > 0$: εμπρόσθια σκέδαση
- $g = 0$: συμμετρική σκέδαση
- $g < 0$: οπίσθοσκέδαση

Για αιωρούμενα σωματίδια το g είναι συνήθως θετικό και αυξάνεται σε σχέση με το μέγεθος των σωματιδίων, καθώς περισσότερη ακτινοβολία διαθλάται στο εμπρόσθιο μέρος του σωματιδίου.

2.5.5 Συντελεστής Angstrom(α)

Ο συντελεστής Angstrom(α) περιγράφει την εξάρτηση του οπτικού βάθους σε σχέση με το μήκος κύματος και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\alpha = -\log(\tau_{\lambda_1}/\tau_{\lambda_2})/\log(\lambda_1/\lambda_2)$$

Για αιωρούμενα σωματίδια ο εκθέτης α λαμβάνει τιμές από 0 έως 2. Ο συντελεστής Angstrom(α) σχετίζεται με το μέγεθος των σωματιδίων. Όσο αυξάνεται το μέγεθος των σωματιδίων ο συντελεστής α μειώνεται.

2.5.6 Lidar Ratio (S)

Ο lidar ratio είναι ο λόγος του συντελεστή εξασθένησης προς τον συντελεστή οπίσθοσκέδασης και δίνεται από τον τύπο:

$$S = \sigma/\beta$$

Όπου σ ο συντελεστής εξασθένησης και β ο συντελεστής οπισθοσκέδασης. Το *aeronet* υπολογίζει το S βάση αλγορίθμου χρησιμοποιώντας την φασική συνάρτηση σκέδασης $P_{\lambda}(\varphi)$ και την ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης SSA . Ο S παίρνει τιμές από 0 έως 100sr για συγκεκριμένα μήκη κύματος.

Για κάθε παρατήρηση, τα στοιχεία $F_{11}(r,n)$ και $F_{22}(r,n)$ του πίνακα σκέδασης Muller (Bohren and Huffman, 1983), υπολογίζονται από την κατανομή μεγέθους των σωματιδίων και τον δείκτη διάθλασης n , τα οποία δίνονται στα προϊόντα άναστροφής του AERONET. Το στοιχείο $F_{11}(r,n)$ είναι ανάλογο με τη ροή του σκεδαζόμενου φωτός στην περίπτωση όπου το φως είναι μη πολωμένο, ενώ το στοιχείο $F_{22}(r,n)$ εξαρτάται από την γωνιακή και φασματική κατανομή της έντασης ακτινοβολίας, η οποία μετρείται από τα όργανα του AERONET. Από το στοιχείο $F_{11}(r,n)$ για γωνία σκέδασης 180° και ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης ω_{λ} , το *lidar ratio* υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο: (Sung-Kyun Shin¹, Matthias Tesche, 2018)

$$S_{\lambda} = 4\pi / \omega_{\lambda} F_{11}(r, n, 180^\circ)$$

2.5.7. Depolarisation Ratio (δ)

Ο Depolarisation ratio (δ) είναι ο λόγος του συντελεστή οπισθοσκέδασης κάθετης πόλωσης προς τον συντελεστή οπισθοσκέδασης παράλληλης πόλωσης.

$$\delta = \beta_{\perp} / \beta_{\parallel}$$

Τα ραδιόμετρα του *aeronet* μετρούν την άμεση ακτινοβολία του ήλιου και υπολογίζουν τον παράγοντα δ μέσω ενός μοντέλου σκέδασης χρησιμοποιώντας την παρακάτω σχέση.

$$\delta_{\lambda} = (1 - F_{22}(r, n, 180^\circ) / F_{11}(r, n, 180^\circ)) / (1 + F_{22}(r, n, 180^\circ) / F_{11}(r, n, 180^\circ))$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Δορυφορικά Δεδομένα

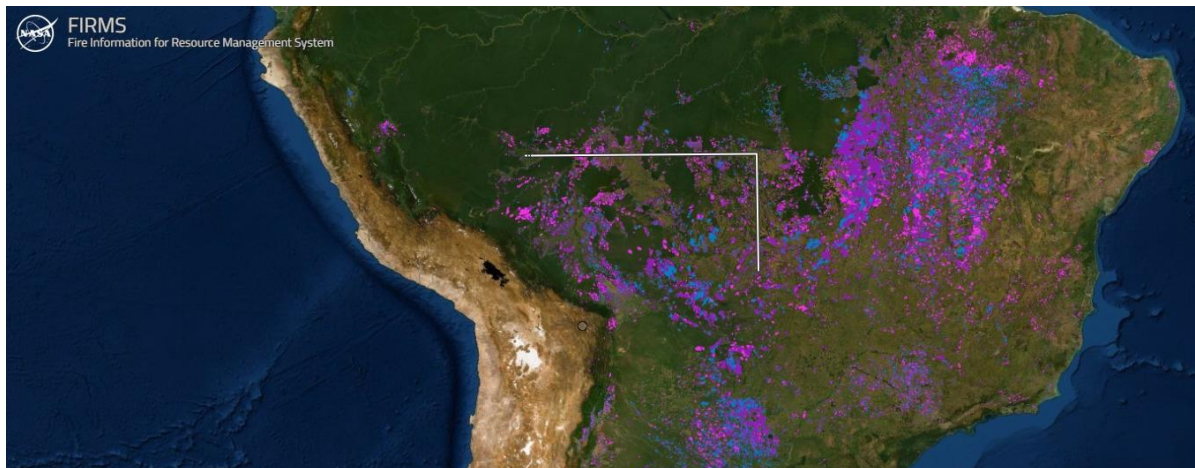
Σε αυτό το κεφάλαιο παρατηρούμε τις δορυφορικές εικόνες στις υπό μελέτη περιοχές. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε το σύστημα FIRMS για να εντοπίσουμε τις πυρκαγιές όπου σημειώθηκαν σε αυτές τις περιοχές. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν εικόνες από τον δορυφόρο Aqua/Modis όπου δείχνουν την μηνιαία διακύμανση του AOD στην γη, όπου στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει λεπτομερή μελέτη με δεδομένα από το *Aeronet*.

Στις παρακάτω εικόνες από το σύστημα FIRMS απεικονίζεται η καμμένη γη κατά τους μήνες αιχμής, όπου υποθέτουμε ότι υπάρχει μεγάλη ποσότητα αερολύματος στην ατμόσφαιρα. Ο κάθε μήνας αντιστοιχεί και με διαφορετικό χρώμα. Οι γραμμές που βρίσκονται πάνω στο κάθε σχήμα υποδηλώνουν την απόσταση των σταθμών στην κάθε περιοχή.

3.1 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ FIRMS

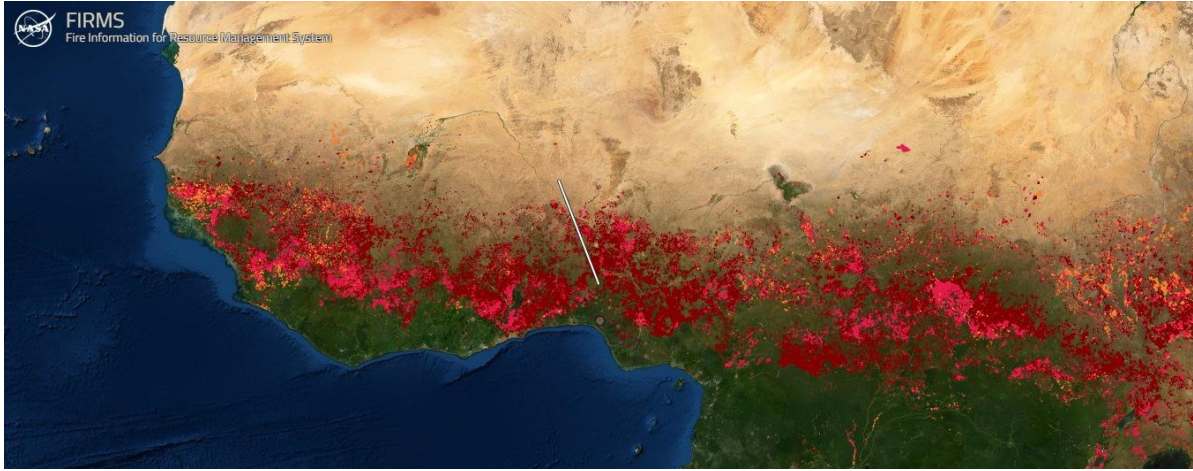


Περιοχή Αμαζονίου



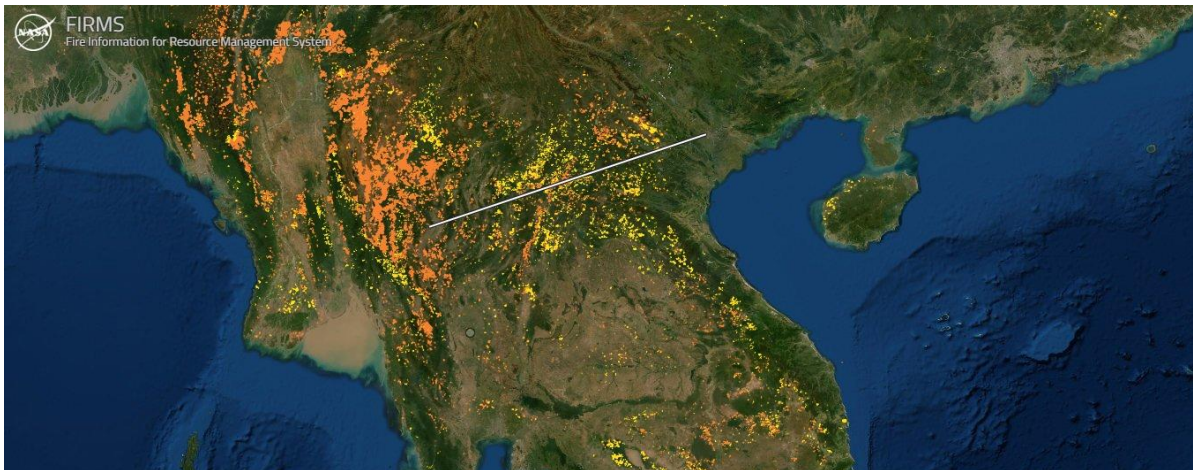
Εικόνα 3.1: Καμμένη γη το 2007

Περιοχή Αφρικής



Εικόνα 3.2: Καμμένη γη το 2005

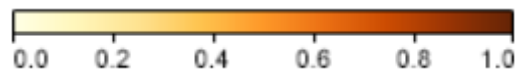
Περιοχή Νοτιοανατολικής Ασίας



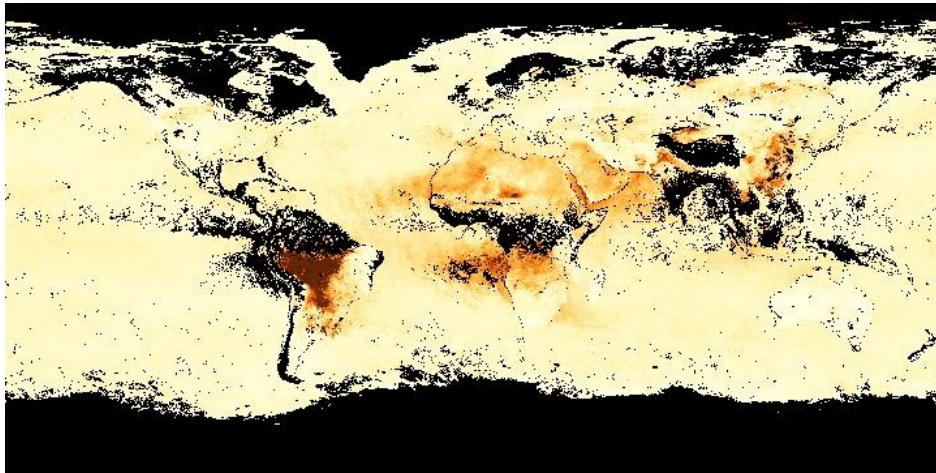
Εικόνα 3.3: Καμμένη γη το 2015

3.2 Δορυφορικά δεδομένα από τον Aqua/Modis

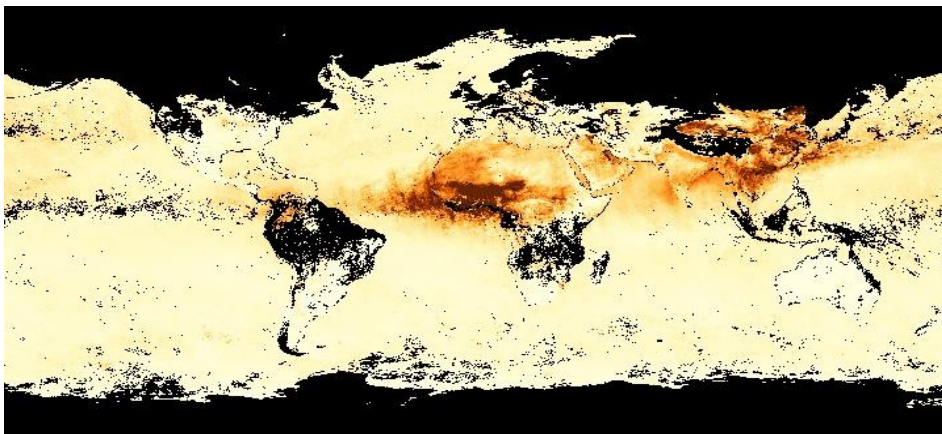
Οι παρακάτω εικόνες είναι από τον δορυφόρο Aqua/Modis και δείχνουν την μηνιαία διακύμανση του AOD στην γη. Έχουν επιλεγεί συγκεκριμένοι μήνες, όπου υποθέτουμε, λόγω των κλιματικών χαρακτηριστικών των περιοχών έχουμε υψηλά ποσοστά αερολύματος.



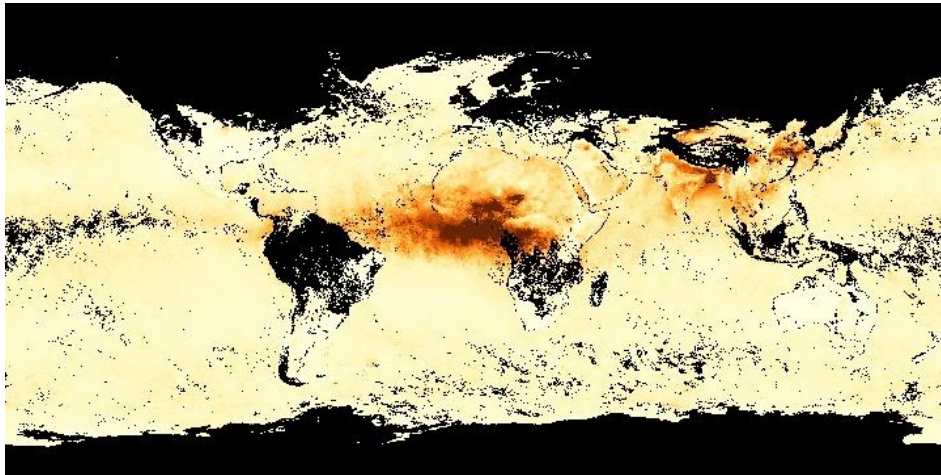
Κλίμακα Οπτικού βάθους



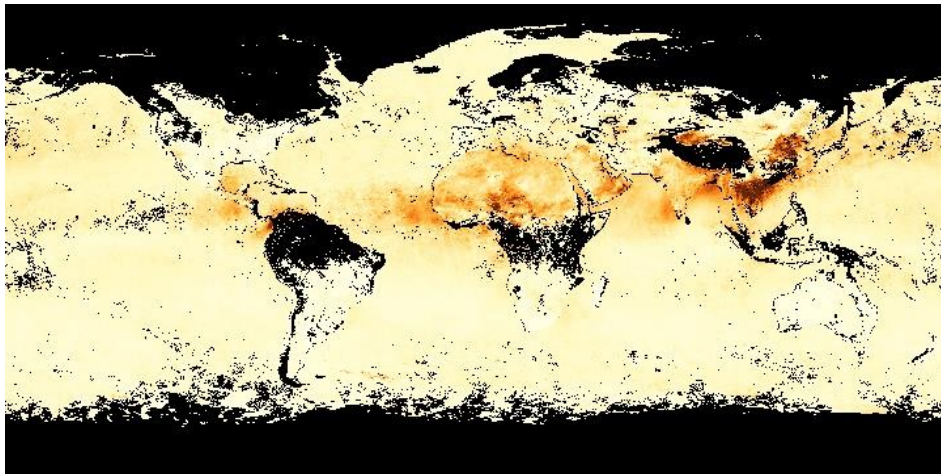
Εικόνα 3.4: Μηνιαίο οπτικό βάθος τον Σεπτέμβριο 2007



Εικόνα 3.5: Μηνιαίο οπτικό βάθος τον Μάρτιο 2010



Εικόνα 3.6: Μηνιαίο οπτικό βάθος τον Φεβρουάριο 2016



Εικόνα 3.7: Μηνιαίο οπτικό βάθος τον Απρίλιο 2016

Τα δορυφορικά δεδομένα παριστάνουν τις συνθήκες της ατμόσφαιρας. Όταν η ατμόσφαιρα είναι πεντακάθαρη αυτό αναπαριστάται με τα πιο ανοιχτόχρωμα χρώματα(ασπρο-μπεζ), ενώ όταν έχουμε επιβαρυνμένη ατμόσφαιρα απο σωματίδια φαίνεται με πιο σκούρα χρώματα(καφέ-κιτρινο).

Για την περιοχή του αμαζονίου βλέπουμε στις εικόνες 4.1 και 4.4 τους μήνες της ξηρής περιόδου, κι έναν από αυτούς αντίστοιχα, όπου το οπτικό βάθος είναι αρκετά μεγάλο(σκούρο χρώμα στην περιοχή αυτή), ενώ στην 4.1 φαίνεται η έντονη δραστηριότητα των πυρκαγιών, όπου άφησαν μεγάλες εκτάσεις καμμένης γης τους μήνες αυτούς και κυρίως τον Σεπτέμβρη. Την ίδια εποχή στις υπόλοιπες περιοχές που μελετήσαμε παρατηρείται καθαρός ουρανός εικόνα 4.4.

Για την περιοχή της Αφρικής καταγράφηκαν μεγάλες τιμές του AOD κυρίως τους μήνες Φεβρουάριο-Μάρτιο, σύμφωνα με τις εικόνες 4.5,4.6 όπου αναπαριστούν έντονη παρουσία αερολύματος στην περιοχή. Επίσης σύμφωνα με το FIRMS την περίοδο Ιανουαρίου-Φεβρουαρίου έχουμε περίοδο πυρκαγιών στην εκάστοτε περιοχή, εικόνα 4.2.

Για την περιοχή της Νοτιανατολικής Ασίας παρατηρήθηκαν υψηλές ποσότητες αερολύματος εικόνα 4.5, 4.7 τους μήνες Μάρτιο-Απρίλιο. Επιπλέον σύμφωνα και με την

εικόνα 4.3 από το FIRMS τους ίδιους μήνες παρατηρούνται μεγάλες εκτάσεις γης να είναι καμμένες, πράγμα το οποίο υποδηλώνει εκροή μεγάλης ποσότητας σωματιδίων καπνού στην ατμόσφαιρα.

Παίρνοντας μια πρώτη ιδέα από τις δορυφορικές εικόνες για την ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων από κάυση βιομάζας στις υπό μελέτη περιοχές για συγκεκριμένες περιόδους του χρόνου, στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει εμβάθυνση στην μελέτη των αιωρούμενων σωματιδίων χρησιμοποιώντας επίγεια δεδομένα από το δίκτυο Aeronet.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων

Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μελέτη ορισμένων από τις οπτικές και μικροφυσικές ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων. Έχουν επιλεγεί τρεις διαφορετικές περιοχές του πλανήτη, όπου και οι τρεις βρίσκονται κοντά στον τροπικό. Αυτές είναι: Αμαζόνιος, Δυτική Αφρική και Νοιοανατολική Ασία. Τα δεδομένα επιλέχθηκαν από το δίκτυο AERONET. Η επιλογή των περιοχών αυτών έγινε με βάση την επιβαρυσμένη ατμόσφαιρα, κυρίως από κάυση βιομάζας σε κοντινές περιοχές, σκόνη και θαλάσσια σωματίδια.

4.1 Περιοχή Αμαζονίου

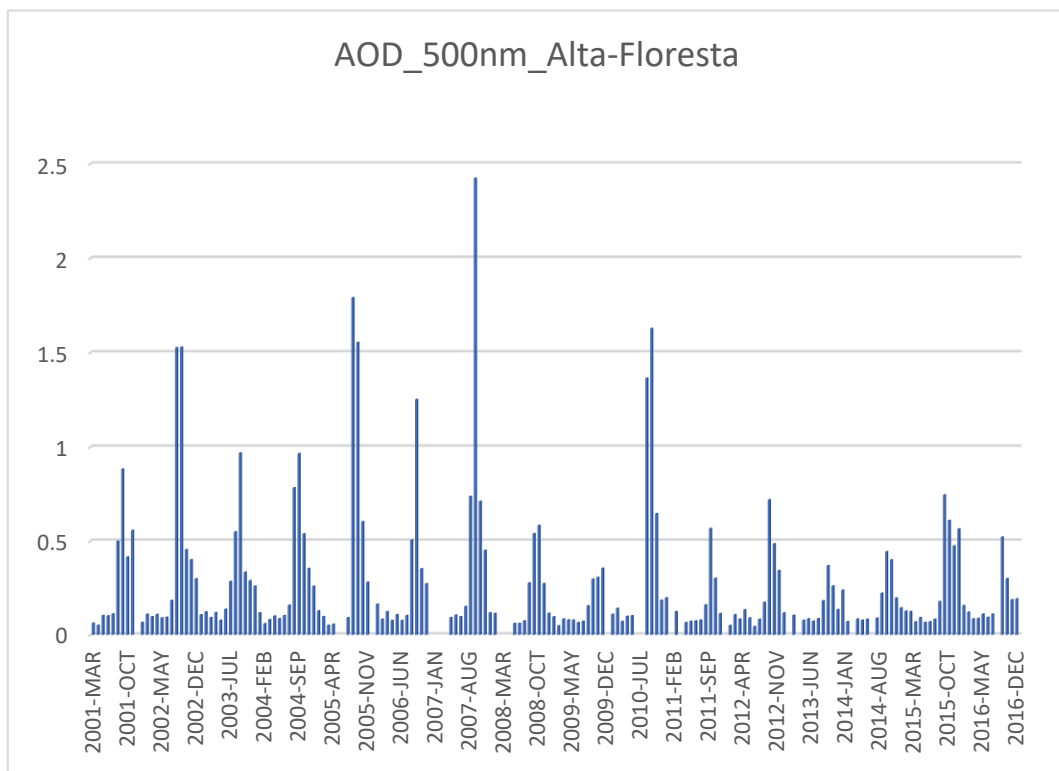
Σε αυτήν την περιοχή έγινε επιλογή τριών σταθμών του AERONET οι οποίοι χαρακτηρίζονται κυρίως για την μελέτη των αερολυμάτων από κάυση βιομάζας. Αυτοί είναι: Alta-Floresta, Cuiaba-Miranda και Rio-Branco. Τα δεδομένα που επιλέγησαν αντιστοιχούν από τον Μάρτιο του 2001 έως τον Δεκέμβριο του 2016 και τα προϊόντα στα οποία γίνεται επεξεργασία είναι: το οπτικό βάθος στα 500nm(AOD₅₀₀), ο συντελεστής Angstrom($\alpha_{440-870}$). Η ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης (SSA), το Lidar Ratio και το Depolarisation Ratio εξετάστηκαν για τρία μήκη κύματος 440,670,870nm.

STATION	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVATION	TIME
Alta-Floresta	9.87134° S	56.10445° W	277.0 meters	MAR 2001-DEC 2016
Cuiaba-Miranda	15.73091° S	56.07086° W	210.0 meters	MAR 2001-DEC 2016
Rio-Branco	9.95747° S	67.86935° W	212.0 meters	MAR 2001-DEC 2016

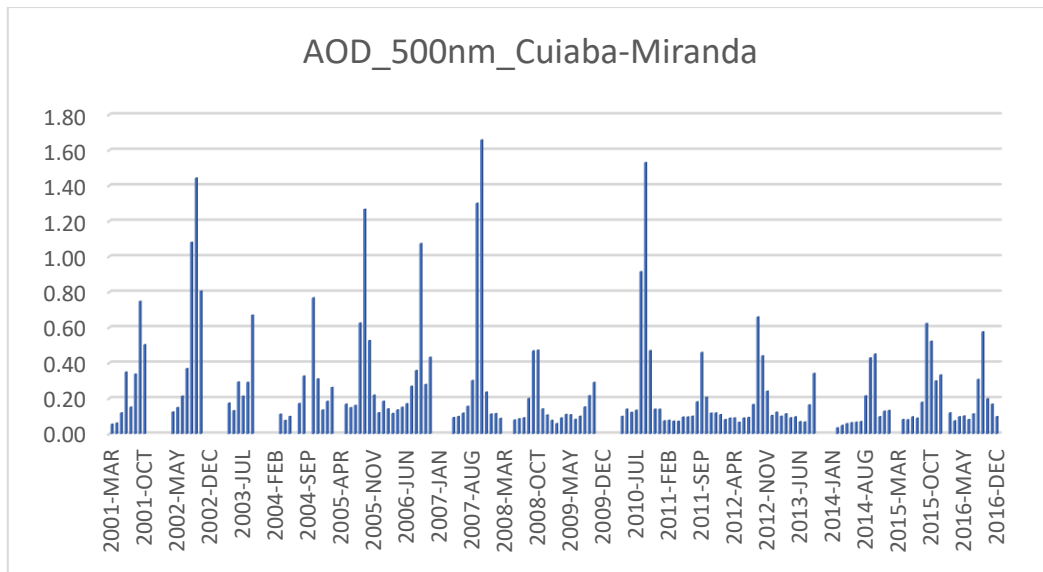
Πίνακας 4.1: Περιγραφή σταθμών Αμαζονίου

Τα δεδομένα που εξετάστηκαν αντιστοιχούν στις μέσες μηνιαίες τιμές και στις μέσες ημερήσιες τιμές για τα χρόνια από το 2001 έως το 2016. Αρχικά παραθέτονται οι μέσες μηνιαίες τιμές και οι μέσες ημερήσιες για το AOD₅₀₀ και ακολουθούν ο συντελεστής Angstrom($\alpha_{440-870}$) και η ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης(SSA) για τους τρεις σταθμούς.

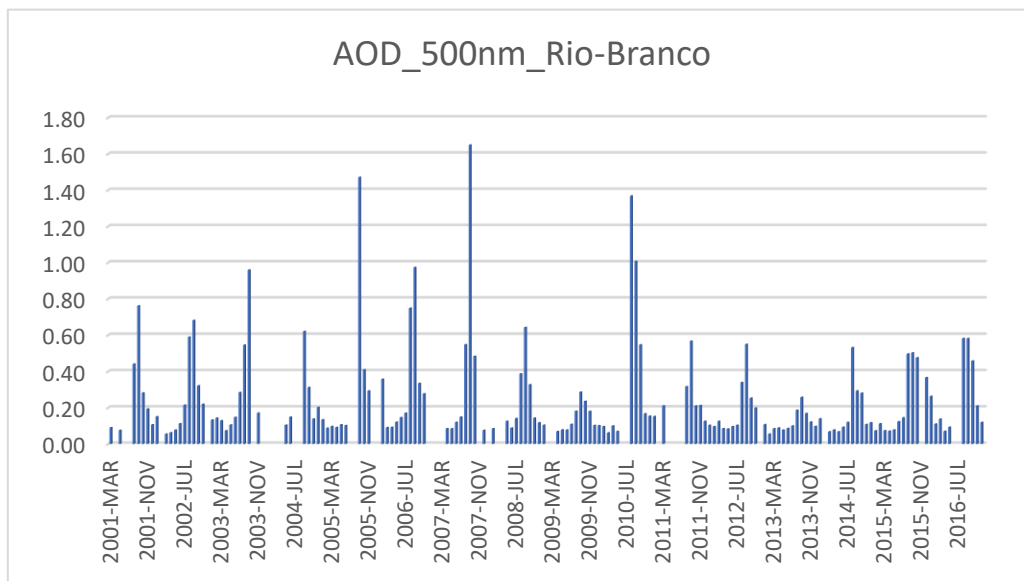
4.1.1 AOD_{500nm}



Σχήμα 4.1: Μέσες μηνιαίες τιμές του AOD₅₀₀ από τον Μαρτίο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Alta-Floresta.

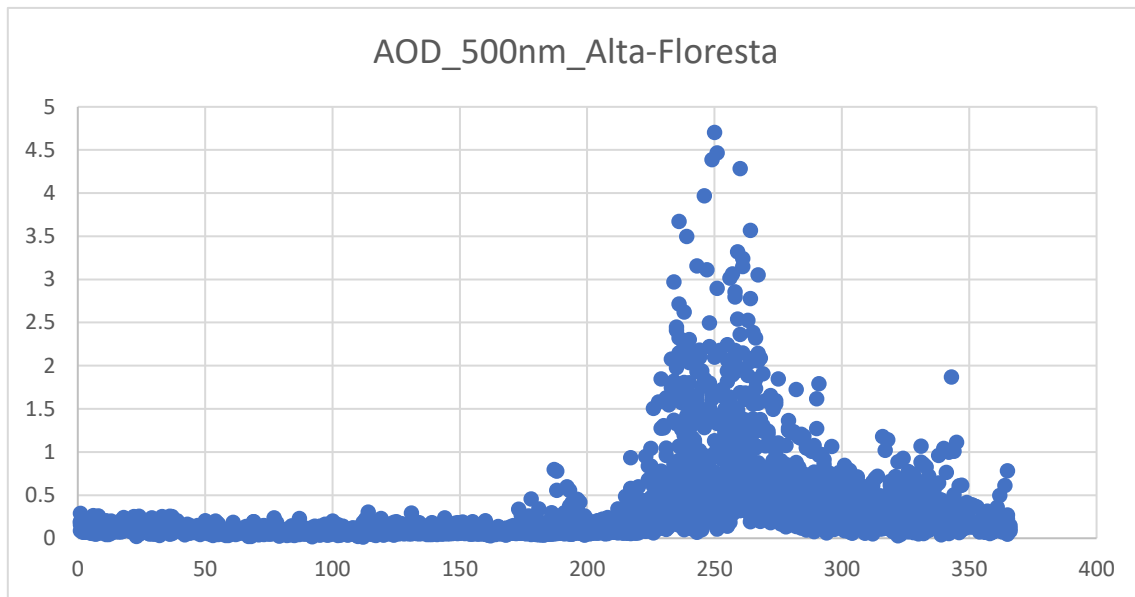


Σχήμα 4.2: Μέσες μηνιαίες τιμές του AOD₅₀₀ απο τον Μαρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Cuiaba-Miranda.

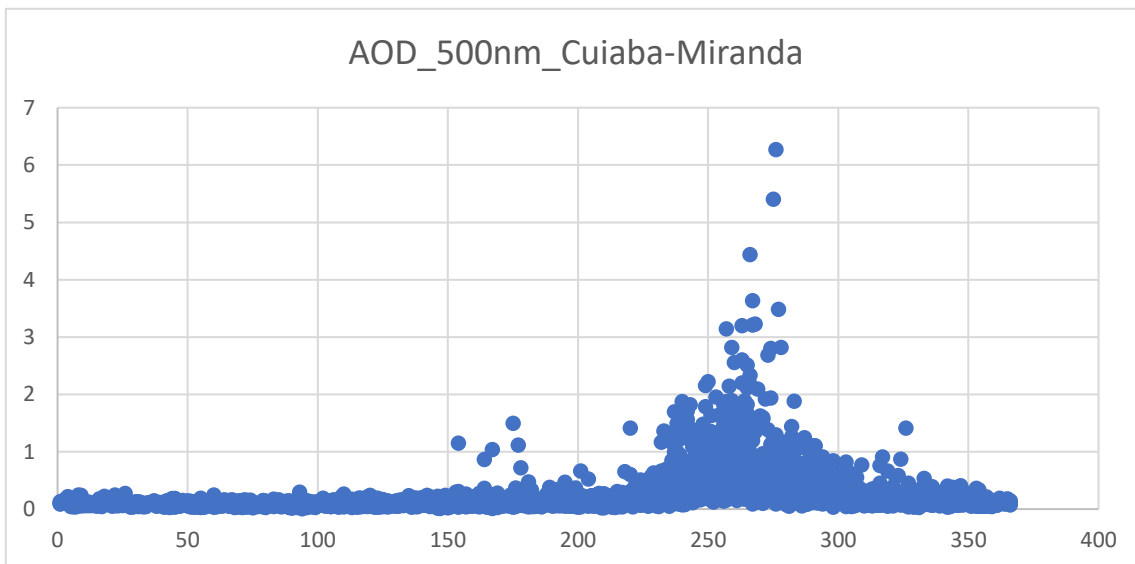


Σχήμα 4.3: Μέσες μηνιαίες τιμές του AOD₅₀₀ απο τον Μαρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Rio-Branco.

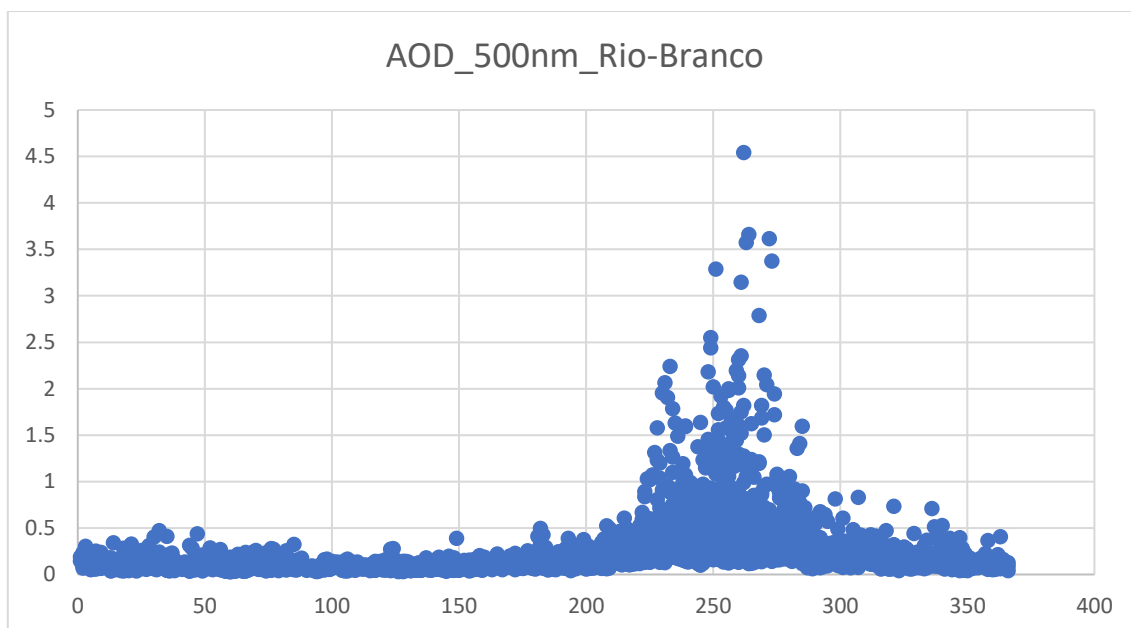
Μέσες ημερήσιες τιμές του AOD₅₀₀,



Σχήμα 4.4: Μέσες ημερήσιες τιμές του AOD₅₀₀ το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Alta-Floresta.



Σχήμα 4.5: Μέσες ημερήσιες τιμές του AOD₅₀₀ το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Cuiaba-Miranda.



Σχήμα 4.6: Μέσες ημερήσιες τιμές του AOD₅₀₀ το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Rio-Branco.

Τα διαγράμματα που παρατέθηκαν αντιστοιχούν στην μέση μηνιαία και ημερήσια διακύμανση του οπτικού βάθους σε μήκος κύματος 500nm, τα οποία δεδομένα δίνονται από το AERONET.

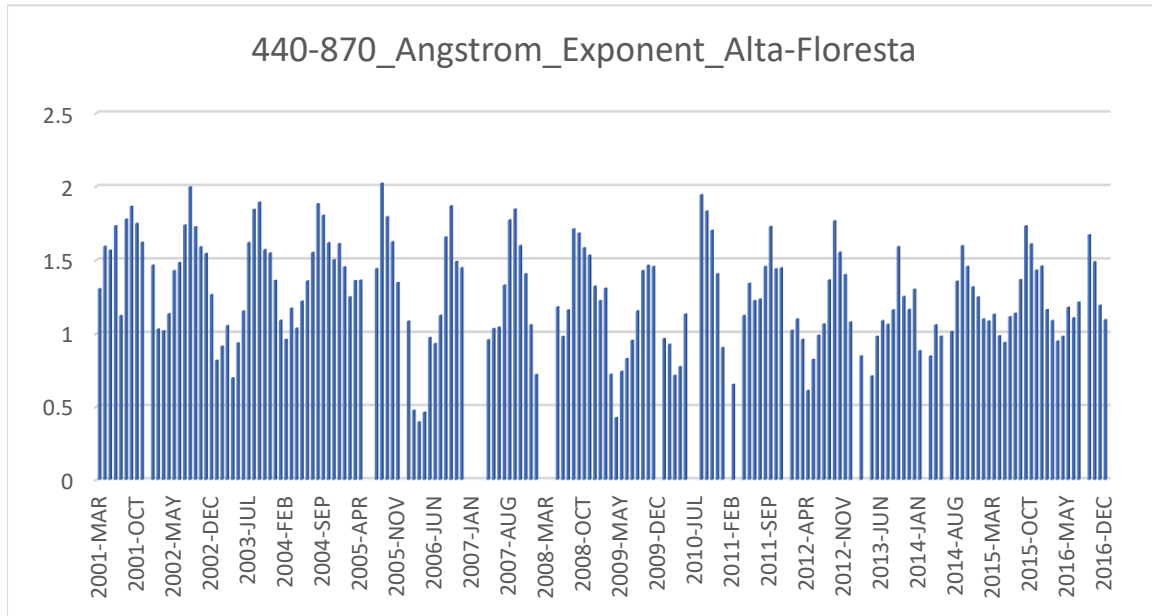
Παρατηρούνται υψηλές τιμές του AOD τους μήνες Άυγουστο-Σεπτέμβριο-Οκτώβριο καθόλη την χρονική διάρκεια 2001-2016. Αυτοί οι μήνες σε αυτήν την περιοχή χαρακτηρίζονται ως ξηροί και ταυτόχρονα έχουμε τις περισσότερες εκδηλώσεις πυρκαγιών, όπου λόγω των κλιματικών δεδομένων της περιοχής επηρεάζουν πολύ έντονα τους σταθμούς που έχουν επιλεγεί (Judith J. Hoelzemann, Karia M. Longo, 2009). Φαίνεται ότι τα έτη 2002-2005-2007-2010 έχουμε τις μέγιστες τιμές του οπτικού βάθους και για τους τρεις σταθμούς.

Στον σταθμό Alta-Floresta η μέγιστη τιμή (AOD₅₀₀>1.5) είναι τον Σεπτέμβριο 2007, αντίστοιχα για τον Cuiaba-Miranda τον ίδιο μήνα και για τον σταθμό του Rio-Branco τον μήνα Οκτώβρη. Σε αυτά τα έτη παρατηρήθηκαν οι μεγαλύτερες πυρκαγιές στην κοιλάδα του αμαζονίου, όπου αυτό το φαινόμενο είχε ως αποτέλεσμα αυτές τις υψηλές τιμές του οπτικού βάθους.

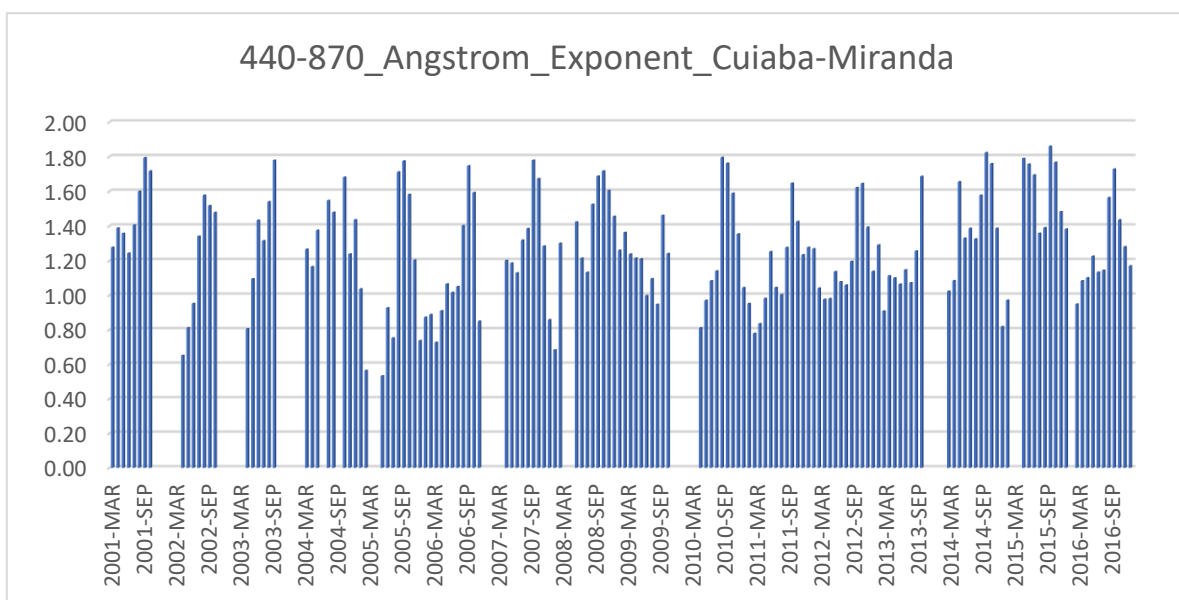
Στα διαγράμματα όπου παραθέτονται οι ημερήσιες τιμές μπορούμε να κατανοήσουμε ευκολότερα την αύξηση του οπτικού βάθους σε σχέση με την ξηρή περίοδο. Και στους τρεις σταθμούς παρατηρείται άξουσα πορεία των τιμών από τα τέλη Αυγούστου με την κορύφωση κυρίως τον Σεπτέμβριο και την μείωση αυτών από τα μέσα Οκτωβρίου.

Σύμφωνα με τους Oleg Dubovik, Brent Holben, 2001 παρατηρούνται υψηλές τιμές του AOD την ξηρή περίοδο στην περιοχή αυτή, λόγω των αρκετών πυρκαγιών.

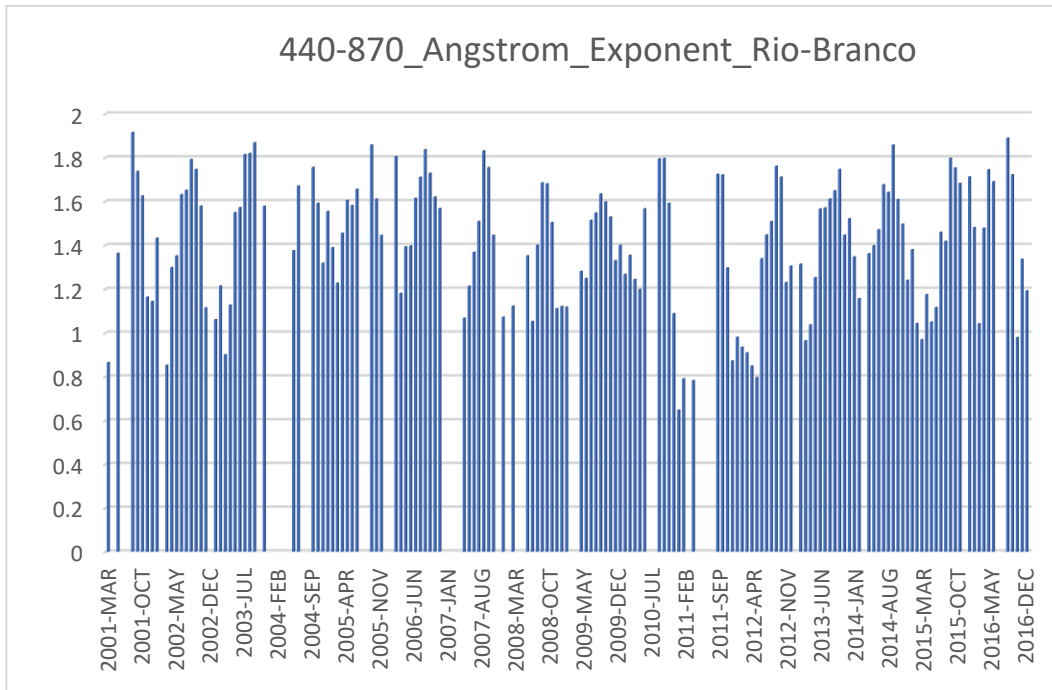
4.1.2 Συντελεστής Angstrom $\alpha_{440-870}$



Σχήμα 4.7: Μέσες μηνιαίες τιμές του $\alpha_{440-870}$ απο τον Μαρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Alta-Floresta.

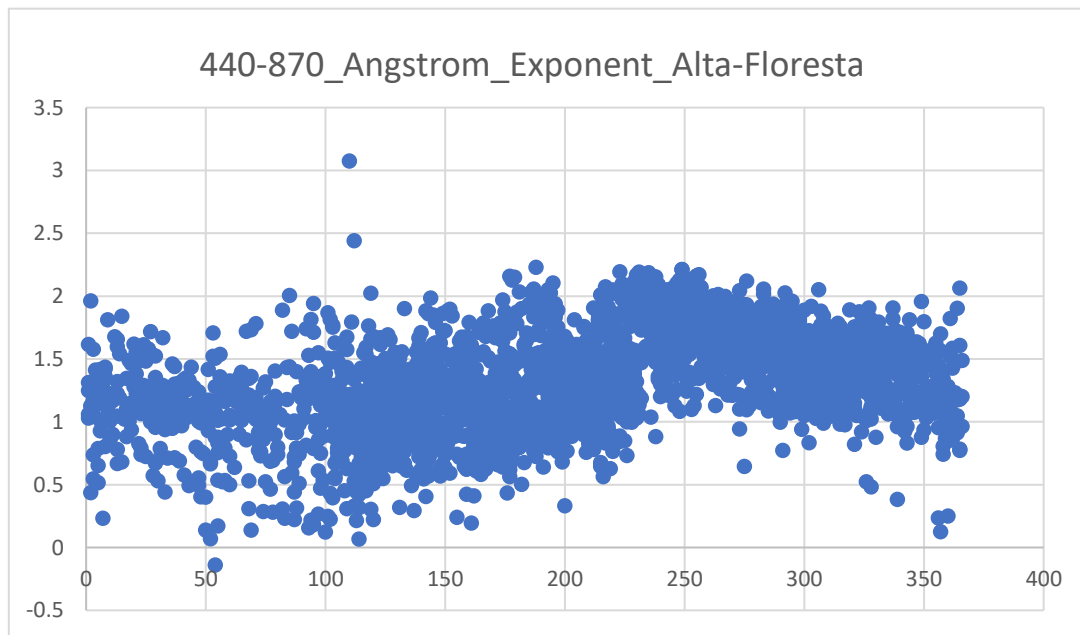


Σχήμα 4.8: Μέσες μηνιαίες τιμές του $\alpha_{440-870}$ απο τον Μαρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Cuiaba-Miranda.

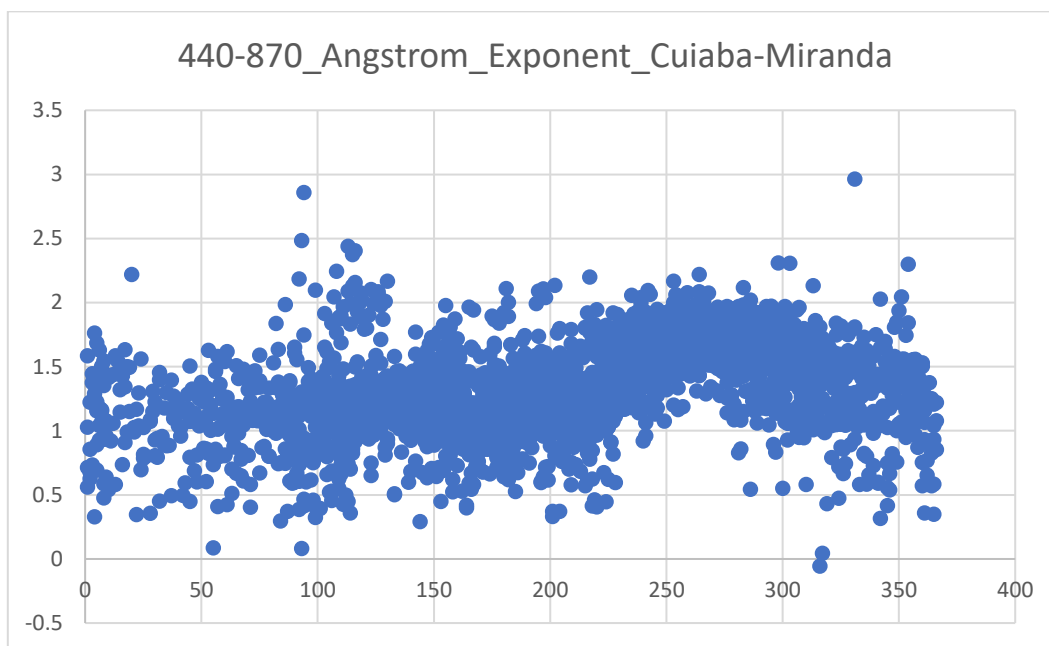


Σχήμα 4.9: Μέσες μηνιαίες τιμές του $a_{440-870}$ απο τον Μαρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Rio-Branco.

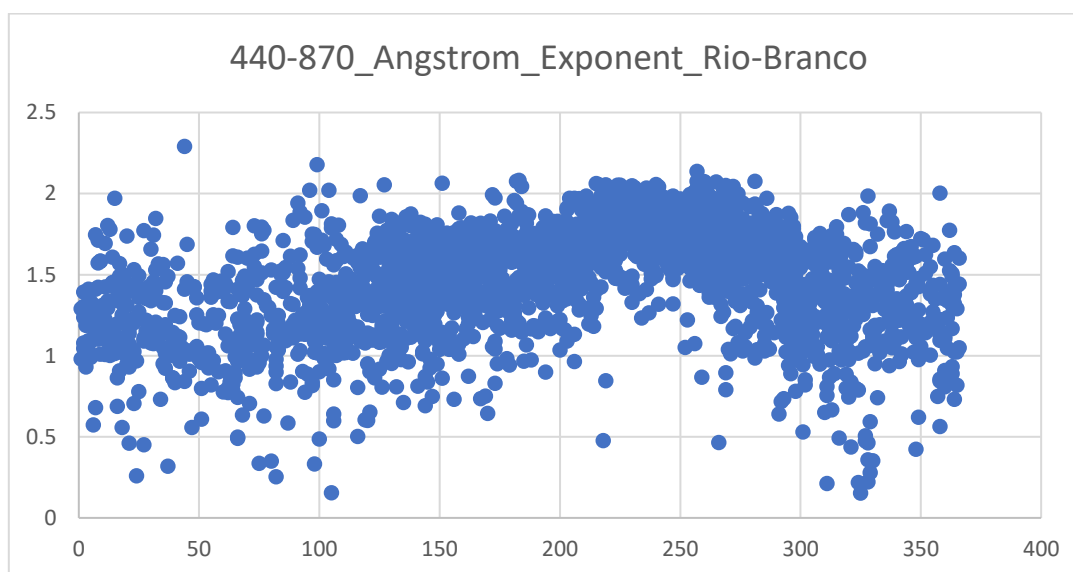
Μέσες ημερήσιες τιμές του συντελεστή Angstrom $a_{440-870}$



Σχήμα 4.10: Μέσες ημερήσιες τιμές του $a_{440-870}$ το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Alta-Floresta.



Σχήμα 4.11: Μέσες ημερήσιες τιμές του $\alpha_{440-870}$ το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Cuiaba-Miranda



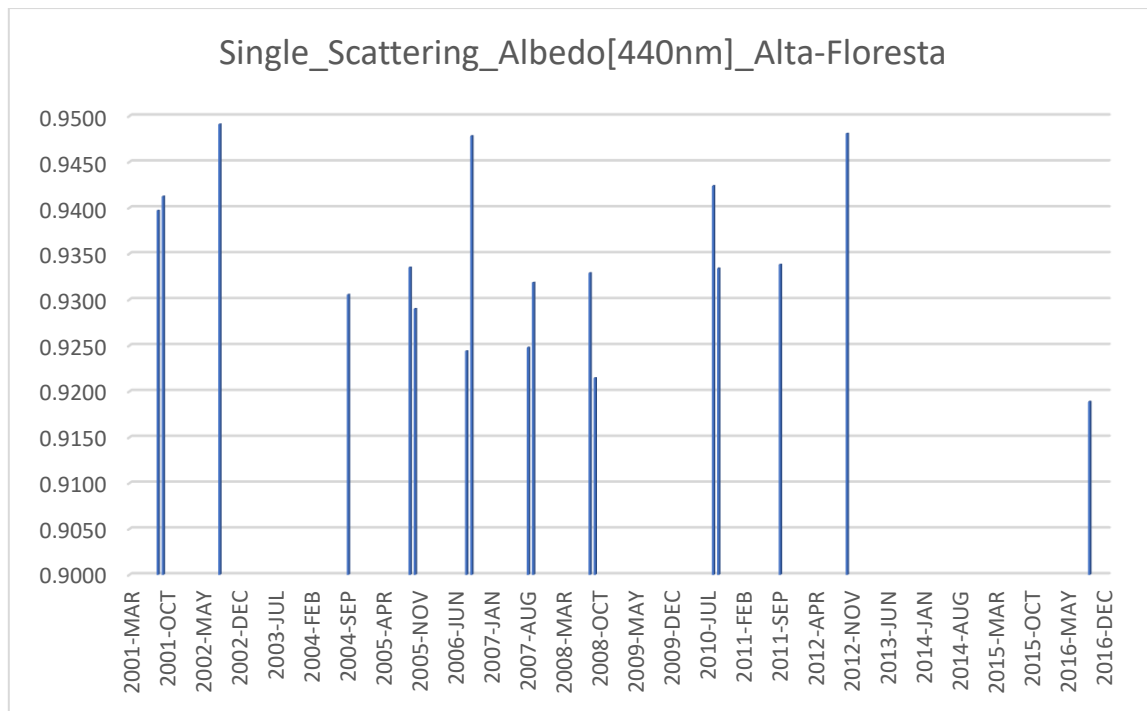
Σχήμα 4.12: Μέσες ημερήσιες τιμές του $\alpha_{440-870}$ το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Rio-Branco.

Τα διαγράμματα που παρατέθηκαν αντιστοιχούν στην μέση μηνιαία και ημερήσια διακύμανση του συντελεστή Angstrom $\alpha_{440-870}$, τα οποία δεδομένα δίνονται από το AERONET.

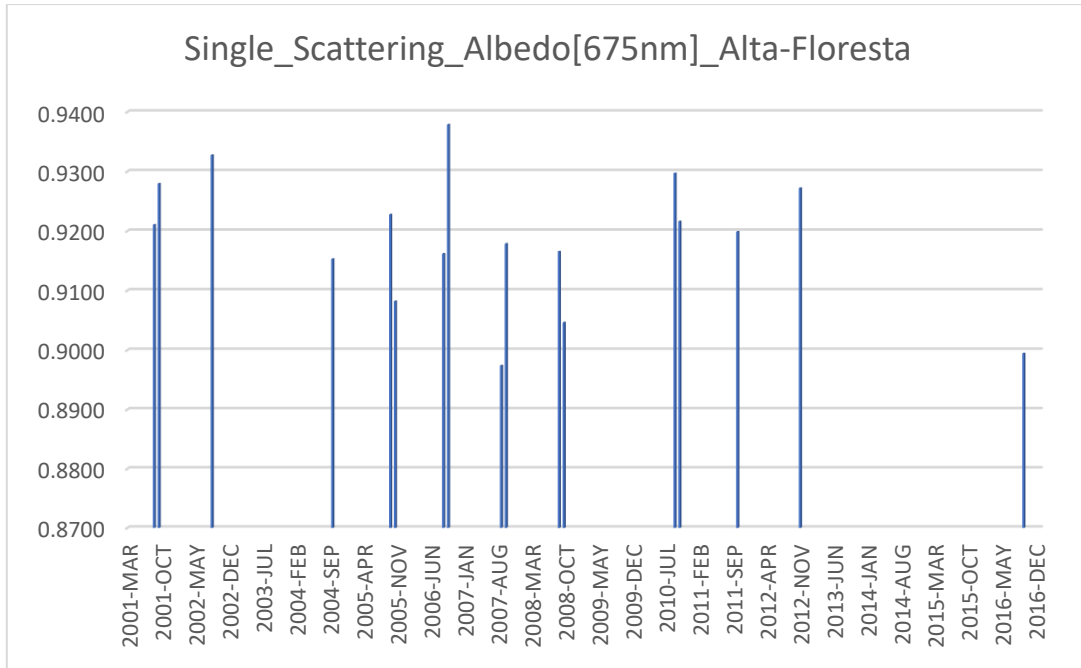
Παρατηρείται μια έντονη διακύμανση του συντελεστή την χρονική περίοδο της μελέτης. Αυτή η έντονη διακύμανση του συντελεστή παρουσιάζεται λόγω του διαφορετικού μεγέθους των σωματιδίων που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα εκείνη την εποχή. Οι μέγιστες μέσες μηνιαίες τιμές του συντελεστή παρουσιάζονται κατά κύριο λόγο την ξηρή περίοδο, Αυγουστο-

Σπτέμβριο-Οκτώβριο. Σύμφωνα με τους Oleg Dubovik, Brent Holben, 2001 η τιμή του συντελεστή στην λεκάνη του αμαζονίου κατά την διάρκεια των πυρκαγιών κυμαίνεται από 1,2-2,1, η οποία μεταφράζεται σε πολλά και μικρού μεγέθους σωματίδια εκείνη την περίοδο.

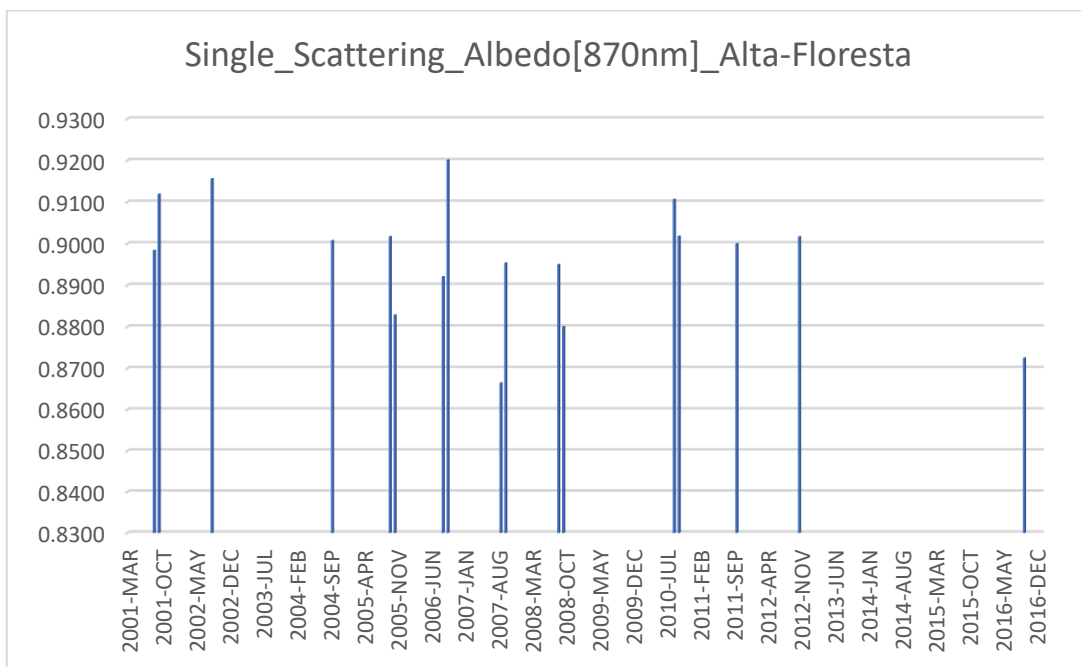
4.1.3 Ανακλαστικότητα Μεμονομένης Σκέδασης (SSA)



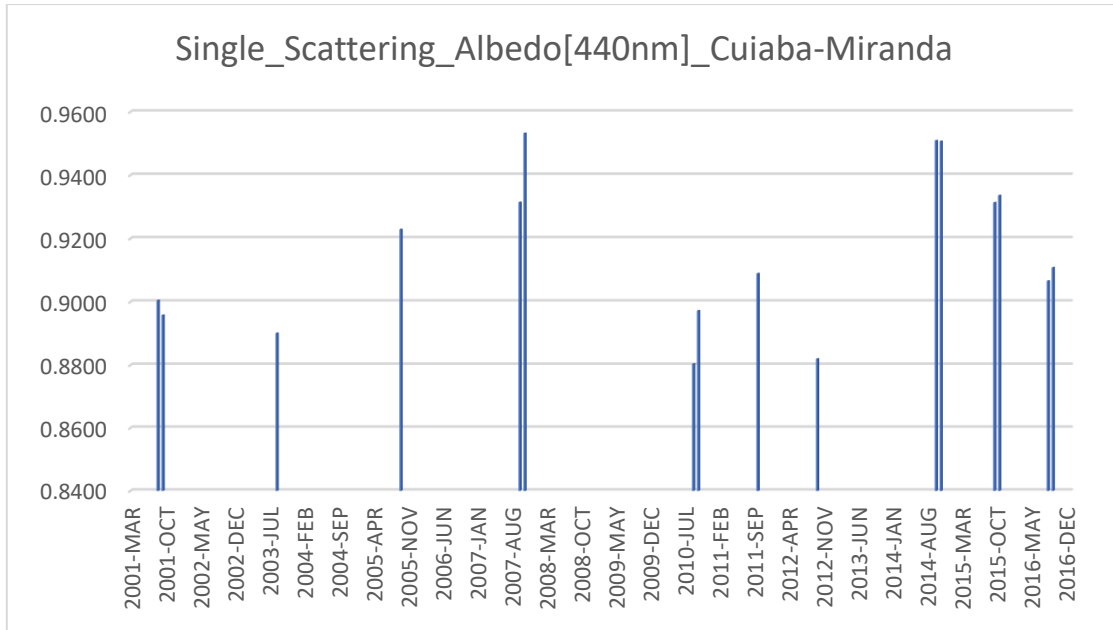
Σχήμα 4.13: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA_{440} από τον Μαρτίο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Alta-Floresta.



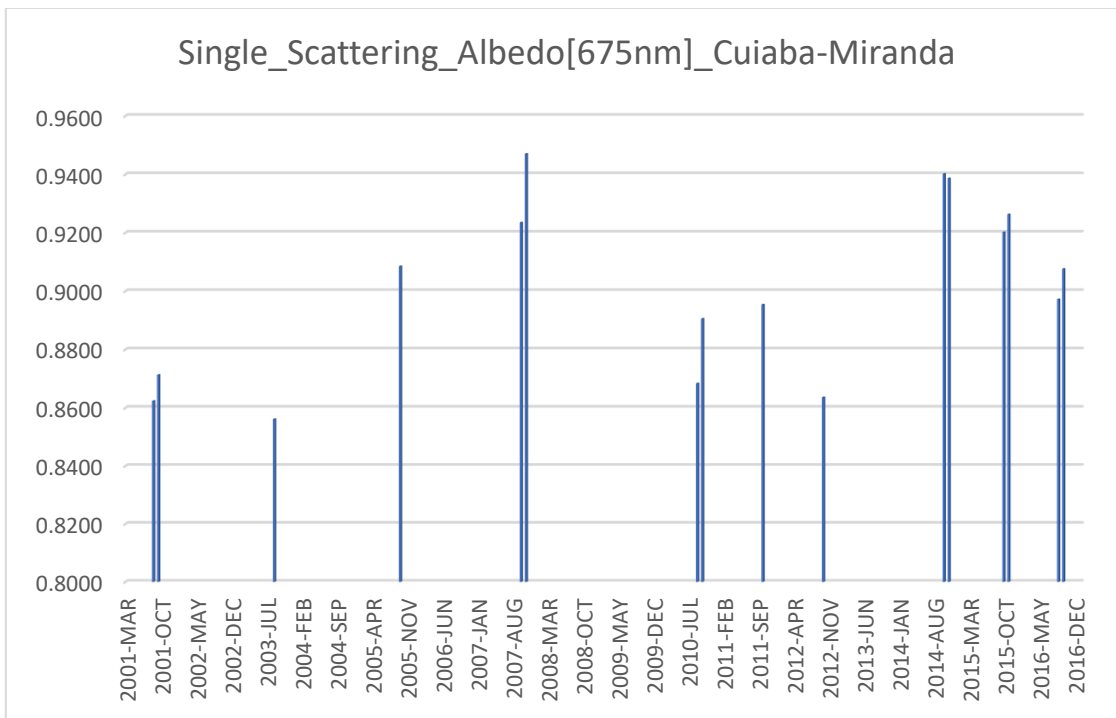
Σχήμα 4.14: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA_{675} απο τον Μαρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Alta-Floresta.



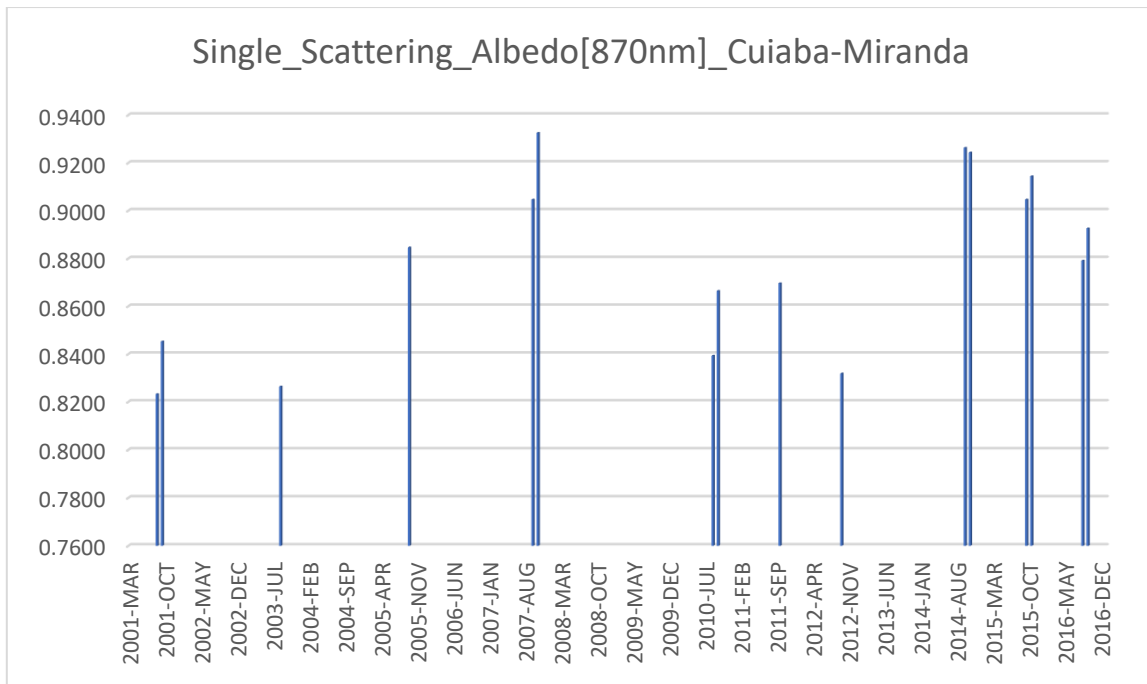
Σχήμα 4.14: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA_{870} απο τον Μαρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Alta-Floresta.



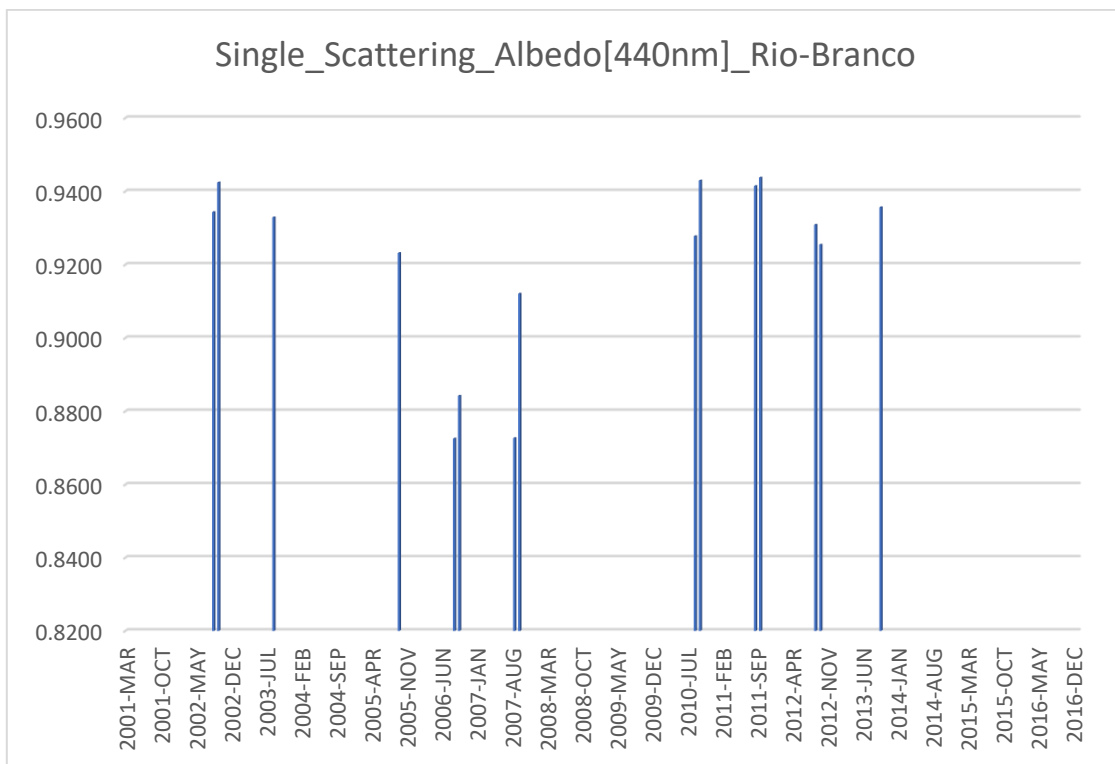
Σχήμα 4.15: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₄₄₀ απο τον Μαρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Cuiaba-Miranda.



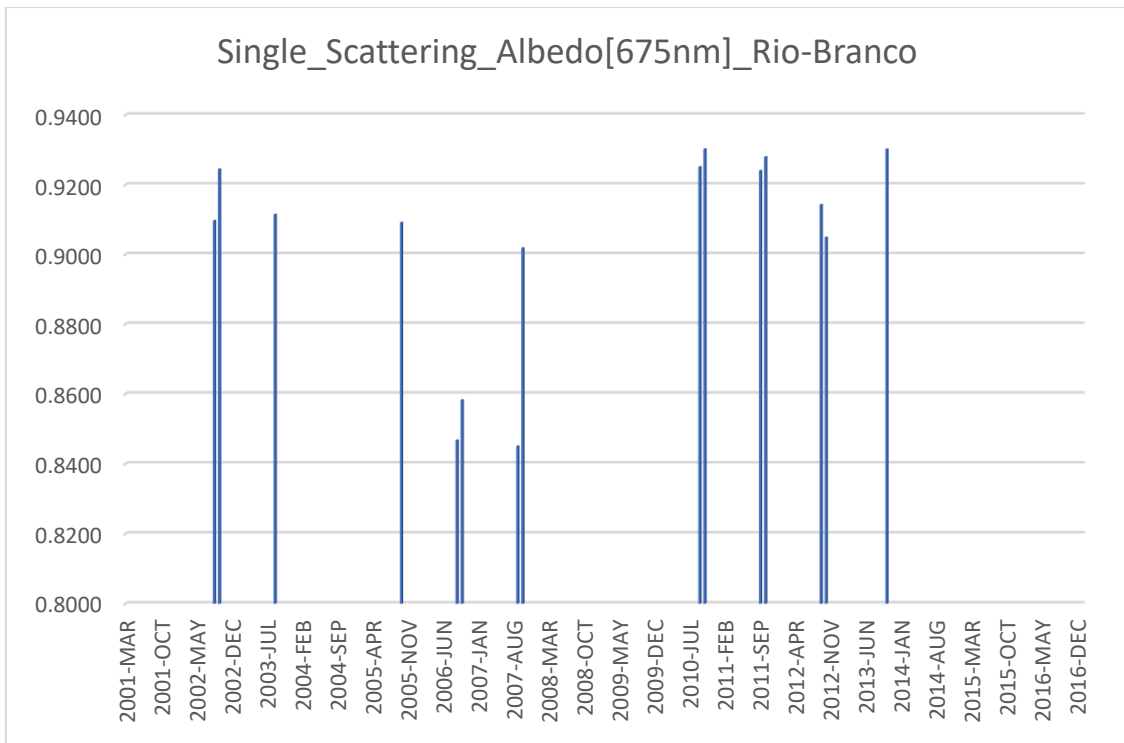
Σχήμα 4.16: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₆₇₅ απο τον Μαρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Cuiaba-Miranda.



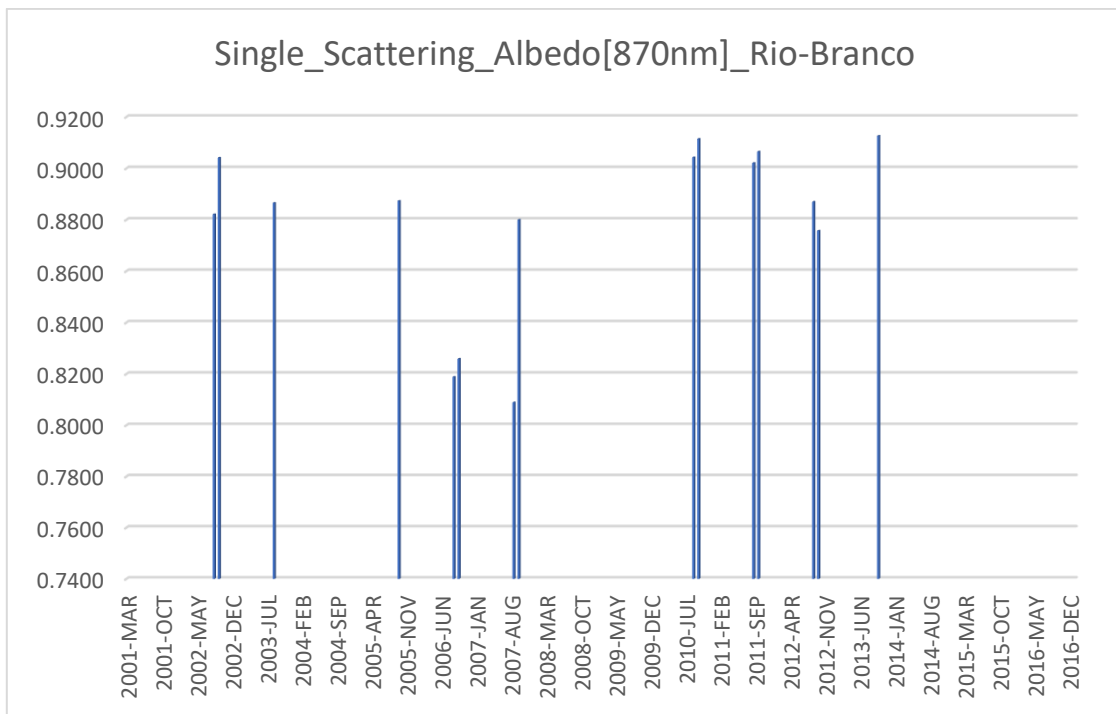
Σχήμα 4.17: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₈₇₀ από τον Μαρτίο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Cuiaba-Miranda.



Σχήμα 4.18: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₄₄₀ από τον Μαρτίο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Rio-Branco.

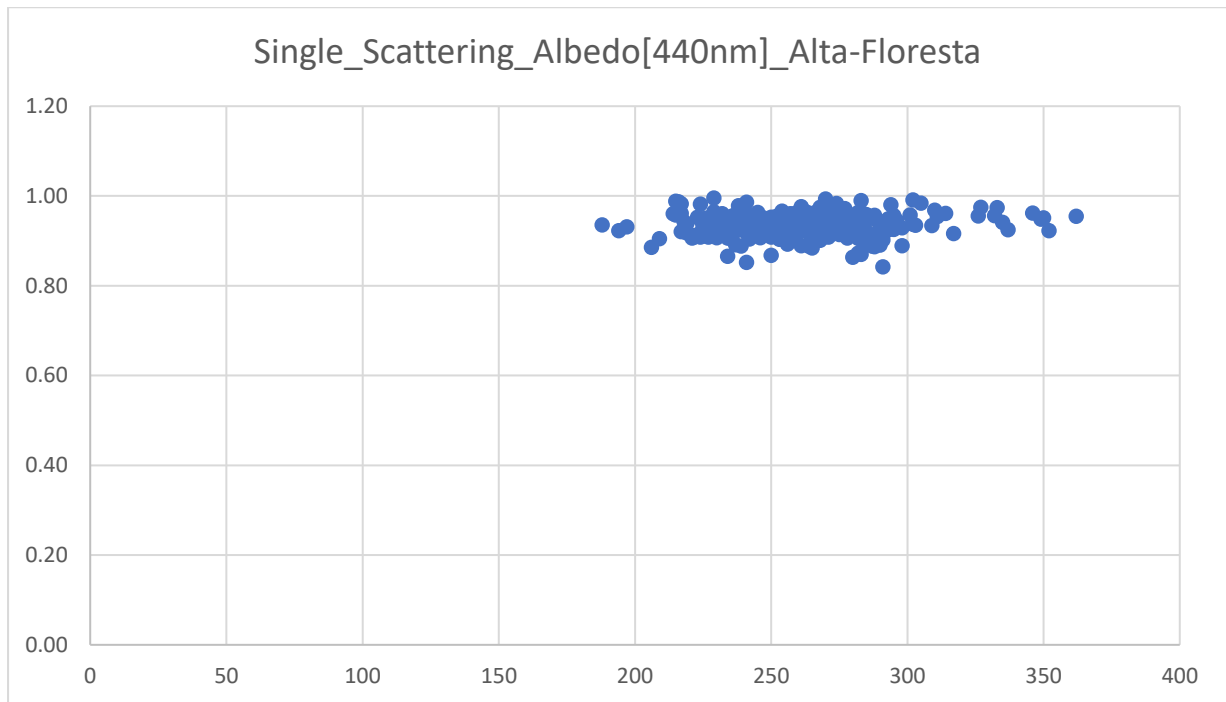


Σχήμα 4.19: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA_{675} από τον Μάρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Rio-Branco.

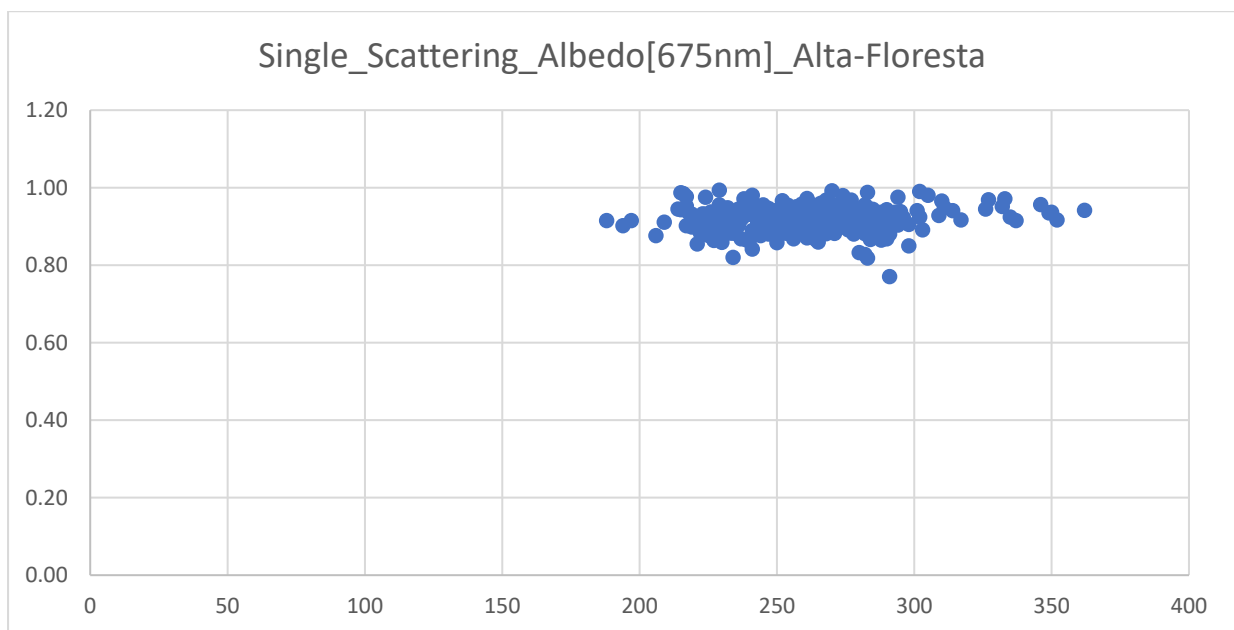


Σχήμα 4.20: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA_{870} από τον Μάρτιο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Rio-Branco.

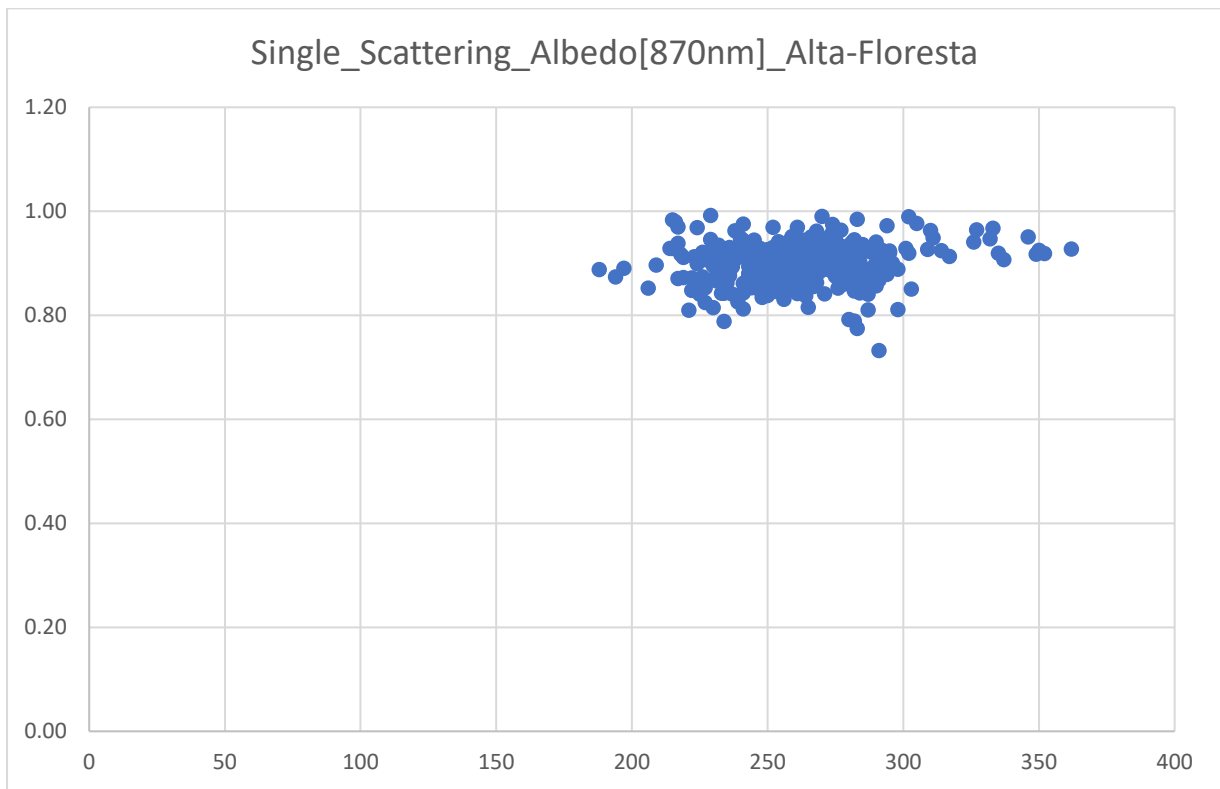
Μέσες ημερήσιες τιμές της Ανακλαστικότητας Μεμονομένης Σκέδασης (SSA)



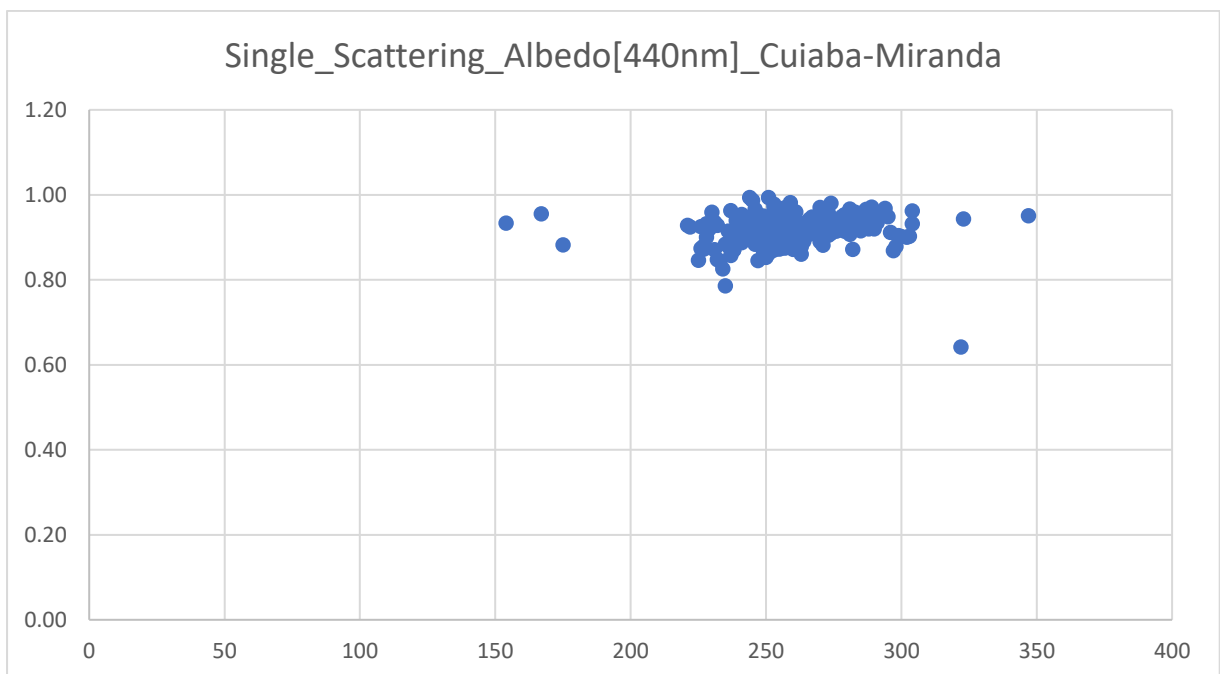
Σχήμα 4.21: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{440} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Alta-Floresta.



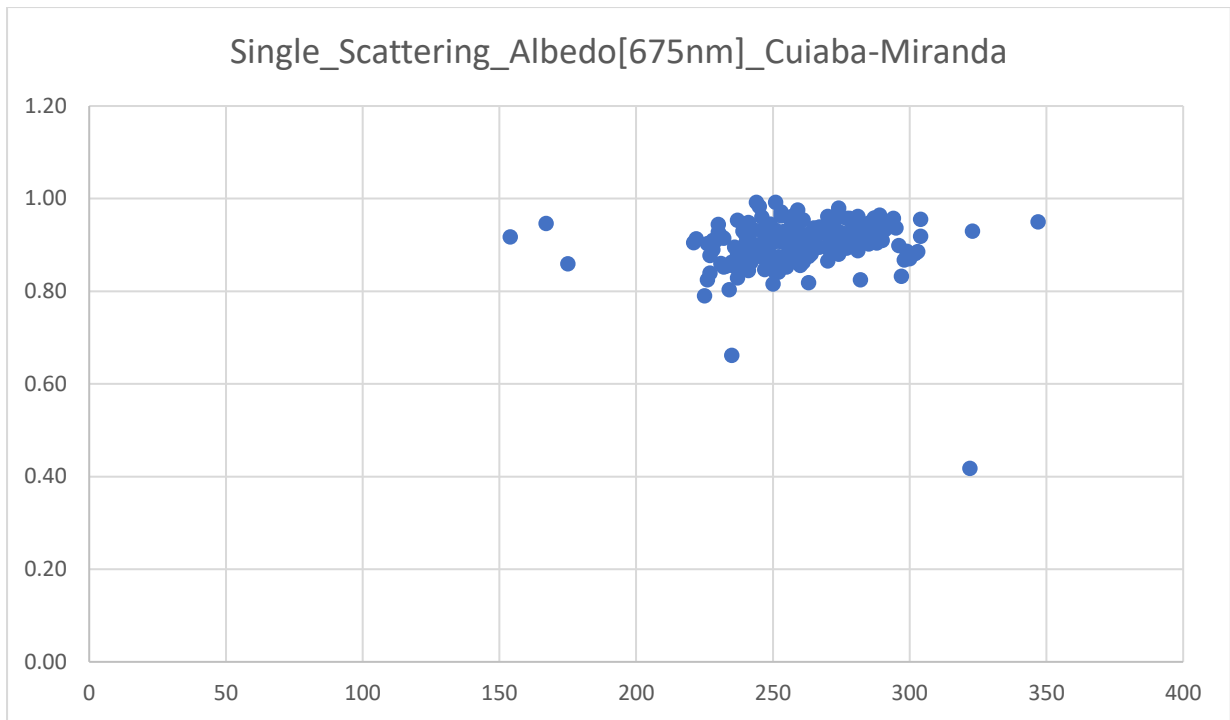
Σχήμα 4.22: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{675} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Alta-Floresta.



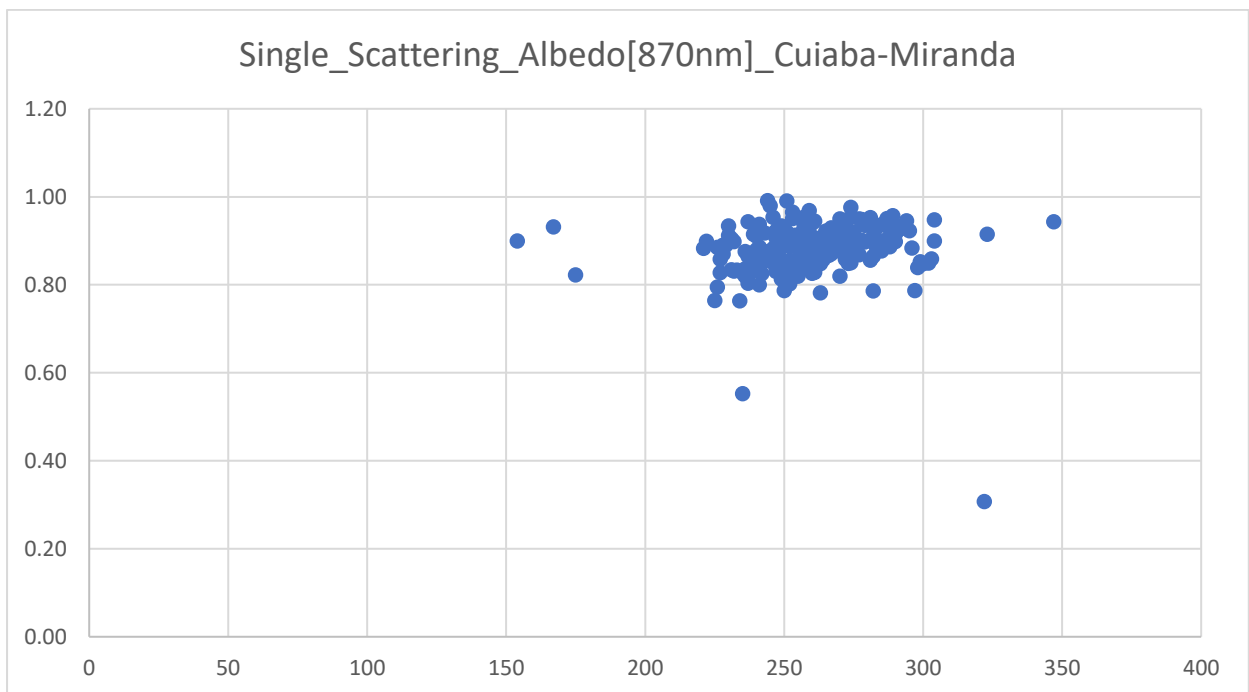
Σχήμα 4.23: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{870} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Alta-Floresta.



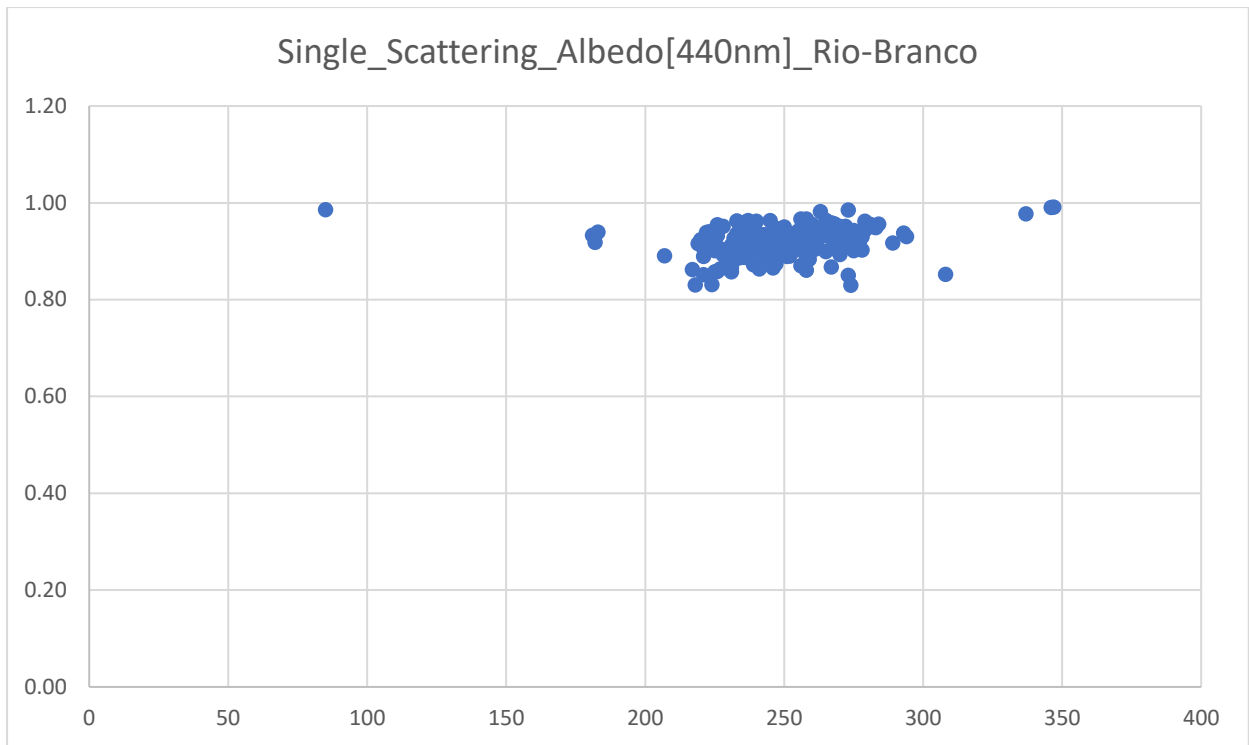
Σχήμα 4.24: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{440} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Cuiaba-Miranda.



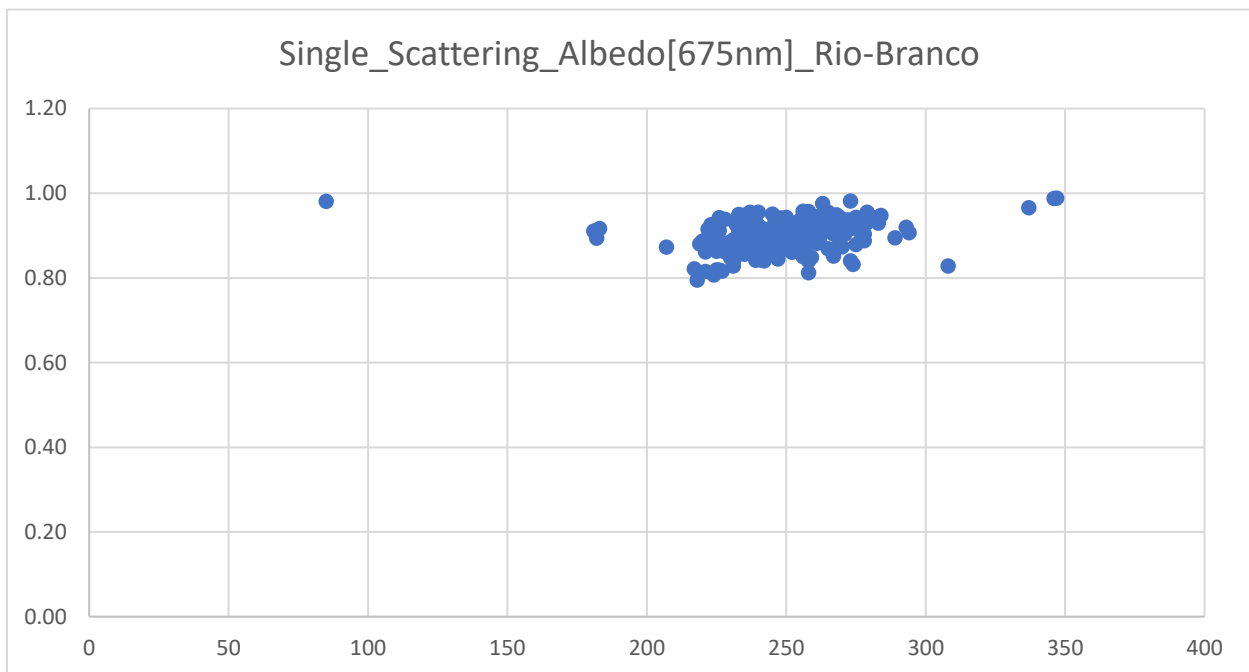
Σχήμα 4.25: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{675} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Cuiaba-Miranda



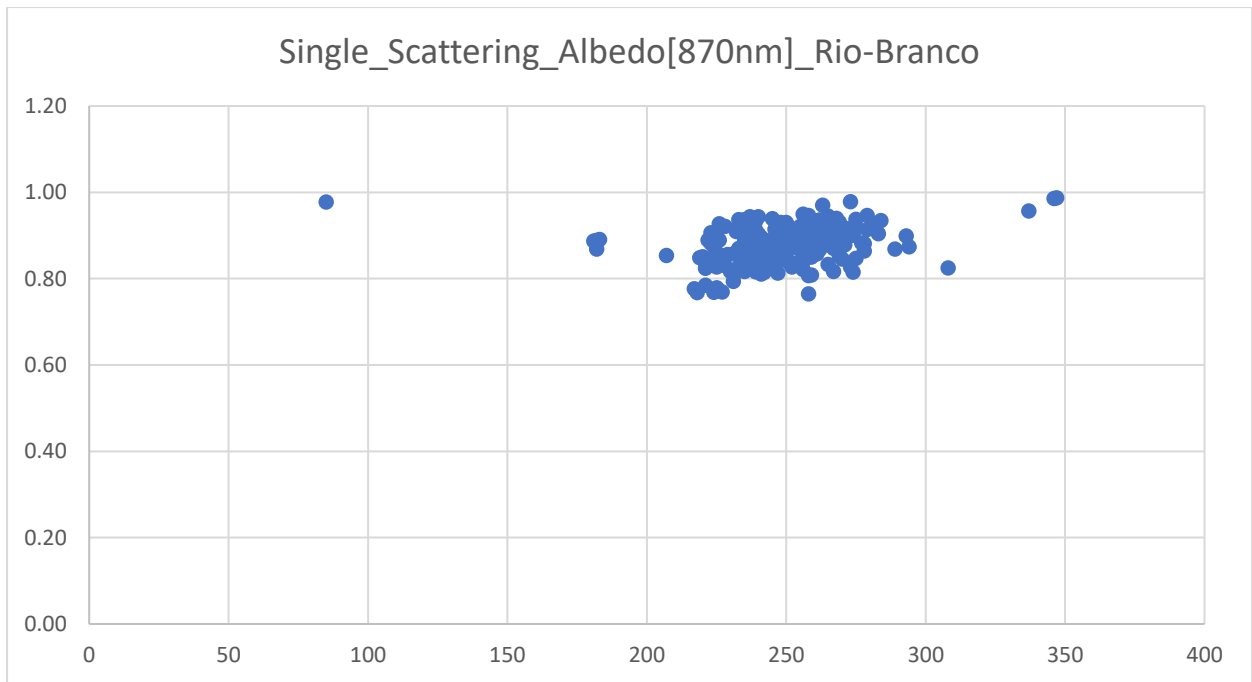
Σχήμα 4.26: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{870} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Cuiaba-Miranda.



Σχήμα 4.27: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{440} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Rio-Branco

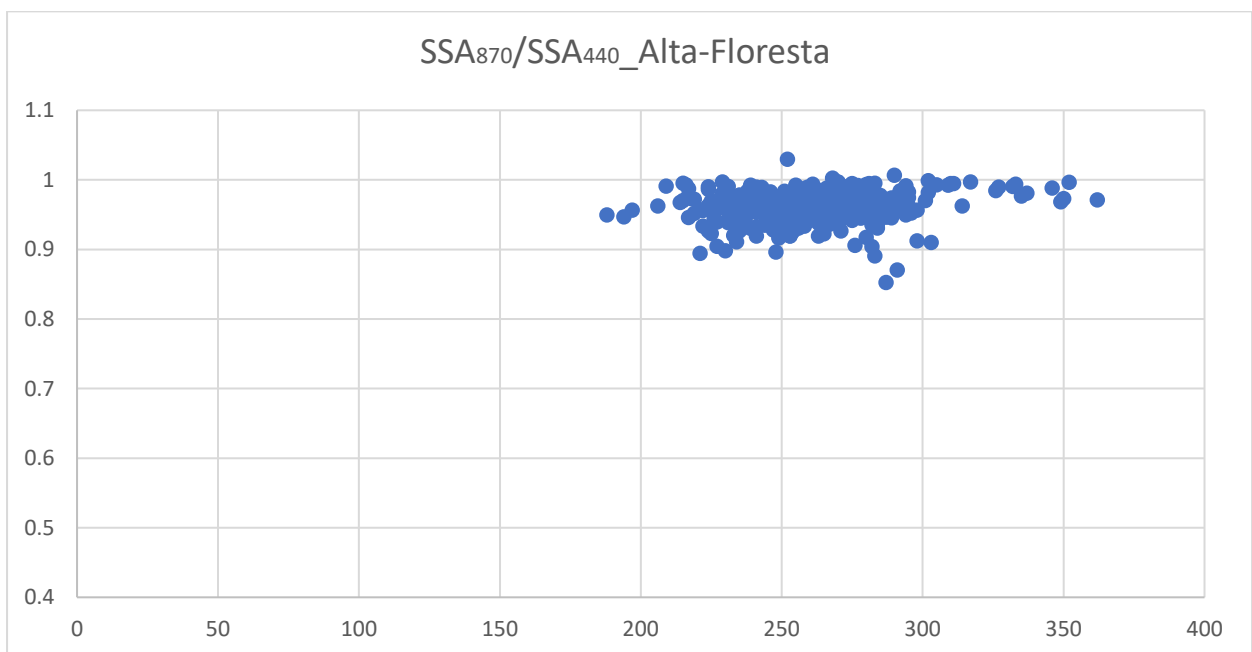


Σχήμα 4.28: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{675} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Rio-Branco

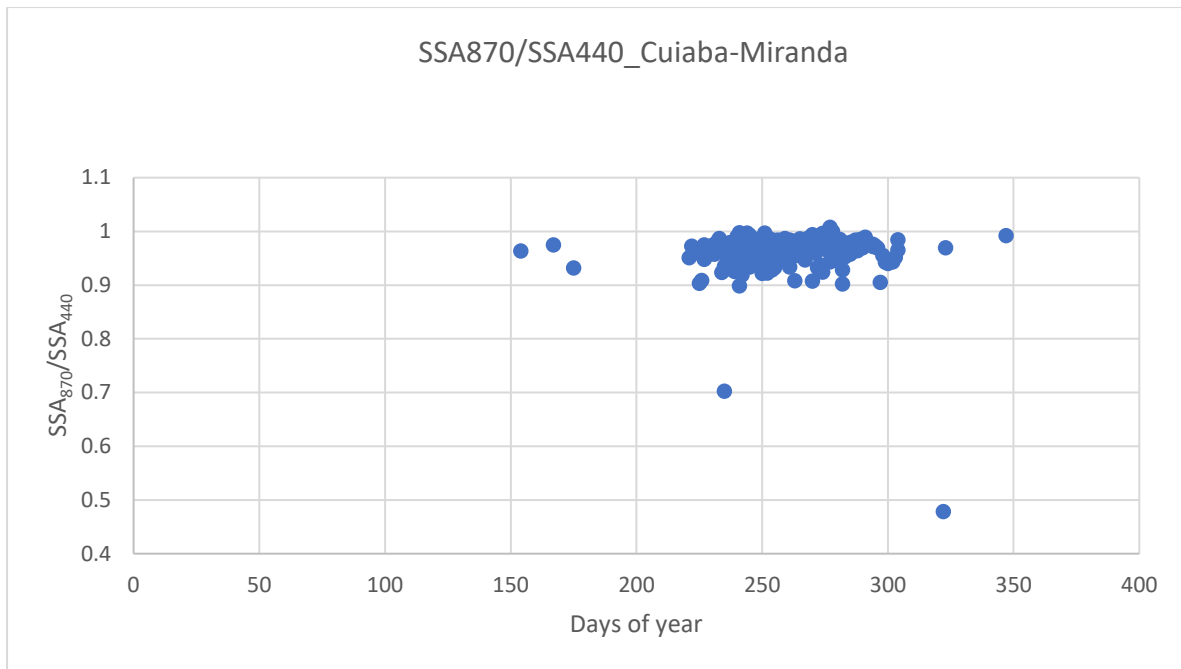


Σχήμα 4.29: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{870} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Rio-Branco.

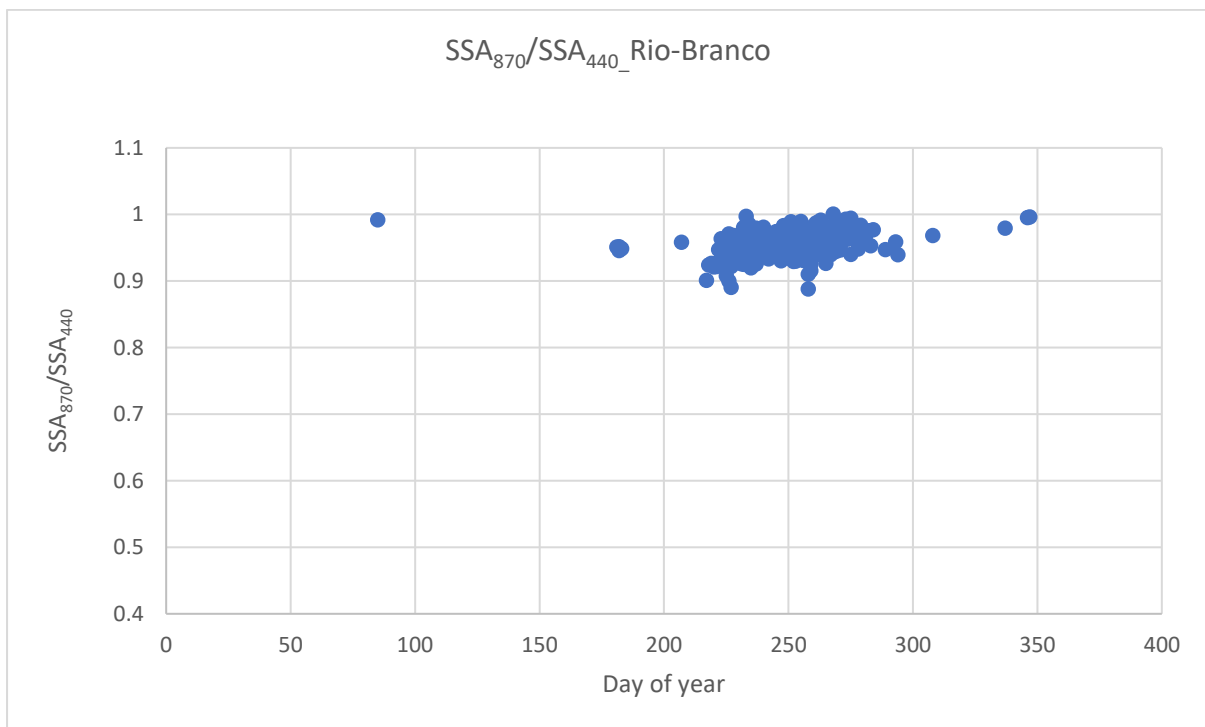
4.1.4 Λόγος SSA_{870}/SSA_{440}



Σχήμα 4.30: Μέσες ημερήσιες τιμές του λόγου της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης στα 870nm προς τα 440nm SSA_{870}/SSA_{440} για τον σταθμό Alta_Floresta.



Σχήμα 4.31.: Μέσες ημερήσιες τιμές του λόγου της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης στα 870nm προς τα 440nm SSA_{870}/SSA_{440} για τον σταθμό Cuiaba_Miranda.



Σχήμα 4.32.: Μέσες ημερήσιες τιμές του λόγου της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης στα 870nm προς τα 440nm SSA_{870}/SSA_{440} για τον σταθμό Rio_Branco.

Τα διαγράμματα που παρατέθηκαν αντιστοιχούν στην μέση μηνιαία και ημερήσια διακύμανση της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης (SSA) για τρία διαφορετικά μήκη κύματος 440-675-870nm, τα οποία δεδομένα δίνονται από το AERONET. Τα δεδομένα τα οποία μας παρείχε το δίκτυο ήταν κυρίως κατά την διάρκεια της ξηρής περιόδου κάθε έτους (Αυγустος-Σπτέμβριος-Οκτώβριος), καθώς τους υπόλοιπους μήνες λόγω του πολύ χαμηλού οπτικού βάθους δεν υπολογίζεται το SSA.

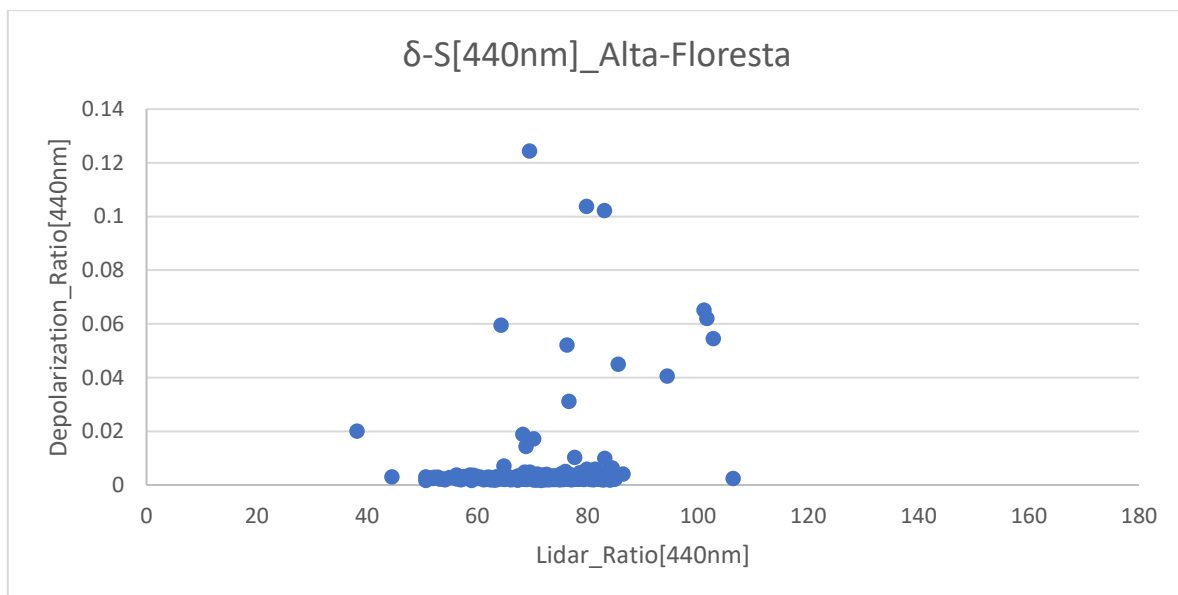
Οι μέσες μηνιαίες τιμές του SSA κυμαίνονται στο εύρος [0.8,0.95] στα 440 nm.

Με τα ημερήσια δεδομένα φαίνεται καλύτερα η διακύμανση των τιμών αυτών και στα τρία μήκη κύματος.

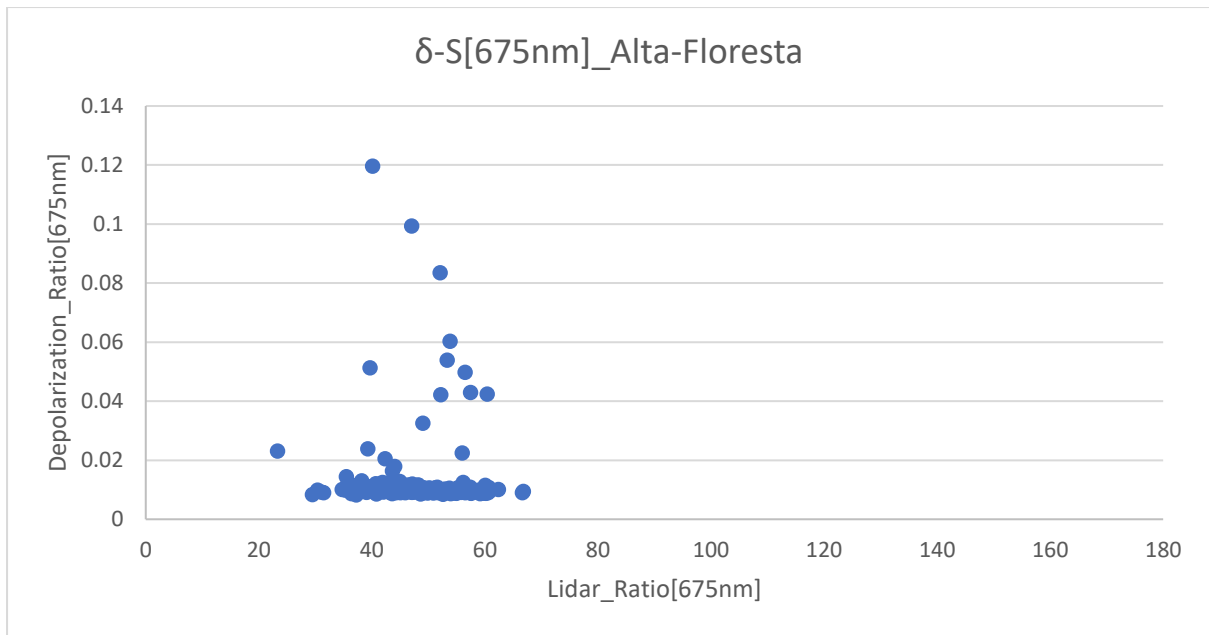
Επιπλέον παρατηρείται ελάχιστη μείωση των τιμών του SSA κατά την άυξηση του μήκους κύματος. Σύμφωνα με τους Youngmin Noh, Detlef Muller, 2017 το SSA μειώνεται με την αύξηση του μήκους κύματος, όταν τα αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται από κάυση βιομάζας. Έτσι και σε αυτήν εδώ την περίπτωση παρατηρείται αυτή η μείωση και διακρίνεται καλύτερα στα διαγράμματα 4.30,4.31,4.32 όπου απεικονίζουν τον λόγο του SSA_{870}/SSA_{440} , ο οποίος είναι κατα πλειοψηφία μικρότερος της μονάδας.

4.1.5. Συσχέτιση του Depolarization Ratio (δ) με το Lidar Ratio (S)

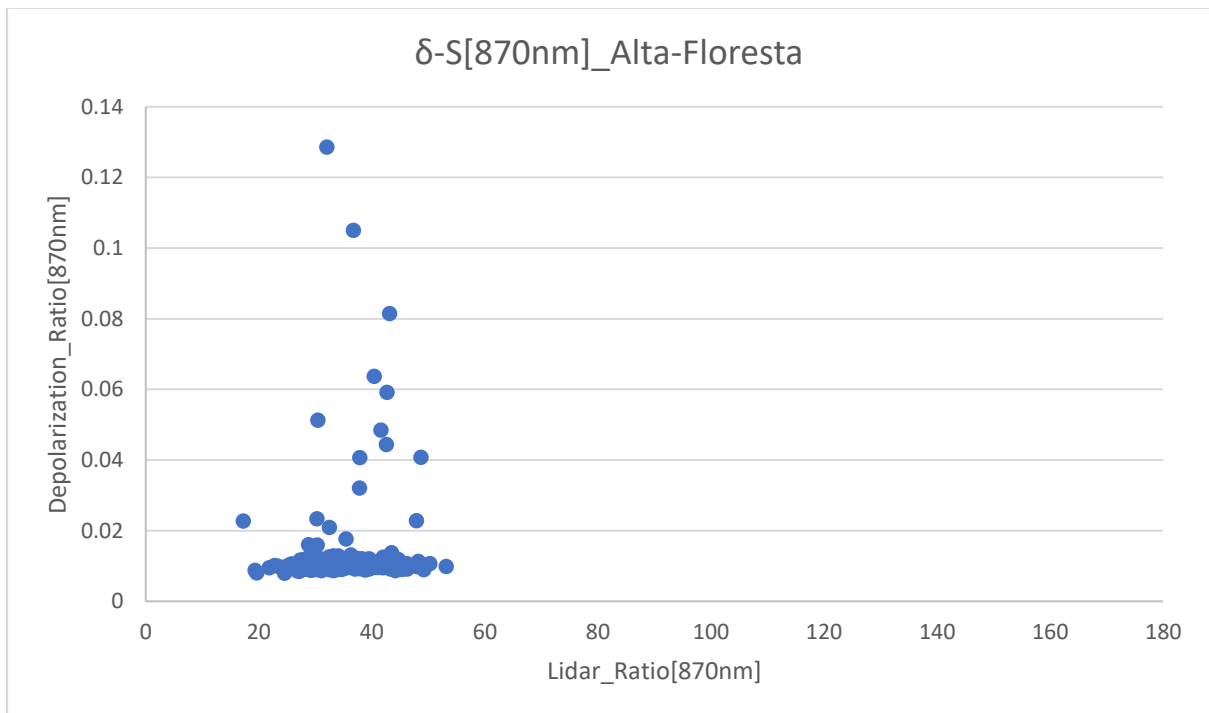
Στην παρακάτω ενότητα καταγράφονται οι μέσες ημερήσιες τιμές του lidar ratio S και του Depolarization ratio δ και η συσχέτιση μεταξύ τους. Επίσης παρουσιάζεται και η συσχέτιση του lidar ratio S με την ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης (SSA) για τους τρεις σταθμούς και για τρία μήκη κύματος 440-675-870.



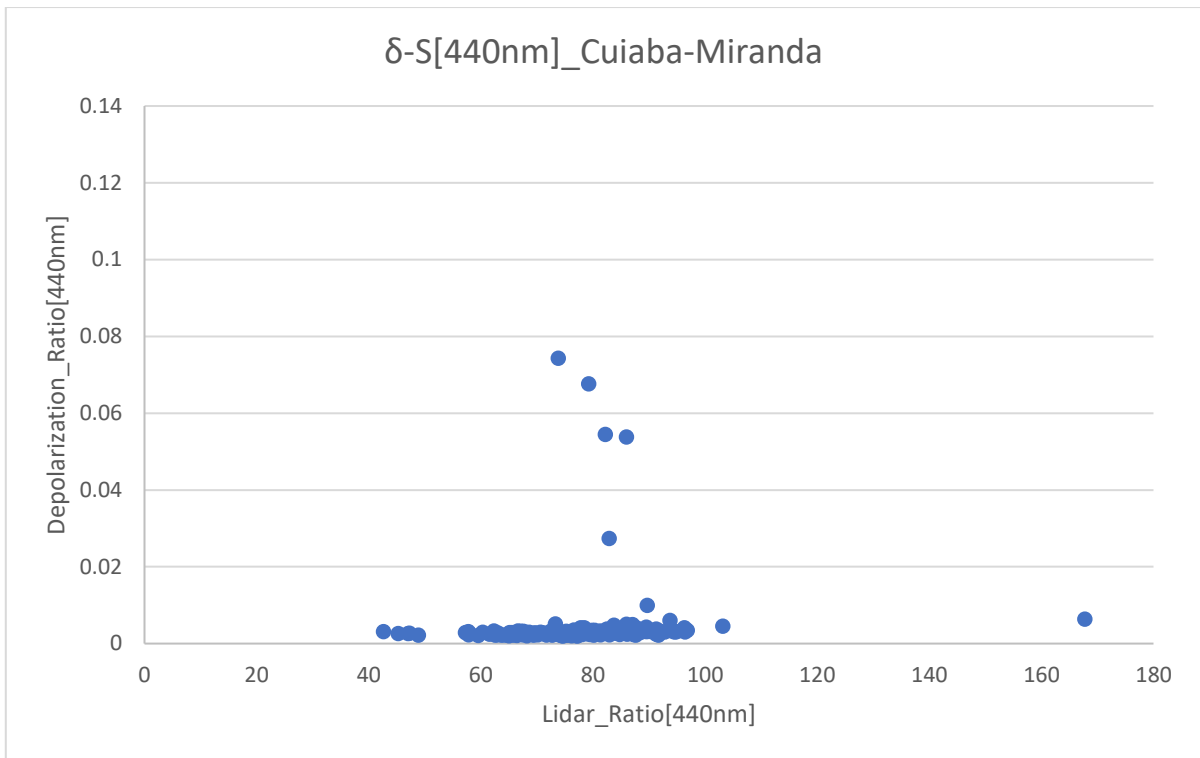
Σχήμα 4.33: Συσχέτιση μέσων ημερήσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 440nm για την περιοχή Alta-Floresta.



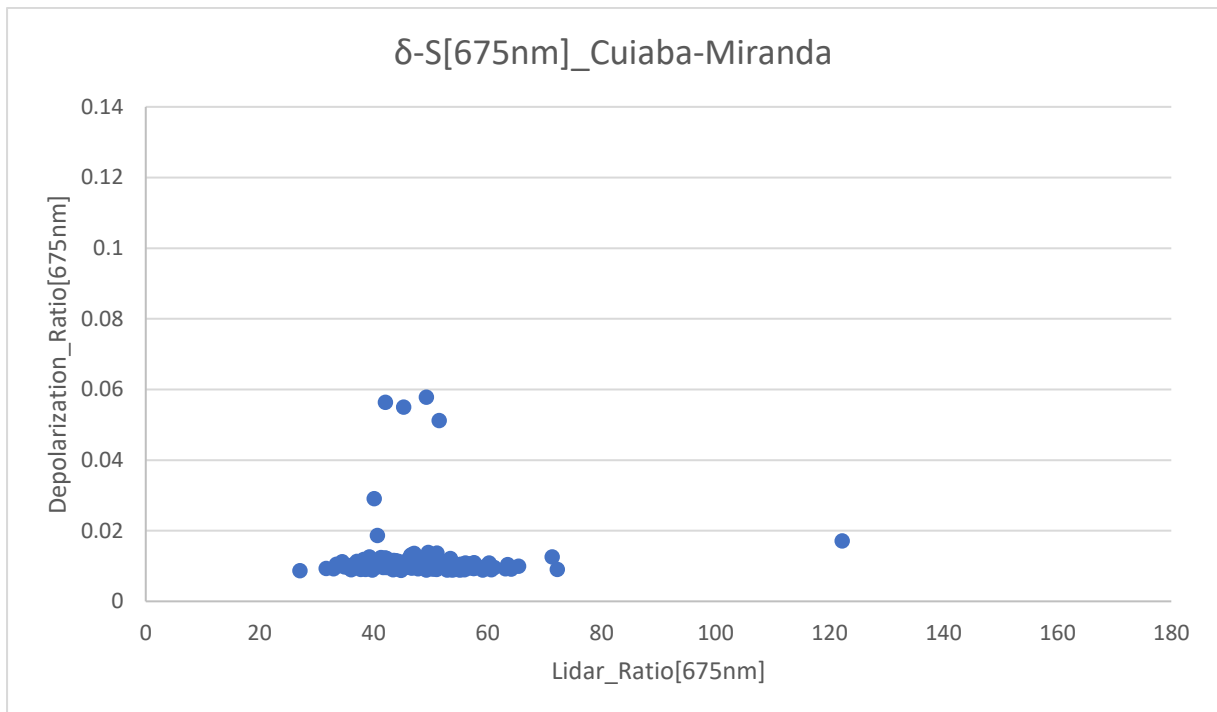
Σχήμα 4.34: Συσχέτιση μέσω ημερήσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 675nm για την περιοχή Alta-Floresta.



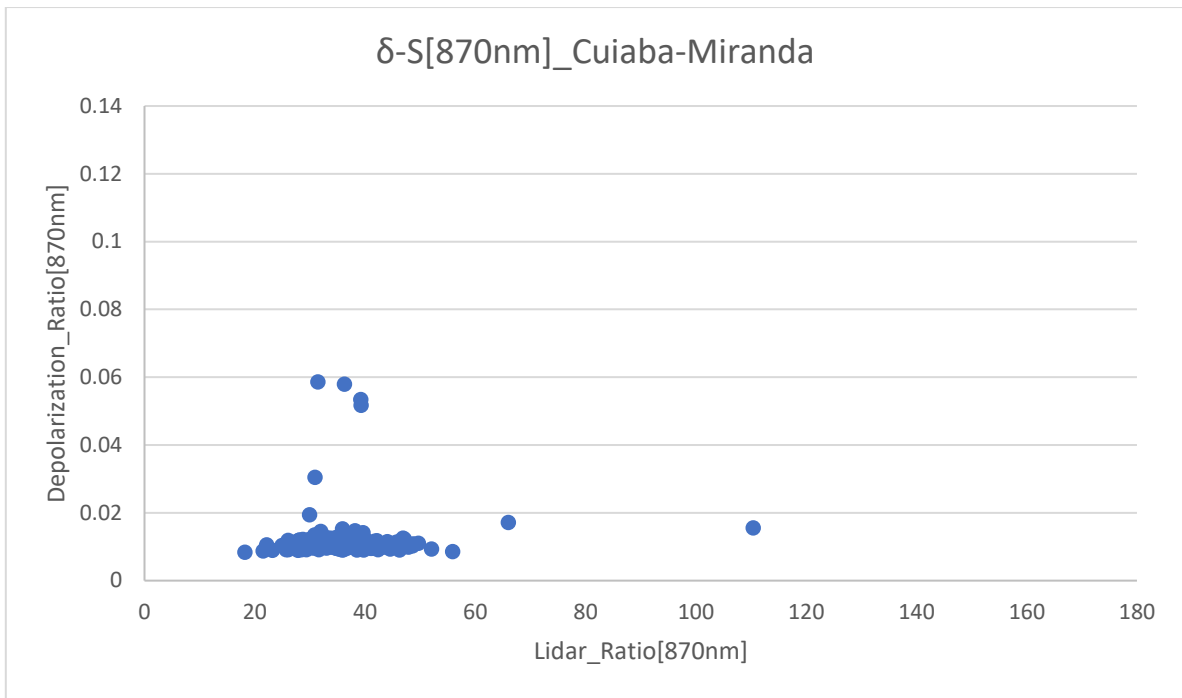
Σχήμα 4.35: Συσχέτιση μέσω ημερήσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 870nm για την περιοχή Alta-Floresta



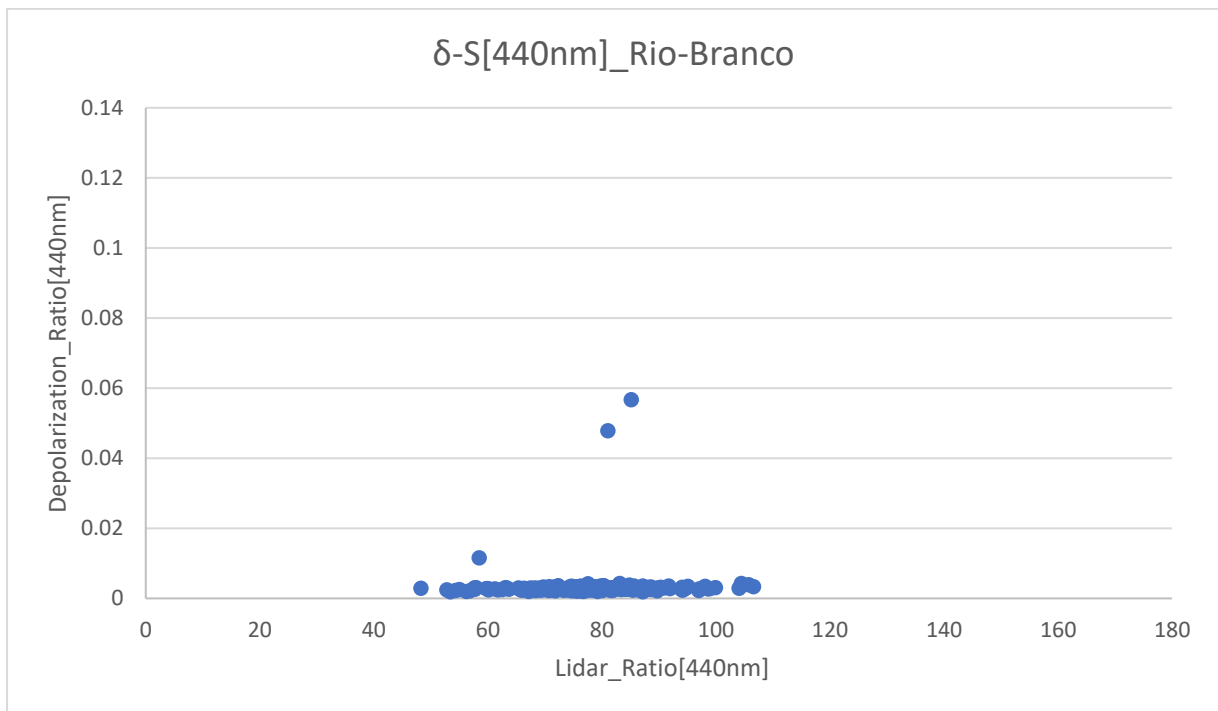
Σχήμα 4.36: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 440nm για την περιοχή Cuiaba-Miranda.



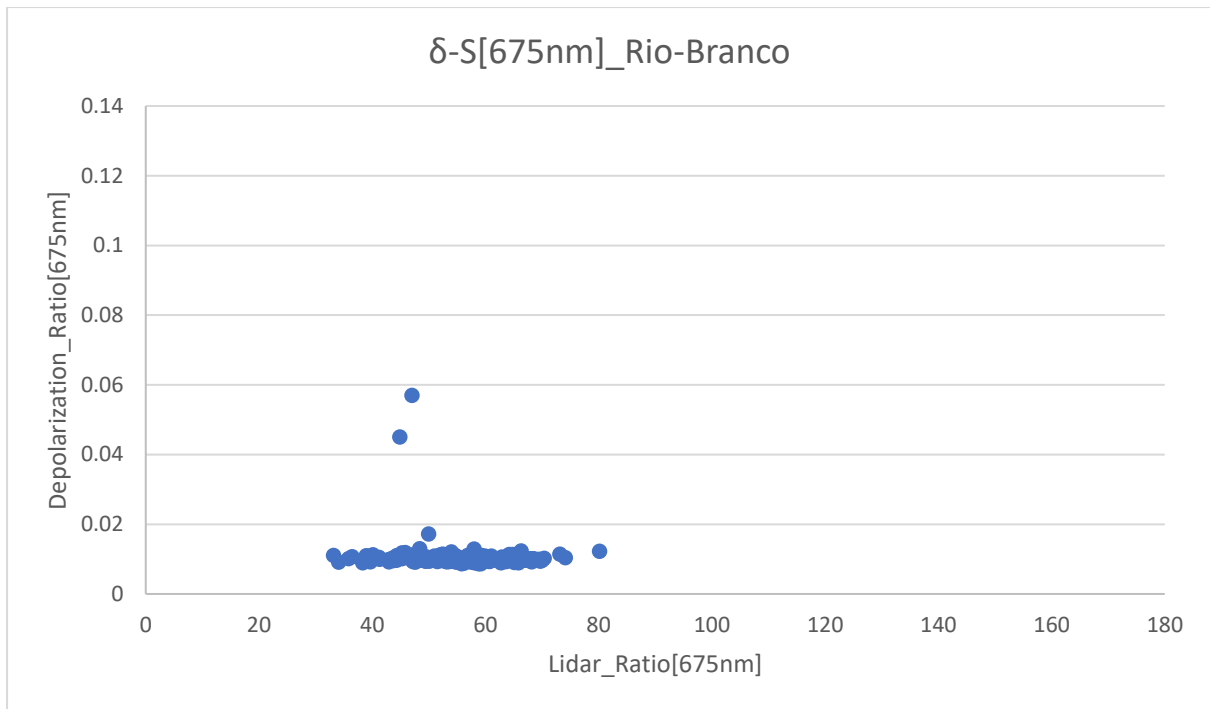
Σχήμα 4.37: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 675nm για την περιοχή Cuiaba-Miranda.



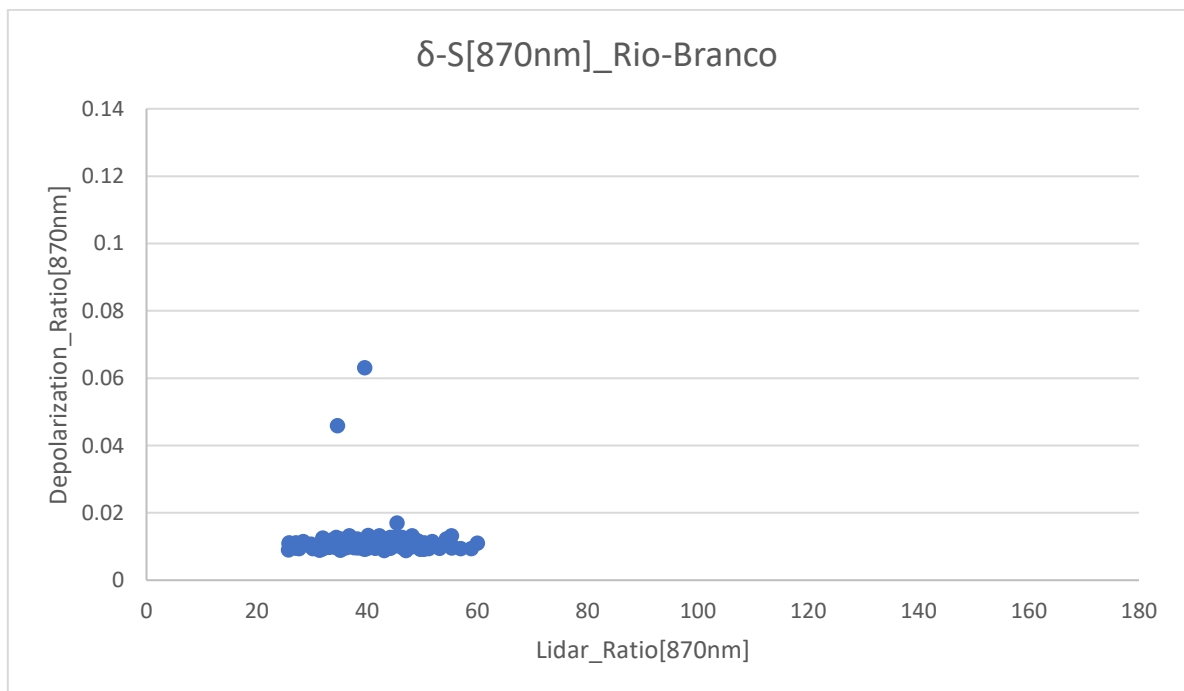
Σχήμα 4.38: Συσχέτιση μέσωσ ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 870nm για την περιοχή Cuiaba-Miranda.



Σχήμα 4.39: Συσχέτιση μέσωσ ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 440nm για την περιοχή Rio-Branco.



Σχήμα 4.40:: Συσχέτιση μέσω των ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 675nm για την περιοχή Rio-Branco.



Σχήμα 4.41: Συσχέτιση μέσω των ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 675nm για την περιοχή Rio-Branco.

Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάστηκε η συσχέτιση του Depolarization ratio με το lidar ratio για τρία διαφορετικά μήκη κύματος και για τους τρεις σταθμούς.

Παρατηρείται ότι οι τιμές του S_{440} κυμαίνονται από ένα εύρος $[38,168]sr$ ενώ για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος αυτές οι τιμές μειώνονται και το εύρος να μετατοπίζεται S_{675}/S_{870} $[23,122]sr/[17,110]$.

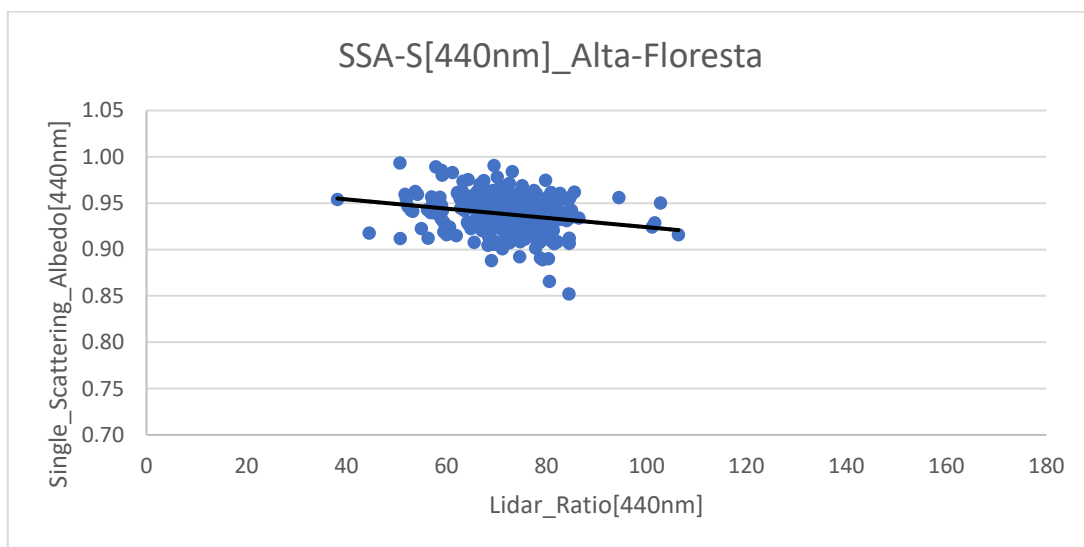
Το δ_{440} παίρνει τιμές από 0,001 έως 0,12 με τις υψηλότερες να καταγράφονται στον σταθμό Alta-Floresta. Η πλειοψηφία των τιμών παρατηρείται στο διάστημα $[0,0.02]$. Επίσης για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος έχουμε μία μικρή άνοδο των τιμών στην πλειοψηφία τους και στους τρεις σταθμούς.

Το εύρος των τιμών του δ_{440} αντιστοιχεί σε τιμές του S_{440} $[50,90]$ με την πλειοψηφία αυτών να βρίσκεται πολύ κοντά στο μηδέν. Αντίστοιχα για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος οι τιμές αυτές αυξάνονται λίγο, ενώ αντιστοιχούν σε μικρότερα διαστήματα του S , $(\delta_{675}/\delta_{870}, [30,70]sr/[20,50]sr)$. Αυτή η παρατήρηση ισχύει και για τους τρεις σταθμούς.

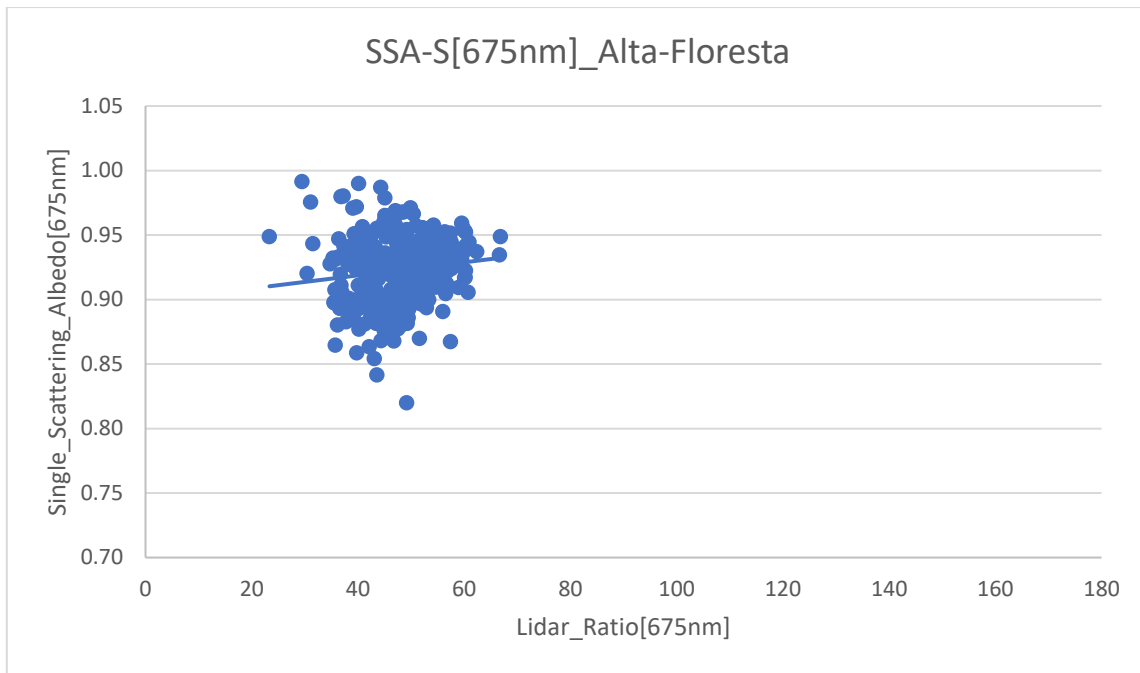
Σε αυτήν την περίπτωση το S φαίνεται να παρουσιάζει μεγαλύτερη αλλαγή από το δ κι αυτό οφείλεται στο ότι το S εξαρτάται από τον σύνθετο δείκτη διάθλασης και καθορίζεται από την σύνθεση των σωματιδίων, ενώ το δ εξαρτάται περισσότερο από την μορφολογία των σωματιδίων (Sung-kyumShin, Matthias Tesche et al. 2018).

Το δ παίρνει πάρα πολύ μικρές τιμές όταν χαρακτηρίζεται από ασθενώς αποπολωτικά αιωρούμενα σωματίδια, όπως η κάυση βιομάζας (Youngmin Noh, Detlef Muller et al. 2017). "

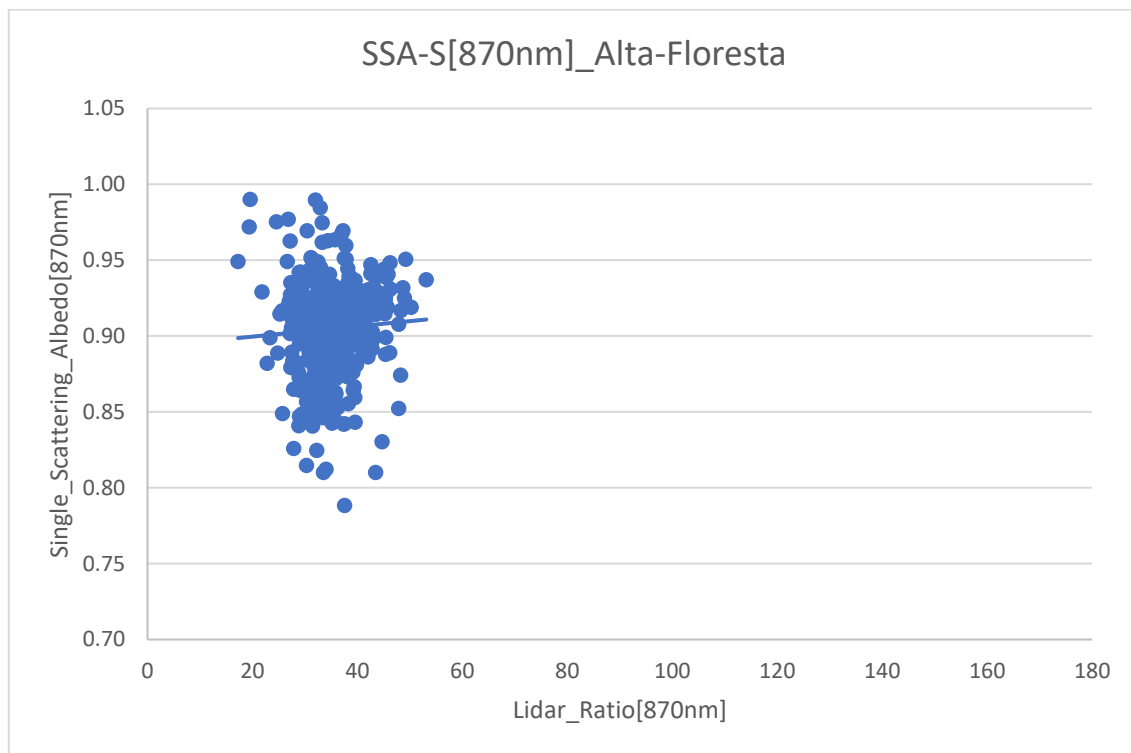
4.1.6. Ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης (SSA)-Lidar Ratio (S)



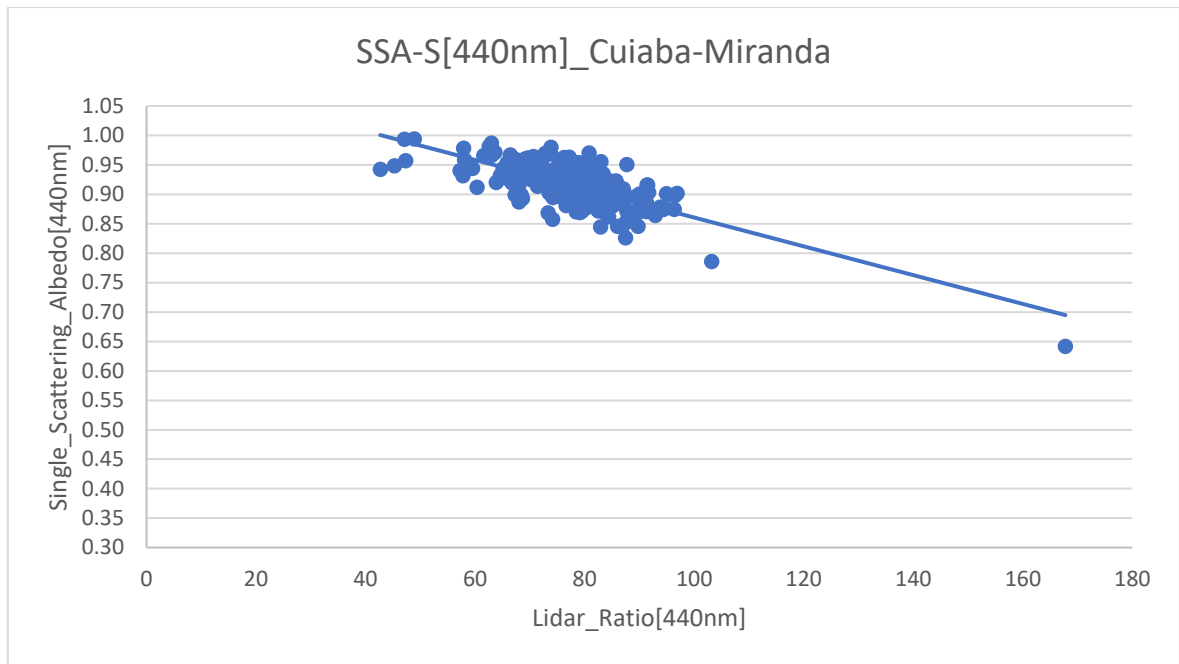
Σχήμα 4.42: Συσχέτιση μέσω των ημερήσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 440nm για την περιοχή Alta_Floresta



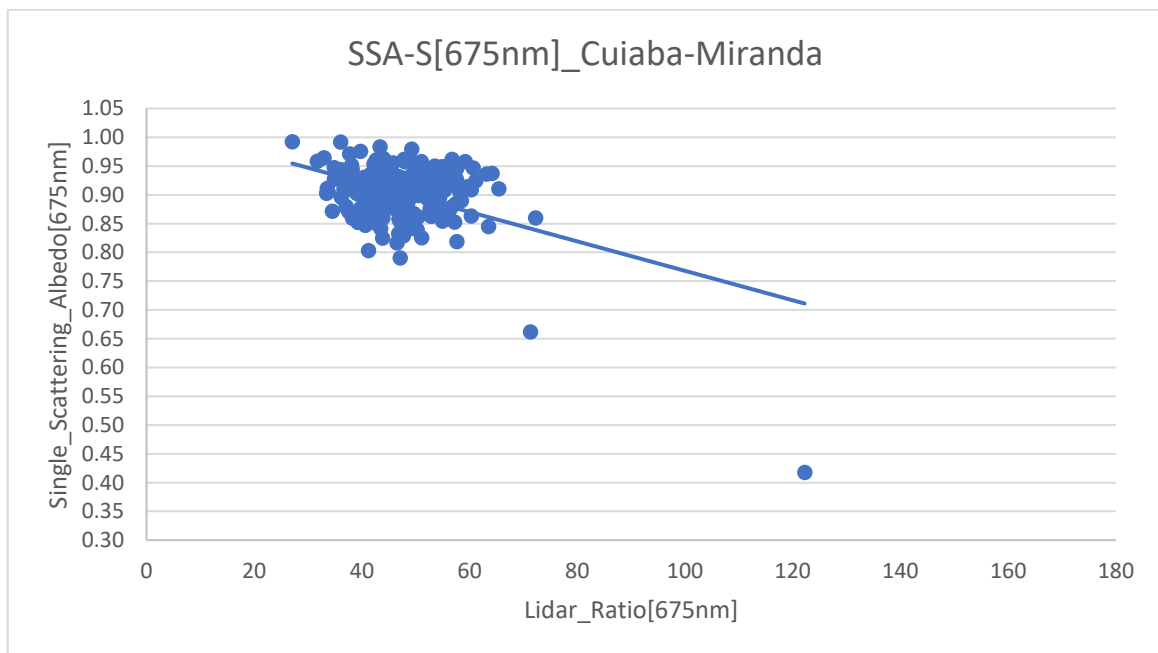
Σχήμα 4.43: Συσχέτιση μέσω των ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 675nm για την περιοχή Alta_Floresta



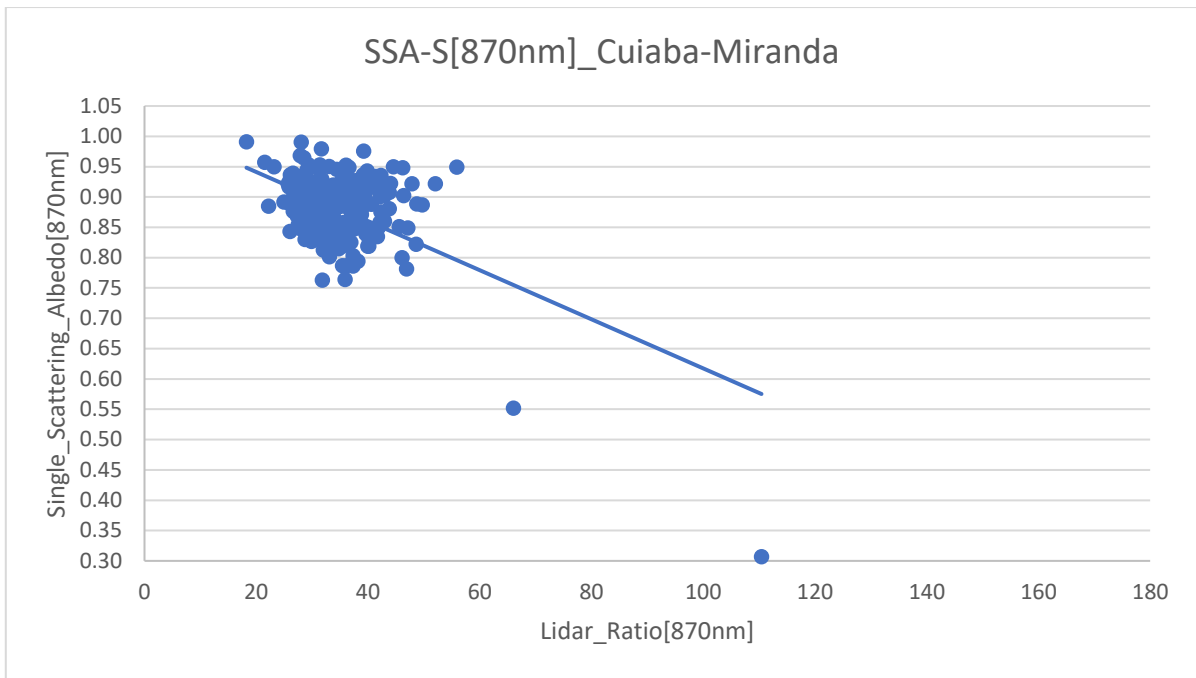
Σχήμα 4.44: Συσχέτιση μέσω των ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 870nm για την περιοχή Alta_Floresta



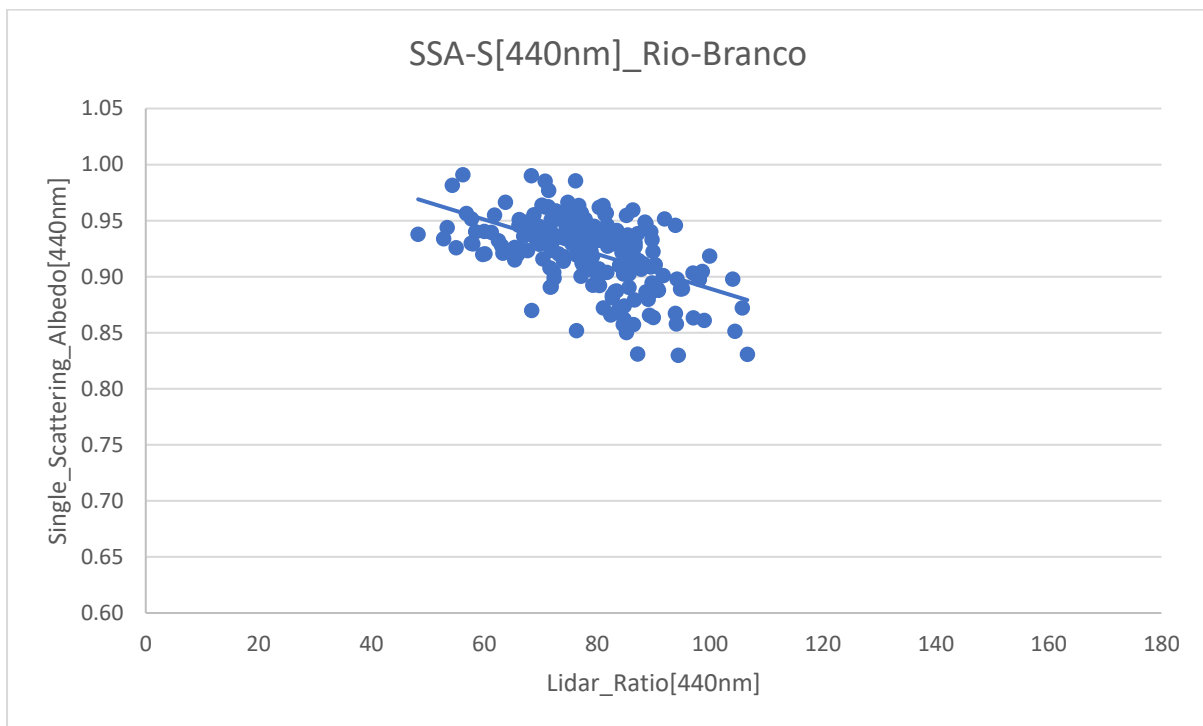
Σχήμα 4.45: Συσχέτιση μέσω των ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 440nm για την περιοχή Cuiaba-Miranda



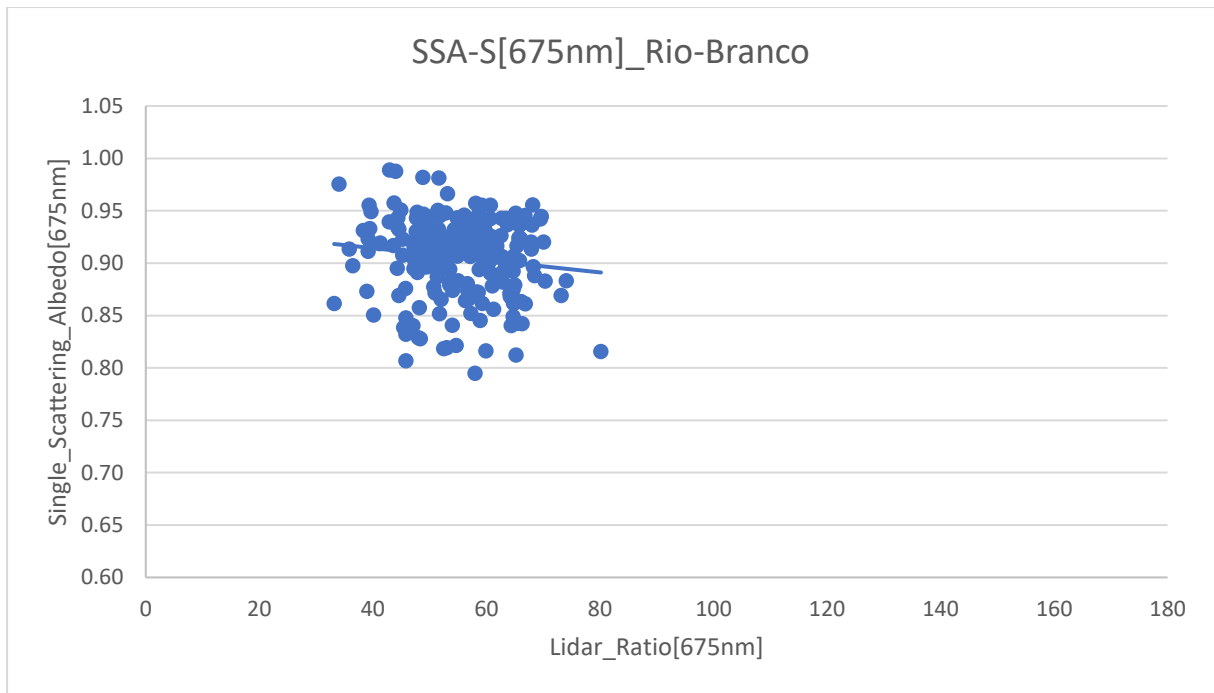
Σχήμα 4.46: Συσχέτιση μέσω των ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 675nm για την περιοχή Cuiaba-Miranda



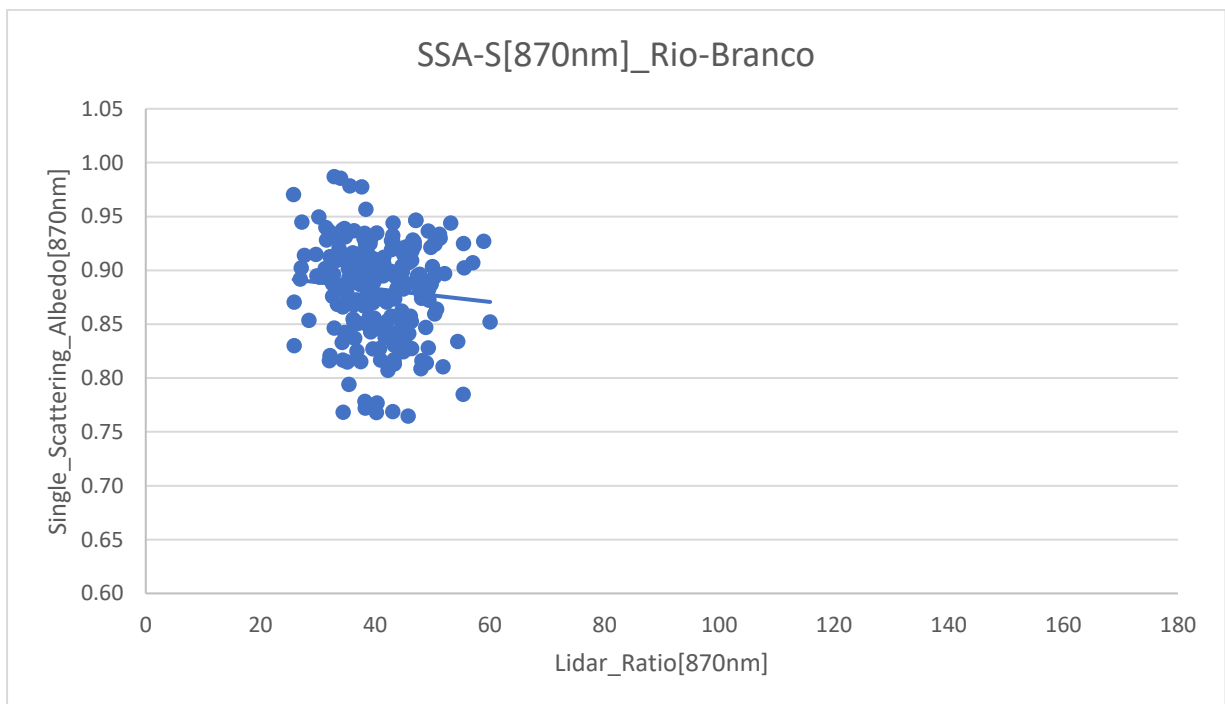
Σχήμα 4.47: Συσχέτιση μέσωσ ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 870nm για την περιοχή Cuiaba-Miranda



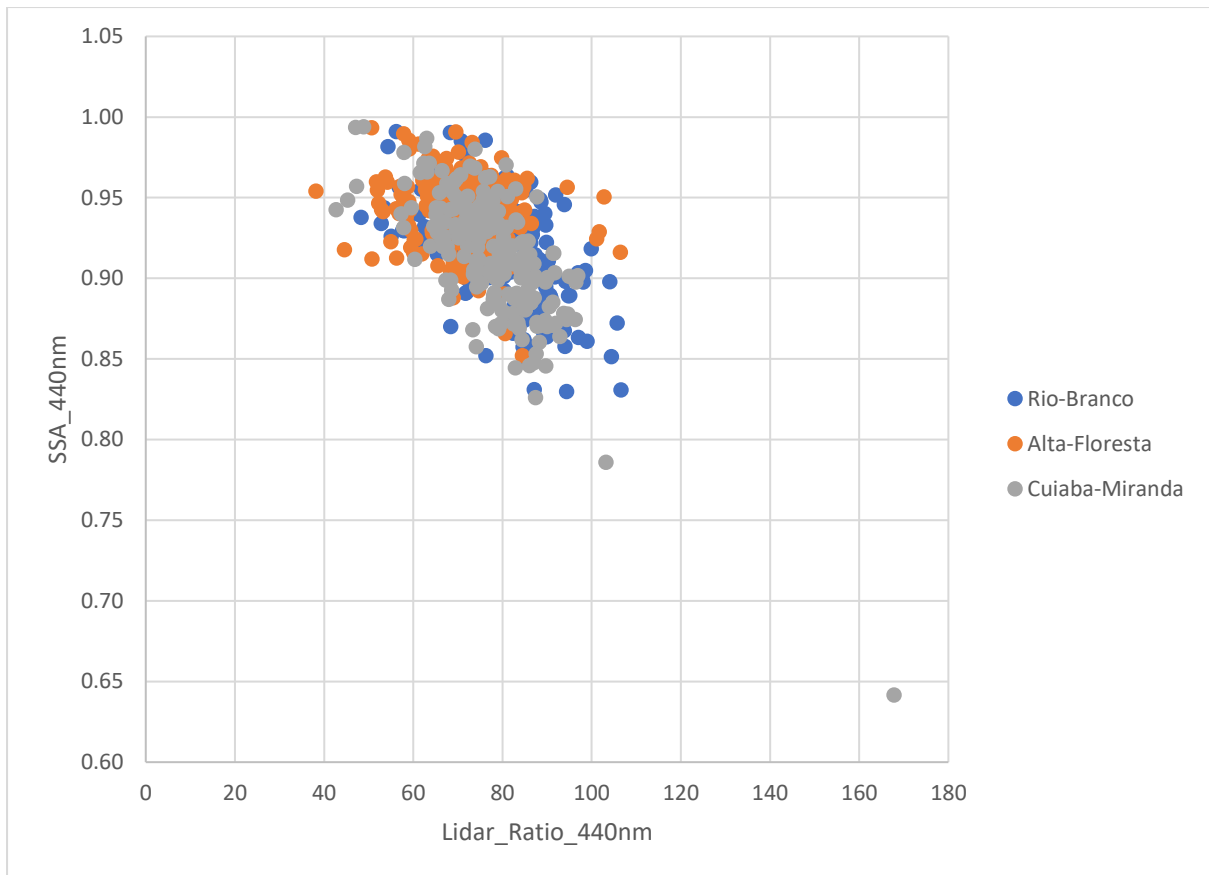
Σχήμα 4.48: Συσχέτιση μέσωσ ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 440nm για την περιοχή Rio-Branco



Σχήμα 4.49: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 675nm για την περιοχή Rio-Branco



Σχήμα 4.50: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 870nm για την περιοχή Rio-Branco



Σχήμα 4.51: Συσχέτιση μέσω ημερήσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 440nm για τους τρεις σταθμούς

Στα παραπάνω διαγράμματα απεικονίζονται οι τιμές του SSA σε σχέση με το lidar ratio για τρία διαφορετικά μήκη κύματος 440,675,870 για τους τρεις σταθμούς.

Η πλειοψηφία των τιμών του SSA_{440} κυμαίνεται 0,85-0,98 όπου αντιστοιχούν στην αναλογία lidar 50-100sr. Για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος παρατηρείται μία μικρή μείωση των τιμών του SSA.

Επιπλέον βλέπουμε ότι το SSA αυξάνεται με μειωμένη αναλογία του lidar ratio, όπου και συνεπάγεται ότι για μεγάλες τιμές του SSA αντιστοιχούν σε μικρές τιμές του lidar ratio. Αυτό φαίνεται καλύτερα στο σχήμα 4.51, όπου απεικονίζει την συσχέτιση του SSA_{440} με το S_{440} και για τους τρεις σταθμούς.

Κι εδώ παρατηρούμε ότι η αναλογία του lidar ratio επηρεάζεται πολύ περισσότερο καθώς εξαρτάται από τον σύνθετο δείκτη διάθλασης και την σύνθεση των σωματιδίων.

4.2 Περιοχή Αφρικής

Σε αυτήν την περιοχή έγινε επιλογή δύο σταθμών του AERONET οι οποίοι χαρακτηρίζονται κυρίως για την μελέτη των αερολυμάτων σκόνης από την σαχάρα αλλά και ο ένας απο αυτους και για κάυση βιομάζας. Αυτοί είναι: Banizoumbou, Ilorin. Τα δεδομένα που επιλέγησαν

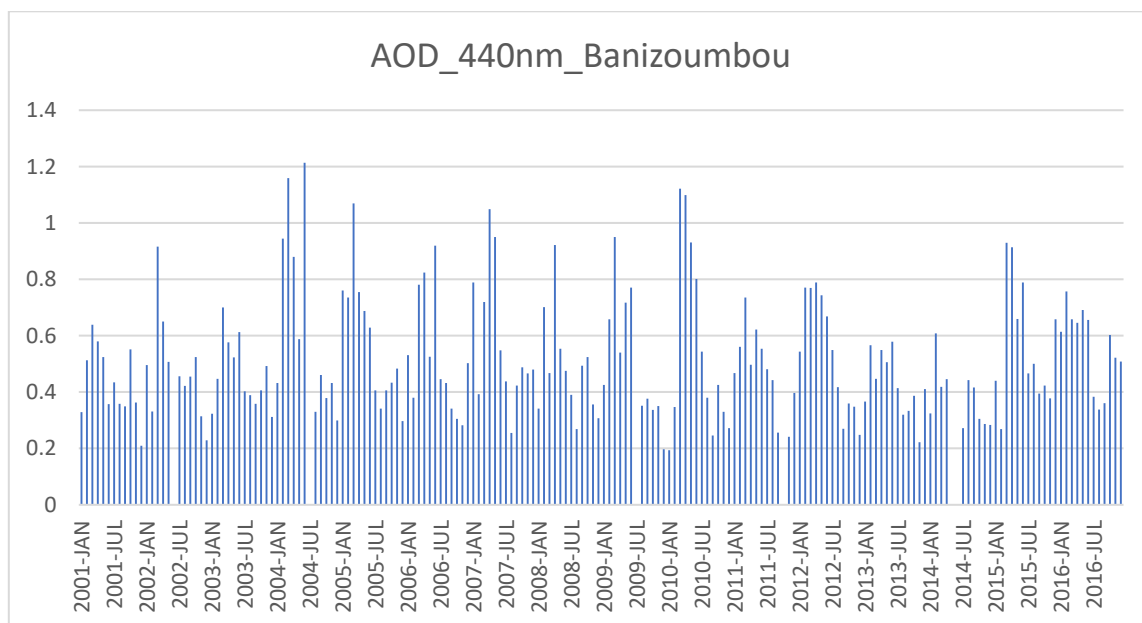
αντιστοιχούν από τον Ιανουάριο του 2001 έως τον Δεκέμβριο του 2016 και τα προϊόντα στα οποία γίνεται επεξεργασία είναι: το οπτικό βάθος στα 440nm(AOD₄₄₀), ο συντελεστής Angstrom($\alpha_{440-870}$). Η ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης (SSA), το Lidar Ratio και το Depolarisation Ratio εξετάστηκαν για τρία μήκη κύματος 440,670,870nm. Ομοίως η διαδικασία που έγινε για την περιοχή του αμαζονίου λαμβάνει μέρος κι εδώ.

STATION	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVATION	TIME
Banizoumbou	13.54693° N	2.66519° E	274.0 meters	JAN 2001-DEC 2016
Ilorin	8.48410° N	4.67450° E	400.0 meters	JAN 2001-DEC 2016

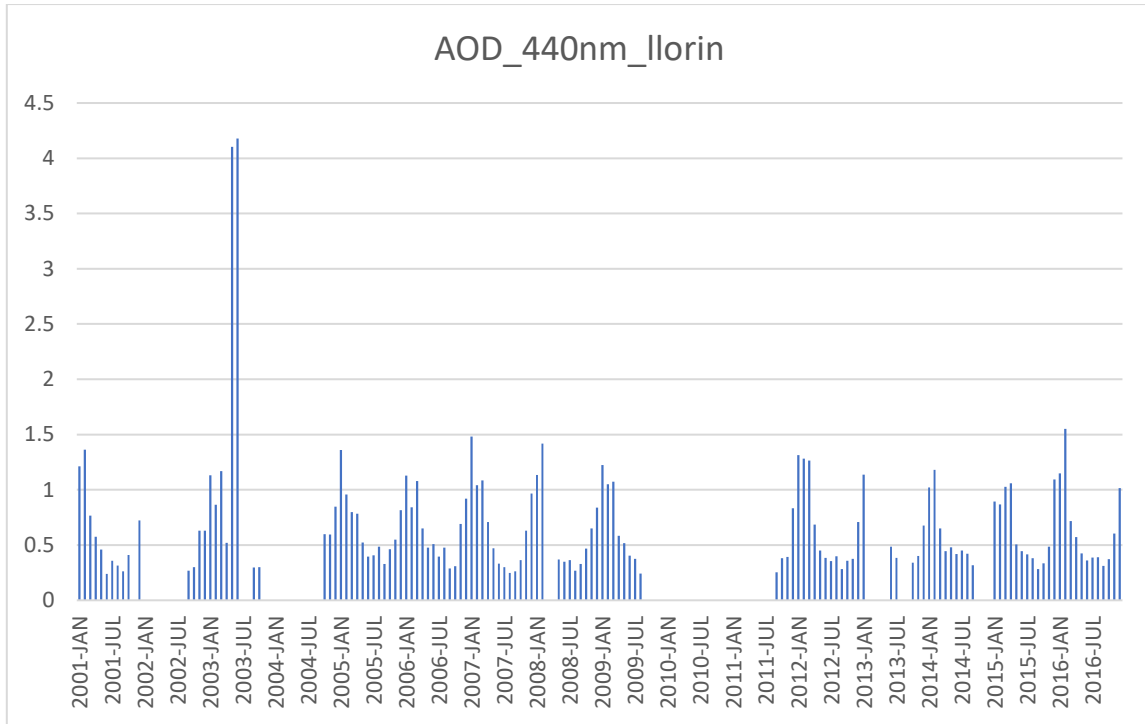
Πίνακας 4.2: Περιγραφή σταθμών Αφρικής

Παραθέτονται οι διακυμάνσεις του οπτικού βάθους και του συντελεστή Angstrom για τους δύο σταθμούς.

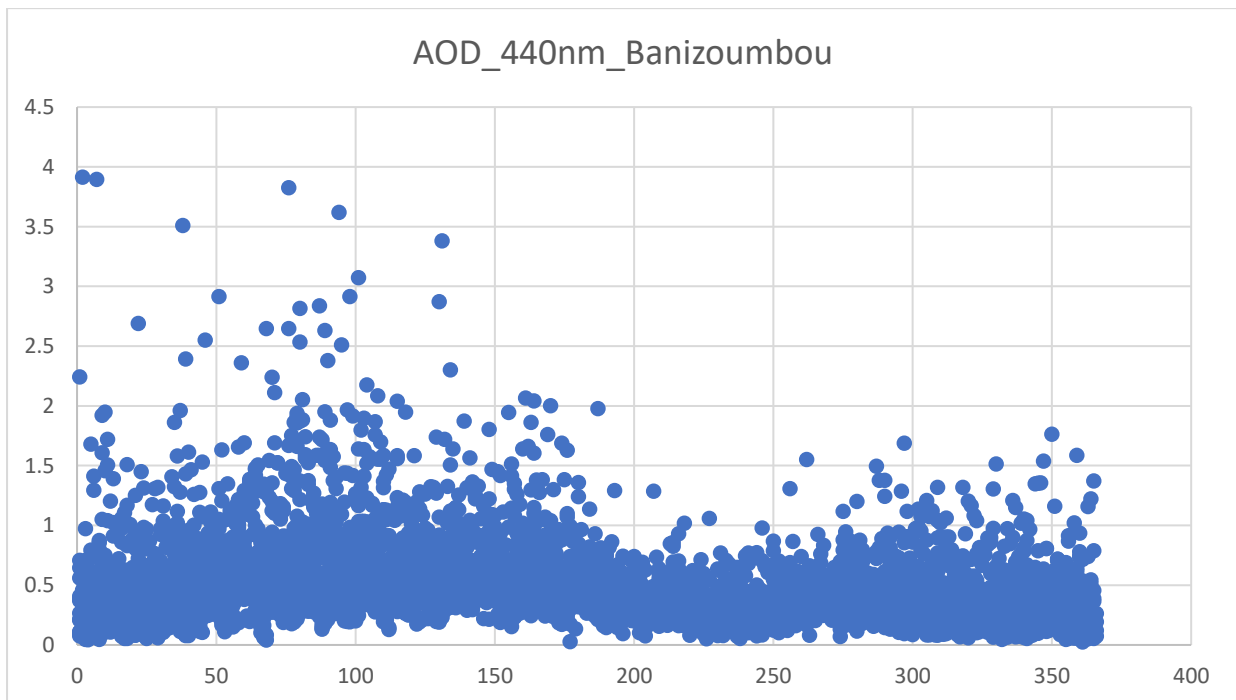
4.2.1. AOD₅₀₀



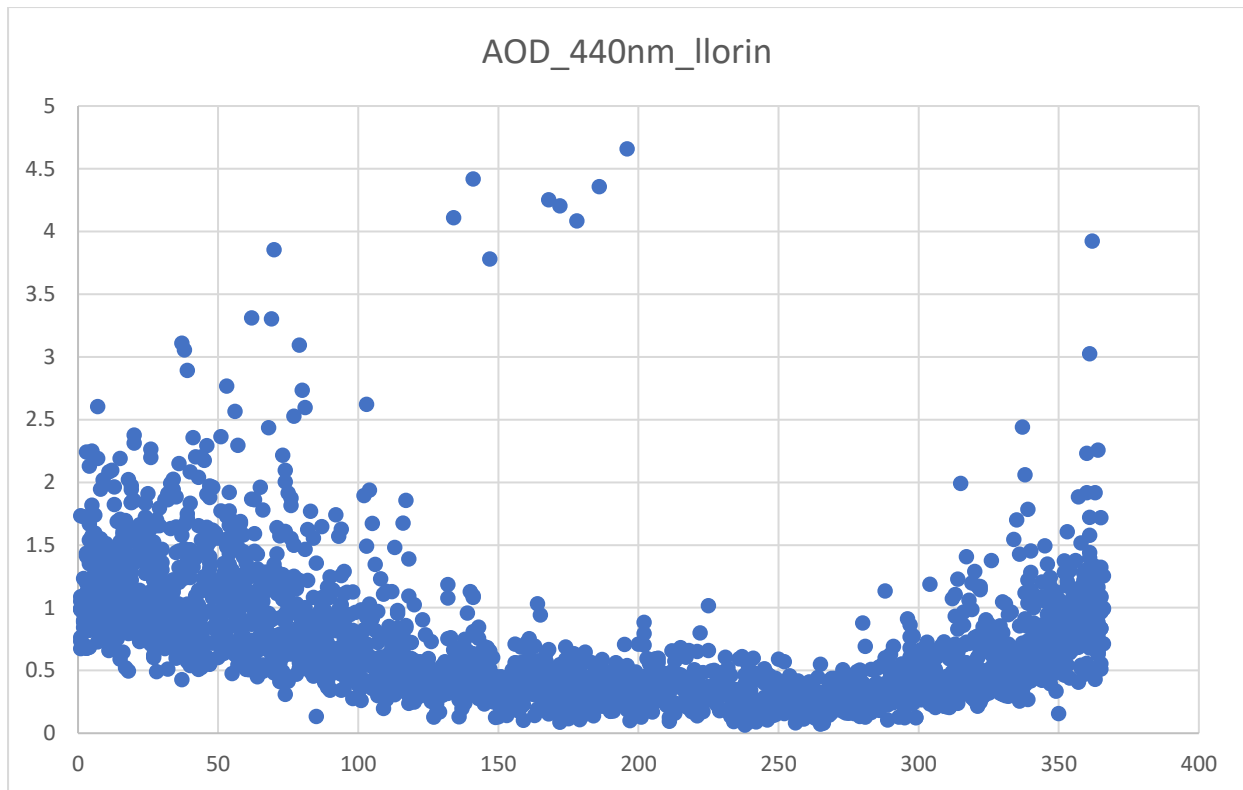
Σχήμα 4.52: Μέσες μηνιαίες τιμές του AOD₄₄₀ από τον Ιανουάριο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Banizoumbou.



Σχήμα 4.53: Μέσες μηνιαίες τιμές του AOD₄₄₀ από τον ιανουάριο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Ilorin.



Σχήμα 4.54: Μέσες ημερήσιες τιμές του AOD₄₄₀ το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Banizoumbou.



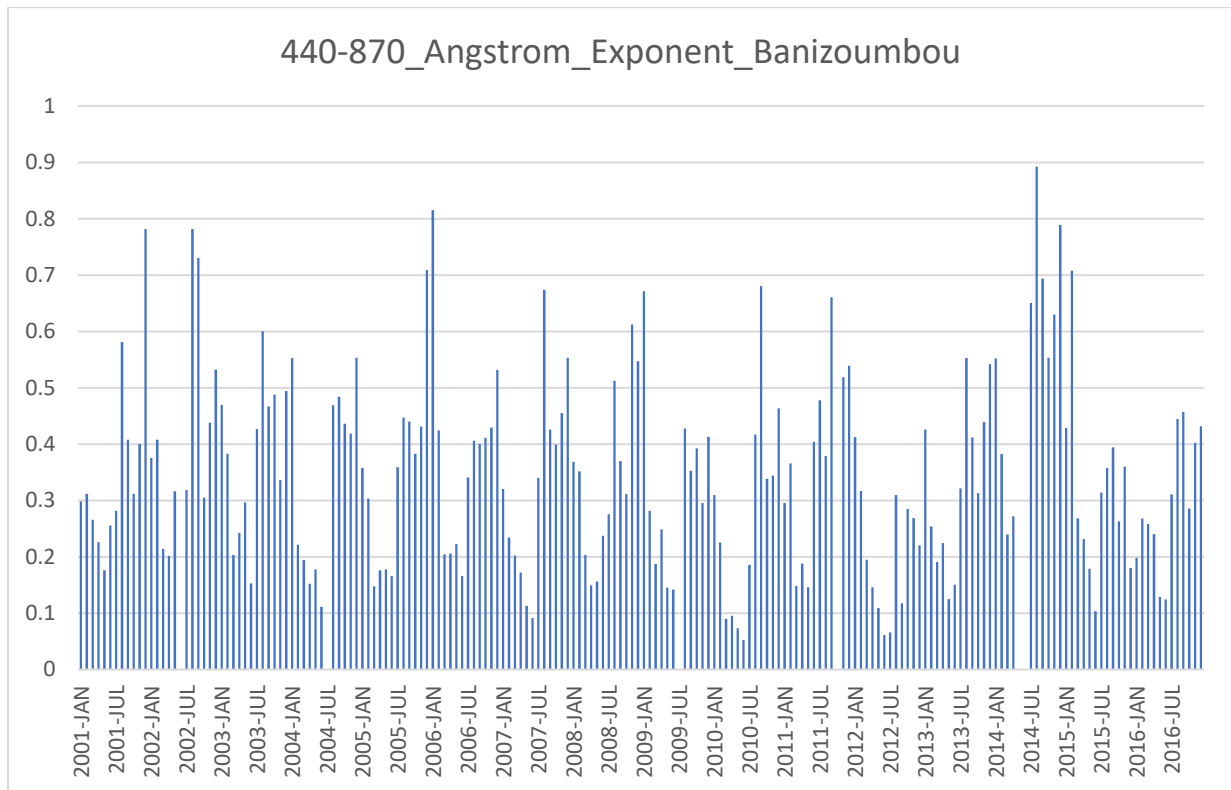
Σχήμα 4.55: Μέσες ημερήσιες τιμές του AOD₄₄₀ το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Ilorin.

Τα διαγράμματα που παρατέθηκαν αντιστοιχούν στην μέση μηνιαία και ημερήσια διακύμανση του οπτικού βάθους σε μήκος κύματος 440nm, τα οποία δεδομένα δίνονται από το AERONET.

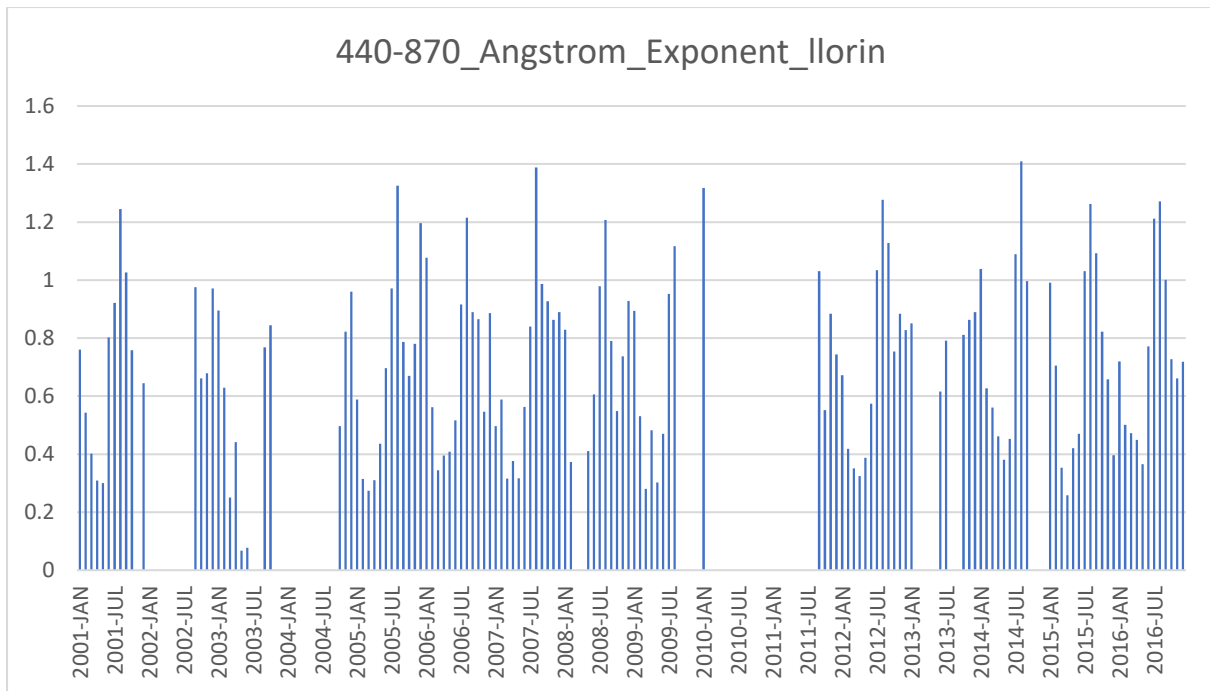
Παρατηρούνται υψηλές τιμές του AOD την άνοιξη στον σταθμό του Banizoumbou καθόλη την χρονική διάρκεια 2001-2016. Υποθέτουμε ότι οφείλεται στην μεταφορά σκόνης από την σαχάρα, καθώς ο σταθμός βρίσκεται πολύ κοντά στην έρημο και η ατμόσφαιρα είναι επιβαρυνμένη από σωματίδια σκόνης.

Για τον σταθμό του Ilorin έχουμε μία αυξητική τάση του οπτικού βάθους τους χειμερινούς μήνες. Αυτό μπορεί να μεταφραστεί με κάυση βιομάζας καθώς εκείνη την περίοδο στην περιοχή αυτή σημειώνονται πολλές πυρκαγιές.

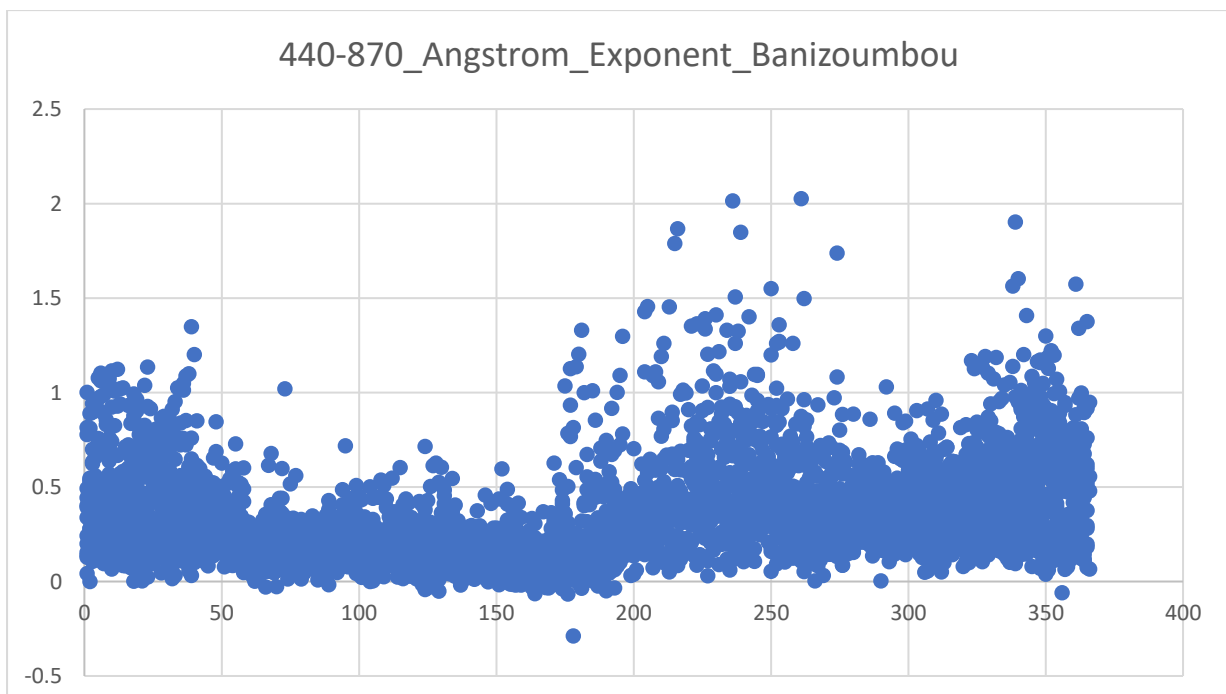
4.2.2 Συντελεστής Angstrom $\alpha_{440-870}$



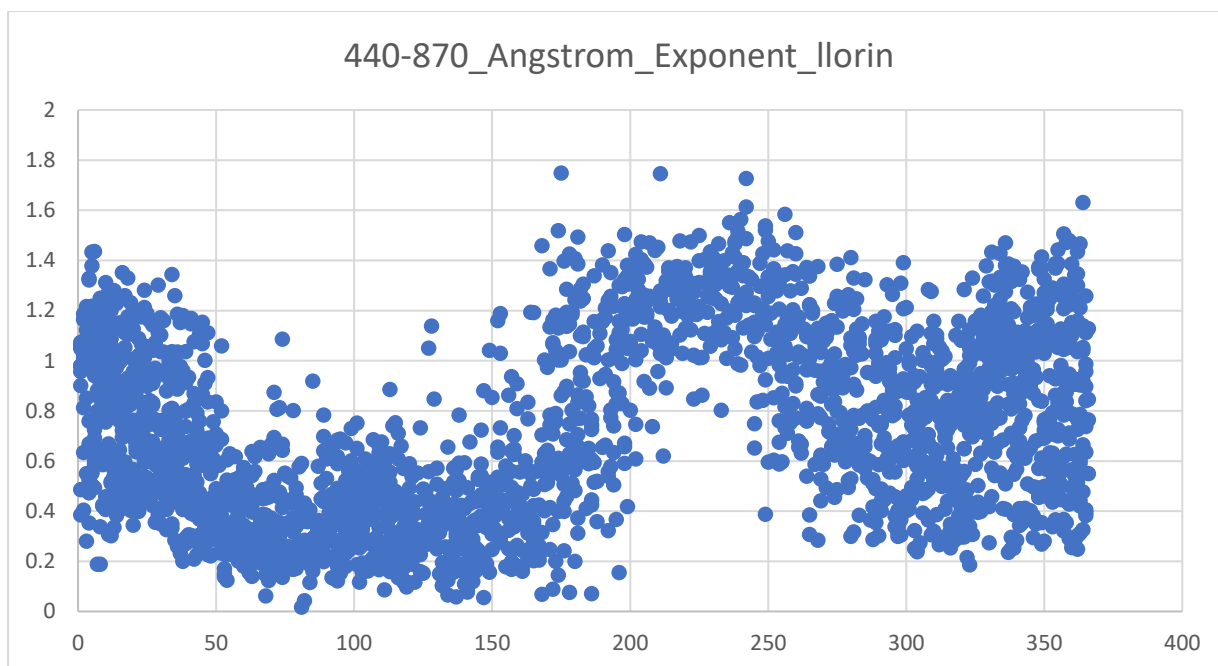
Σχήμα 4.56: Μέσες μηνιαίες τιμές του $\alpha_{440-870}$ από τον Ιανουάριο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Banizoumbou.



Σχήμα 4.57: Μέσες μηνιαίες τιμές του $a_{440-870}$ απο τον Ιανουάριο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Ilorin.



Σχήμα 4.58: Μέσες ημερήσιες τιμές του $a_{440-870}$ το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Banizoumbou.



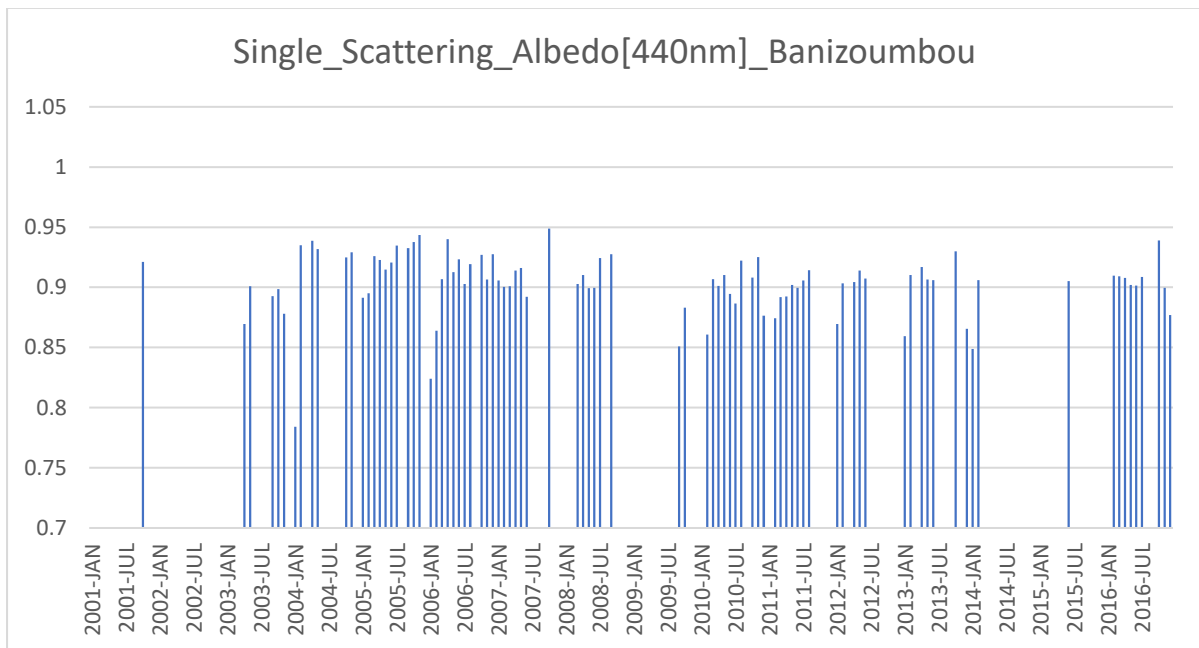
Σχήμα 4.59: Μέσες ημερήσιες τιμές του $a_{440-870}$ το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Ilorin.

Τα διαγράμματα που παρατέθηκαν αντιστοιχούν στην μέση μηνιαία και ημερήσια διακύμανση του συντελεστή Angstrom $a_{440-870}$, τα οποία δεδομένα δίνονται από το AERONET.

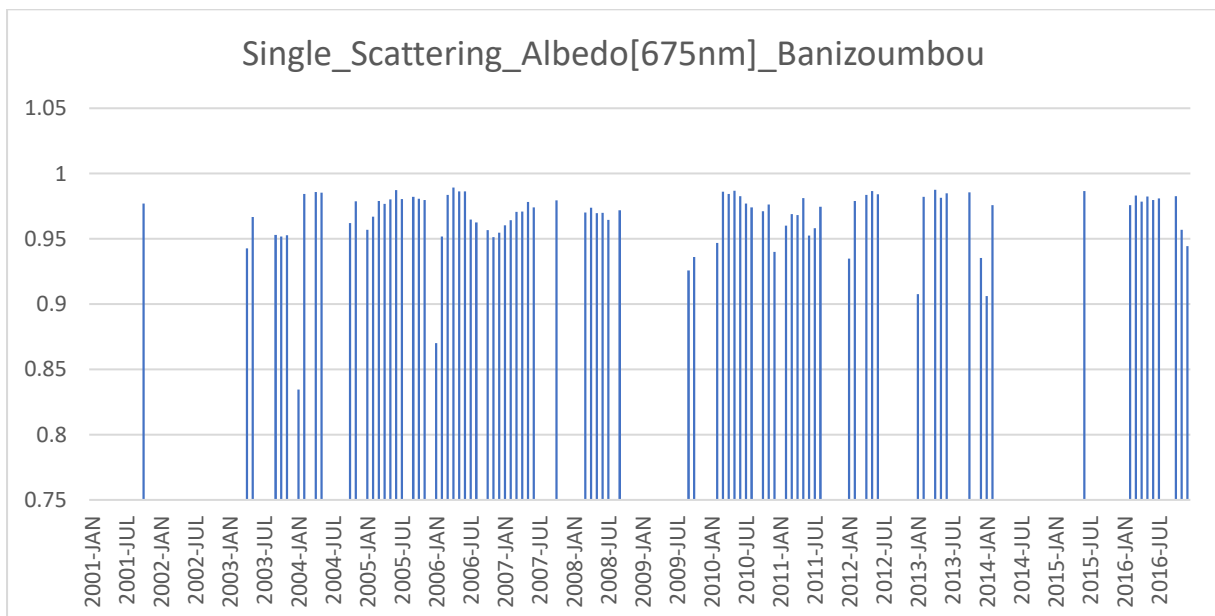
Παρατηρείται μια διακύμανση του συντελεστή για τον σταθμό Banizoumbou με την πλειοψηφία αυτών να είναι μικρότερες της μονάδας. Οι υψηλότερες τιμές διακρίνονται τους πρώτους δύο μήνες του έτους και το καλοκαίρι. Παρόμοια διακύμανση βλέπουμε και στον σταθμό του Ilorin, έχοντας εδώ μεγαλύτερα μέγιστα.

Στα διαγράμματα που απεικονίζουν την ημερήσια μεταβολή παρατηρείται πολύ καλύτερα η έντονη δκύμανση του συντελεστή και κυρίως στον 2^ο σταθμό. Με αυξητικές τιμές του συντελεστή κατά την διάρκεια Ιανουαρίου-Φεβρουαρίου όπου υπάρχει κάυση βιομάζας εκείνη την χρονική περίοδο, μετά παρατηρείται μια μείωση κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι έχουμε πάλι άνοδο του εκθέτη καθώς τότε υπάρχει έντονη μεταφορά σκόνης και θαλάσσιων σωματιδίων στην περιοχή. Αυτή η έντονη διακύμανση του συντελεστή παρουσιάζεται λόγω του διαφορετικού μεγέθους των σωματιδίων όπου βρίσκονται στην ατμόσφαιρα εκείνη την εποχή.

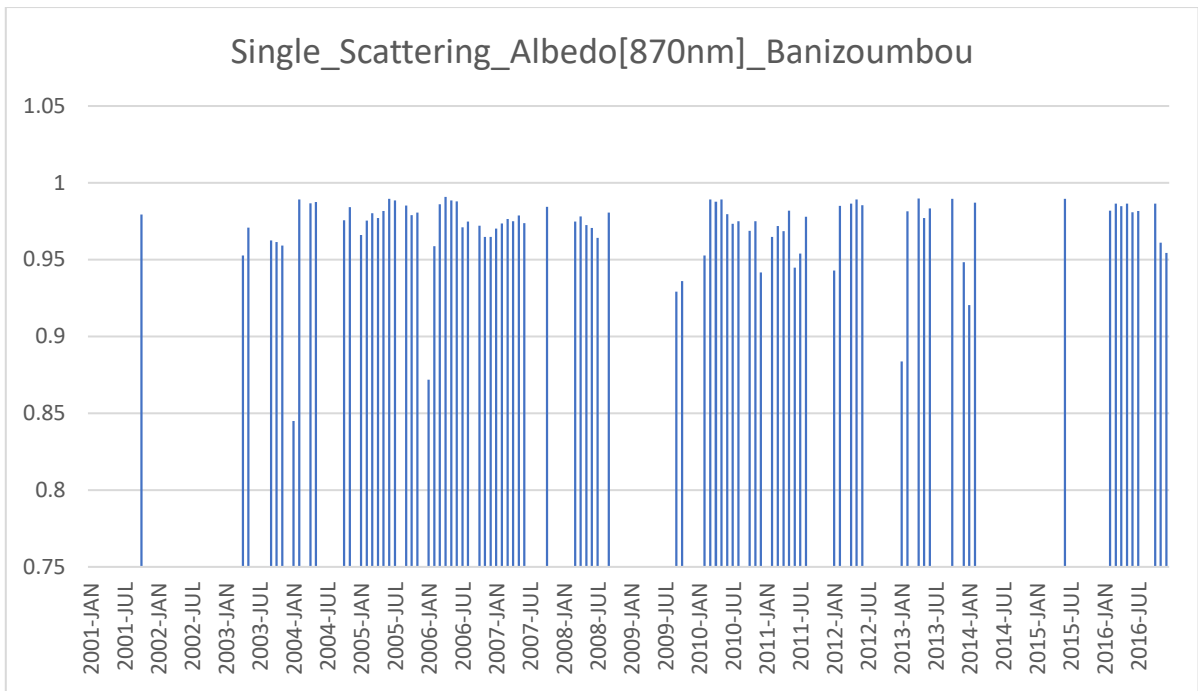
4.2.3 Ανακλαστικότητα Μεμονομένης Σκέδασης (SSA)



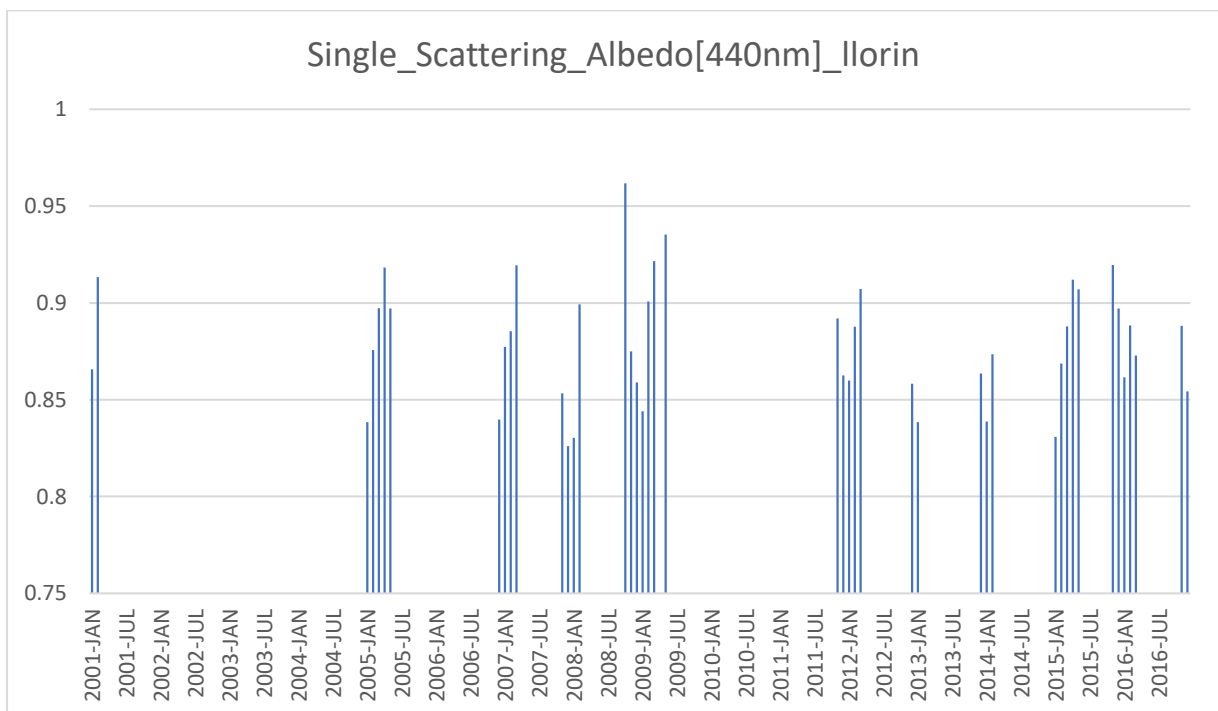
Σχήμα 4.60: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₄₄₀ από τον Ιανουάριο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Banizoumbou.



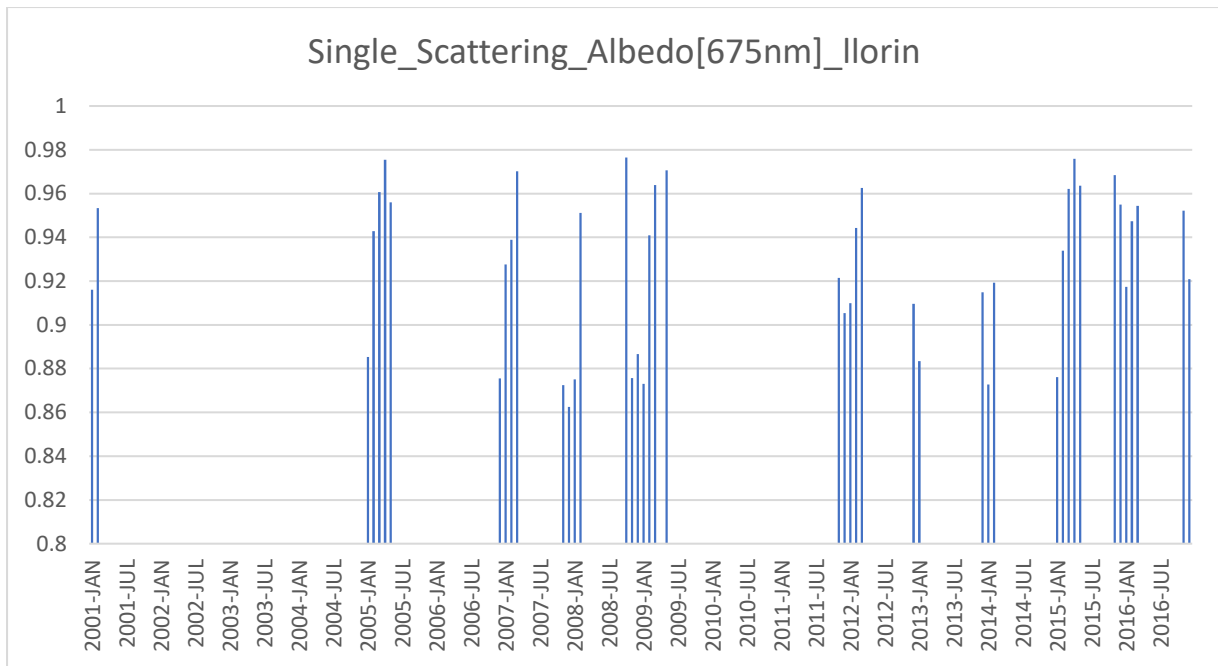
Σχήμα 4.61: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₆₇₅ από τον Ιανουάριο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Banizoumbou



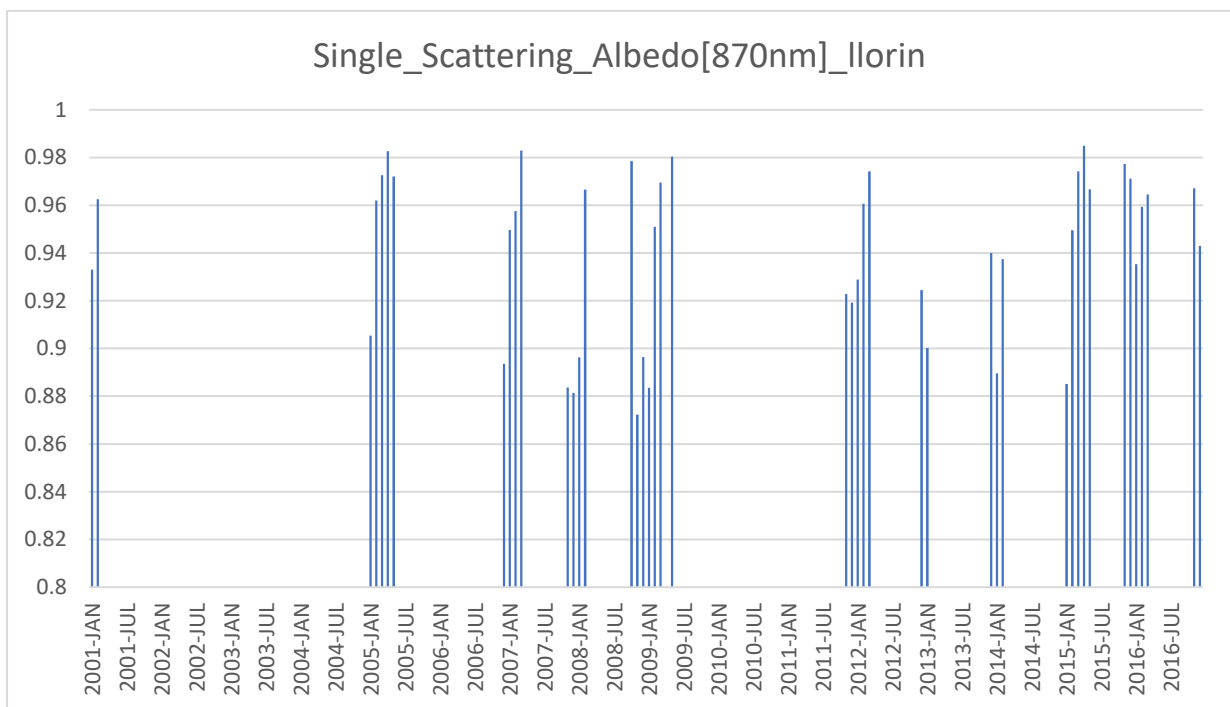
Σχήμα 4.62: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA_{870} από τον Ιανουάριο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Banizoumbou



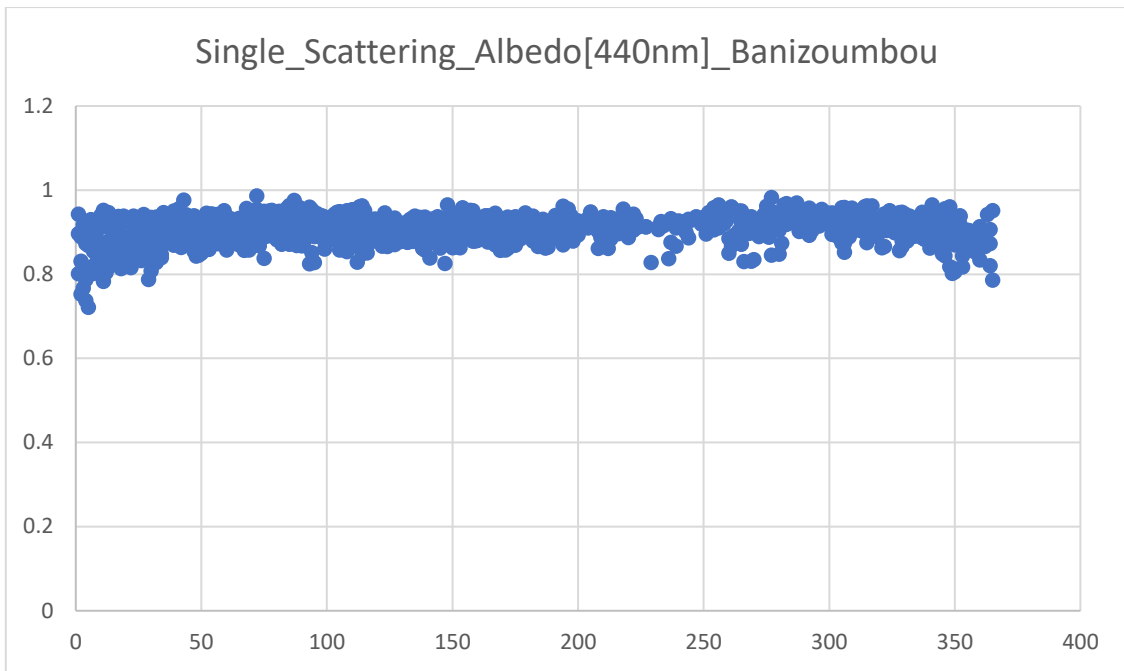
Σχήμα 4.63: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA_{440} από τον Ιανουάριο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Ilorin



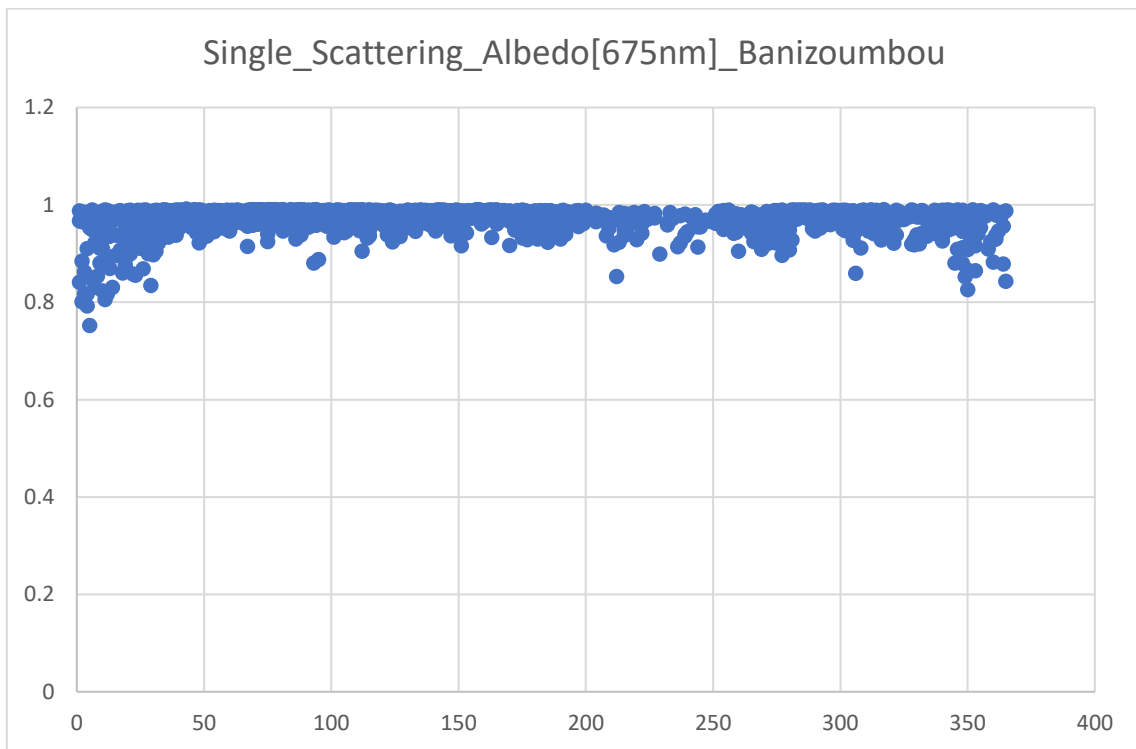
Σχήμα 4.64: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA_{675} από τον Ιανουάριο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Ilorin



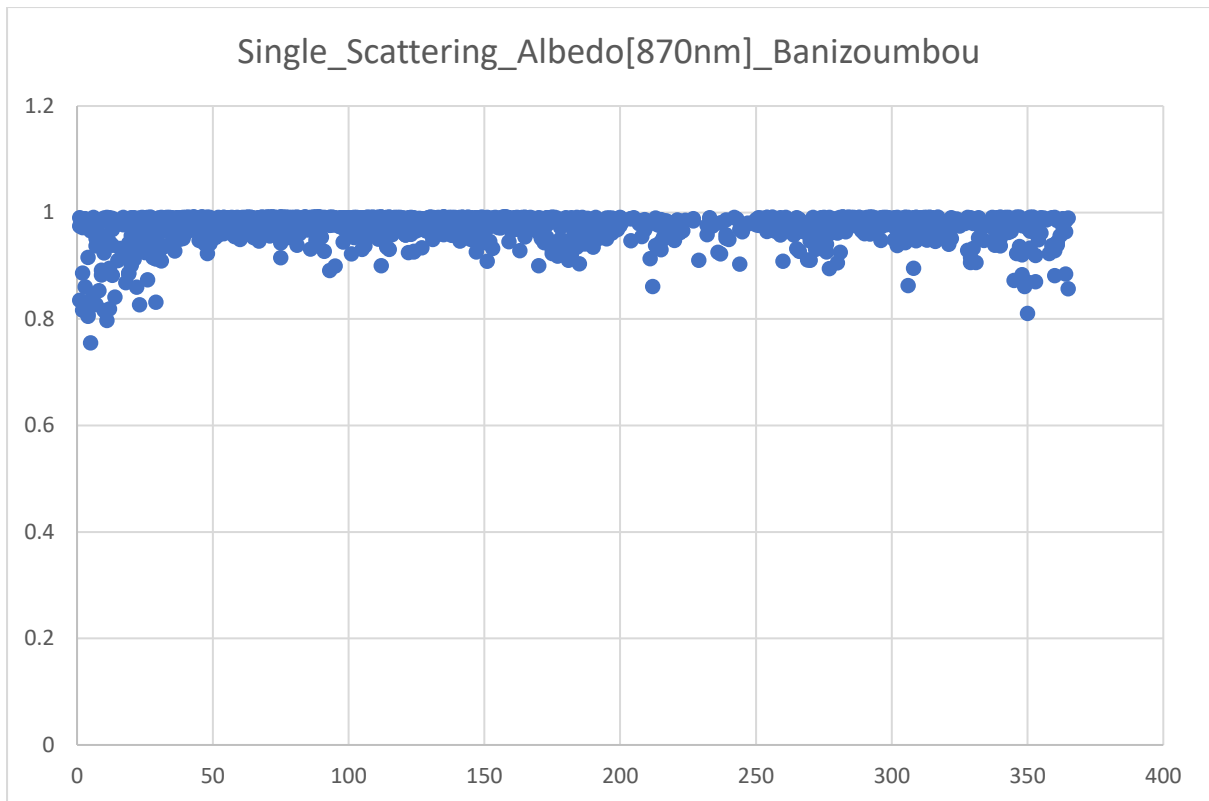
Σχήμα 4.65: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA_{870} από τον Ιανουάριο 2001 έως Δεκέμβριο 2016 για τον σταθμό Ilorin



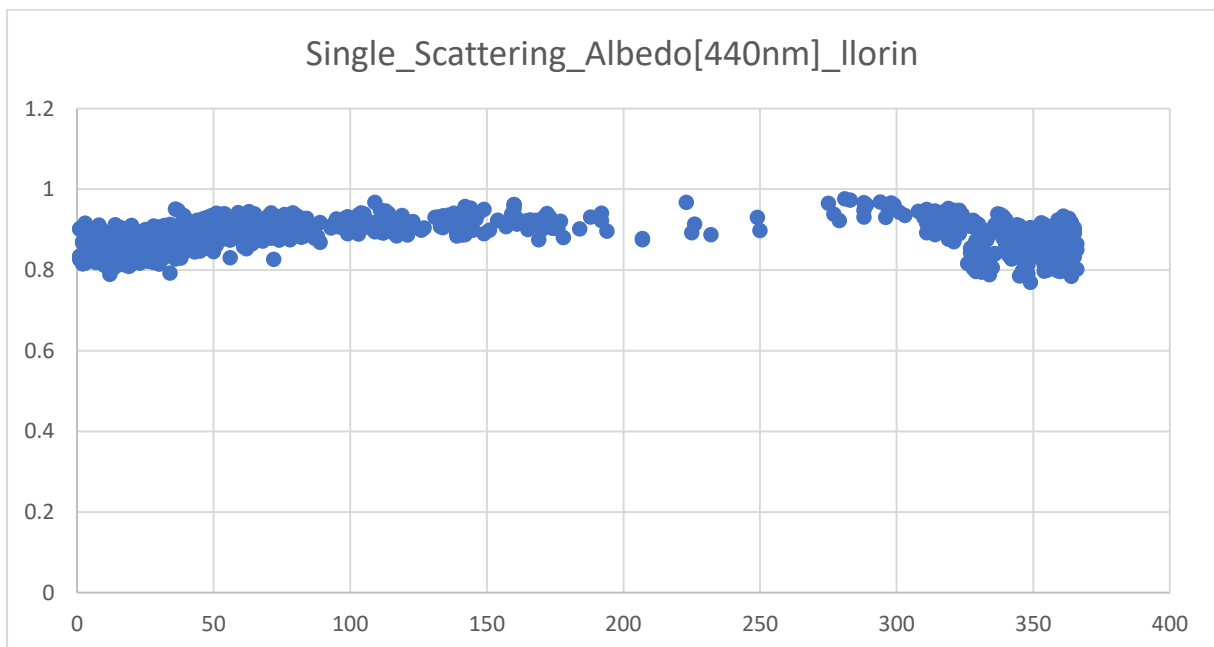
Σχήμα 4.66: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{440} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Banizoumbou.



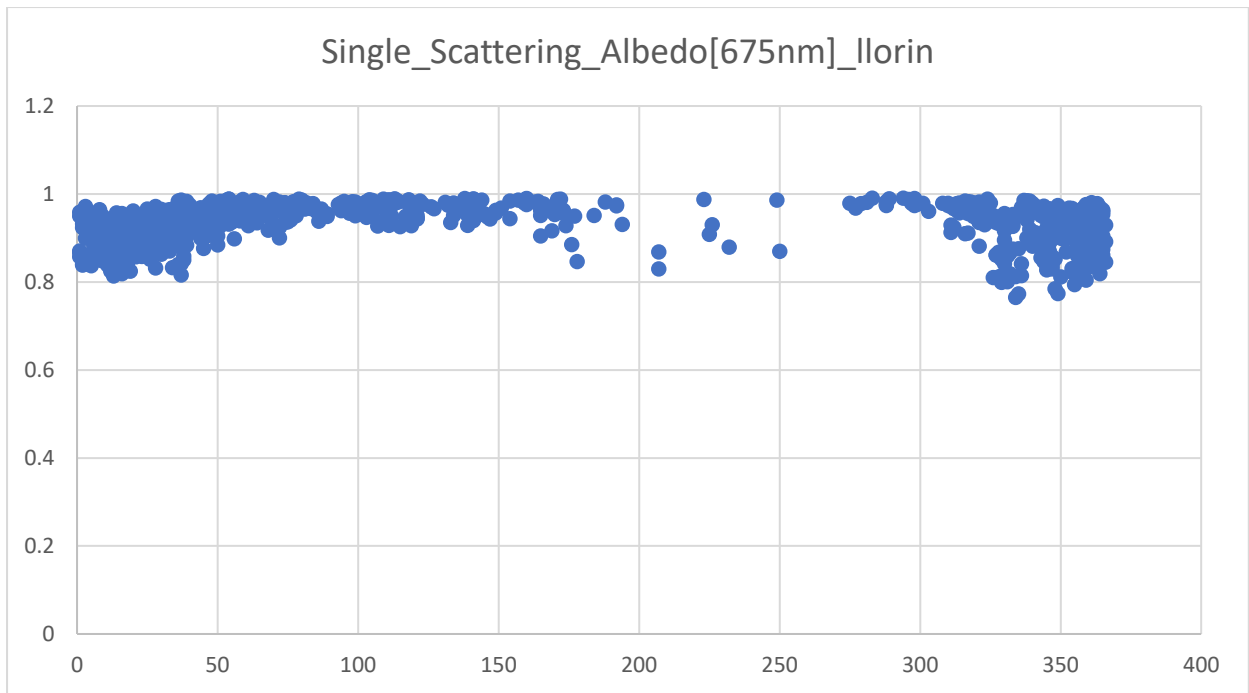
Σχήμα 4.67: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{675} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Banizoumbou.



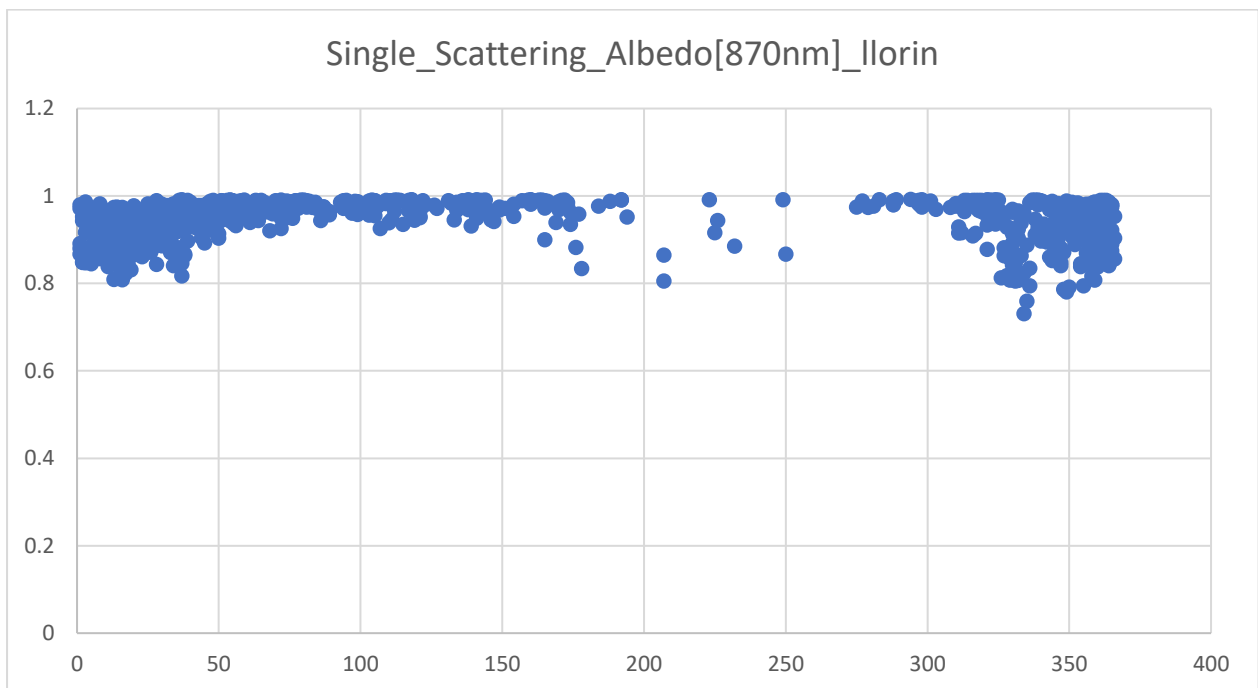
Σχήμα 4.68: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{870} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Banizoumbou.



Σχήμα 4.69: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{440} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Ilorin.

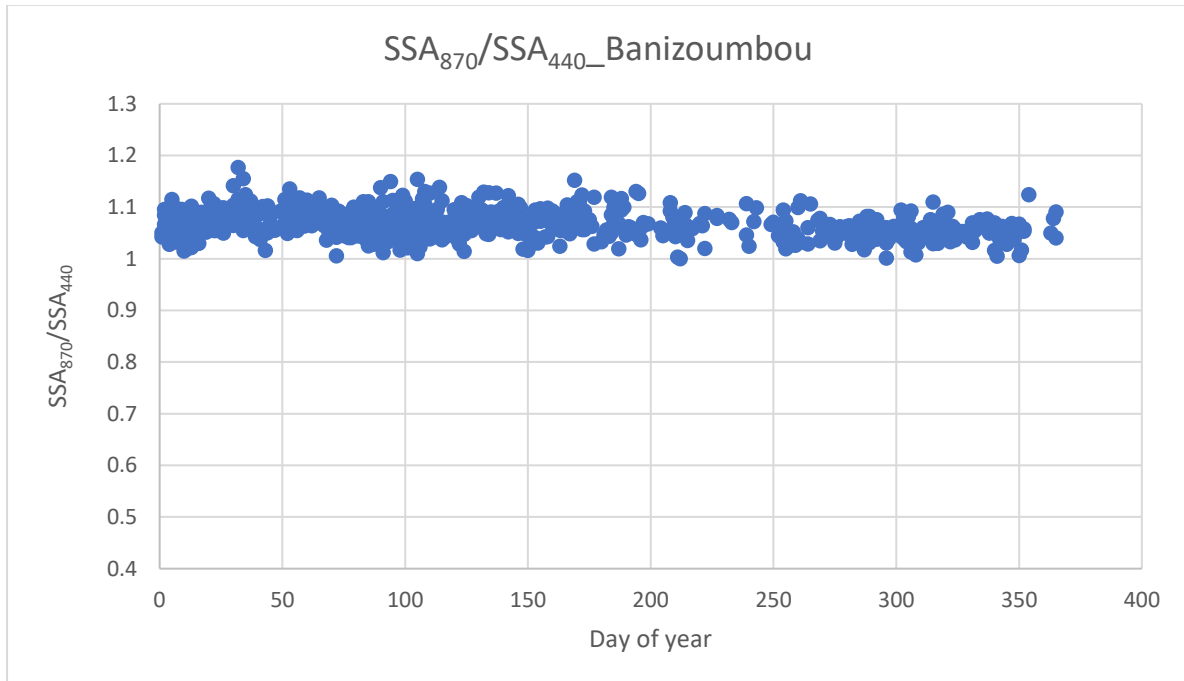


Σχήμα 4.70: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{675} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Ilorin.

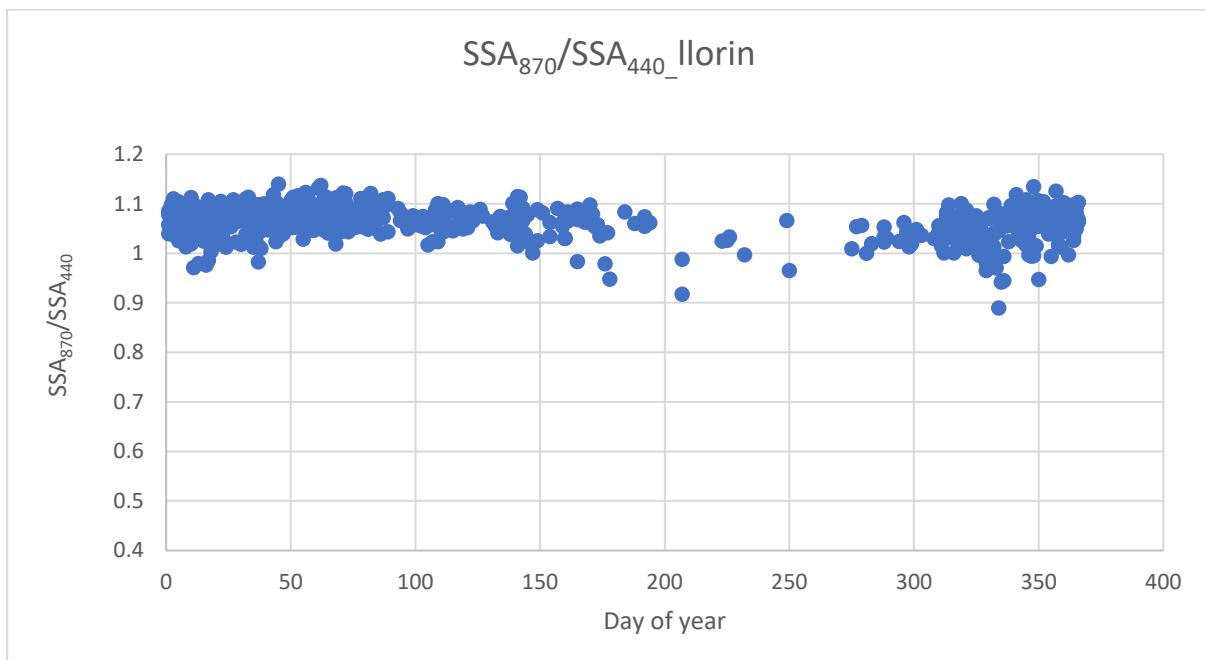


Σχήμα 4.71: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{870} το χρονικό διάστημα 2001-2016 για τον σταθμό Ilorin.

4.2.4 Λόγος SSA_{870}/SSA_{440}



Σχήμα 4.72.: Μέσες ημερήσιες τιμές του λόγου της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης στα 870nm προς τα 440nm SSA_{870}/SSA_{440} για τον σταθμό Banizoumbou.



Σχήμα 4.73.: Μέσες ημερήσιες τιμές του λόγου της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης στα 870nm προς τα 440nm SSA_{870}/SSA_{440} για τον σταθμό Ilorin.

Τα διαγράμματα που παρατέθηκαν αντιστοιχούν στην μέση μηνιαία και ημερήσια διακύμανση της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης (SSA) για τρία διαφορετικά μήκη κύματος 440-675-870nm, τα οποία δεδομένα δίνονται από το AERONET.

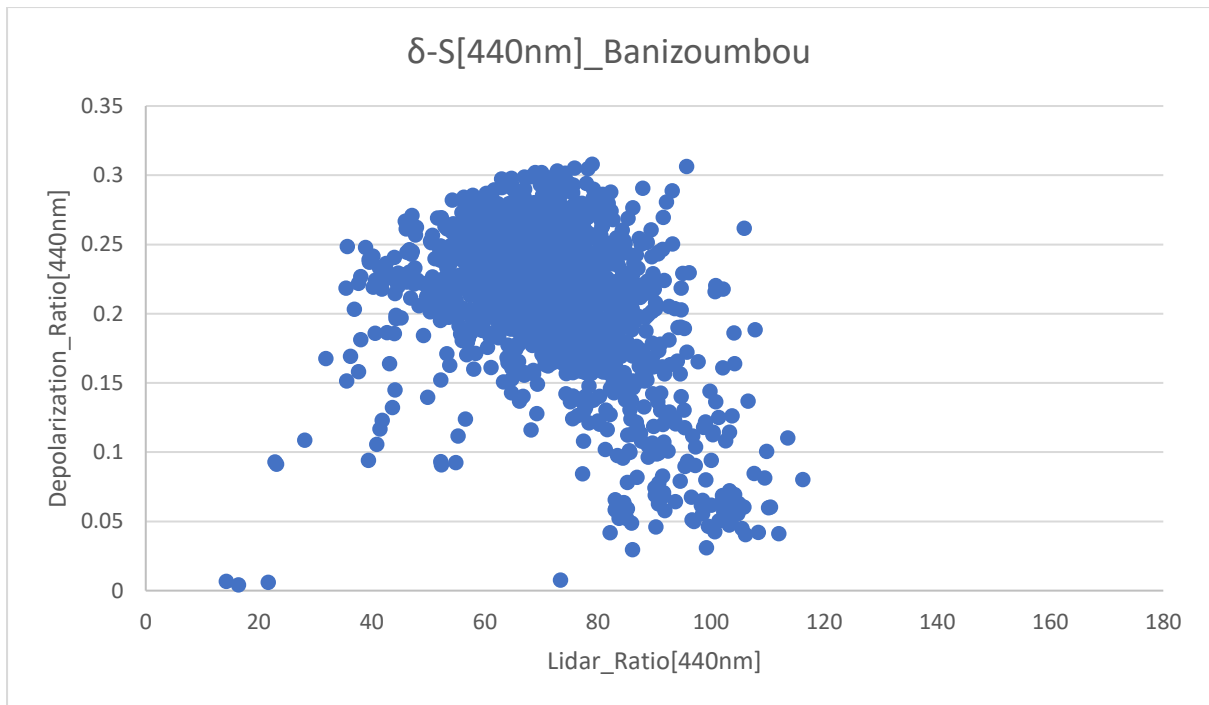
Υψηλότερες τιμές παρατηρούνται Ιανουάριο-φεβρουάριο και στους δύο σταθμούς με μικρές διαφορές των μεγίστων για διαφορετικά χρόνια. Η πλειοψηφία των τιμών είναι μεγαλύτερη του 0,9 και για τους δύο σταθμούς.

Με τα ημερήσια δεδομένα φαίνεται καλύτερα η διακύμανση των τιμών αυτών και στα τρία μήκη κύματος.

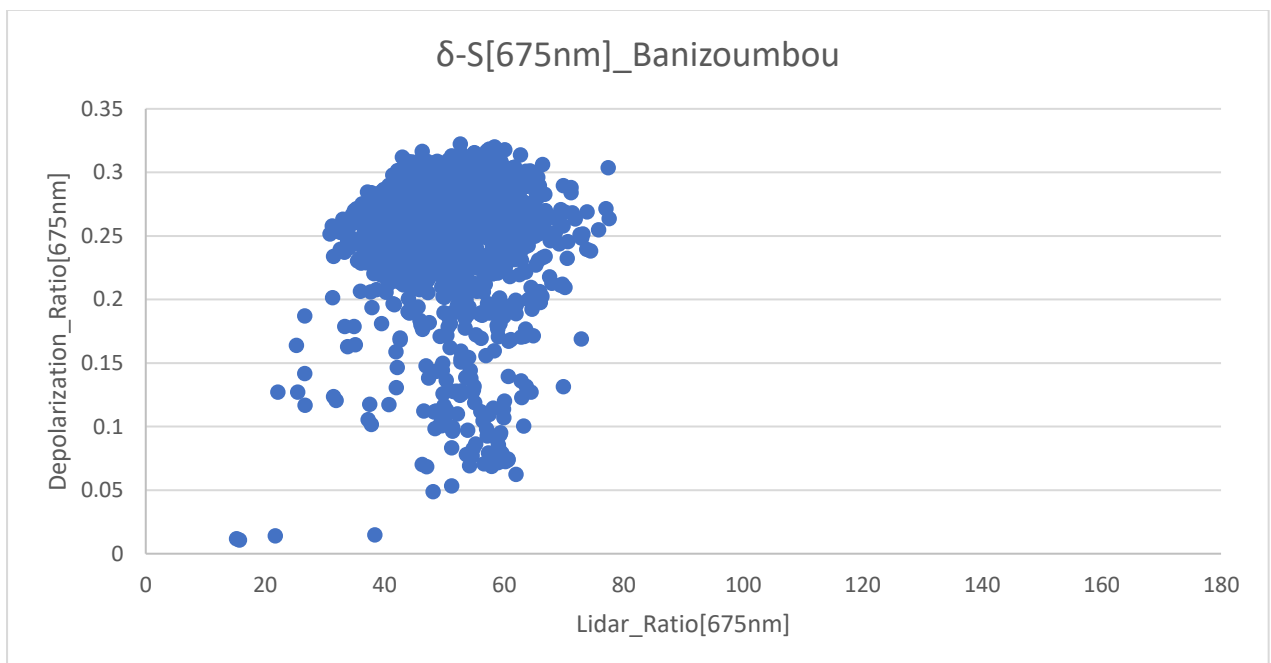
Παρατηρείται μικρή αύξηση των τιμών του SSA κατά την άυξηση του μήκους κύματος κυρίως στον σταθμό του Banizoumbou. Αντίθετα στον σταθμό του Porin διακρίνεται μείωση του SSA με την αύξηση του μήκους κύματος μόνο τους μήνες Δεκεμβριο-Ιανουάριο-Φεβρουάριο όπου σύμφωνα με τους Youngmin Noh, Detlef Muller, 2017 τα αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται από κάυση βιομάζας εκείνη την περίοδο ενώ τους υπόλοιπους μήνες ακολουθεί παρόμοια πορεία με αυτήν του άλλου σταθμού, όπου υποθέτουμε ότι στην ατμόσφαιρα υπάρχουν άλλα είδη αεροζόλ, όπως σκόνη. Αυτή η μεταβολή φαίνεται στα σχήματα 4.72, 4.73 όπου ο λόγος $SSA_{870}/SSA_{440} > 1$ περισσότερο στον σταθμό του Banizoumbou, ενώ στον σταθμό του Porin υπάρχουν και ορισμένα στοιχεία όπου το $SSA_{870}/SSA_{440} < 1$, κατά την διάρκεια του χειμώνα, πράγμα το οποίο υποδηλώνει ότι στην ατμόσφαιρα υπάρχουν και σωματίδια από κάυση βιομάζας.

4.2.5 Συσχέτιση Depolarization Ratio (δ)- Lidar Ratio (S)

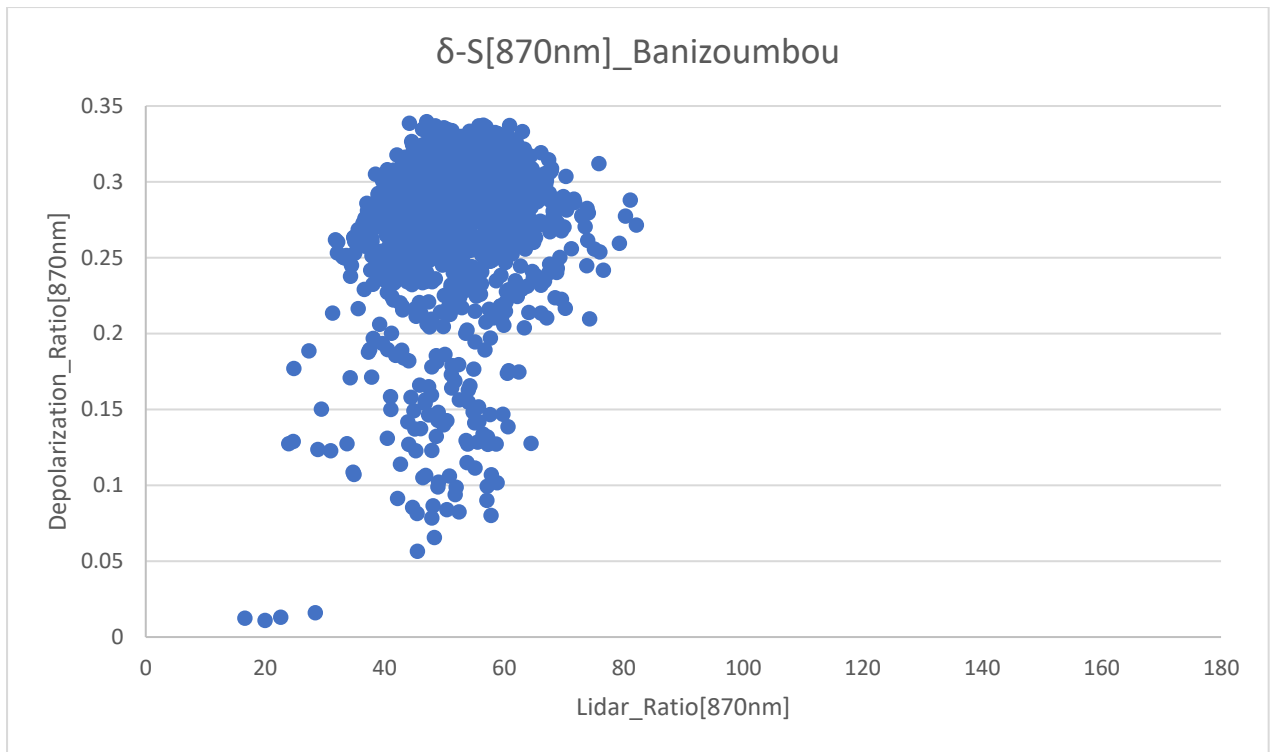
Στην παρακάτω ενότητα καταγράφονται οι μέσες ημερήσιες τιμές του lidar ratio S και του Depolarization ratio δ και η συσχέτιση μεταξύ τους. Επίσης παρουσιάζεται και η συσχέτιση του lidar ratio S με την ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης (SSA) για τους δύο σταθμούς και για τρία μήκη κύματος 440-675-870.



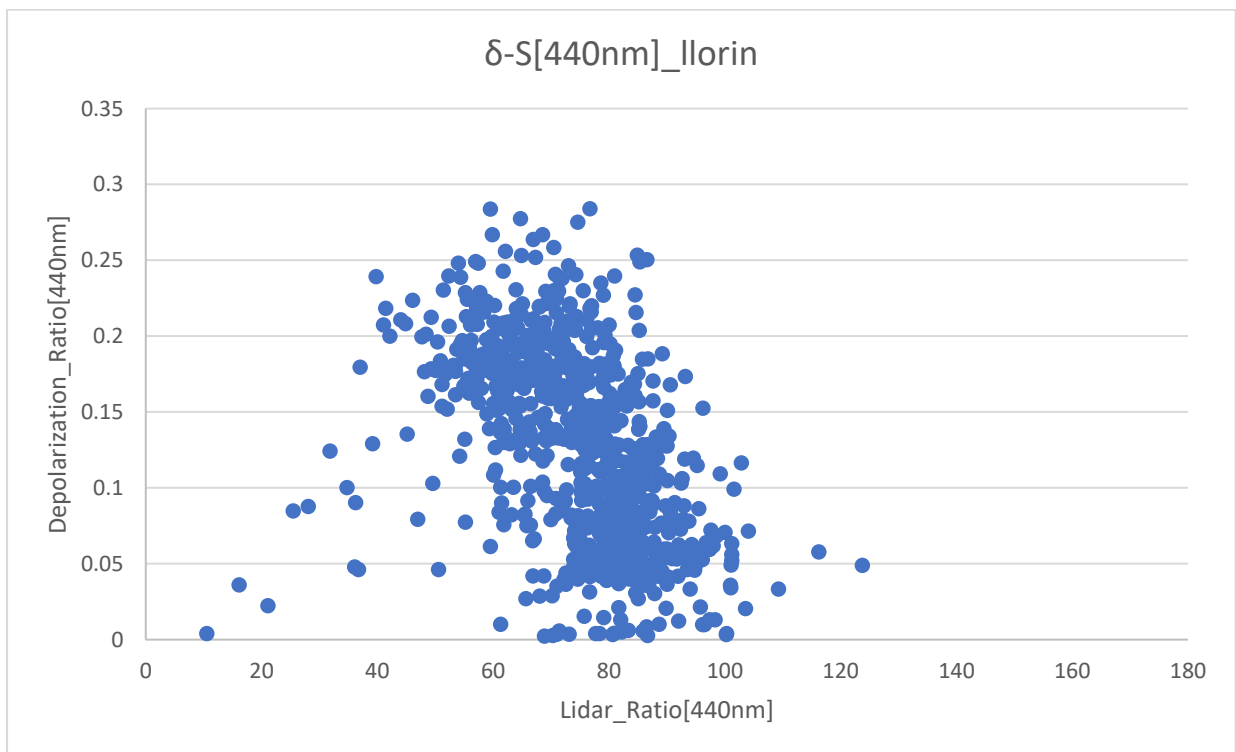
Σχήμα 4.74: Συσχέτιση μέσω των ημερήσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 440nm για την περιοχή Banizoumbou.



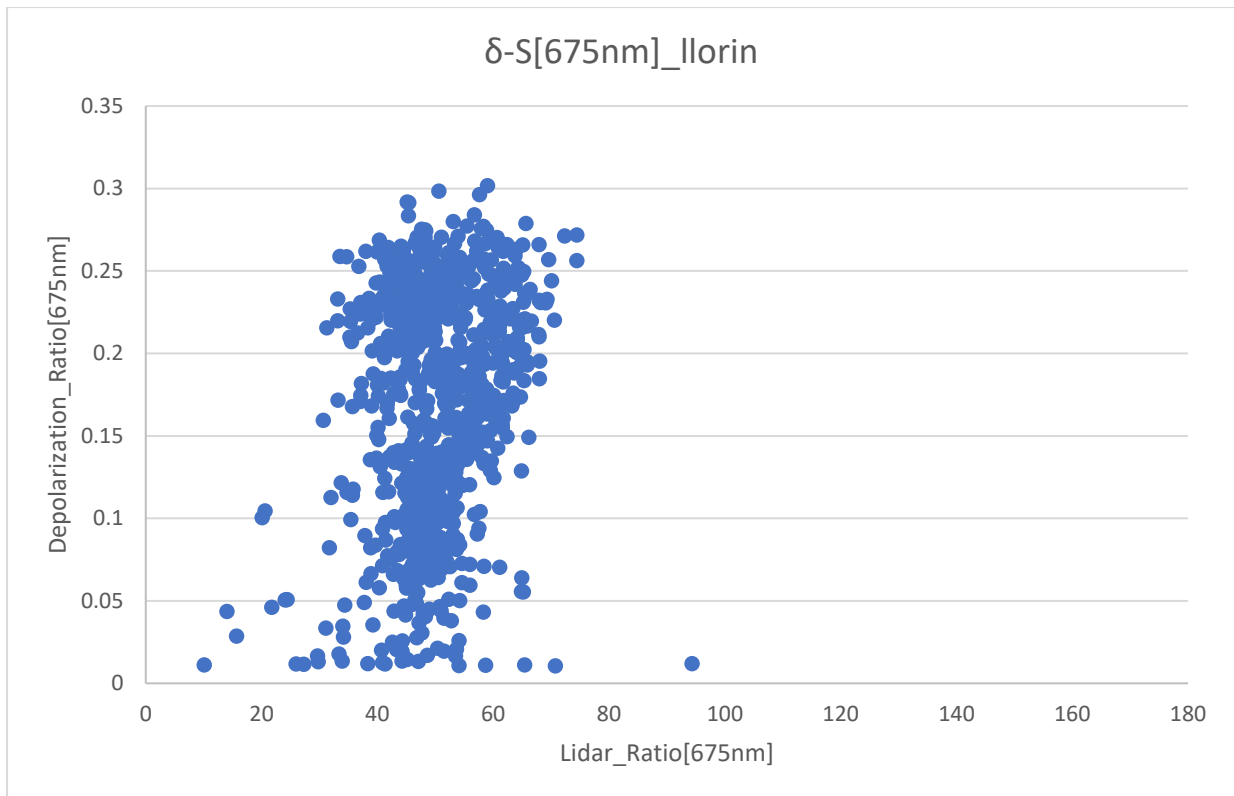
Σχήμα 4.75: Συσχέτιση μέσω των ημερήσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 675nm για την περιοχή Banizoumbou



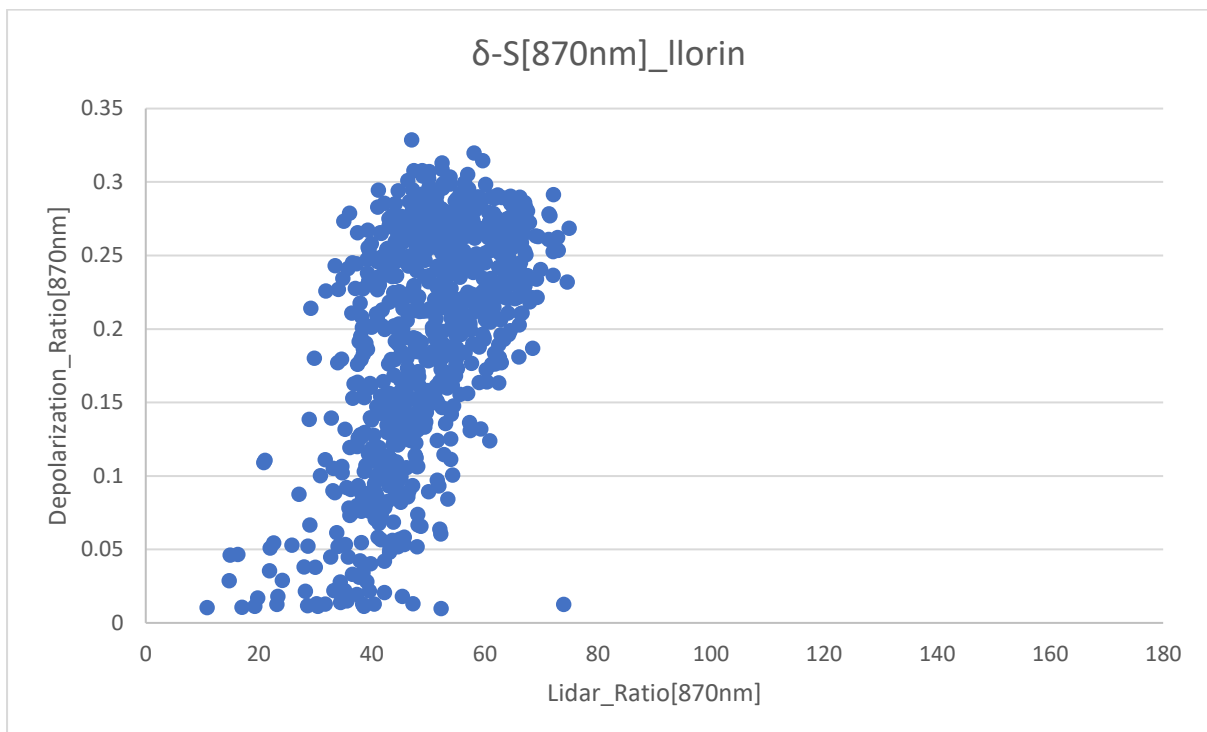
Σχήμα 4.76: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 870nm για την περιοχή Banizoumbou.



Σχήμα 4.77: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 440nm για την περιοχή Ilorin.



Σχήμα 4.78: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 675nm για την περιοχή Ilorin.



Σχήμα 4.79: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 870nm για την περιοχή Ilorin.

Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάστηκε η συσχέτιση του Depolarization ratio με το lidar ratio για τρία διαφορετικά μήκη κύματος και για τους δύο σταθμούς.

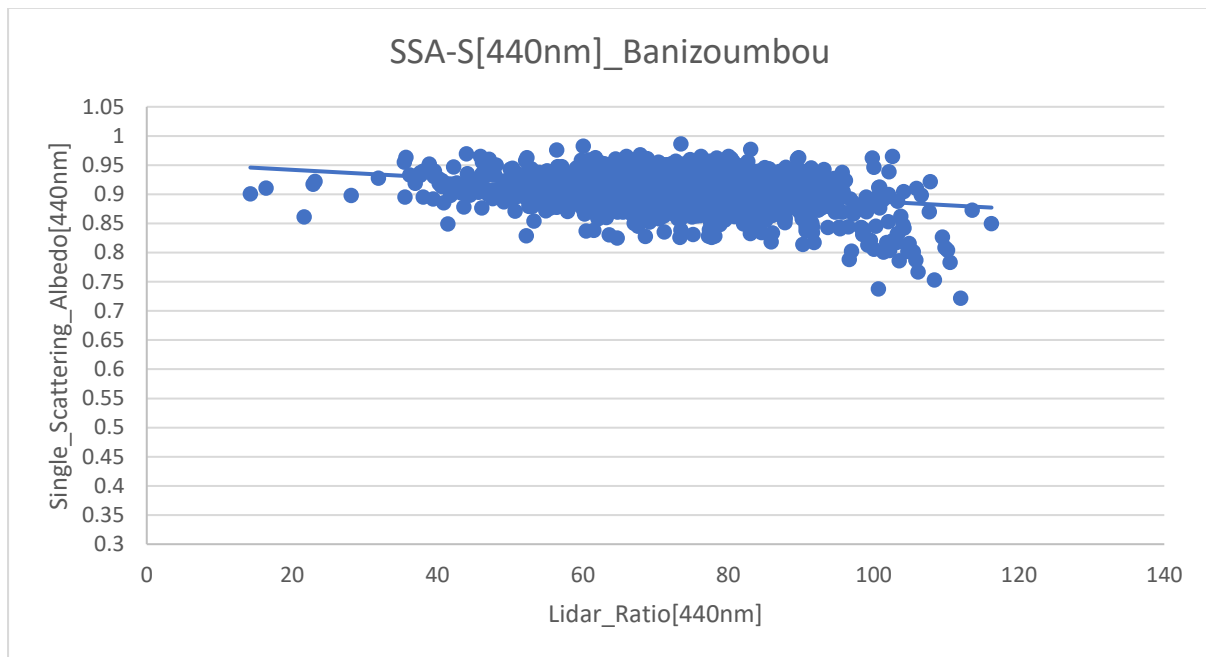
Παρατηρείται ότι οι τιμές του S_{440} κυμαίνονται από 14 έως 116sr ενώ για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος αυτές οι τιμές είναι (S_{675}/S_{870} , ~15-77sr/~16-82sr) για τον σταθμό Banizoumbou, ενώ για το Porin έχουμε από ~10-123 και για (S_{675}/S_{870} , ~10-94sr/~10-74sr).

Το δ_{440} παίρνει τιμές από 0,04 έως ~0,3 για τον σταθμό Banizoumbou και από 0,02-0,28 για το Porin. Η πλειοψηφία των τιμών παρατηρείται στο διάστημα [0.15,0.3] και [0,0.2] αντίστοιχα. Επίσης για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος έχουμε μία μικρή άνοδο των τιμών στην πλειοψηφία τους και στους δύο σταθμούς.

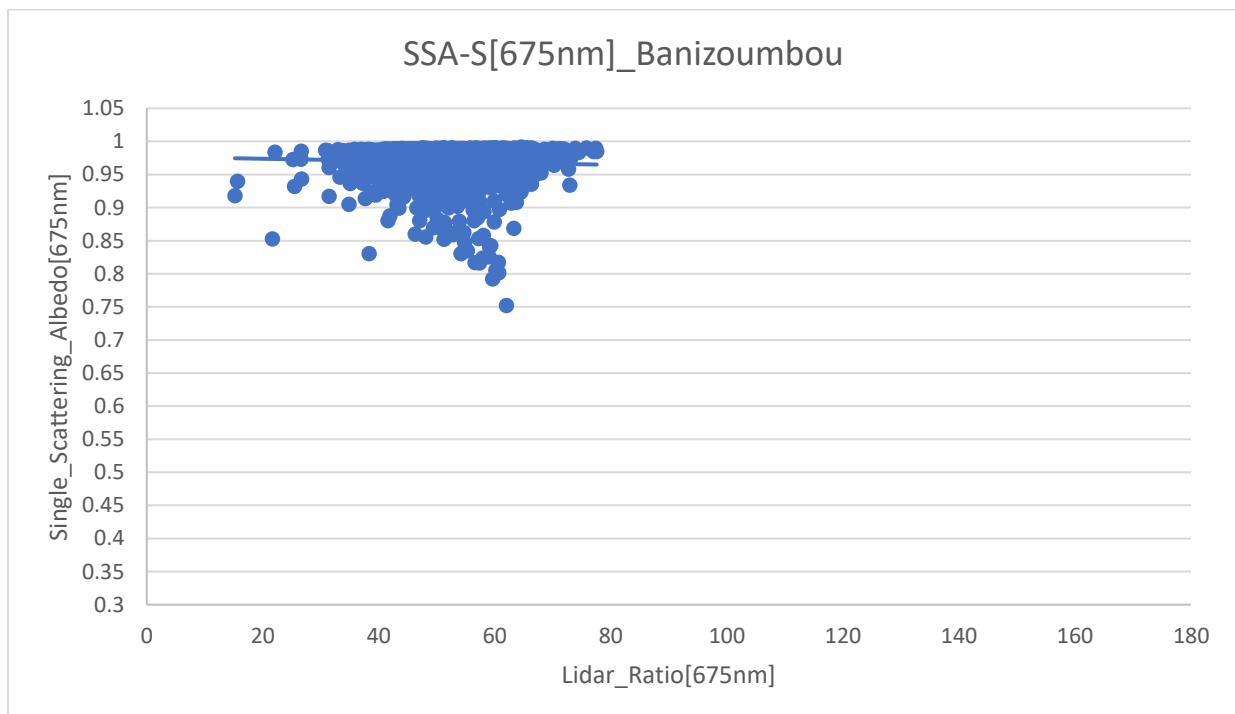
Το εύρος των τιμών του δ_{440} αντιστοιχεί σε τιμές του S_{440} [60,80] με την πλειοψηφία αυτών να βρίσκεται 0.24 για το Banizoumbou ενώ για τον άλλο σταθμό υπάρχει μια διακύμανση στις τιμές από το 0,002-0.28. Αντίστοιχα για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος οι τιμές αυτές αυξάνονται λίγο, ενώ αντιστοιχούν σε μικρότερα διαστήματα του S.

Σε αυτήν την περίπτωση το S φαίνεται να παρουσιάζει μεγαλύτερη αλλαγή για διαφορετικά μήκη κύματος από το δ κι αυτό οφείλεται στο ότι το S εξαρτάται από τον σύνθετο δείκτη διάθλασης και καθορίζεται από την σύνθεση των σωματιδίων, ενώ το δ εξαρτάται περισσότερο από την μορφολογία των σωματιδίων (Sung-kyumShin, Matthias Tesche et al. 2018).

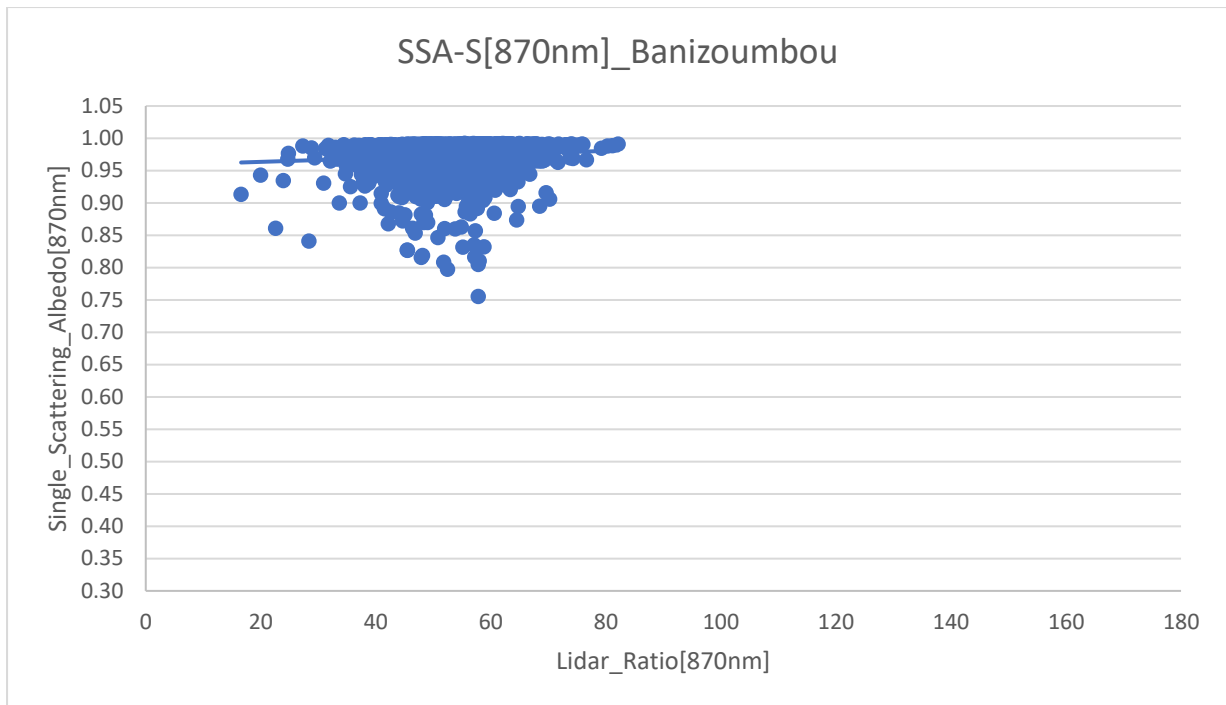
4.2.6 Ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης (SSA)-Lidar Ratio (S)



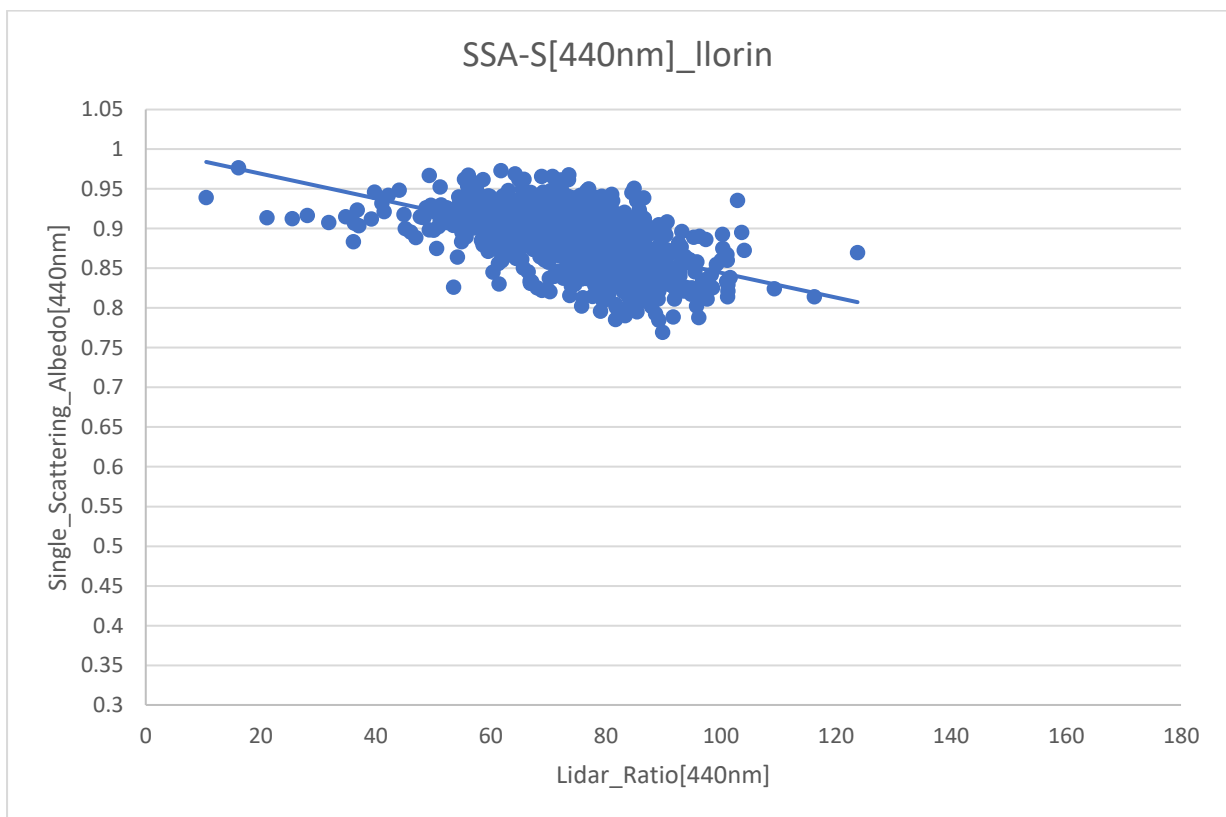
Σχήμα 4.80: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 440nm για την περιοχή Banizoumbou



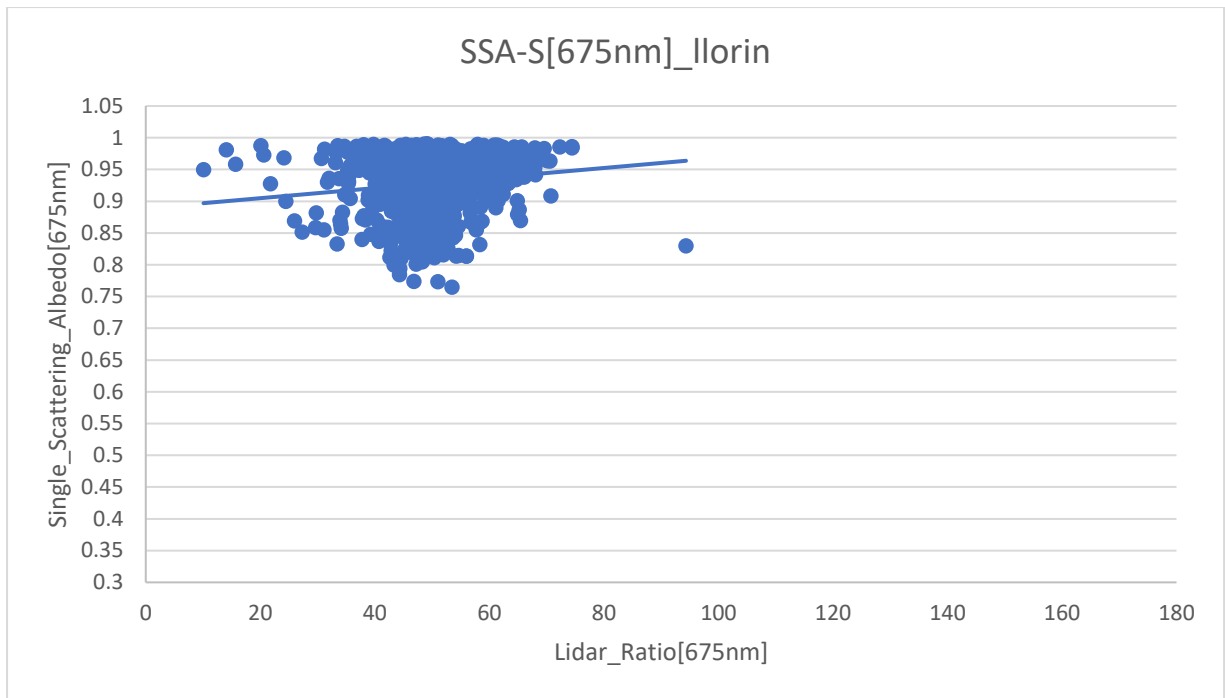
Σχήμα 4.81: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 675nm για την περιοχή Banizoumbou



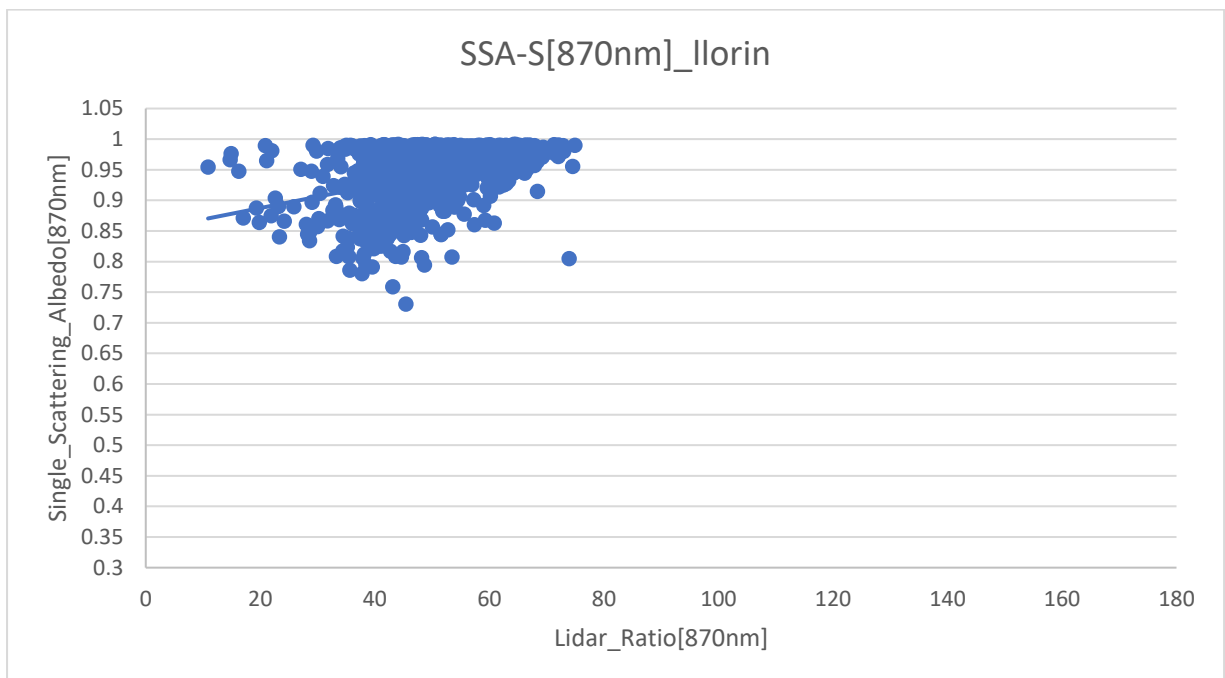
Σχήμα 4.82: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 870nm για την περιοχή Banizoumbou



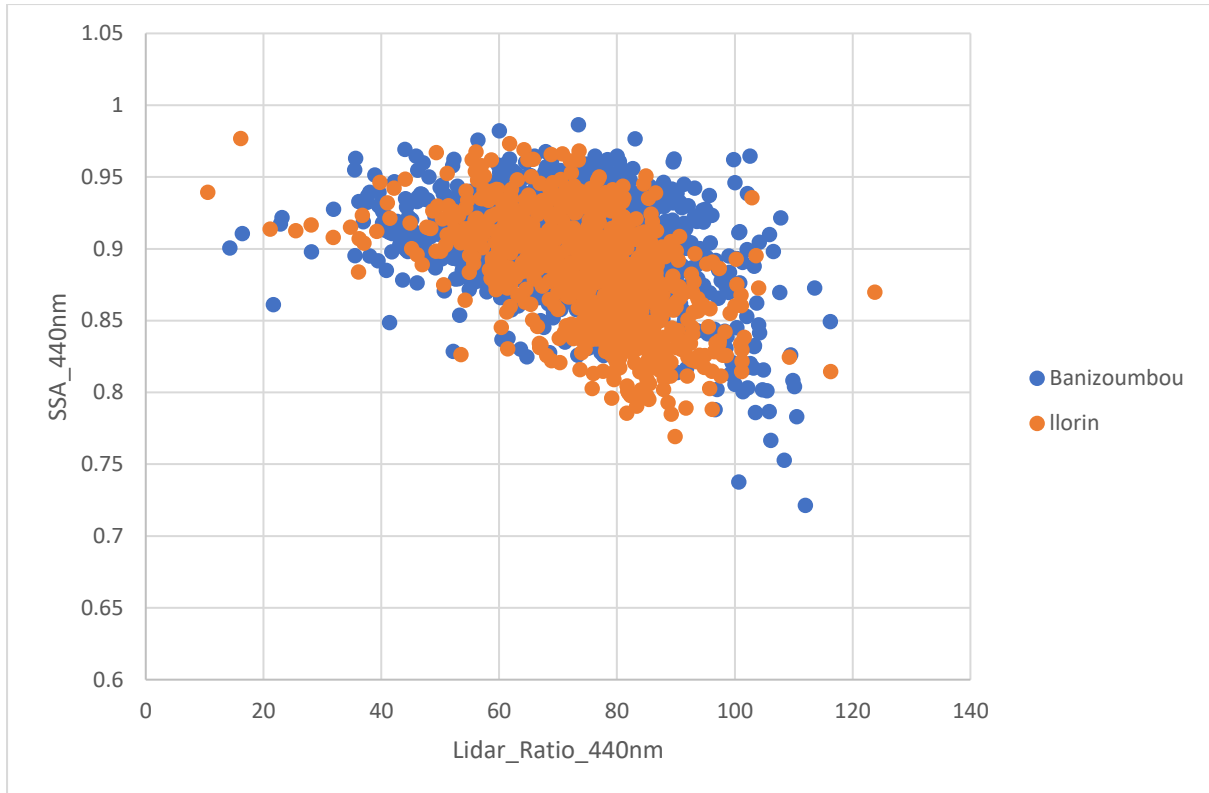
Σχήμα 4.83: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 440nm για την περιοχή Ilorin



Σχήμα 4.84: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 675nm για την περιοχή Ilorin



Σχήμα 4.85: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 870nm για την περιοχή Ilorin



Σχήμα 4.86: Συσχέτιση μέσω ημερήσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 440nm και για τους δύο σταθμούς.

Στα παραπάνω διαγράμματα απεικονίζονται οι τιμές του SSA σε σχέση με το lidar ratio για τρία διαφορετικά μήκη κύματος 440,675,870 για τους δύο σταθμούς.

Το SSA_{440} παίρνει τιμές $\sim 0,72-0,98$ και η αναλογία lidar είναι $\sim 10-123sr$ (Ilorin) και $\sim 14-116sr$ (Banizoumbou), με την πλειοψηφία των τιμών που κυμαίνονται 0,92 και 0,91 αντίστοιχα και να βρίσκονται στο φάσμα $\sim 50-90 sr$ και $\sim 40-100sr$. Για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος παρατηρείται μία μικρή αύξηση των τιμών του SSA.

Επιπλέον βλέπουμε ότι το SSA_{440} αυξάνεται με μειωμένη αναλογία του lidar ratio και στους δύο σταθμούς με πιο έντονα να φαίνεται στο Ilorin, όπου και συνεπάγεται ότι για μεγάλες τιμές του SSA αντιστοιχούν σε μικρές τιμές του lidar ratio.

Στα μεγαλύτερα μήκη κύματος δεν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη συσχέτιση των τιμών καθώς φαίνεται μία σταθερότητα ή και μία μικρή άυξηση του SSA σε σχέση με την αναλογία lidar.

4.3 Νοτιοανατολική Ασία

Σε αυτήν την περιοχή έγινε επιλογή δύο σταθμών του AERONET οι οποίοι χαρακτηρίζονται κυρίως για την μελέτη των αερολυμάτων από κάυση βιομάζας και βρίσκονται στην Βορεια Ταϊλανδη και ανατολικό Βιετναμ. Αυτοί είναι: Chiang_Mai_Met_Sta, Nghia_Do .Τα δεδομένα που επιλέγησαν αντιστοιχούν από τον Ιανουάριο του 2012 έως τον Δεκέμβριο του 2019 και τα προϊόντα στα οποία γίνεται επεξεργασία είναι: το οπτικό βάθος στα 500nm(AOD₅₀₀), ο συντελεστής Angstrom($\alpha_{440-870}$). Η ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης(SSA), το Lidar Ratio και το Depolarisation Ratio εξετάστηκαν για τρία μήκη κύματος 440,670,870nm.

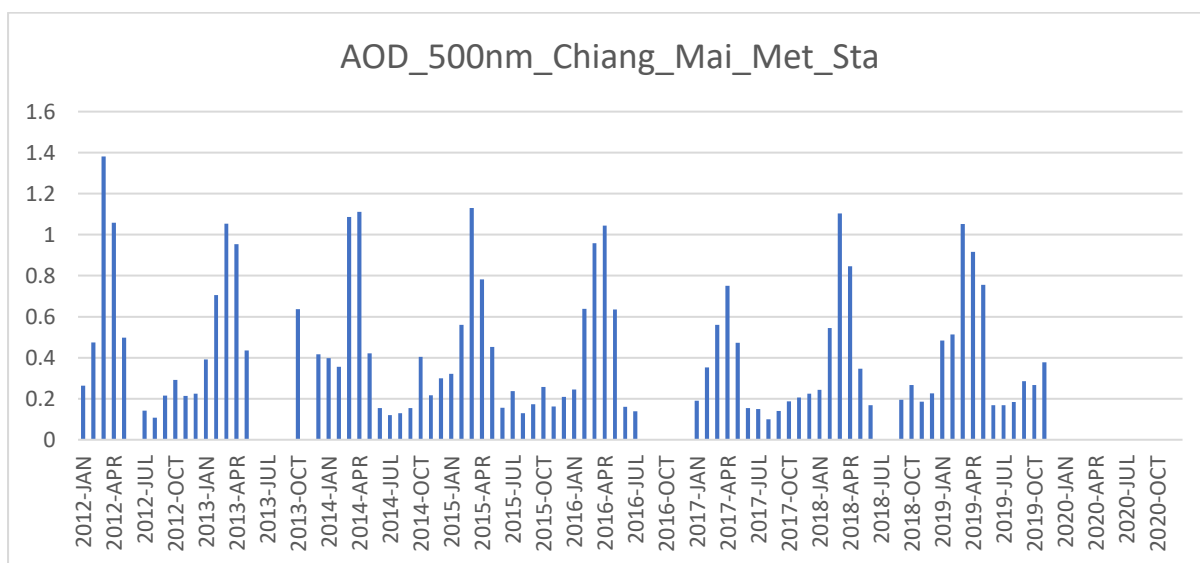
Ομοίως η διαδικασία που έγινε για την περιοχή του αμαζονίου λαμβάνει μέρος κι εδώ.

STATION	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVATION	TIME
Chiang_Mai_Met_Sta	18.77113° N	98.97247° E	312.0 meters	JAN 2012-DEC 2019
Nghia_Do	21.04778° N	105.79964° E	40.0 meters	JAN 2012-DEC 2019

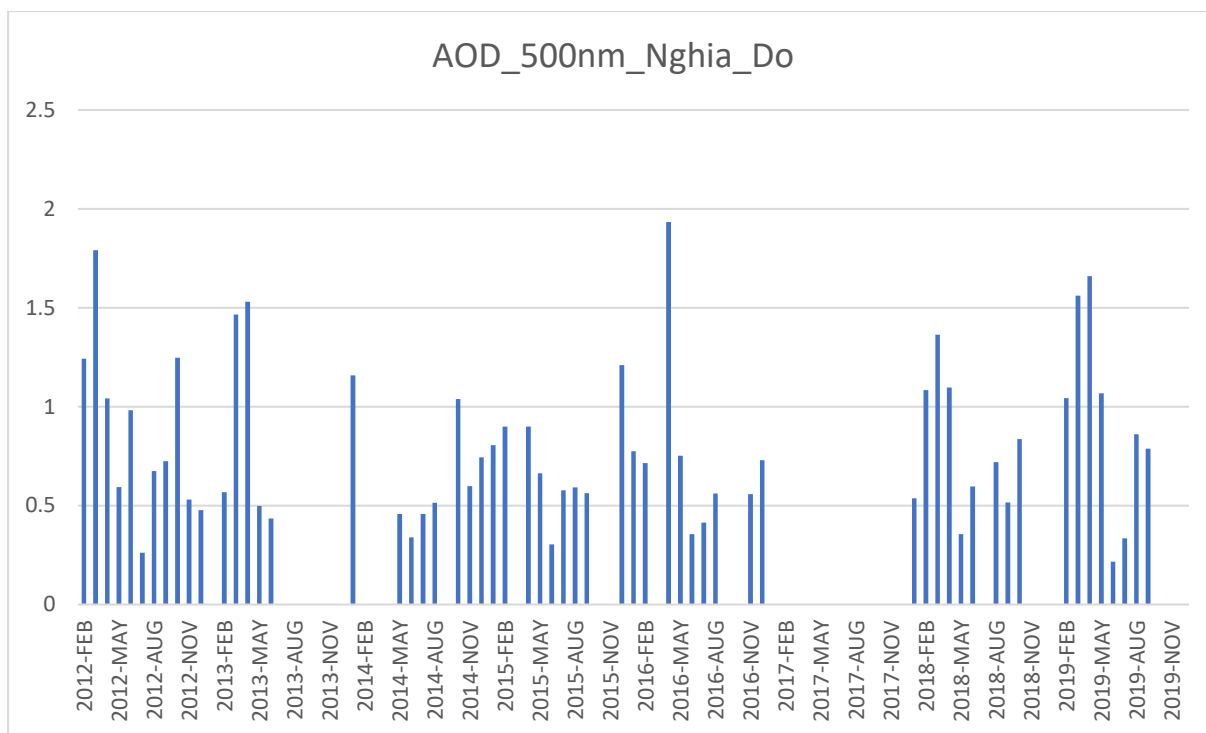
Πίνακας 4.3: Περιγραφή σταθμών Νοτιοανατολικής Ασίας

Παραθέτονται οι διακυμάνσεις του οπτικού βάθους και του συντελεστή Angstrom για τους δύο σταθμούς.

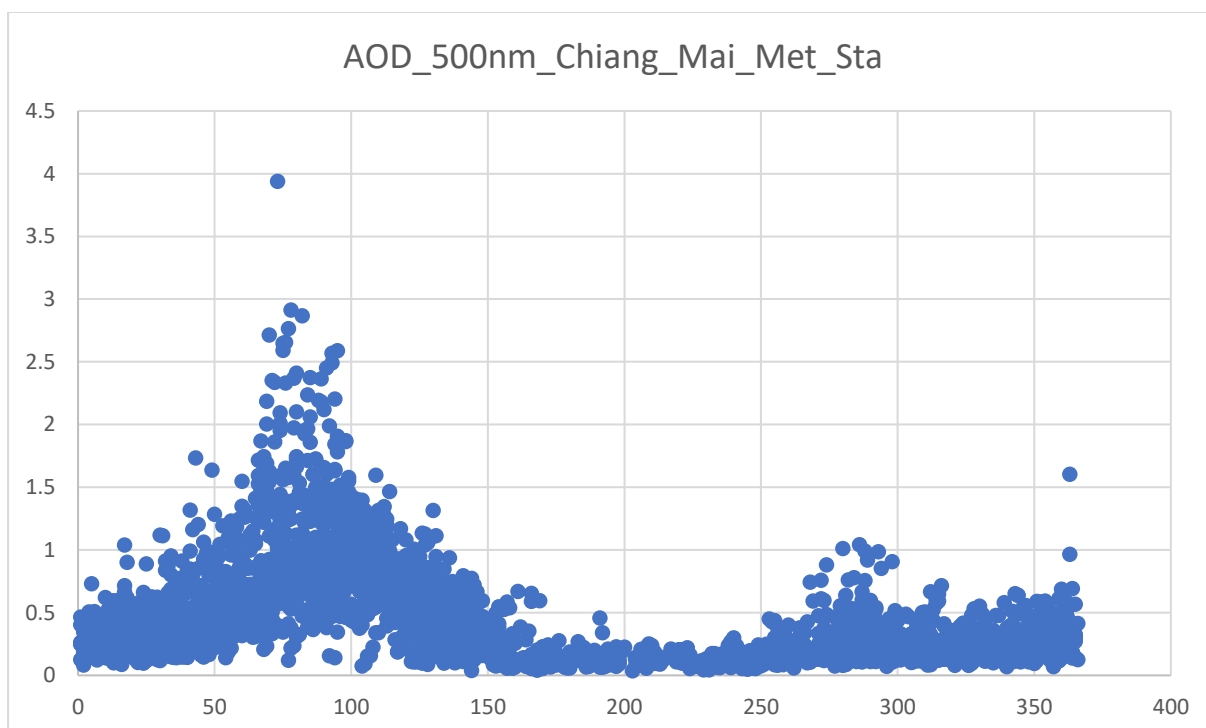
4.3.1 AOD₅₀₀



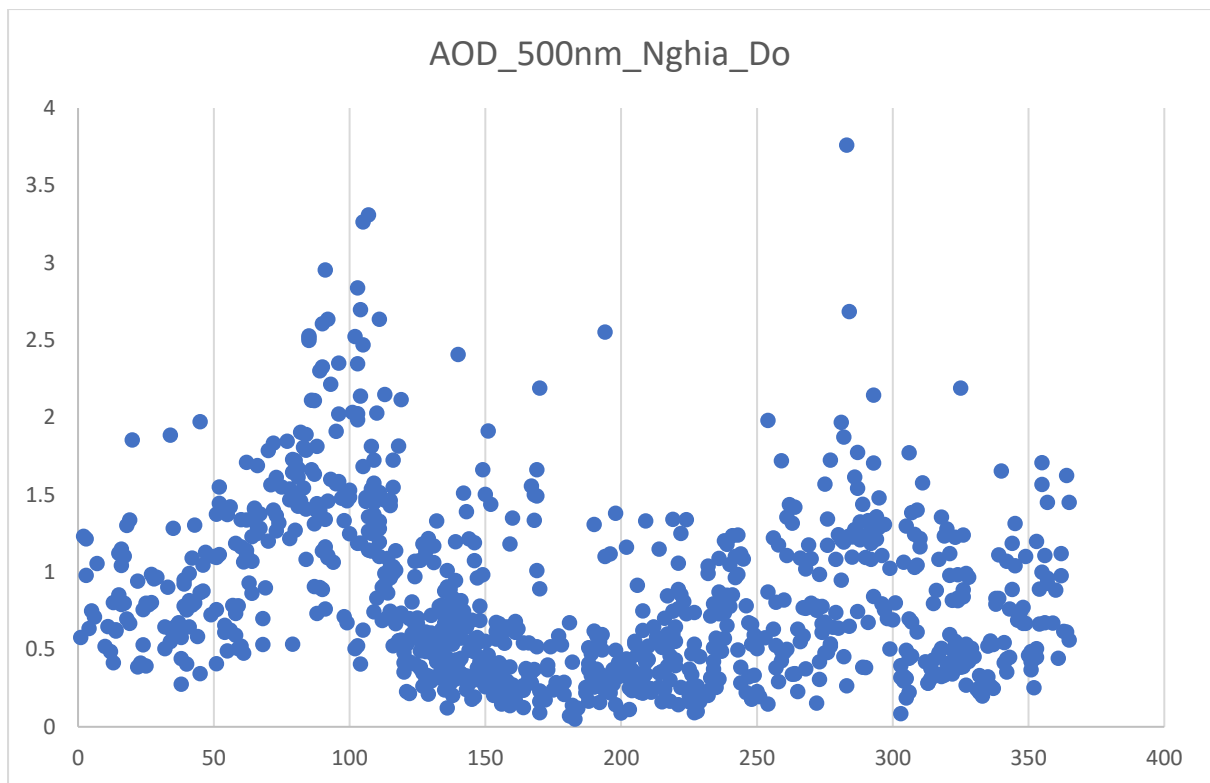
Σχήμα 4.87: Μέσες μηνιαίες τιμές του AOD₅₀₀ από τον Ιανουάριο 2012 έως Δεκέμβριο 2019 για τον σταθμό Chiang_Mai_Met_Sta



Σχήμα 4.88: Μέσες μηνιαίες τιμές του AOD₅₀₀ από τον Ιανουάριο 2012 έως Δεκέμβριο 2019 για τον σταθμό Nghia_Do



Σχήμα 4.89: Μέσες ημερήσιες τιμές του AOD₅₀₀ το χρονικό διάστημα 2012-2019 για τον σταθμό Chiang_Mai_Met_Sta.



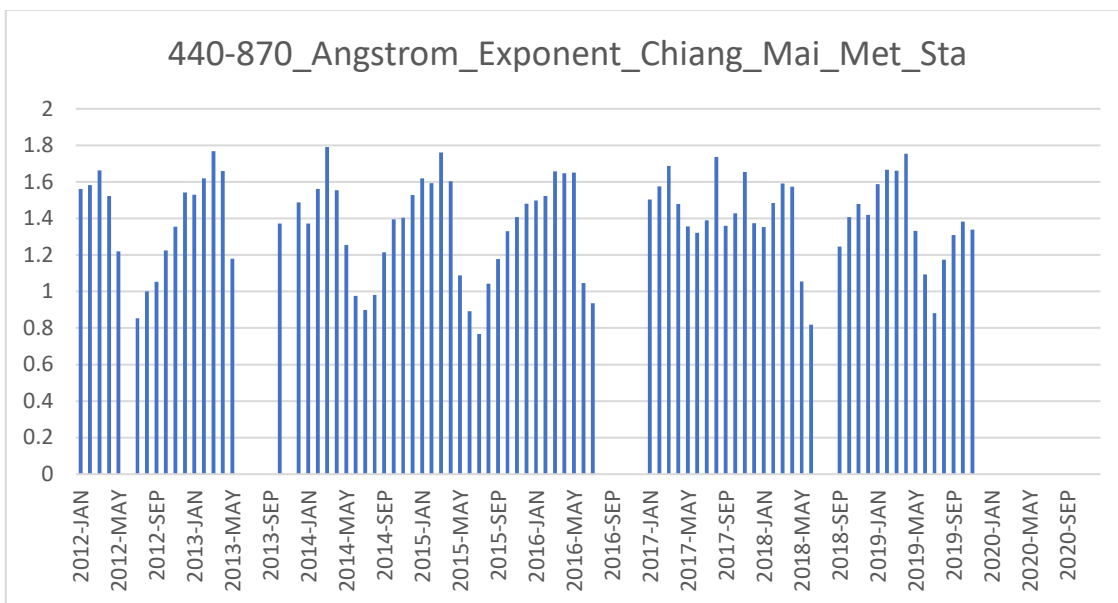
Σχήμα 4.90: Μέσες ημερήσιες τιμές του AOD₅₀₀ το χρονικό διάστημα 2012-2019 για τον σταθμό Nghia_Do.

Τα διαγράμματα που παρατέθηκαν αντιστοιχούν στην μέση μηνιαία και ημερήσια διακύμανση του οπτικού βάθους σε μήκος κύματος 500nm, τα οποία δεδομένα δίνονται από το AERONET.

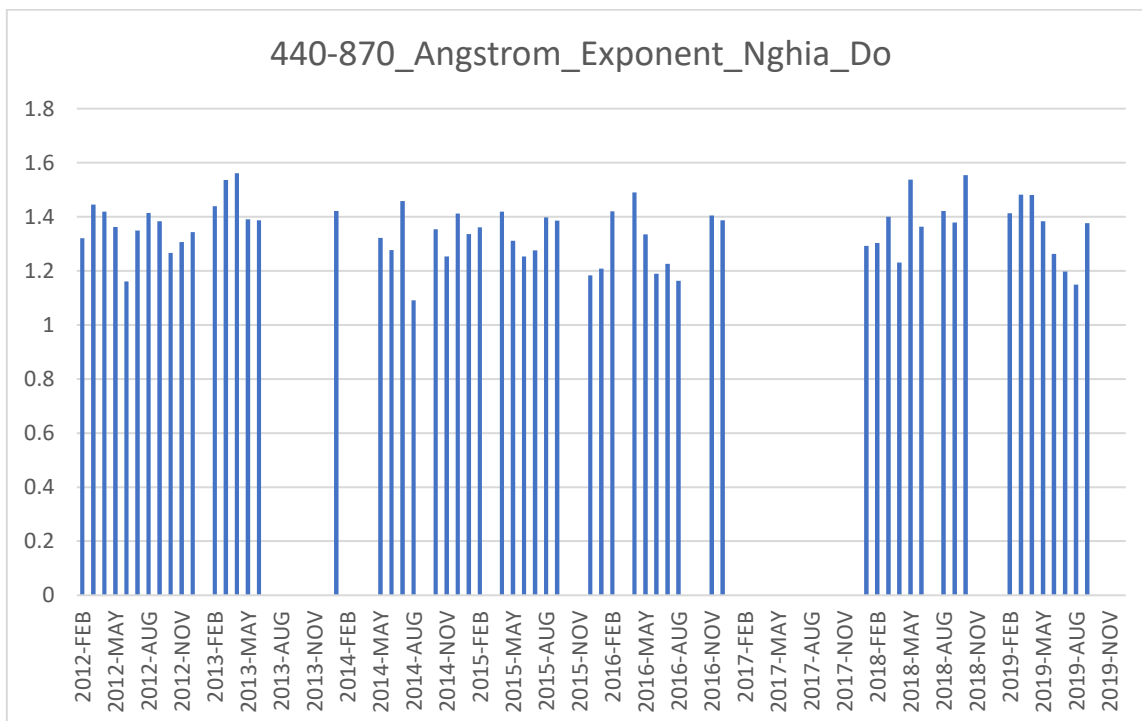
Παρατηρούνται υψηλές τιμές του AOD που κυμαίνονται από μεγαλύτερες του 1 την άνοιξη και κυρίως Μαρτιο-Απρίλιο και στους δύο σταθμούς.

Για τον σταθμό του Chiang έχουμε μία αυξητική τάση του οπτικού βάθους από τα μέσα φεβρουαρίου έως τα τέλη Απριλίου όπου αγγίζει ~1,3. Εκείνη την περίοδο στην περιοχή η ατμόσφαιρα επιβαρύνεται από κάυσεις που λαμβανουν μέρος εκεί. Επιπλέον καταγράφεται και μία μικρή αύξηση στα τέλη Σεπτέμβρη-Οκτώβρη. Η μεταβολή αυτή φαίνεται καλύτερα στα ημερήσια διαγράμματα και είναι παρόμοια και για τον άλλο σταθμό(Nghia_Do).

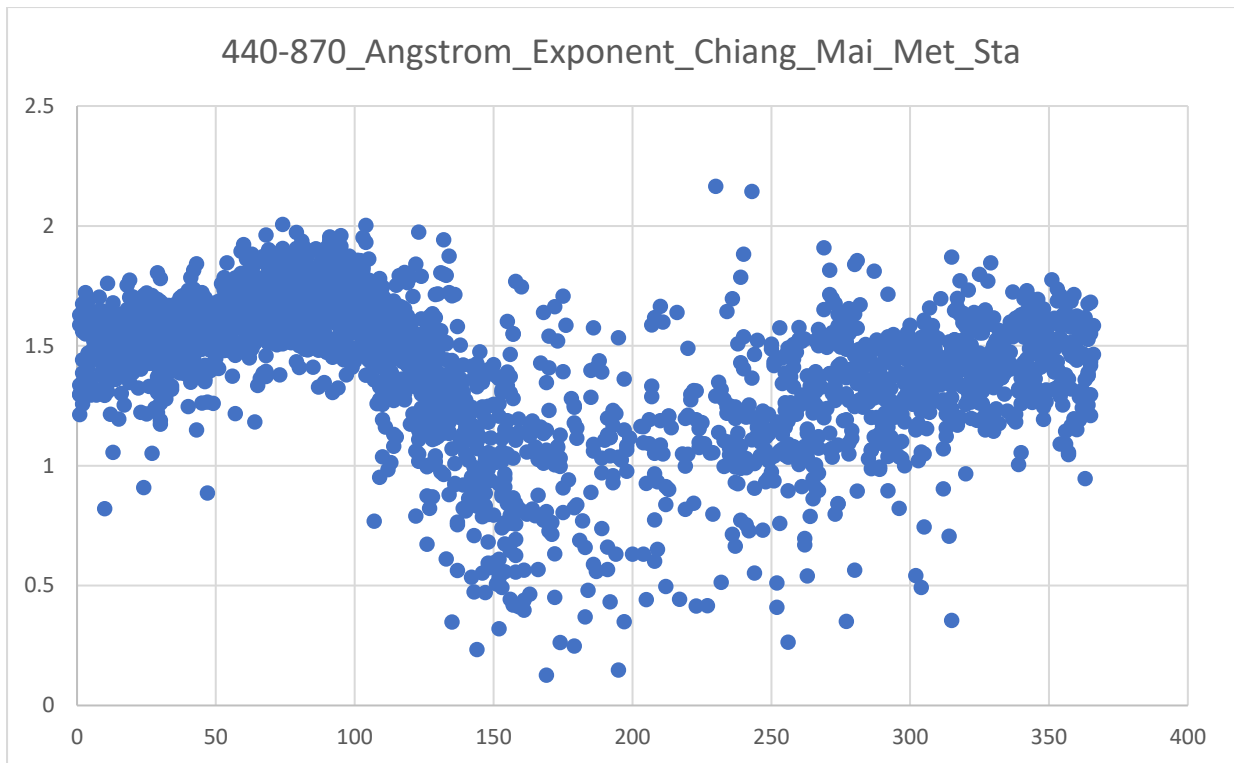
4.3.2. Συντελεστής Angstrom



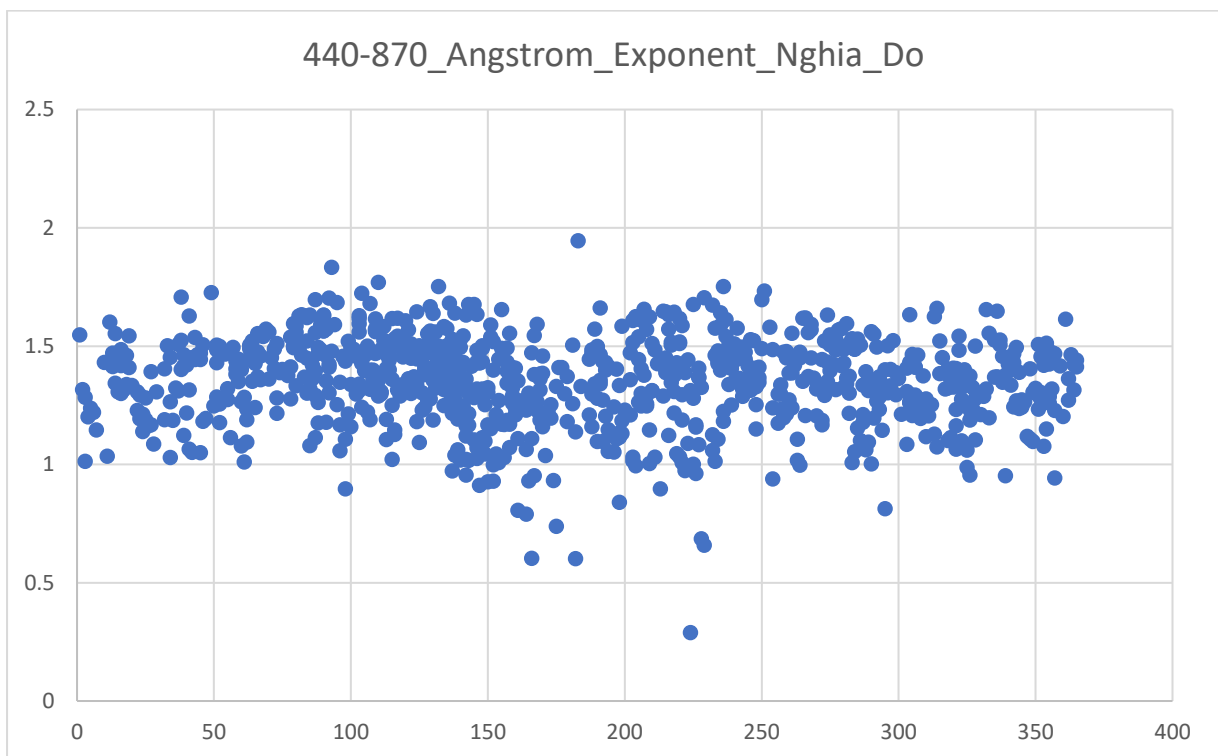
Σχήμα 4.91: Μέσες μηνιαίες τιμές του $\alpha_{440-870}$ απο τον Ιανουάριο 2012 έως Δεκέμβριο 2019 για τον σταθμό Chiang_Mai_Met_Sta



Σχήμα 4.92: Μέσες μηνιαίες τιμές του $\alpha_{440-870}$ απο τον Ιανουάριο 2012 έως Δεκέμβριο 2019 για τον σταθμό Nghia_Do



Σχήμα 4.93: Μέσες ημερήσιες τιμές του $\alpha_{440-870}$ το χρονικό διάστημα 2012-2019 για τον σταθμό Chiang_Mai_Met_Sta.



Σχήμα 4.94: Μέσες ημερήσιες τιμές του $\alpha_{440-870}$ το χρονικό διάστημα 2012-2019 για τον σταθμό Nghia_DO.

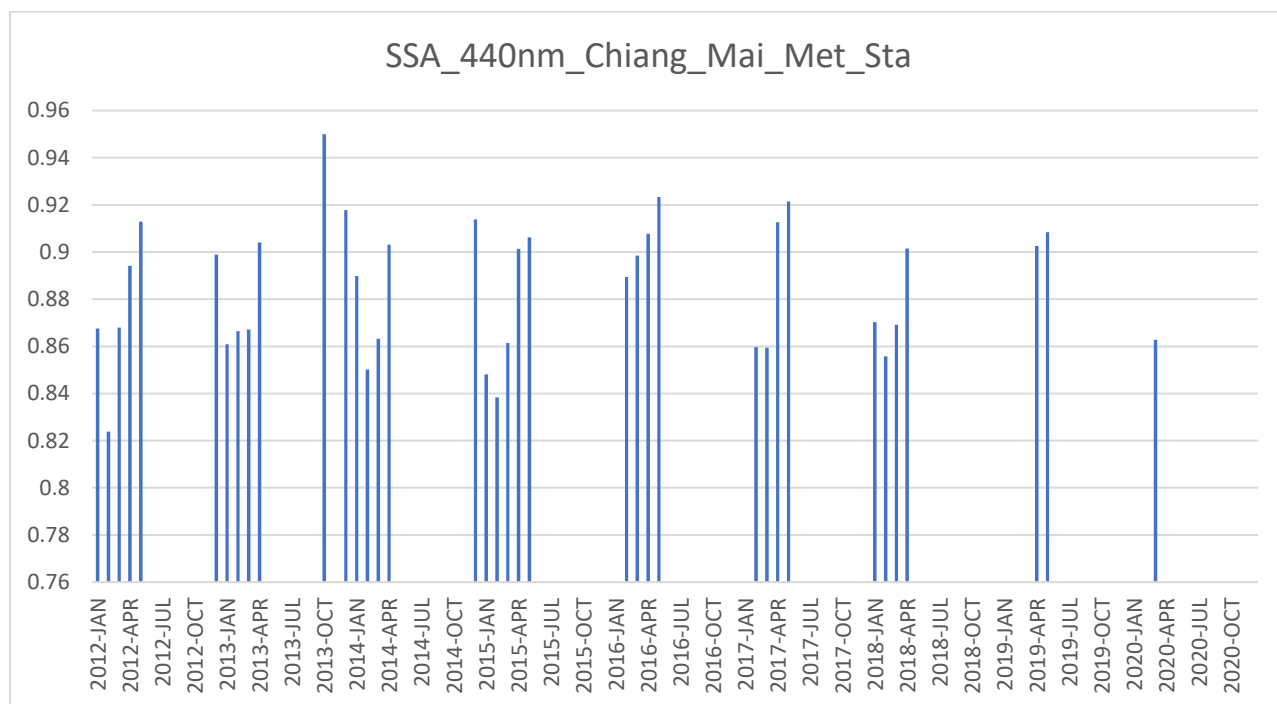
Τα διαγράμματα που παρατέθηκαν αντιστοιχούν στην μέση μηνιαία και ημερήσια διακύμανση του συντελεστή Angstrom $a_{440-870}$, τα οποία δεδομένα δίνονται από το AERONET.

Παρατηρείται μια έντονη διακύμανση του συντελεστή για τον σταθμό Chiang. Οι υψηλότερες τιμές διακρίνονται τους πρώτους μήνες της άνοιξης ενώ οι χαμηλότερες το καλοκαίρι. Μικρότερη διακύμανση βλέπουμε στον σταθμό Nghia_Do, έχοντας εδώ μικρότερα μέγιστα.

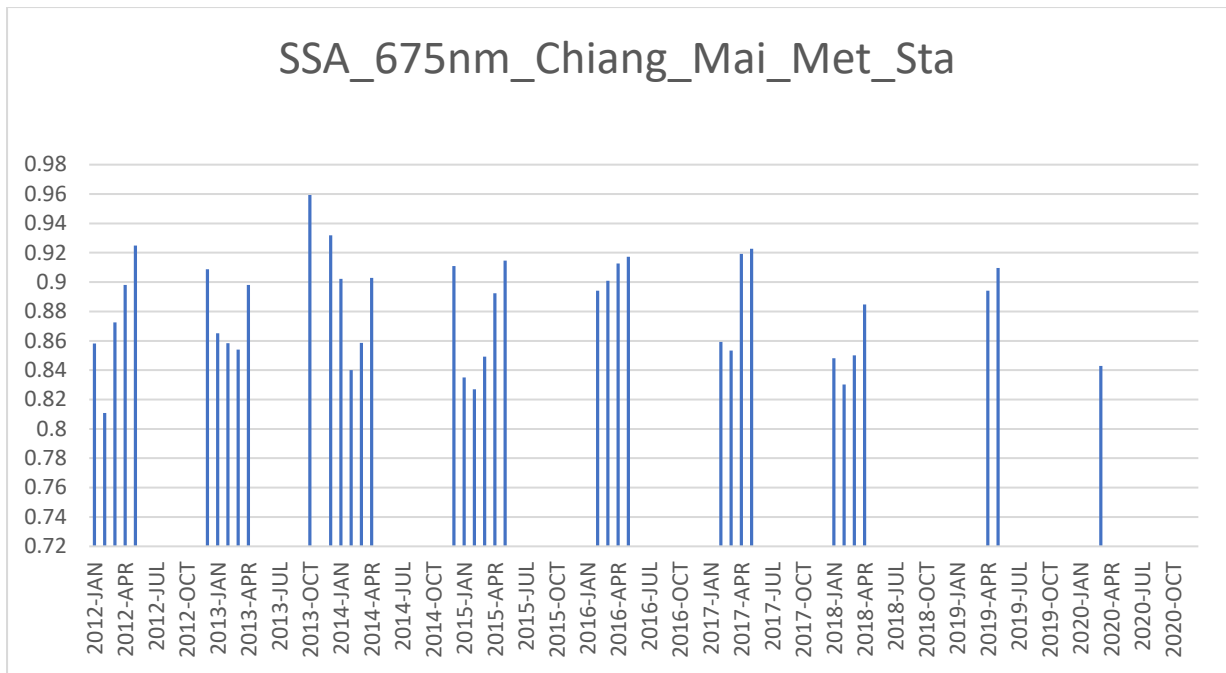
Στα διαγράμματα που απεικονίζουν την ημερήσια μεταβολή παρατηρείται πολύ καλύτερα η έντονη διακύμανση του συντελεστή και κυρίως στον 1^ο σταθμό. Με αυξητικές τιμές του συντελεστή κατά την διάρκεια Φεβρουαρίου-Μαρτίου-Απριλίου όπου υπάρχει κάυση βιομάζας εκείνη την χρονική περίοδο, μετά παρατηρείται μια μείωση τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ από τον χειμώνα έχουμε πάλι άνοδο του εκθέτη.

4.3.3 Ανακλαστικότητα Μεμονομένης Σκέδασης (SSA)

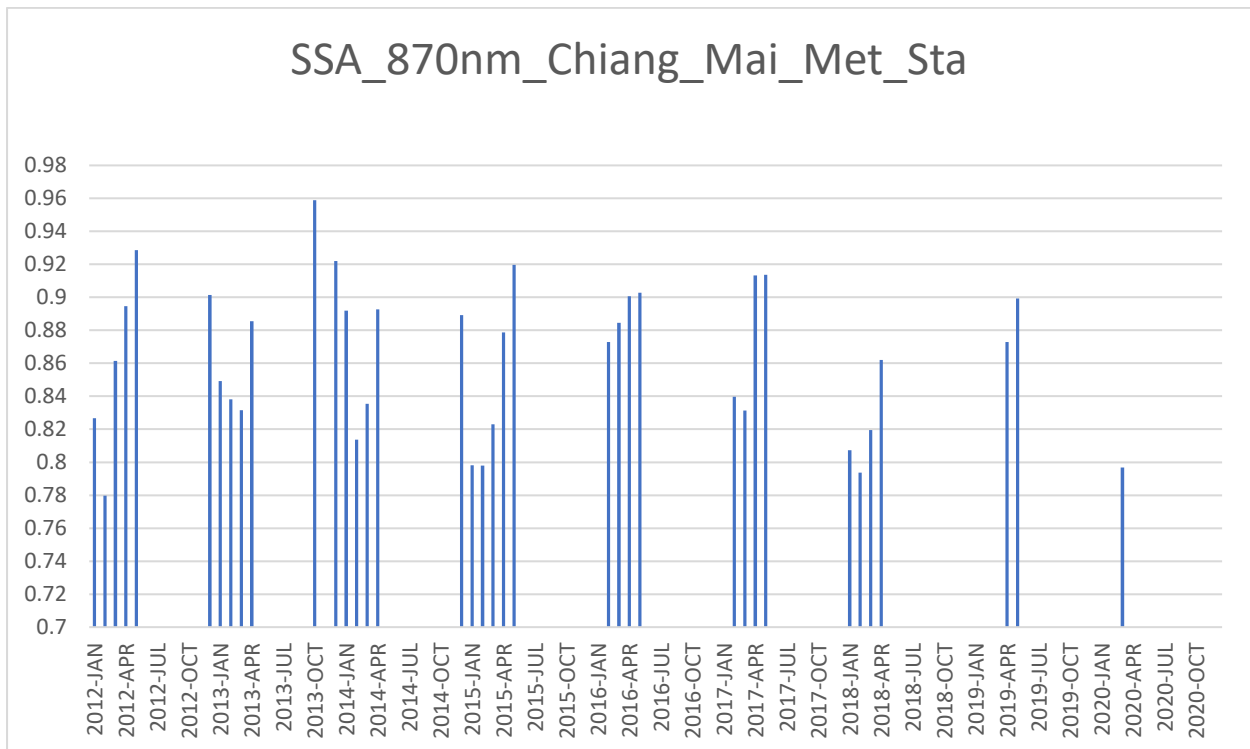
Για τον σταθμό Chiang:



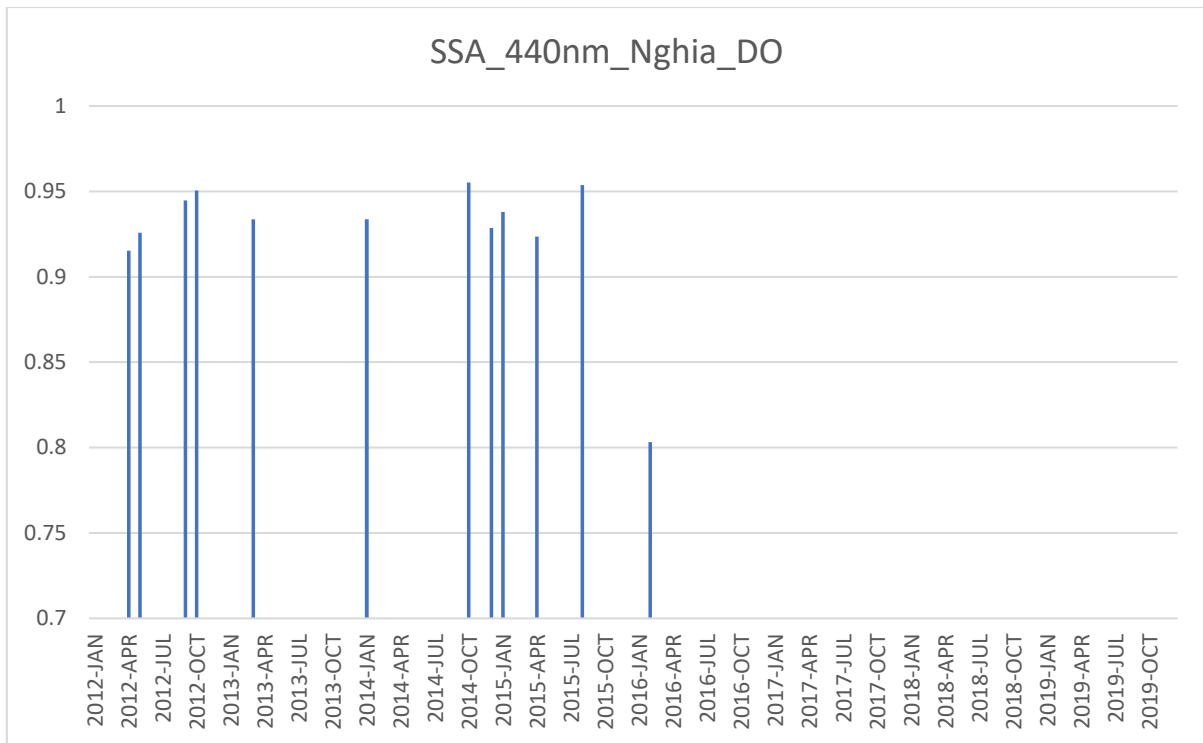
Σχήμα 4.95: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA_{440} από τον Ιανουάριο 2012 έως Δεκέμβριο 2019 για τον σταθμό Chiang.



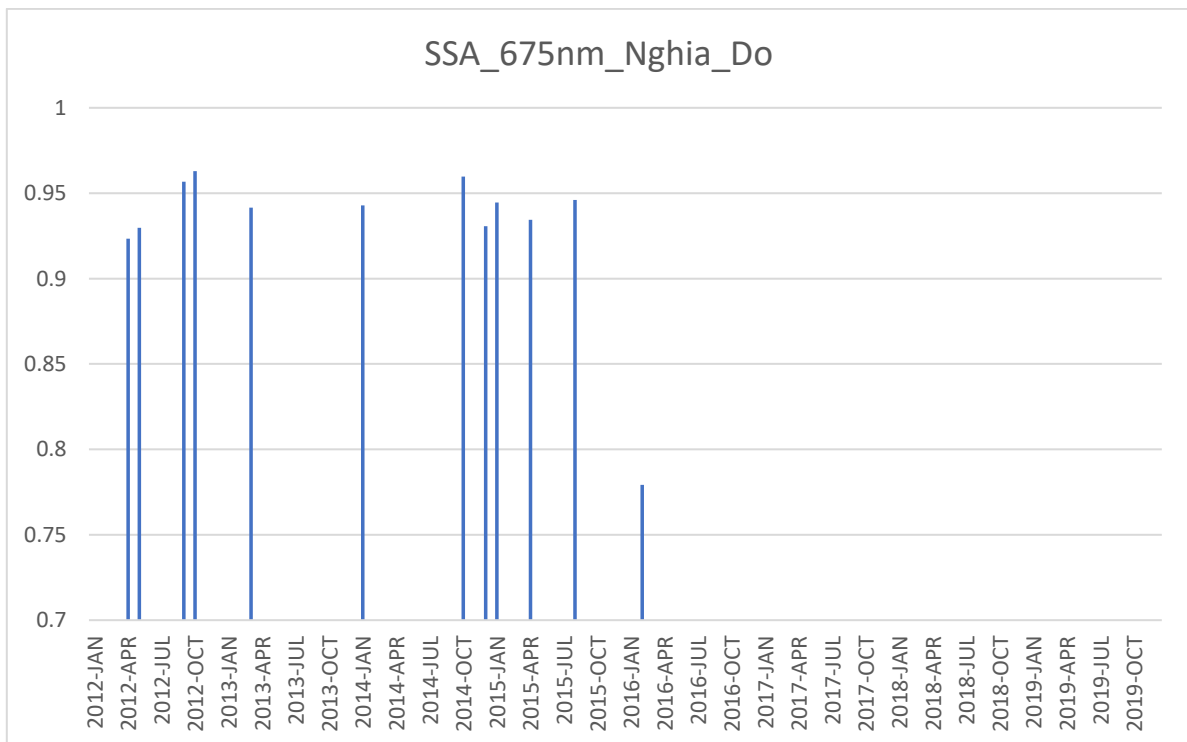
Σχήμα 4.96: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₆₇₅ από τον Ιανουάριο 2012 έως Δεκέμβριο 2019 για τον σταθμό Chiang.



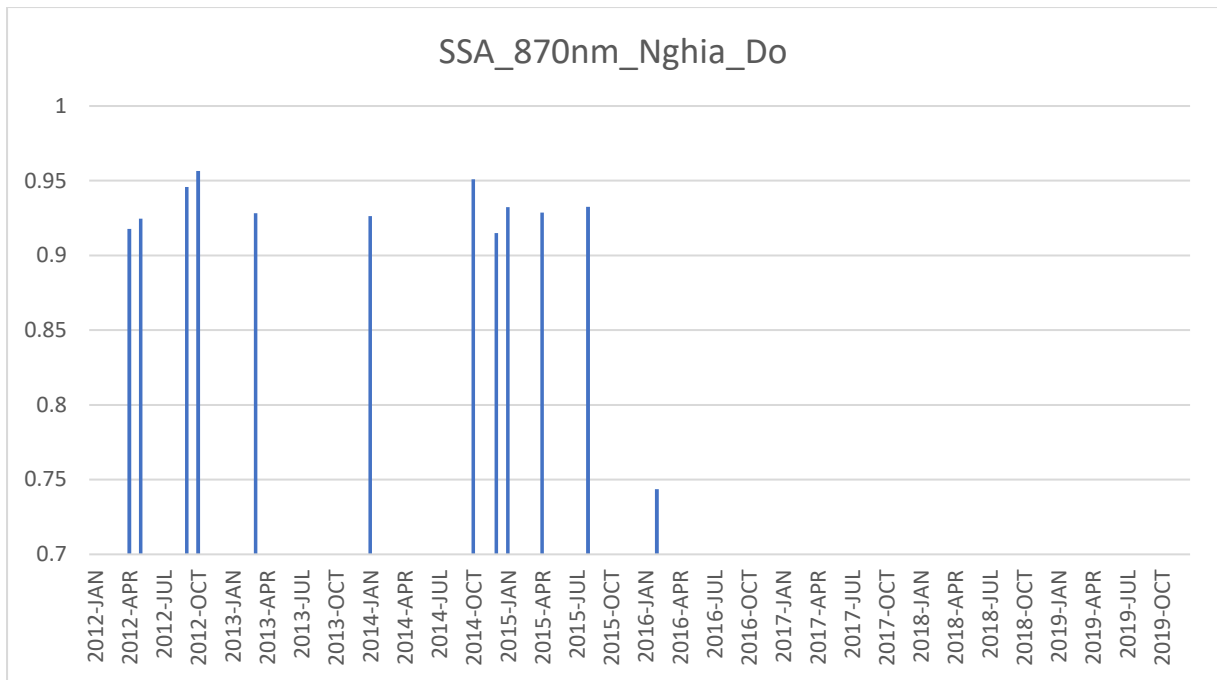
Σχήμα 4.97: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₈₇₀ από τον Ιανουάριο 2012 έως Δεκέμβριο 2019 για τον σταθμό Chiang.



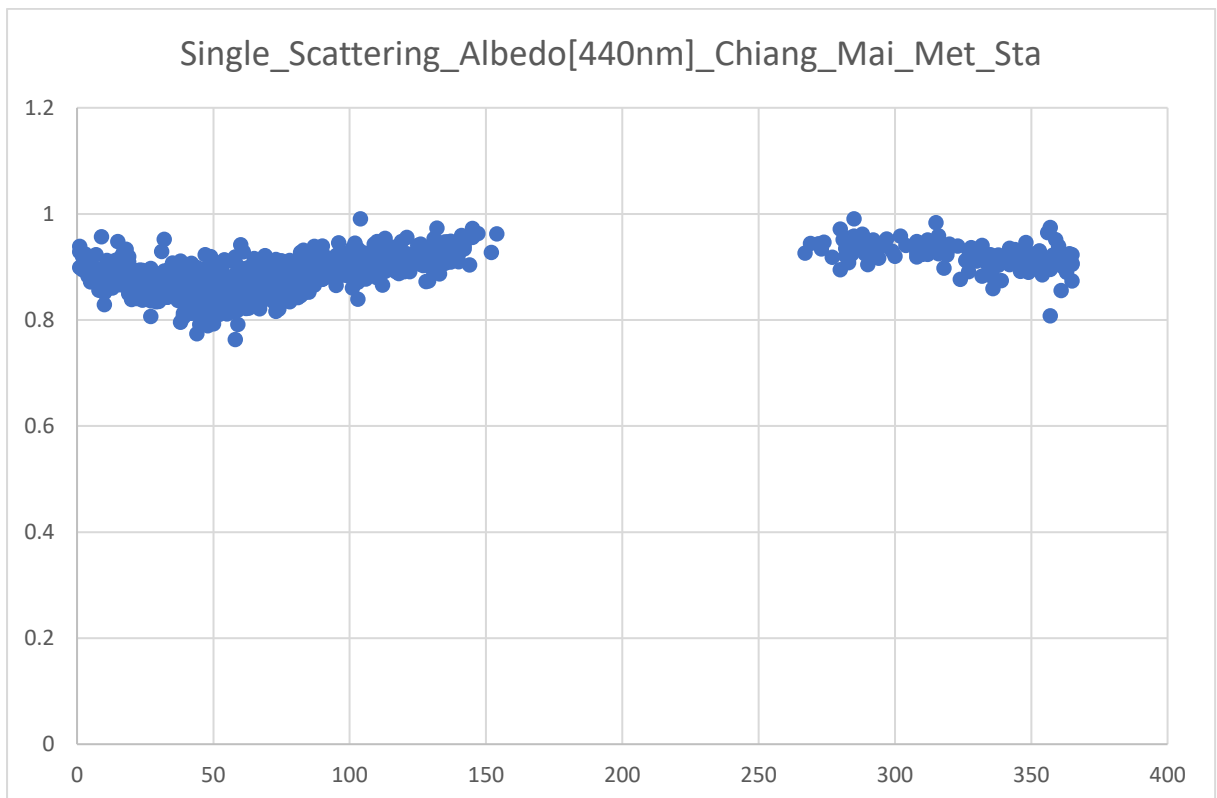
Σχήμα 4.99: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₄₄₀ από τον Ιανουάριο 2012 έως Δεκέμβριο 2019 για τον σταθμό Nghia_Do.



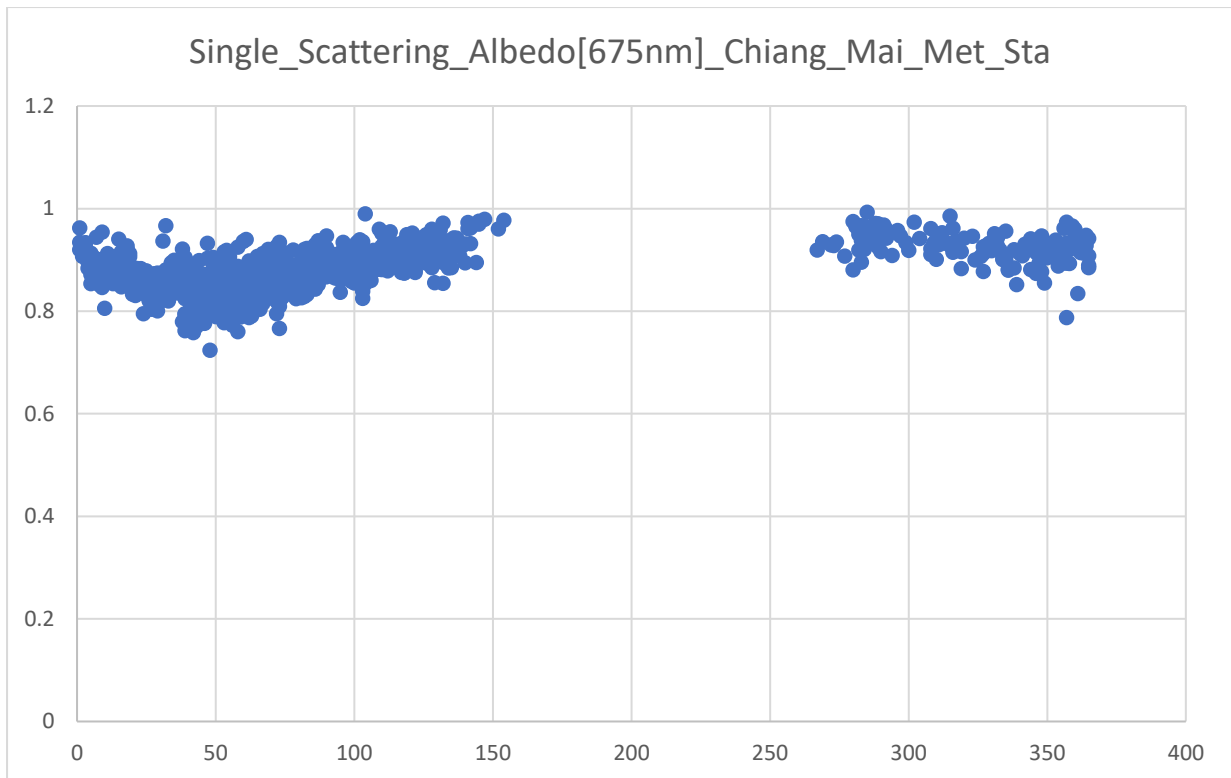
Σχήμα 4.100: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₆₇₅ από τον Ιανουάριο 2012 έως Δεκέμβριο 2019 για τον σταθμό Nghia_Do.



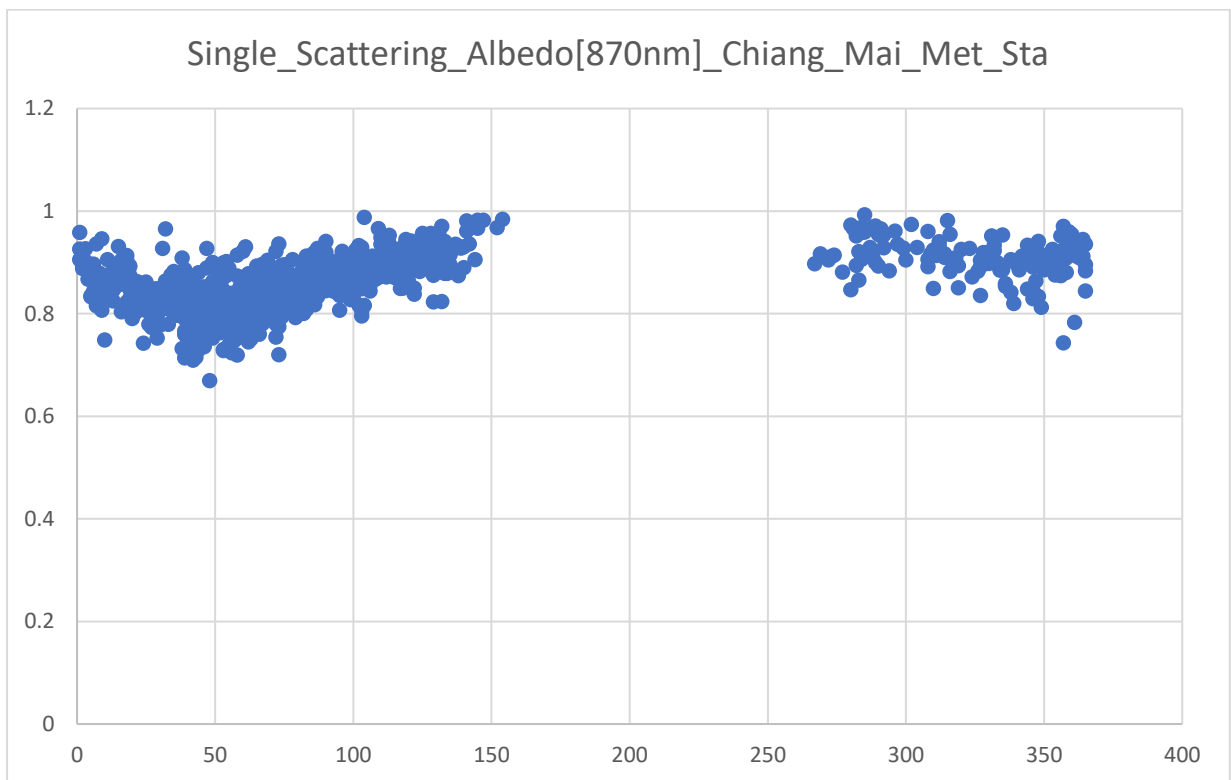
Σχήμα 4.101: Μέσες μηνιαίες τιμές του SSA₈₇₀ από τον Ιανουάριο 2012 έως Δεκέμβριο 2019 για τον σταθμό Nghia_Do



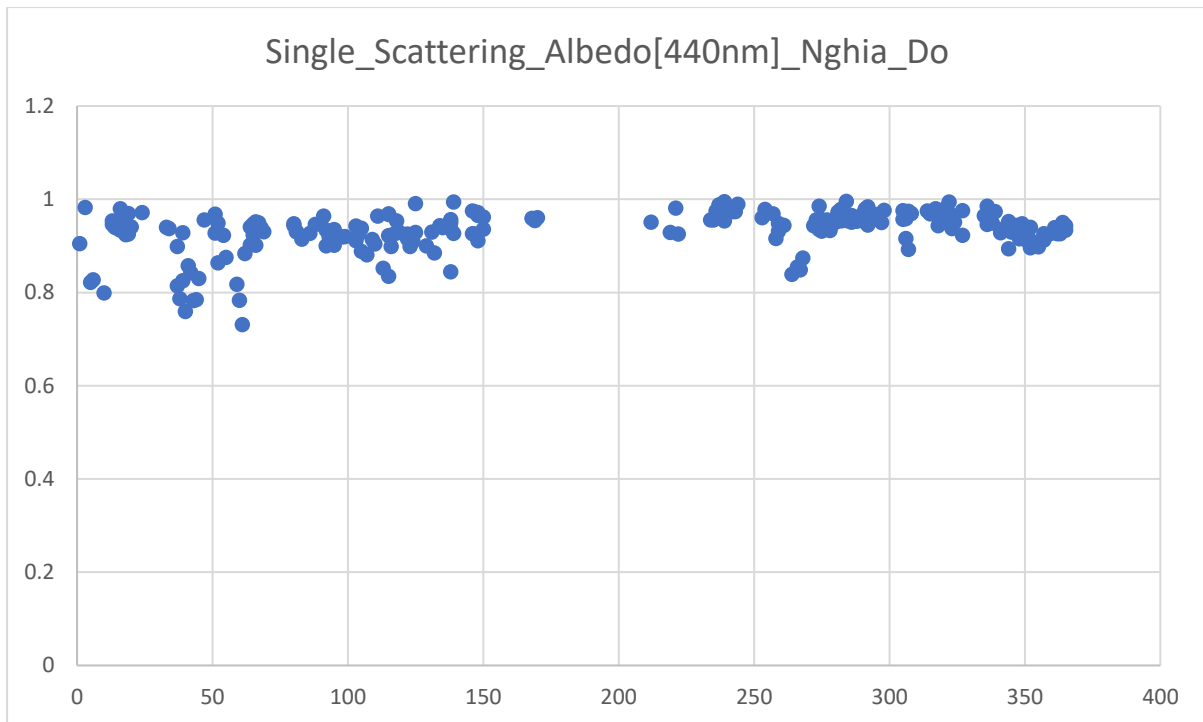
Σχήμα 4.102: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA₄₄₀ το χρονικό διάστημα 2012-2019 για τον σταθμό Chiang.



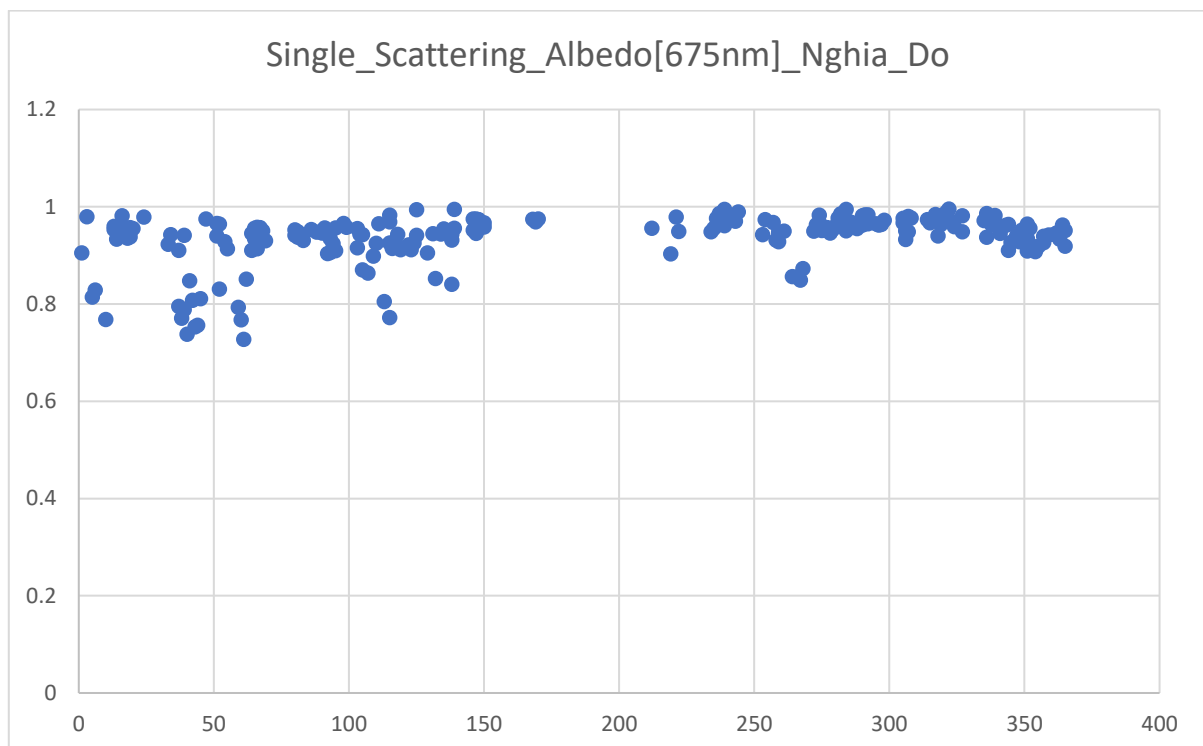
Σχήμα 4.103: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{675} το χρονικό διάστημα 2012-2019 για τον σταθμό Chiang.



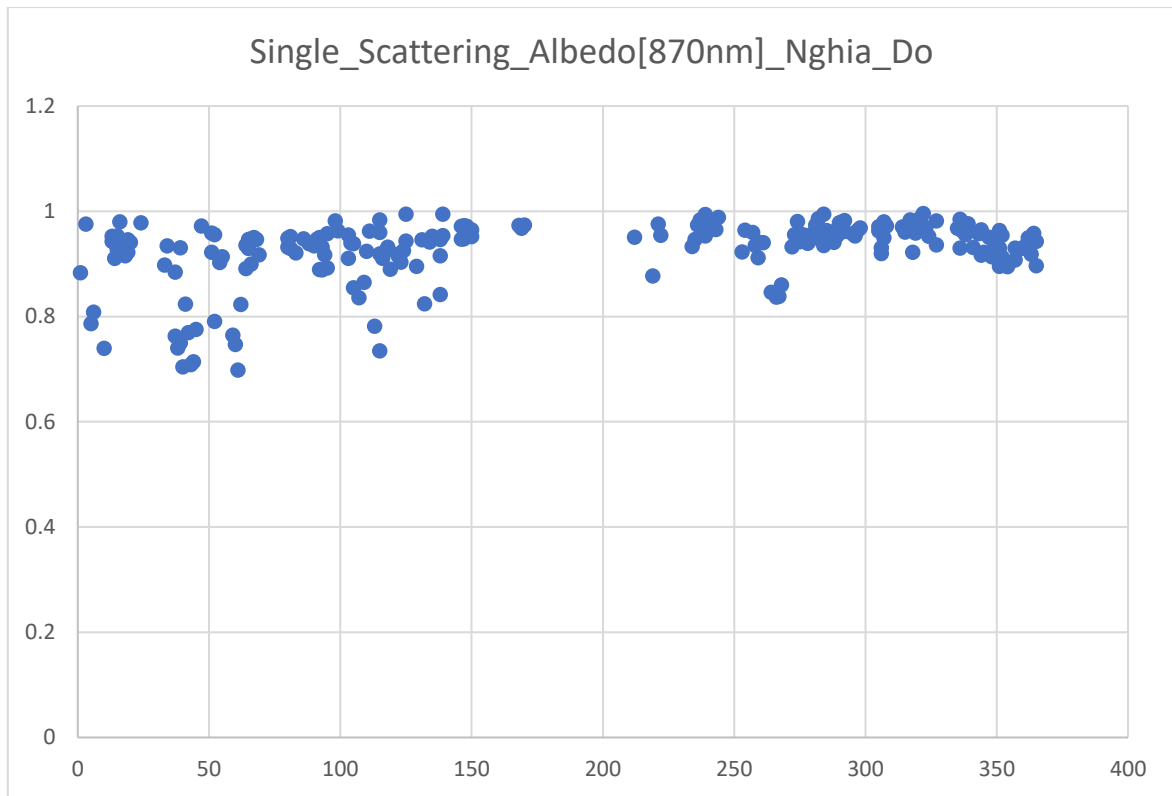
Σχήμα 4.104: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{870} το χρονικό διάστημα 2012-2019 για τον σταθμό Chiang.



Σχήμα 4.105: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{440} το χρονικό διάστημα 2012-2019 για τον σταθμό Nghia_Do

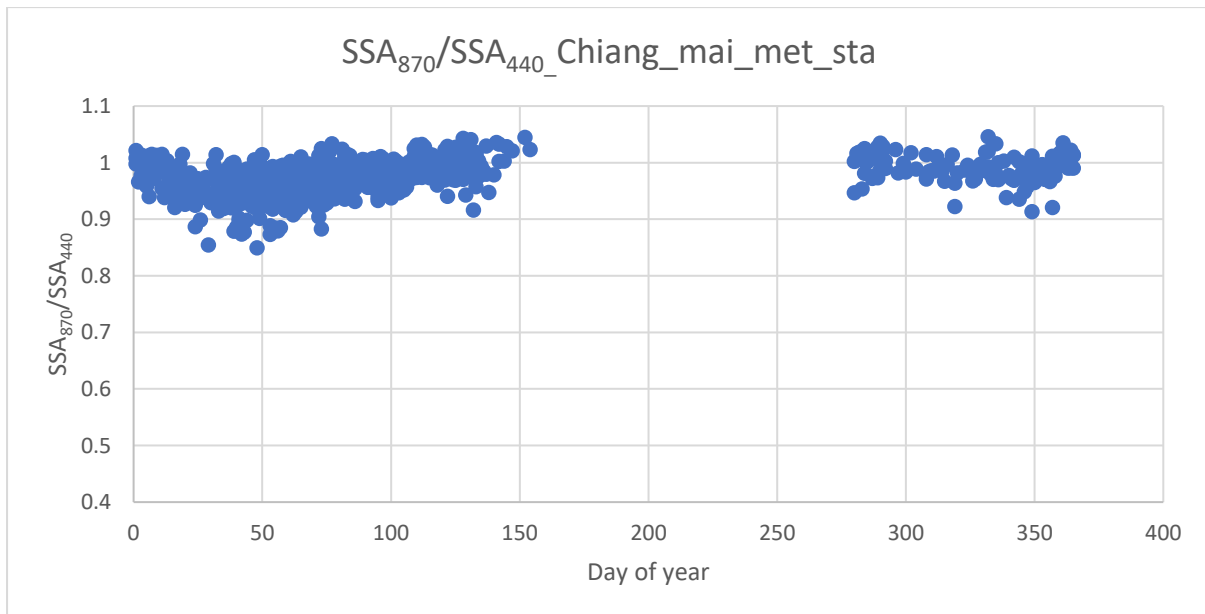


Σχήμα 4.106: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{675} το χρονικό διάστημα 2012-2019 για τον σταθμό Nghia_Do

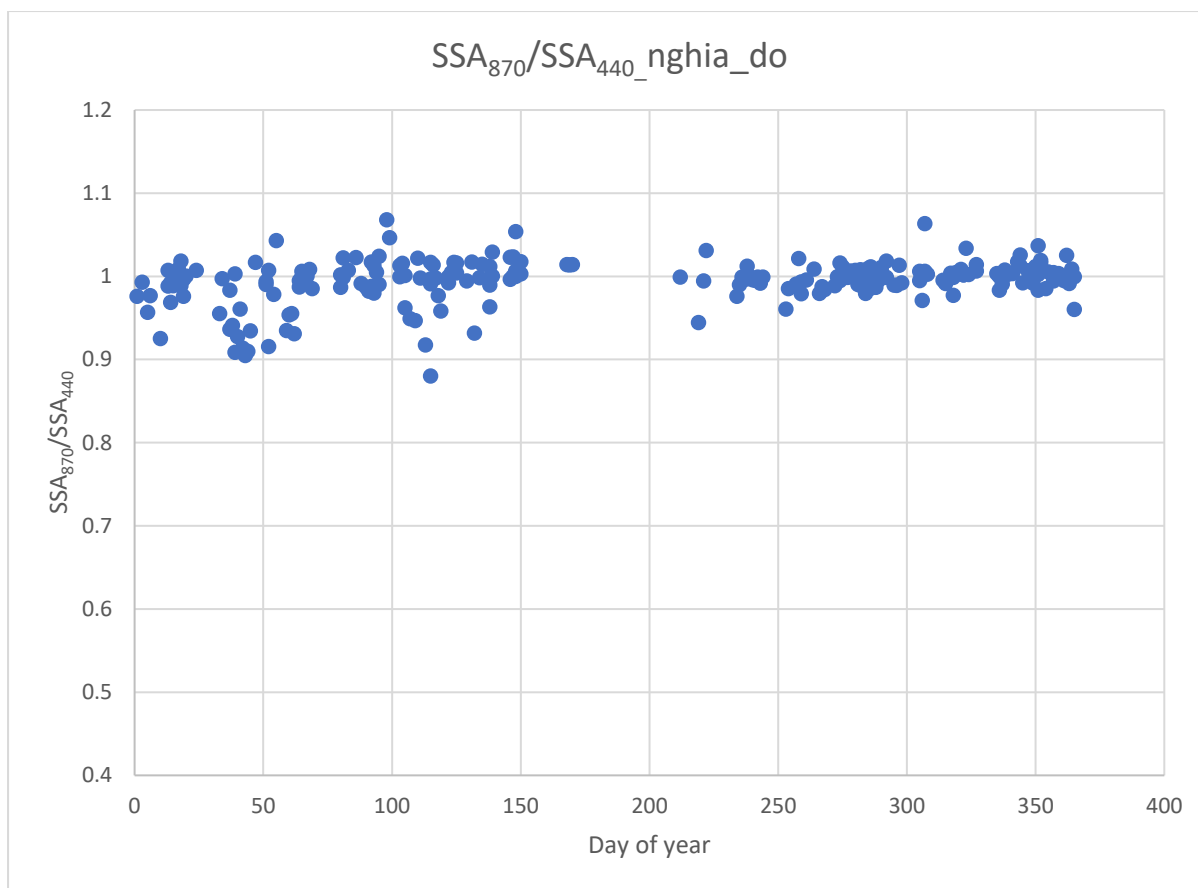


Σχήμα 4.107: Μέσες ημερήσιες τιμές του SSA_{870} το χρονικό διάστημα 2012-2019 για τον σταθμό Nghia_Do

4.3.4 Λόγος SSA_{870}/SSA_{440}



Σχήμα 4.108: Μέσες ημερήσιες τιμές του λόγου της ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης στα 870nm προς τα 440nm SSA_{870}/SSA_{440} για τον σταθμό Chiang_Mai_Met_Sta.



Σχήμα 4.109: Μέσες ημερήσιες τιμές του λόγου της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης στα 870nm προς τα 440nm SSA_{870}/SSA_{440} για τον σταθμό Nghia_Do.

Τα διαγράμματα που παρατέθηκαν αντιστοιχούν στην μέση μηνιαία και ημερήσια διακύμανση της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης (SSA) για τρία διαφορετικά μήκη κύματος 440-675-870nm, τα οποία δεδομένα δίνονται από το AERONET.

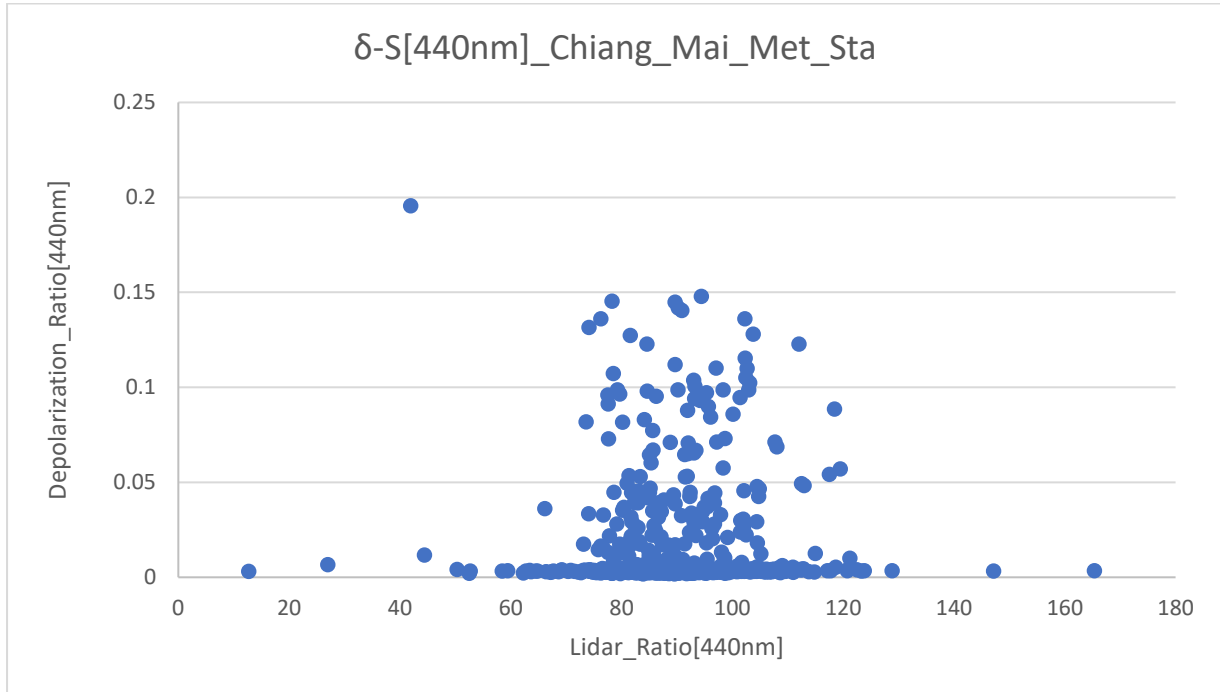
Οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται το φθινόπωρο και στους δύο σταθμούς.

Με τα ημερήσια δεδομένα φαίνεται καλύτερα η διακύμανση των τιμών αυτών και στα τρία μήκη κύματος. Παρατηρείται μικρή μείωση των τιμών του SSA κατά την αύξηση του μήκους κύματος. Σύμφωνα με τα σχήματα 4.108,4.109 όπου αναπαρίστανται ο λόγος SSA_{870}/SSA_{440} , για τον σταθμό του Chiang είναι μικρότερος του 1 για τους δύο πρώτους μηνές της άνοιξης, όπου συμπίπτει με την περίοδο πυρκαγιών σε αυτήν την περιοχή. Αντίθετα στο σταθμό Nghia_Do, ο λόγος αυτός παρουσιάζει έντονη διακύμανση, με αποτέλεσμα να μην έχουμε καθαρό αποτέλεσμα για το αιωρούμενο σωματίδιο που βρίσκεται κατα κόρον στην ατμόσφαιρα, φαίνεται να υπάρχει ένα μίξ σωματιδίων από κάυση βιομάζας, σκόνη και θαλάσσια σωματίδια.

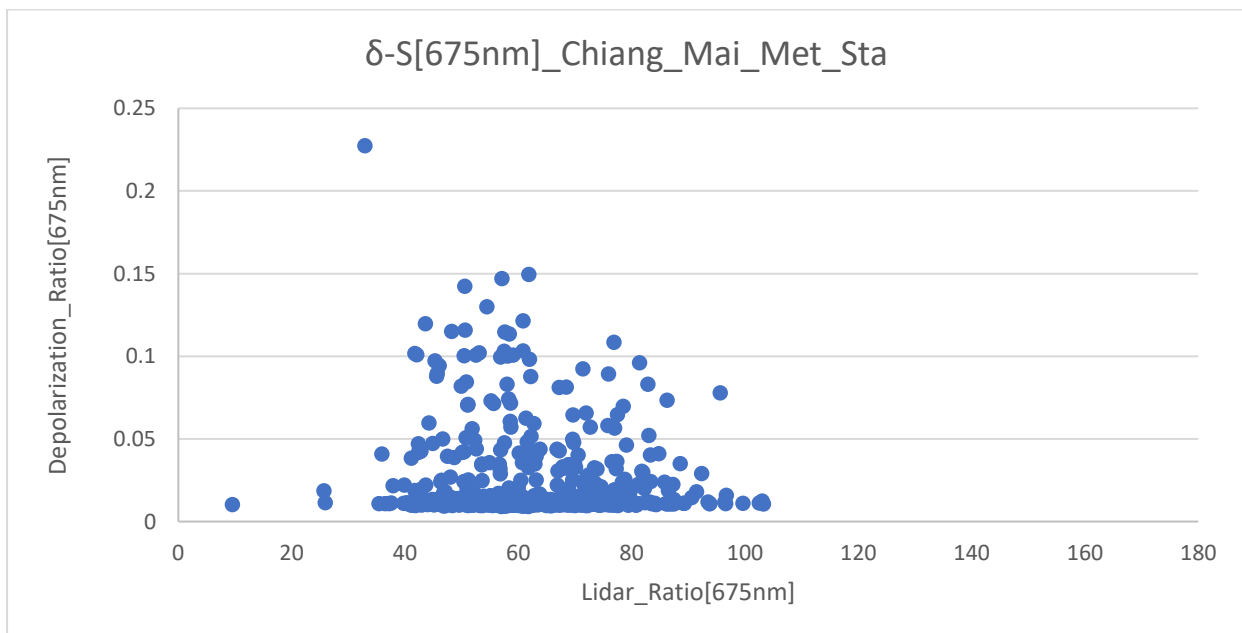
Στην παρακάτω ενότητα καταγράφονται οι μέσες ημερήσιες τιμές του lidar ratio S και του Depolarization ratio δ και η συσχέτιση μεταξύ τους. Επίσης παρουσιάζεται και η συσχέτιση του

lidar ratio S με την ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης (SSA) για τους δύο σταθμούς και για τρία μήκη κύματος 440-675-870.

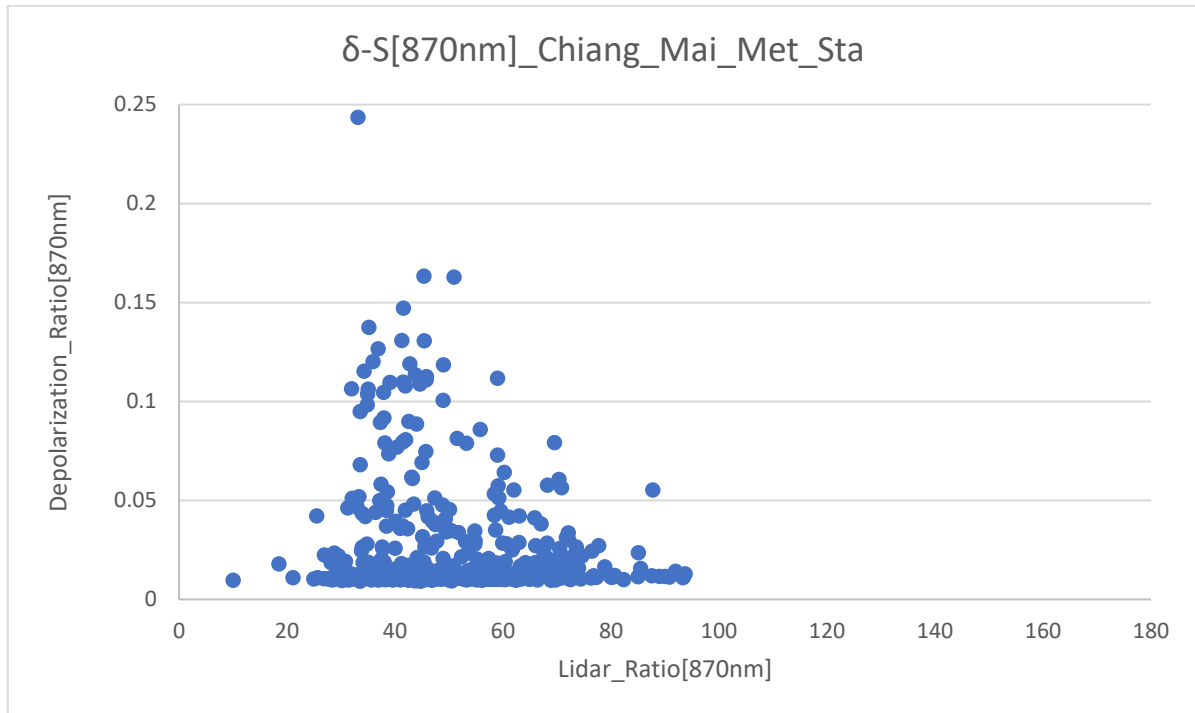
4.3.5. Συσχέτιση του Depolarization Ratio (δ) με το Lidar Ration (S)



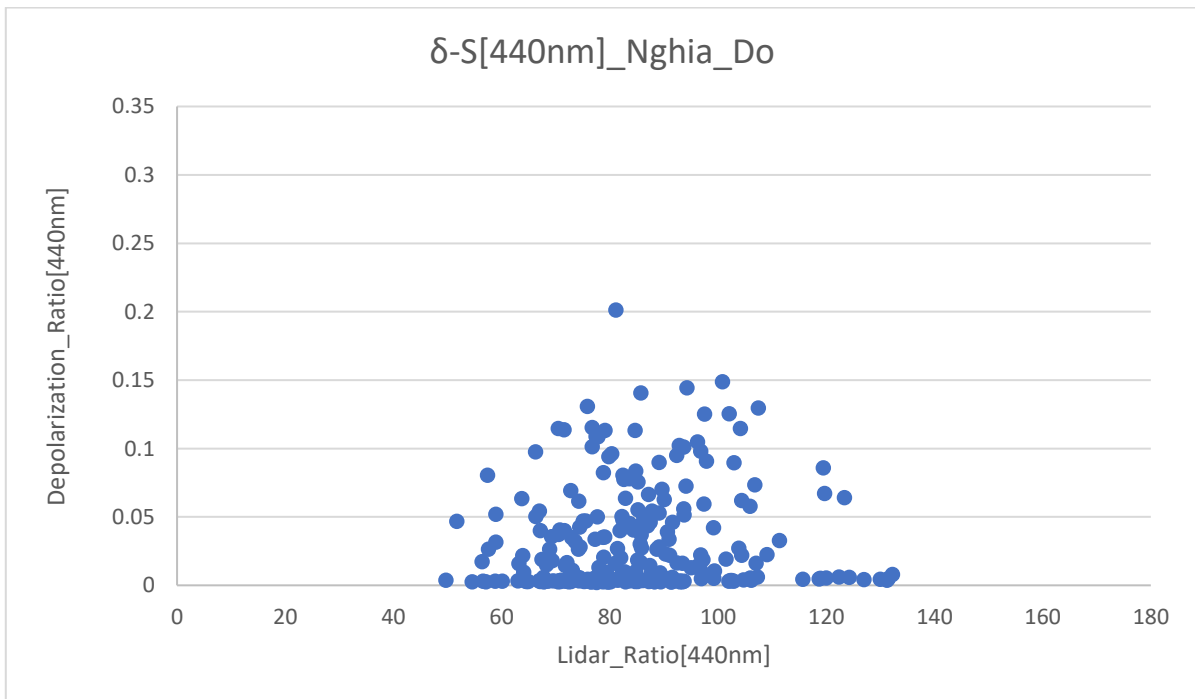
Σχήμα 4.110: Συσχέτιση μέσω των ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 440nm για την περιοχή Chiang_Mai_Met_Sta



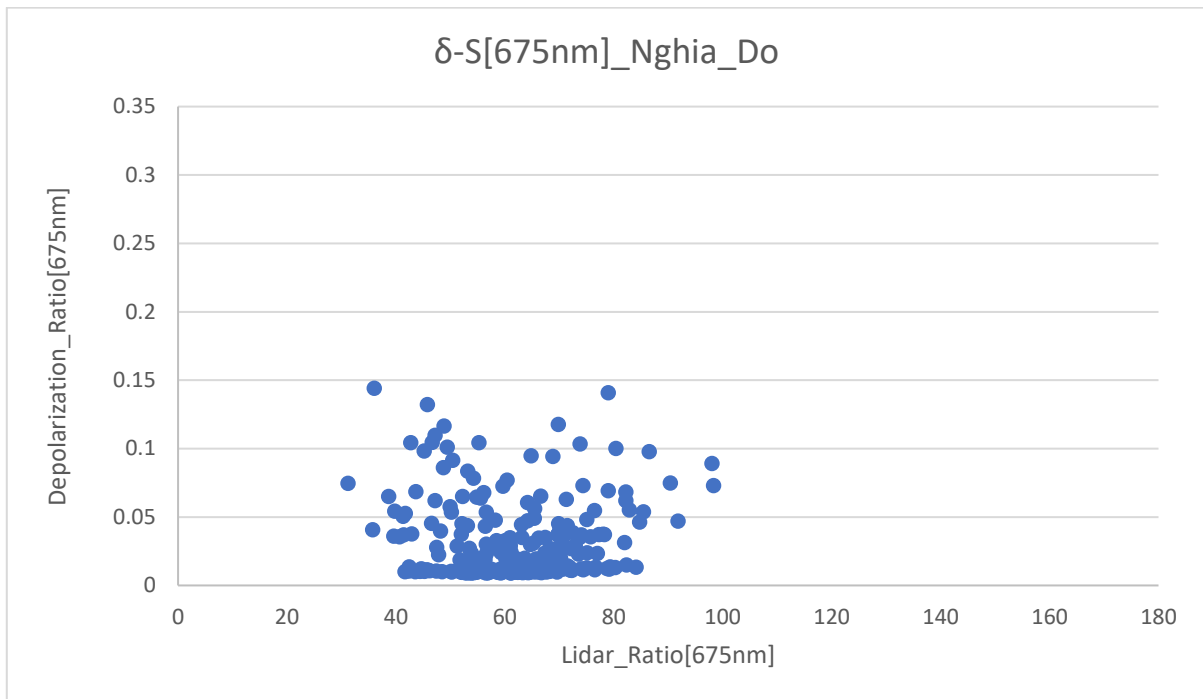
Σχήμα 4.111: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 675nm για την περιοχή Chiang_Mai_Met_Sta



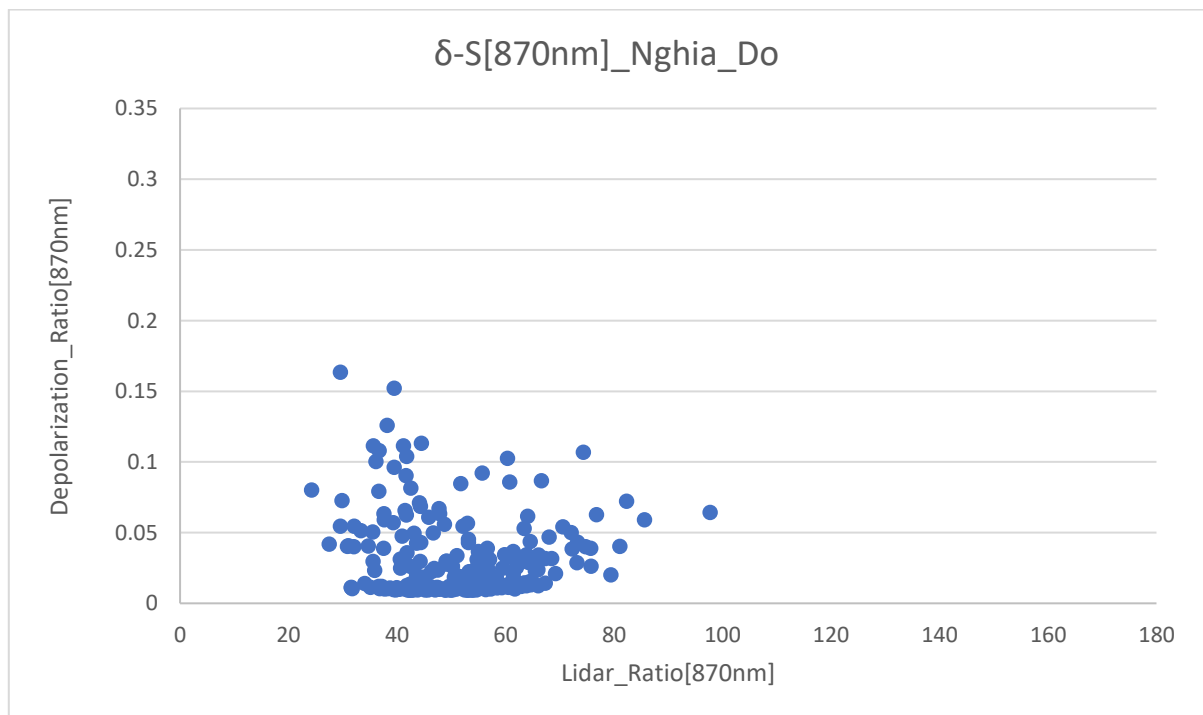
Σχήμα 4.112: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 870nm για την περιοχή Chiang_Mai_Met_Sta



Σχήμα 4.113: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 440nm για την περιοχή Nghia_Do



Σχήμα 4.114: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 675nm για την περιοχή Nghia_DO



Σχήμα 4.115: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών lidar ratio με Depolarization ratio στα 870nm για την περιοχή Nghia_Do

Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάστηκε η συσχέτιση του Depolarization ratio με το lidar ratio για τρία διαφορετικά μήκη κύματος και για τους τρεις σταθμούς.

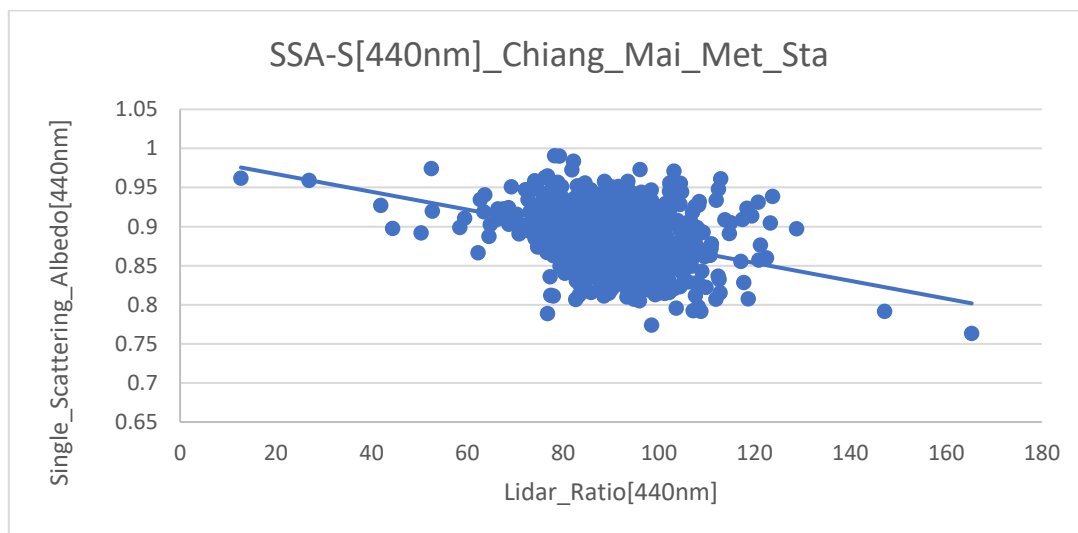
Παρατηρείται ότι οι τιμές του S_{440} κυμαίνονται από ~12 έως ~165sr ενώ για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος αυτές οι τιμές μειώνονται (S_{675}/S_{870} , ~9-100sr/~10-93sr).

Το δ_{440} παίρνει τιμές από ~0,001 έως ~0,2 με τις υψηλότερες να καταγράφονται στον σταθμό Nghia_Do. Η πλειοψηφία των τιμών παρατηρείται στο διάστημα [0,0.05]. Επίσης για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος έχουμε μία μικρή άνοδο των τιμών στην πλειοψηφία τους και στους δύο σταθμούς.

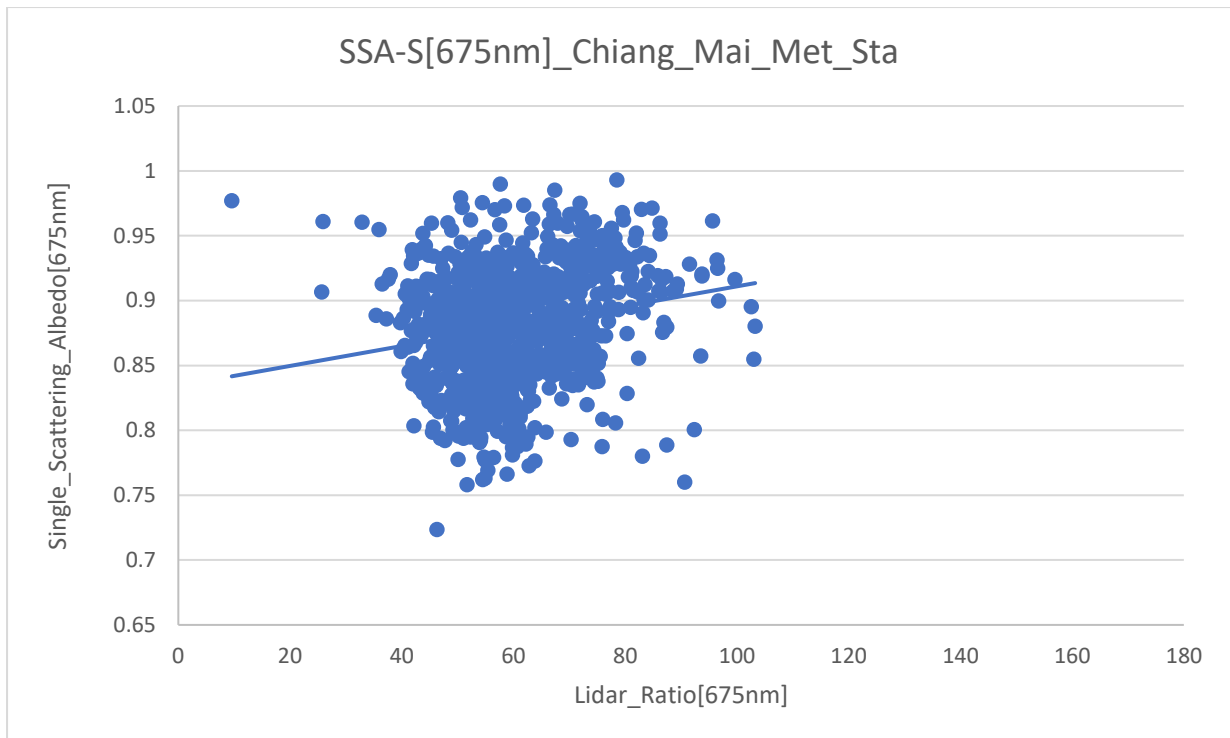
Το εύρος των τιμών του δ_{440} αντιστοιχεί σε τιμές του S_{440} [70,110] με την πλειοψηφία αυτών να βρίσκεται πολύ κοντά στο μηδέν. Αντίστοιχα για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος οι τιμές αυτές αυξάνονται λίγο, ενώ αντιστοιχούν σε μικρότερα διαστήματα του S , ($\delta_{675}/\delta_{870}$, [30,90]sr/[25,80]sr). Αυτή η παρατήρηση ισχύει και για τους δύο σταθμούς.

Σε αυτήν την περίπτωση το S φαίνεται να παρουσιάζει μεγαλύτερη αλλαγή από το δ κι αυτό οφείλεται στο ότι το S εξαρτάται από τον σύνθετο δείκτη διάθλασης και καθορίζεται από την σύνθεση των σωματιδίων, ενώ το δ εξαρτάται περισσότερο από την μορφολογία των σωματιδίων (Sung-kyumShin, Matthias Tesche et al. 2018).

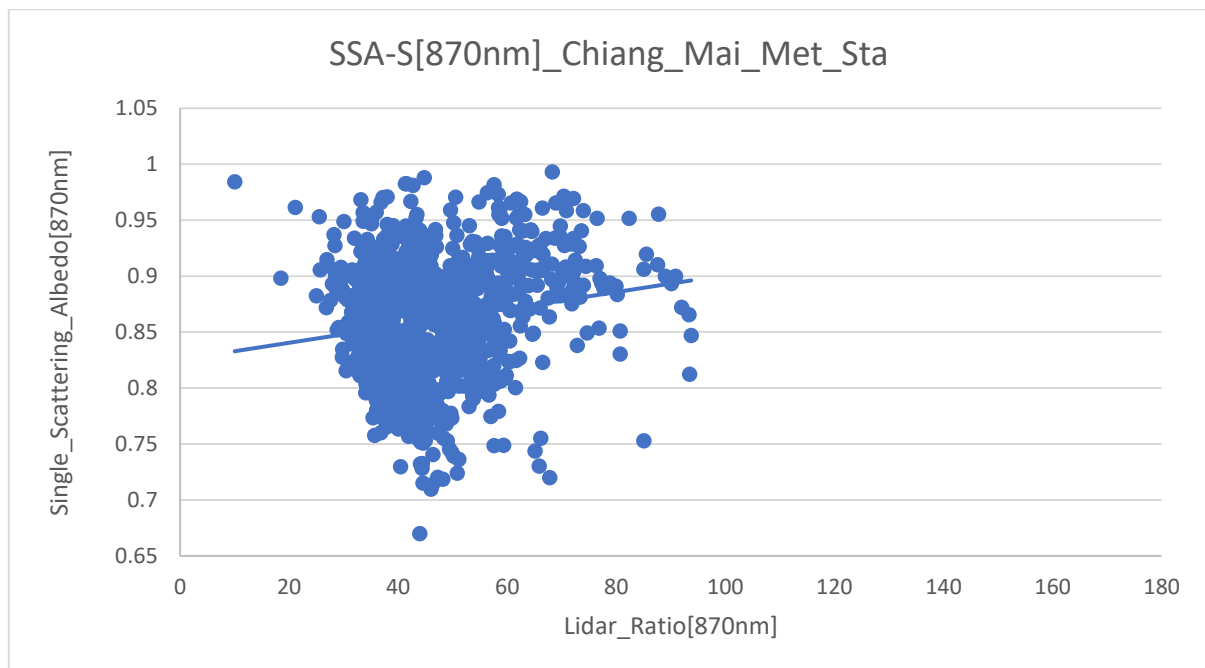
4.3.6 Ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης (SSA) – Lidar Ratio (S)



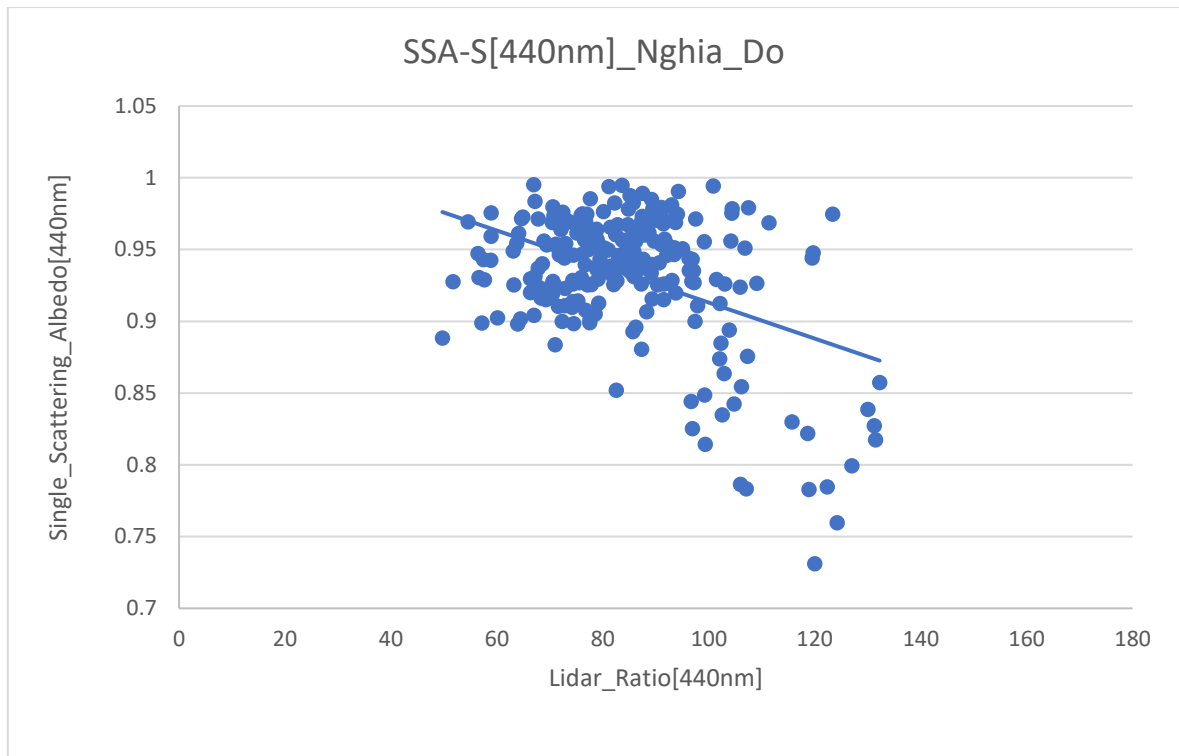
Σχήμα 4.116: Συσχέτιση μέσω ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 440nm για την περιοχή Chiang



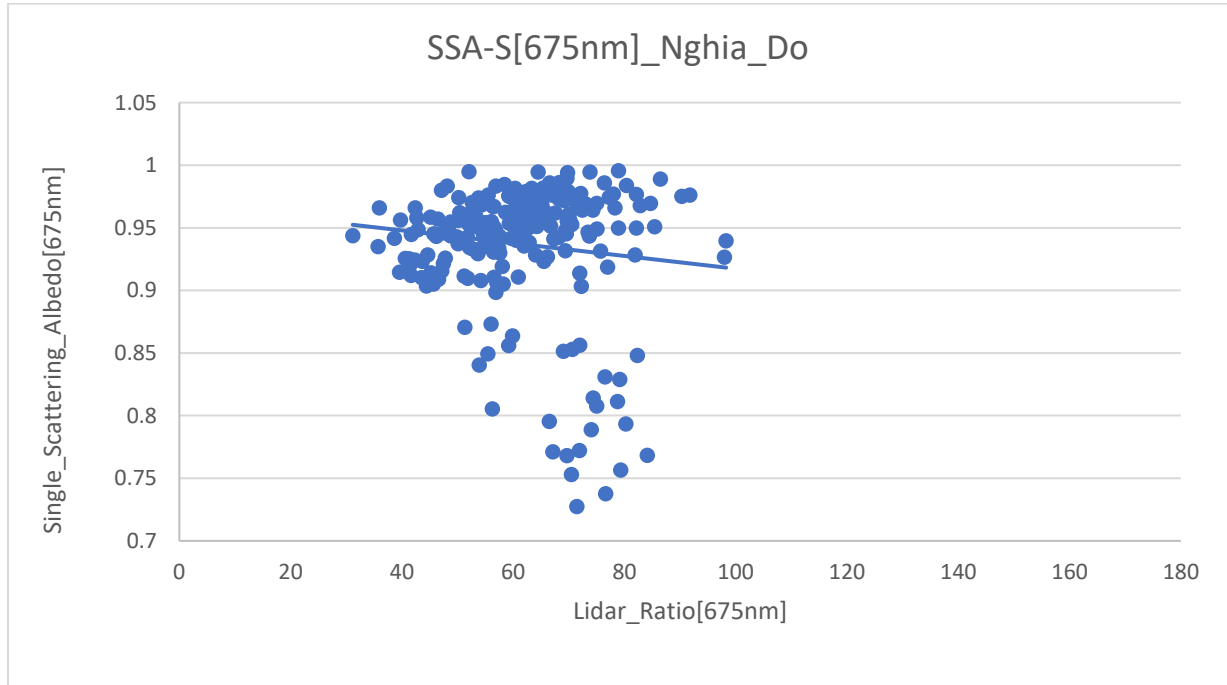
Σχήμα 4.117: Συσχέτιση μέσω ημερήσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 675nm για την περιοχή Chiang



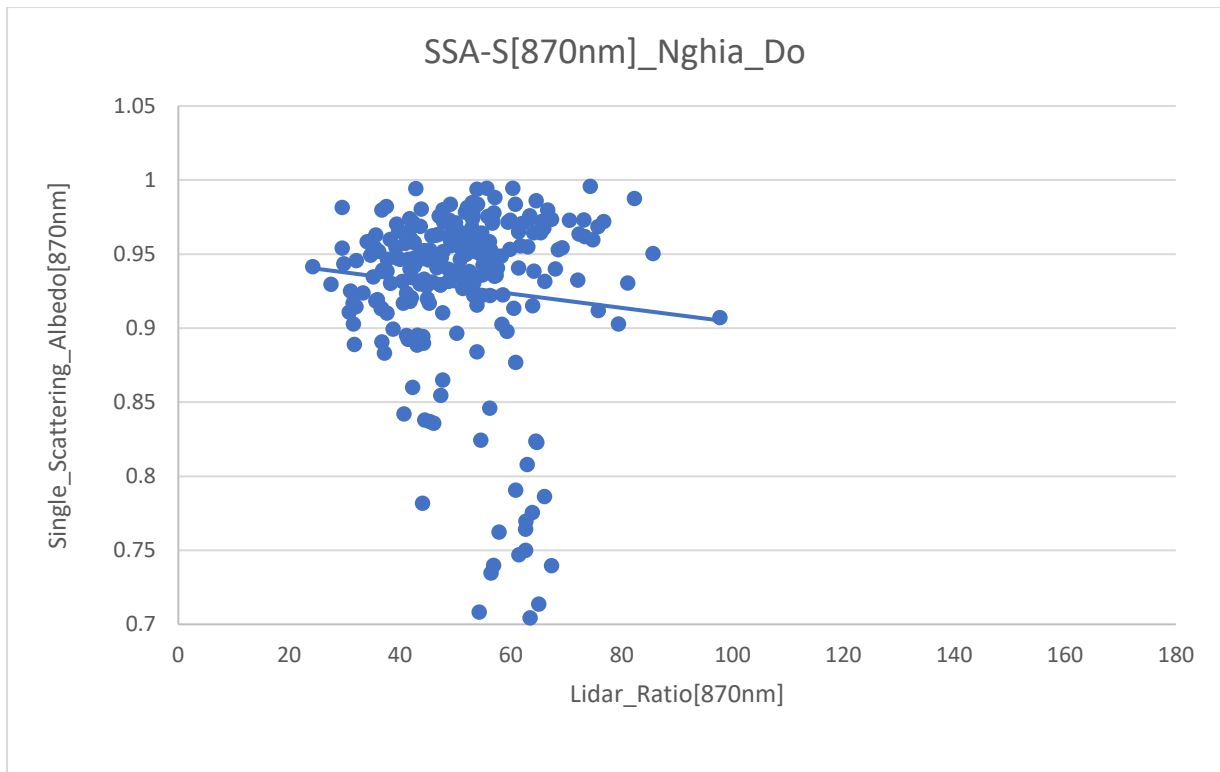
Σχήμα 4.118: Συσχέτιση μέσω ημερήσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 870nm για την περιοχή Chiang



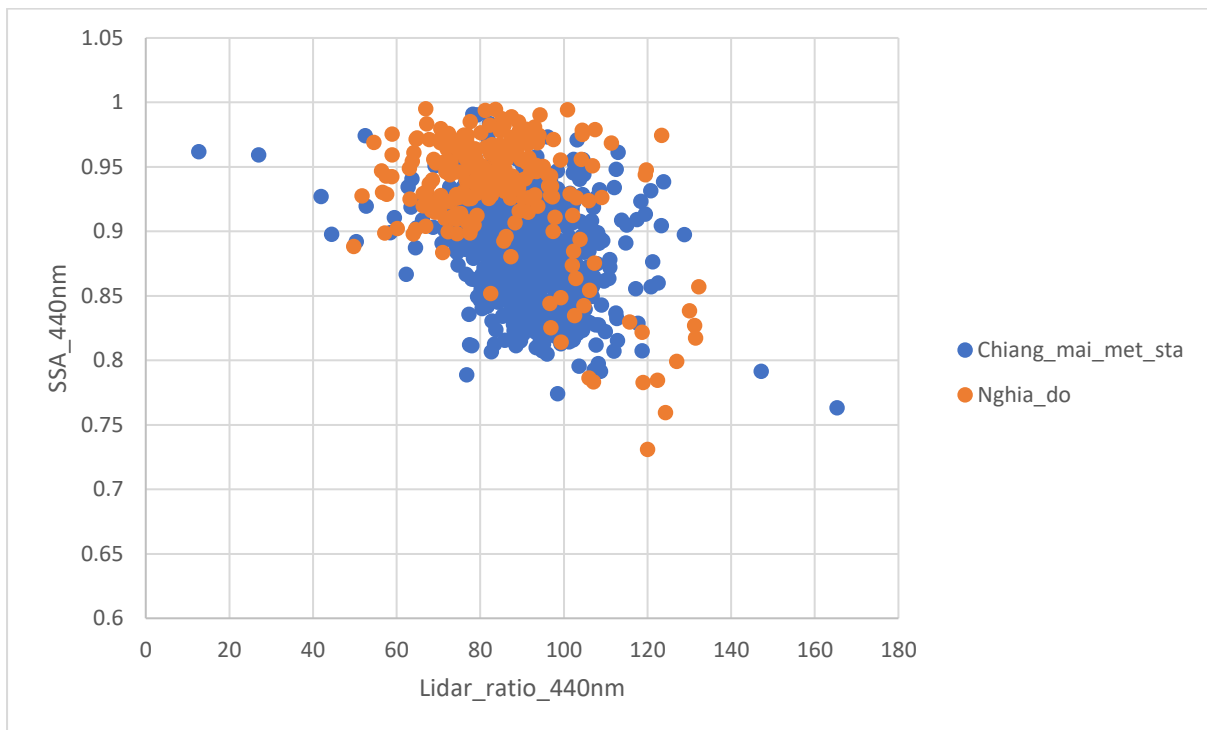
Σχήμα 4.119: Συσχέτιση μέσω των ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 440nm για την περιοχή Nghia_Do



Σχήμα 4.120: Συσχέτιση μέσω των ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 675nm για την περιοχή Nghia_Do



Σχήμα 4.121: Συσχέτιση μέσων ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 870nm για την περιοχή Nghia_Do.



Σχήμα 4.122: Συσχέτιση μέσων ημερίσιων τιμών SSA με lidar ratio στα 440nm και για τους δύο σταθμούς.

Στα παραπάνω διαγράμματα απεικονίζονται οι τιμές του SSA σε σχέση με το lidar ratio για τρία διαφορετικά μήκη κύματος 440,675,870 για τους τρεις σταθμούς.

Το SSA₄₄₀ παίρνει τιμές ~0,73-0,99 και η αναλογία lidar είναι ~12-165sr, με την πλειοψηφία των τιμών που κυμαίνονται ~0,85-0,92 να βρίσκονται στο φάσμα ~80-100sr. Για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος παρατηρείται μία μικρή μείωση των τιμών του SSA.

Επιπλέον βλέπουμε ότι το SSA₄₄₀ αυξάνεται με μειωμένη αναλογία του lidar ratio, όπου και συνεπάγεται ότι για μεγάλες τιμές του SSA αντιστοιχούν σε μικρές τιμές του lidar ratio. Ενώ στα μεγαλύτερα μήκη κύματος συμβαίνει το αντίθετο.

Κι εδώ παρατηρούμε ότι η αναλογία του lidar ratio επηρεάζεται πολύ περισσότερο καθώς εξαρτάται από τον σύνθετο δείκτη διάθλασης και την σύνθεση των σωματιδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Σύνοψη Αποτελεσμάτων- Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια σύνοψη όλων των μέσων ημερήσιων παραμέτρων για όλες τις περιοχές που μελετήθηκαν παραθέτοντας ορισμένα στατιστικά χαρακτηριστικά για την κάθε παράμετρο. Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται όλοι οι παράμετροι με την μέση τιμή, την τυπική απόκλιση, την διάμεσο, την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή και το 75% και 25% της κάθε τιμής όπου υπολογίστηκαν με βάση όλες τις μέσες ημερήσιες τιμές που καταγράφηκαν από το AERONET .

Station	Parameter	Mean	Std	Medium	Max	Min	75%	25%
Alta_Flo rest	SSA ₄₄₀	0.9354	0.0226	0.9365	0.9952	0.8416	0.9509	0.9227
	SSA ₆₇₅	0.9204	0.0289	0.9240	0.9936	0.77060	0.9392	0.9035
	SSA ₈₇₀	0.9016	0.0368	0.9056	0.9922	0.75250	0.9257	0.8805
	AOD ₅₀₀	0.3311	0.4819	0.1381	4.7037	0.01237	0.3710	0.0816
	Ang_Exp[α ₄₄₀ -870]	1.3457	0.3910	1.3431	3.0750	-0.1396	1.6446	1.0785
	S ₄₄₀ (sr)	72.947	8.6867	73.9633	106.410 0	38.1870 0	78.3980	68.608 8
	S ₆₇₅ (sr)	48.1697	6.8542	48.4407	66.8120	23.3340 0	53.2315	43.414 3

	$S_{870}(sr)$	35.5446	5.7124	35.3060	53.1310	17.2490 0	39.1220	31.821 1
	δ_{440}	0.0051	0.0128	0.0026	0.1244	0.00174	0.0030	0.0023
	δ_{675}	0.0119	0.0105	0.0099	0.1197	0.00827	0.0105	0.0094
	δ_{870}	0.0123	0.0109	0.0102	0.1285	0.00794	0.0110	0.0097
Cu- iaba_Mi randa	SSA_{440}	0.9154	0.0380	0.9199	0.9440	0.64160	0.9315	0.8929
	SSA_{675}	0.9013	0.0518	0.9071	0.9921	0.4177	0.9304	0.8799
	SSA_{870}	0.8797	0.0628	0.8848	0.9909	0.3068	0.9161	0.8513
	AOD_{500}	0.2759	0.4123	0.1305	6.2687	0.00773	0.2818	0.0847
	$Ang_Exp[\alpha_{440}$ $-870]$	1.3323	0.3717	1.3097	2.9639	-0.0563	1.6212	1.0830
	$S_{440}(sr)$	77.5550	11.504 6	77.8495	167.790 0	42.6830 0	84.2161	71.987 2
	$S_{675}(sr)$	47.8635	8.8928	47.3178	122.220 0	27.0760 0	52.9031	42.266 5
	$S_{870}(sr)$	35.1960	8.0483	34.4350	110.430 0	18.2530 0	38.3680	30.672 0
	δ_{440}	0.0042	0.0083	0.0029	0.0743	0.00192	0.0032	0.0025
	δ_{675}	0.0113	0.0062	0.0102	0.0579	0.00868	0.0109	0.0096
δ_{870}	0.0118	0.0063	0.0107	0.0586	0.00834	0.0115	0.0100	
Rio_Bra nco	SSA_{440}	0.9224	0.0308	0.9276	0.9919	0.82990	0.9429	0.9048
	SSA_{675}	0.9055	0.0371	0.9123	0.9889	0.7949	0.9313	0.8823
	SSA_{870}	0.8824	0.0443	0.8911	0.9871	0.76455	0.9138	0.8523
	AOD_{500}	0.2758	0.3720	0.1462	4.5426	0.02755	0.2988	0.0906

	Ang_Exp[α_{440} -870]	1.4811	0.3294	1.5268	2.2911	0.15272	1.7340	1.2686
	S ₄₄₀ (sr)	78.5159	10.564 4	78.6340	106.606 7	48.2730 0	85.1620	71.865 0
	S ₆₇₅ (sr)	55.2096	8.4439	55.3530	80.1847	33.1800 0	61.0560	49.180 0
	S ₈₇₀ (sr)	40.6773	6.5769	39.7790	60.0530	25.7790 0	44.9965	36.294 5
	δ_{440}	0.0033	0.0048	0.0028	0.0567	0.00185	0.0031	0.0025
	δ_{675}	0.0105	0.0041	0.0100	0.0570	0.00866	0.0106	0.0096
	δ_{870}	0.0111	0.0044	0.0106	0.0631	0.00880	0.0113	0.0101
Banizou mbou	SSA ₄₄₀	0.9073	0.0309	0.9108	0.9863	0.72145	0.9289	0.8927
	SSA ₆₇₅	0.9692	0.0280	0.9791	0.9913	0.75190	0.9864	0.9638
	SSA ₈₇₀	0.9726	0.0280	0.9826	0.9922	0.7553	0.9894	0.9672
	AOD ₄₄₀	0.5161	0.3784	0.4187	3.9136	0.02481	0.6361	0.2775
	Ang_Exp[α_{440} -870]	0.3469	0.2582	0.2778	2.0267	-0.2881	0.4651	0.1677
	S ₄₄₀ (sr)	71.4317	13.774 0	70.9375	116.230 0	14.2500 0	80.2110	62.414 0
	S ₆₇₅ (sr)	50.3765	8.4951	49.9190	77.5563	15.1950 0	56.1703	44.116 0
	S ₈₇₀ (sr)	51.7887	8.4135	51.1900	82.1405	16.5760 0	57.5170	46.229 0
	δ_{440}	0.2082	0.0534	0.2177	0.3079	0.00419	0.2438	0.1867
δ_{675}	0.2511	0.0499	0.2643	0.3222	0.01078	0.2830	0.2373	

	δ_{870}	0.2742	0.0494	0.2869	0.3396	0.01084	0.3054	0.2614
Ilorin	SSA ₄₄₀	0.8838	0.0392	0.881	0.9767	0.76935	0.9130	0.8537
	SSA ₆₇₅	0.9290	0.0469	0.9414	0.9907	0.76490	0.9666	0.8981
	SSA ₈₇₀	0.9417	0.0474	0.9579	0.9918	0.73085	0.9795	0.9149
	AOD ₄₄₀	0.7212	0.5145	0.5772	4.6573	0.06526	0.9447	0.3612
	Ang_Exp[α_{440} -870]	0.7129	0.3667	0.6574	1.7483	0.01750	1.0294	0.3980
	S ₄₄₀ (sr)	74.7531	13.1940	76.6880	123.7500	10.51300	83.5552	66.6321
	S ₆₇₅ (sr)	50.4012	8.5830	49.8865	94.3380	10.0770	55.4820	45.439
	S ₈₇₀ (sr)	49.2041	10.1708	48.4475	74.9320	10.87800	55.8120	42.7608
	δ_{440}	0.1247	0.0630	0.1248	0.2842	0.00247	0.1770	0.0710
	δ_{675}	0.1650	0.0721	0.1741	0.3017	0.01065	0.2287	0.1041
	δ_{870}	0.1918	0.0770	0.2076	0.3286	0.00978	0.2576	0.1367
Chiang_Mai_Met_Station	SSA ₄₄₀	0.8870	0.0357	0.8903	0.9909	0.7635	0.9127	0.8690
	SSA ₆₇₅	0.8803	0.0434	0.8822	0.9930	0.72353	0.9123	0.8516
	SSA ₈₇₀	0.8607	0.0539	0.8638	0.9932	0.67	0.9000	0.8238
	AOD ₅₀₀	0.5028	0.4334	0.3597	3.9370	0.03620	0.6637	0.1942
	Ang_Exp[α_{440} -870]	1.4198	0.2926	1.4839	2.1653	0.12702	1.6176	1.2701
	S ₄₄₀ (sr)	90.5143	10.9670	90.2444	165.3600	12.70500	96.2594	84.5121
	S ₆₇₅ (sr)	59.9513	11.6609	58.3472	103.2600	9.56920	67.3076	51.7355

	$S_{870}(sr)$	46.8548	11.969 5	44.2031	93.7390	10.0200 0	53.5389	38.463 7
	δ_{440}	0.0123	0.0248	0.0035	0.1955	0.00169	0.0045	0.0030
	δ_{675}	0.0183	0.0211	0.0114	0.2275	0.00918	0.0126	0.0107
	δ_{870}	0.0186	0.0220	0.0119	0.2437	0.00924	0.0132	0.0111
Nghia_ Do	SSA_{440}	0.9322	0.0455	0.9430	0.9952	0.73113	0.9613	0.9210
	SSA_{675}	0.9369	0.0519	0.9515	0.9956	0.72760	0.9671	0.9285
	SSA_{870}	0.9275	0.0598	0.9464	0.9957	0.69843	0.9629	0.9176
	AOD_{500}	0.8358	0.5503	0.6778	3.7596	0.04901	1.1750	0.4140
	$Ang_Exp[\alpha_{440-870}]$	1.3508	0.1874	1.3708	1.9458	0.29030	1.4830	1.2379
	$S_{440}(sr)$	84.7234	15.859 9	82.9365	132.240 0	49.7220 0	93.2473	74.252 5
	$S_{675}(sr)$	61.6965	11.855 2	61.2336	98.2830	31.1670 0	69.6768	53.586 3
	$S_{870}(sr)$	51.3203	11.902 0	50.9753	97.7490	24.2520 0	58.3468	42.315 0
	δ_{440}	0.0331	0.0378	0.0164	0.2012	0.00214	0.0504	0.0036
	δ_{675}	0.0327	0.0291	0.0200	0.1442	0.00910	0.0449	0.0110
δ_{870}	0.0313	0.0282	0.0193	0.1636	0.00921	0.0405	0.0113	

Πίνακας 5.1: Απεικόνιση μέσης τιμής, τυπική απόκλιση, διάμεσο, μέγιστη και ελάχιστη τιμή, 75% και 25% των μέσων ημερήσιων τιμών όλων των παραμέτρων του κάθε σταθμού.

Σχολιασμός Πινάκα-Συμπεράσματα

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων του AERONET και την στατιστική μελέτη που έγινε πάνω σε αυτά προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Στην περιοχή του αμαζονίου το οπτικό βάθος AOD₅₀₀ παίρνει ιδιαίτερα υψηλές τιμές κατά την ξηρή περίοδο (Αυγουστο-Σεπτέμβριο-Οκτώβρη), ενώ τον υπόλοιπο χρόνο παραμένει σε χαμηλές τιμές. Χαρακτηριστικό είναι ότι στον σταθμό Cuiaba καταγράφεται μέγιστη τιμή του οπτικού βάθους 6.27 ενώ η μέση τιμή είναι 0.2759 ± 0.4123 . Οι υψηλότερες τιμές καταγράφονται το 2002, 2005, 2007, 2010, όπου φαίνεται ότι είχαμε πάρα πολλές πυρκαγιές εκείνη την περίοδο.

Στην περιοχή της Αφρικής το οπτικό βάθος AOD₄₄₀ παίρνει υψηλές τιμές την άνοιξη και συγκεκριμένα στον σταθμό Banizoumbou με μέγιστη τιμή 3.91. Επιπλέον το οπτικό βάθος δεν έχει ιδιαίτερα μεγάλες αυξομειώσεις με μία μέση τιμή 0.5161 ± 0.3484 . Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι αυτή η άυξηση προκαλείται από σωματίδια ερημικής σκόνης, καθώς ο σταθμός βρίσκεται κοντά στην έρημο και επηρεάζεται συχνά από τετοι είδους σωματίδια, ωστόσο μπορεί να έχουμε και κάποια μεταφορά από σωματίδια κάυσης βιομάζας από νοτιότερες περιοχές. Αντίθετα για τον σταθμό του Hogin καταγράφεται άυξηση του AOD₄₄₀ τον μήνα Ιανουάριο και τους μήνες Μάιο-Ιούνιο. Με την υψηλότερη τιμή να είναι 4.65 και μέση τιμή 0.7212 ± 0.3667 . Η άυξηση του οπτικού βάθους τον μήνα Ιανουάριο δικαιολογείται με τις πυρκαγιές που δημιουργούνται την περίοδο εκείνη, αντίστοιχα τους υπόλοιπους μήνες εκφράζεται ότι έχουμε έντονη μεταφορά σκόνης από την έρημο λόγω των βορειοανατολικών ανέμων που πνέουν στην περιοχή (Κεφ 2).

Στην περιοχή της Νοτιοανατολικής Ασίας το AOD₅₀₀ έχει ιδιαίτερα υψηλές τιμές τους μήνες Μάρτιο-Απρίλιο και Σεπτέμβριο-Οκτώβρη με μέγιστη 3.75 στον σταθμό Nghia_DO, ενώ τον υπόλοιπο χρόνο παρατηρούνται χαμηλότερες τιμές. Ο Chiang_Mai_Met_Sta ειδικεύεται στην καταγραφή αεροζόλ από καπνό καθώς η περιοχή είναι επιβαρυνμένη από κάυση βιομάζας σύμφωνα με την βιβλιογραφία (κεφ 2). Επομένως συμπεραίνουμε ότι τα περισσότερα αερολύματα προέρχονται από κάυση βιομάζας, καθώς και η περίοδο πυρκαγιών συμβαδίζει με την καταγραφή υψηλών τιμών οπτικού βάθους. Ο σταθμός Nghia_DO παρουσιάζει και αυτός υψηλές τιμές οπτικού βάθους, ωστόσο αυτό μπορεί να προέρχεται και από θαλάσσια σωματίδια τα οποία μεταφέρονται καθώς βρίσκεται κοντά στην θάλασσα, κάυση βιομάζας αλλά και σκόνη.

Ο συντελεστής Angstrom για την περιοχή του αμαζονίου καταγράφει έντονη διακύμανση και μέγιστες τιμές τους μήνες της ξηρής περιόδου (3.07 Alta-Floresta) και έχει μέσες τιμές $1.33 < \alpha_{440-870} < 1.48$. Σύμφωνα με τους Oleg Dubovik, Brent Holben et al, 2001, για την περιοχή αυτή οι τιμές του είναι $1.2 < \alpha_{440-870} < 2.1$, οι οποίες συμφωνούν με τις κατεγραμμένες τιμές, και αφορούν κάυση βιομάζας. Επιπλέον η πλειοψηφία των τιμών είναι μεγαλύτερη του 1,62 (75%, Cuiaba-Miranda) όπου μεταφράζεται σε πολλά και μικρά σωματίδια.

Για την περιοχή της Αφρικής η μέση τιμή του συντελεστή Angstrom κυμαίνεται $0.34 < \alpha_{440-870} < 0.71$ με τις μεγαλύτερες τιμές να είναι το χειμώνα και το καλοκαίρι. Για τον σταθμό του Banizoumbou ο συντελεστής Angstrom κυμαίνεται $-0.28 < \alpha_{440-870} < 2.02$, για το Hogin αντίστοιχα κυμαίνεται $0.017 < \alpha_{440-870} < 1.741$. Σύμφωνα με τους Oleg Dubovik, Brent

Holben et al, 2001, για ερημική σκόνη στην Αφρική καταγράφηκαν τιμές του συντελεστή $0.1 < \alpha_{440-870} < 0.7$. Το 75% των τιμών για τον σταθμό του Banizoumbou είναι 0.46 και βρίσκεται στο εύρος αυτό πράγμα το οποίο επαληθεύει έντονο φαινόμενο ερημικής σκόνης στην ατμόσφαιρα, αντίθετα για τον άλλο σταθμό είναι 1.02, υποθέτοντας ότι η ατμόσφαιρα περιέχει ένα μίξ από κάυση βιομάζας, ερημική σκόνη και θαλάσσια σωματίδια. Οι μικρές τιμές του συντελεστή μας δείχνουν την απορροφητικότητα του αερολύματος από μεγάλα σωματίδια.

Για την περιοχή της νοτιοανατολικής Ασίας ο συντελεστής κυμαίνεται $0.12 < \alpha_{440-870} < 2.16$ και παρουσιάζει έντονη διακύμανση με αρκετές μέγιστες τιμές την αρχή της άνοιξης, πράγμα που σημαίνει ότι εκείνη την περίοδο βρίσκονται σε πλειοψηφία μικρά σωματίδια, όπου και χαρακτηρίζεται περίοδο κάυσης.

Η ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης SSA για την περιοχή του αμαζονίου κυμαίνεται $0.64 < SSA_{440} < 0.99$ με την πλειοψηφία αυτών (75%) να είναι ~ 0.94 στα 440nm. Σύμφωνα με τους Oleg Dubovik, Brent Holben et al, 2001 για την περιοχή αυτή το SSA παίρνει τιμές $(SSA_{440/675/870}) = (0.94/0.93/0.91)$. Επιπλέον παρατηρήθηκε η ελάχιστη μείωση των τιμών του SSA για μεγαλύτερα μήκη κύματος, όπως αναφέρεται και από τους Youngmin Noh, Detlef Muller, et al. 2017 για την κάυση βιομάζας. Σύμφωνα με τον λόγο SSA_{870}/SSA_{440} , παρατηρήθηκε ότι αυτός είναι μικρότερος του ένα και για τους τρεις σταθμούς. Χαρακτηρίζοντας τους σταθμούς αυτούς για μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων από κάυση βιομάζας, μπορούμε να υποθέσουμε τον λόγο SSA_{870}/SSA_{440} ως κριτήριο για τον διαχωρισμό αιωρούμενων σωματιδίων από κάυση βιομάζας, αν αυτός είναι μικρότερος της μονάδας. Όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές του SSA, τότε τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν χαμηλή συνεισφορά απορρόφησης.

Στην περιοχή της Αφρικής το SSA_{440} παίρνει τιμές μεγαλύτερες του 0.72 και οι υψηλότερες καταγράφονται στον σταθμό Banizoumbou, 0.98. Εδώ παρατηρούμε ότι το SSA παρουσιάζει μία μικρή άξηση των τιμών για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος 675 και 870nm. Ωστόσο για τον σταθμό του Porin παρατηρούμε τους μήνες των πυρκαγιών (Ιανουάριος-Φεβρουάριος-Δεκέμβριος) το SSA να παρουσιάζει μείωση για μεγαλύτερα μήκη κύματος, ενώ την υπόλοιπη περίοδο φαίνεται σχετικά μία μικρή άξηση. Αυτό φαίνεται καλύτερα στα διαγράμματα 4.72, 4.73 που αναπαριστούν το λόγο SSA_{870}/SSA_{440} , όπου κατά κύριο λόγο είναι μεγαλύτερος του 1, ενώ υπάρχουν και κάποιες περιπτώσεις στο σταθμό Porin, όπου είναι μικρότερος της μονάδας για τους χειμερινούς μήνες, υποθέτοντας ότι ανιχνεύονται σωματίδια καπνού την εποχή εκείνη.

Στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ασίας το SSA παίρνει τιμές $0.73 < SSA_{440} < 0.99$. Και σε αυτήν την περιοχή παρατηρείται μία ελαφριά μείωση των τιμών για μεγαλύτερα μήκη κύματος. Αυτό φαίνεται καλύτερα στον σταθμό του Chiang από τον λόγο SSA_{870}/SSA_{440} είναι μικρότερος της μονάδας σύμφωνα με τις μέσες τιμές $(SSA_{870}/SSA_{440}, 0.86/0.88)$. Αυτή η παρατήρηση υποδηλώνει ότι η πλειοψηφία των αιωρούμενων σωματιδίων στην περιοχή αυτή προέχεται από κάυση βιομάζας.

Στη συνέχεια έγινε συσχέτιση του Depolarization ratio δ με το lidar ratio S .

Στην περιοχή του Αμαζονίου το S παίρνει τιμές $38.1 < S_{440} < 167.7 \text{sr}$, ενώ μειώνεται με την άξηση του μήκους κύματος, πχ οι μέσες τιμές για τον σταθμό Alta-Floresta $(S_{440} > S_{675})$

$S_{870}, 72.9 > 48.1 > 35.5$). Το δ παίρνει τιμές $0.0017 < \delta_{440} < 0.1244$, ενώ υπάρχει μία μικρή άυξηση αυτού για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος, πχ για τον σταθμό Alta-Floresta ($\delta_{440} < \delta_{675} < \delta_{870}, 0.0051 < 0.0119 < 0.0123$). Σε αυτήν την περίπτωση το S φαίνεται να παρουσιάζει μεγαλύτερη αλλαγή από το δ κι αυτό οφείλεται στο ότι το S εξαρτάται από τον σύνθετο δείκτη διάθλασης και καθορίζεται από την σύνθεση των σωματιδίων, ενώ το δ εξαρτάται περισσότερο από την μορφολογία των σωματιδίων (Sung-kyum Shin, Matthias Tesche et al. 2018). Σύμφωνα με την βιοβλιογραφία οι τιμές του δ είναι πάρα πολύ μικρές όταν χαρακτηρίζεται από ασθενώς αποπολωτικά αιωρούμενα σωματίδια, όπως η κάυση βιομάζας (Youngmin Noh, Detlef Muller et al. 2017). Για τις τιμές του S_{870} ότι είναι μη ρεαλιστικές, λόγω του ότι είναι πάρα πολύ μικρές.*

Παρόμοια παρατήρηση έγινε και στην περιοχή της Αφρικής με το S να παίρνει τιμές $10 < S_{440} < 123$ sr και το δ $0.002 < \delta_{440} < 0.30$. Ομοίως και εδώ έγινε η ίδια παρατήρηση για την μεταβολή των τιμών σε σχέση με το μήκος κύματος όπως και στον Αμαζόνιο.

Για την περιοχή της νοτιοανατολικής Ασίας για το S έχουμε $12.7 < S_{440} < 165.3$ sr και δ $0.001 < \delta_{440} < 0.2$.

Παρατηρούμε ότι το δ παίρνει αρκετά μικρές τιμές ($\delta_{440} < \delta_{675} < \delta_{870}, 0.012 < 0.018 < 0.018$) για τον σταθμό Chiang, όπως και στην περιοχή του Αμαζονίου, ενώ στην Αφρική έχει μεγαλύτερες τιμές. Έτσι μπορούμε να καταλάβουμε ότι για πάρα πολύ μικρές τιμές του δ αντιστοιχούν σε σωματίδια από κάυση βιομάζας.

Συσχέτιση ανακλαστικότητα μεμονομένης σκέδασης SSA με lidar ratio S

Για την συσχέτιση του SSA_{440} με το S η παρατήρησή μας είναι ότι το SSA_{440} αυξάνεται με μειωμένη αναλογία του lidar ratio, όπου και συνεπάγεται ότι για μεγάλες τιμές του SSA_{440} αντιστοιχούν σε μικρές τιμές του lidar ratio (σχήμα 4.51, 4.86, 4.122). Αυτό δεν παρατηρείται στα μεγαλύτερα μήκη κύματος, κι αν υπάρχει μια μικρή μεταβολή αυτή είναι αμεληταία.

Επίσης φαίνεται ότι η αναλογία του lidar ratio επηρεάζεται πολύ περισσότερο καθώς εξαρτάται από τον σύνθετο δείκτη διάθλασης και την σύνθεση των σωματιδίων.

Συνοψίζοντας, τα κριτήρια όπου χρησιμοποιήσαμε για τον διαχωρισμό των σωματιδίων ως σωματίδια από κάυση βιομάζας είναι:

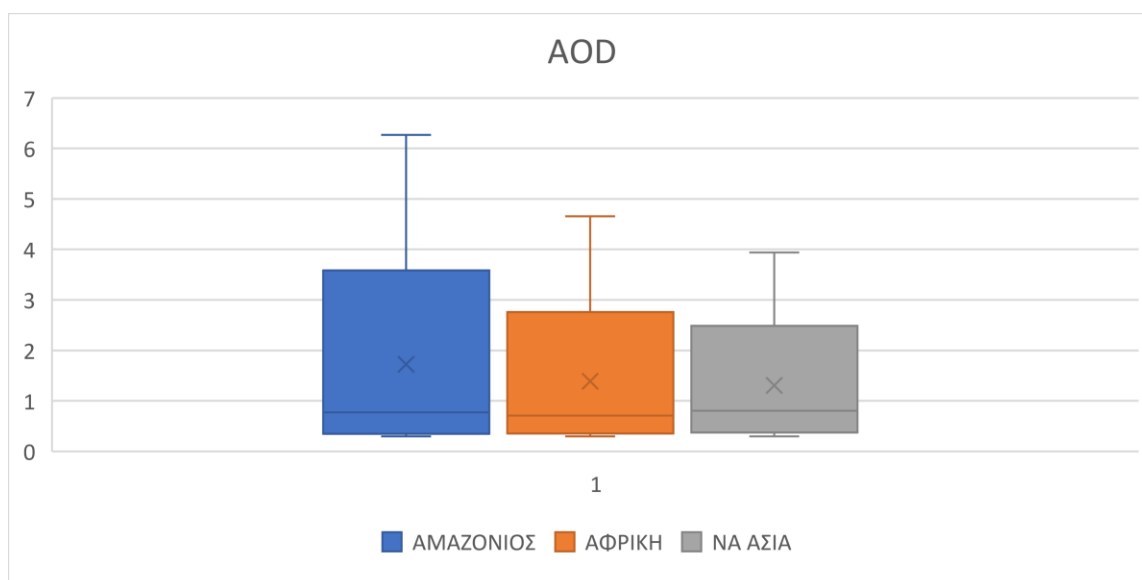
- $SSA_{870} / SSA_{440} < 1$
- $AOD \leq 0.3$
- $SSA_{440} \leq 0.98$
- $\delta_{440} < 0.05$

Τα αποτελέσματα από το φιλτράρισμα που έγινε για να αποσπάσουμε καλύτερα τα σωματίδια από κάυση βιομάζας παραθέτονται στον παρακάτω πίνακα:

Area	Parameter	Mean	Max	Min	Medium	75%	25%
Amazon	AOD ₅₀₀	0.775±0.606	6.268	0.300	0.553	0.896	0.395
	SSA ₄₄₀	0.925±0.029	0.978	0.641	0.931	0.945	0.910
	δ ₄₄₀	0.003±0.003	0.047	0.001	0.002	0.003	0.002
Africa	AOD ₄₄₀	0.713±0.444	4.657	0.300	0.575	0.858	0.415
	SSA ₄₄₀	0.898±0.035	0.976	0.721	0.904	0.924	0.878
	δ ₄₄₀	0.031±0.016	0.049	0.002	0.039	0.044	0.013
SE Asia	AOD ₅₀₀	0.803±0.479	3.936	0.300	0.651	1.039	0.450
	SSA ₄₄₀	0.894±0.040	0.979	0.731	0.897	0.923	0.865
	δ ₄₄₀	0.007±0.010	0.049	0.001	0.003	0.004	0.003

Πίνακας 5.2: : Απεικόνιση μέσης τιμής, τυπική απόκλιση, διάμεσο, μέγιστη και ελάχιστη τιμή, 75% και 25% των μέσων ημερήσιων τιμών για την κάθε περιοχή, πληρώνοντας τα κριτήρια που τέθηκαν για κάτση βιομάζας

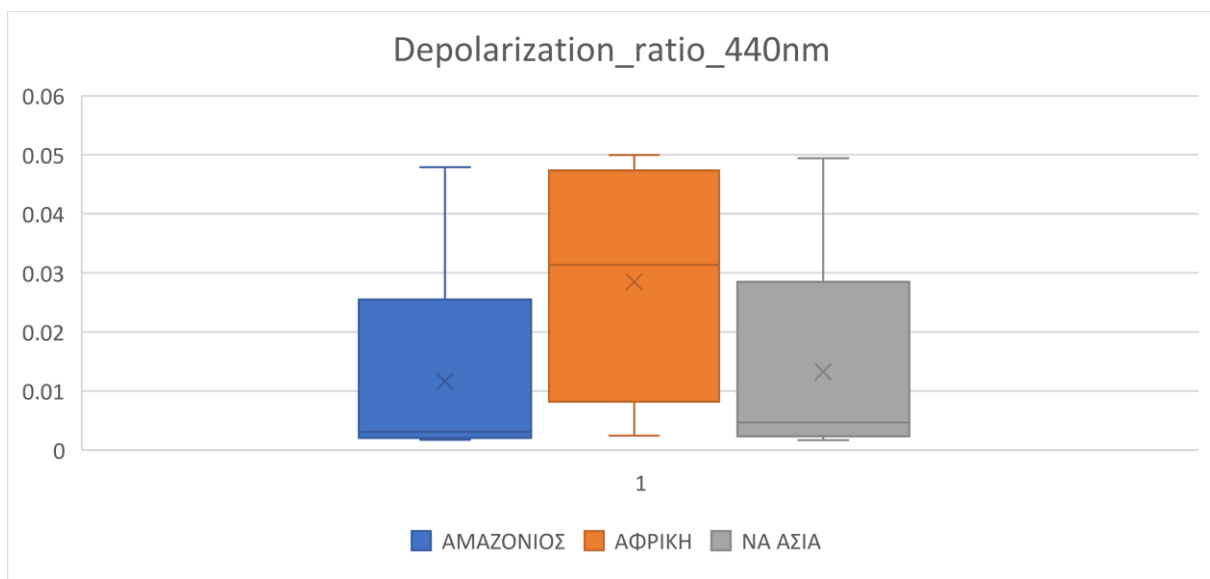
Οι τιμές του πίνακα απεικονίζονται καλύτερα στα παρακάτω γραφήματα:



Σχήμα 5.1: Απεικόνιση ελάχιστης, μέγιστης, μέσης, 25%, 75% τιμής του οπτικού βάθους



Σχήμα 5.2: Απεικόνιση ελάχιστης, μέγιστης, μέσης, 25%, 75% τιμής της ανακλαστικότητας μεμονομένης σκέδασης στα 440nm



Σχήμα 5.3: Απεικόνιση ελάχιστης, μέγιστης, μέσης, 25%, 75% τιμής του Depolarization ratio στα 440nm

Με βάση τα παραπάνω σχήματα box plots και τον πίνακα 5.2 καταλήξαμε τα σωματίδια από κάυση βιομάζας να χαρακτηρίζονται από μεγάλες τιμές του $AOD > 0.71 \pm 0.44$. Για το Depolarization ratio, παρατηρούμε ότι παρόλο το φιλτράρισμα που έγινε, στην περιοχή της Αφρικής φαίνονται αρκετά μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τον Αμαζόνιο και την ΝΑ Ασία, πράγμα το οποίο μας δείχνει ότι υπάρχει ένα μίξ αιωρούμενων σωματιδίων από κάυση βιομάζας και ερημικής σκόνης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Eck, T. F. *et al.* (1998) ‘Measurements of irradiance attenuation and estimation of aerosol single scattering albedo for biomass burning aerosols in Amazonia’, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 103(D24), pp. 31865–31878. doi: 10.1029/98JD00399.
- Eck, T. F. *et al.* (2019) ‘AERONET Remotely Sensed Measurements and Retrievals of Biomass Burning Aerosol Optical Properties During the 2015 Indonesian Burning Season’, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(8), pp. 4722–4740. doi: 10.1029/2018JD030182.
- Gasteiger, J. *et al.* (2011) ‘Modelling lidar-relevant optical properties of complex mineral dust aerosols’, *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, 63(4), pp. 725–741. doi: 10.1111/j.1600-0889.2011.00559.x.
- Haarig, M. *et al.* (2018) ‘Depolarization and lidar ratios at 355, 532, and 1064 nm and microphysical properties of aged tropospheric and stratospheric Canadian wildfire smoke’, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(16), pp. 11847–11861. doi: 10.5194/acp-18-11847-2018.
- Hoelzemann, J. J. *et al.* (2009) ‘Regional representative of AERONET observation sites during the biomass burning season in South America determined by correlation studies with MODIS Aerosol Optical Depth’, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 114(13), pp. 1–20. doi: 10.1029/2008JD010369.
- Koo, J. H. *et al.* (2016) ‘Wavelength dependence of Ångström exponent and single scattering albedo observed by skyradiometer in Seoul, Korea’, *Atmospheric Research*. Elsevier B.V., 181, pp. 12–19. doi: 10.1016/j.atmosres.2016.06.006.
- Müller, D. *et al.* (2003) ‘Indo-Asian pollution during INDOEX: Microphysical particle properties and single-scattering albedo inferred from multiwavelength lidar observations’, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(19). doi: 10.1029/2003jd003538.
- Noh, Y. *et al.* (2017) ‘Depolarization ratios retrieved by AERONET sun-sky radiometer data and comparison to depolarization ratios measured with lidar’, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(10), pp. 6271–6290. doi: 10.5194/acp-17-6271-2017.
- Pistone, K. *et al.* (2019) ‘Intercomparison of biomass burning aerosol optical properties from in-situ and remote-sensing instruments in ORACLES-2016’, *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, pp. 1–46. doi: 10.5194/acp-2019-142.
- S. Lopes, F. J. *et al.* (2012) ‘Impacts of Biomass Burning in the Atmosphere of the Southeastern Region of Brazil

Using Remote Sensing Systems’, *Atmospheric Aerosols - Regional Characteristics - Chemistry and Physics*. doi: 10.5772/50406.

Sawamura, P. and Landulfo, E. (2008) ‘AERONET sunphotometer products and backscatter lidar data: Systematic intercomparison over the city of São Paulo, Brazil’, *Optica Pura y Aplicada*, 41(2), pp. 201–205.

Seinfeld, J. H. and Pandis, S. N. (2006) *ATMOSPHERIC From Air Pollution to Climate Change SECOND EDITION*.

Shin, S. K. *et al.* (2018) ‘On the spectral depolarisation and lidar ratio of mineral dust provided in the AERONET version 3 inversion product’, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(17), pp. 12735–12746. doi: 10.5194/acp-18-12735-2018.

Tang, N. *et al.* (2018) *No Title* □□□□□, □□□□□□.

Toledano, C. *et al.* (2011) ‘Optical properties of aerosol mixtures derived from sun-sky radiometry during SAMUM-2’, *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, 63(4), pp. 635–648. doi: 10.1111/j.1600-0889.2011.00573.x.

Tomasi, C. and Lupi, A. (2016) ‘Primary and Secondary Sources of Atmospheric Aerosol’, *Atmospheric Aerosols*, pp. 1–86. doi: 10.1002/9783527336449.ch1.

(Müller *et al.*, 2003)

(Gasteiger *et al.*, 2011; Eck *et al.*, 2019)

(Eck *et al.*, 1998; Sawamura and Landulfo, 2008; Hoelzemann *et al.*, 2009; Toledano *et al.*, 2011; Tomasi and Lupi, 2016; Noh *et al.*, 2017; Haarig *et al.*, 2018; Tang *et al.*, 2018; Pistone *et al.*, 2019)

(S. Lopes *et al.*, 2012; Koo *et al.*, 2016; Shin *et al.*, 2018)

(Seinfeld and Pandis, 2006; Tomasi and Lupi, 2016)

<https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/aerosols-and-their-relation-to-global-climate-102215345/>

<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/TAR-05.pdf>

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter07_FINAL-1.pdf

<http://www.met.rdg.ac.uk/phdtheses/The%20Radiative%20Properties%20and%20Direct%20Effect%20of%20Southern%20African%20Biomass%20Burning%20Aerosols.pdf>

<https://www.wwf.gr/news/2299-oi-foties-ston-amazonio-prepei-na-mas-aforoy-nolous>

https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MYDAL2_M_AER_OD&year=2019

<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#t:adv;d:2019-12-15..2019-12-16;@0.0,0.0,2z>

<https://aeronet.gsfc.nasa.gov/>

<https://www.intechopen.com/books/atmospheric-aerosols-regional-characteristics-chemistry-and-physics/aerosol-direct-radiative-forcing-a-review> <https://www.wikipedia.org/>

ΤΕΛΟΣ

W

