



**Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων . Πανεπιστήμιο Πειραιώς
ΠΜΣ Τεχνοοικονομική Διοίκηση Ψηφιακών Συστημάτων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων : Επίκουρος Καθηγητής Ρούσκας Άγγελος

**Βέλτιστη διαχείριση εναλλακτικών πηγών ενέργειας για την
ενεργειακά αποδοτικότερη λειτουργία σταθμών βάσης**

ΠΟΛΙΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΠΜΣ Τεχνοοικονομική Διοίκηση Ψηφιακών Συστημάτων

Πειραιάς , 9 Ιουνίου , 2011

РАСЧЕТНО ТЕРА

.....
Πολίτης Νικολάου Ιωάννης
johnpolitis@gmail.com

Πανεπιστήμιο Πειραιά

Copyright © Πολίτης Ιωάννης, 2011
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Πειραιά.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Άγγελο Ρούσκα, που είχε την επίβλεψη της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Αισθάνομαι ιδιαίτερο χρέος τόσο για την επιστημονική του καθοδήγηση όσο και για το έντονο ενδιαφέρον που έδειξε για την παρούσα εργασία. Επίσης θέλω να τον ευχαριστήσω για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου στην ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος επιστημονικά θέματος και για την πάντα καλοπροαίρετη και άμεση αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων που προέκυπταν. Χωρίς τις συμβουλές, την επιστημονική του πείρα και την αμέριστη βοήθειά του δεν θα ήταν δυνατή η επιτυχής περάτωση αυτού του έργου.

Περίληψη

Στα κυψελωτά δίκτυα επικοινωνιών το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας οφείλεται στη λειτουργία των σταθμών βάσης. Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η μελέτη, η παρουσίαση και η αξιολόγηση τεχνικών και μηχανισμών για τη βέλτιστη διαχείριση των διαθέσιμων εναλλακτικών ενεργειακών πόρων των σταθμών βάσης ανάλογα με τον φόρτο εργασίας και τις εξωτερικές επικρατούσες συνθήκες ώστε να αυξάνει η ενεργειακή τους αυτονομία.

Αρχικά γίνεται μια αναφορά στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και στον τρόπο ηλεκτροδότησης των τηλεπικοινωνιακών σταθμών. Παράλληλα γίνεται μια γενικευμένη συσχέτιση της πράσινης ενέργειας και των πομπών κινητής τηλεφωνίας καθώς και μια εκτίμηση της υπάρχουσας και μελλοντικής κατάστασης.

Στη συνέχεια αναλύονται όλες οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία των σταθμών βάσης. Παρουσιάζονται τα κύρια και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους και οι συνθήκες κατά τις οποίες είναι εφικτή η εφαρμογή τους. Μετά την ανάλυση καταλήγουμε στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα καθεμιάς εξ' αυτών καθώς και στα συμπεράσματα που απορρέουν.

Για την κατανόηση των μηχανισμών και των τεχνικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να υπάρξει η μέγιστη ενεργειακή απόδοση σταθμών βάσης γίνεται μια αναλυτική περιγραφή του ηλεκτρολογικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που υπάρχει εντός σταθμού βάσης. Κατόπιν παρουσιάζονται συγκεκριμένοι μηχανισμοί και τεχνικές όπου διαχωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες : στο σχεδιασμό ενεργειακά αποδοτικού ραδιοεξοπλισμού, στην εγκατάσταση λογισμικού σε συνδυασμό με την απομακρυσμένη επίβλεψη σταθμού βάσης και στους ειδικά σχεδιασμένους σταθμούς βάσης τεχνολογίας Micro. Παράλληλα γίνεται μια τεχνοοικονομική σύγκριση των σταθμών βάσης Micro με τους παραδοσιακούς.

Τέλος παρουσιάζονται δύο περιπτωσιολογικές μελέτες σχετικά με την επιλογή του τρόπου τροφοδοσίας τερματικού σταθμού βάσης σε νησιωτική και αστική περιοχή αντίστοιχα. Παρουσιάζονται οι παράμετροι του συστήματος ,οι εναλλακτικές λύσεις

και τα οικονομικά στοιχεία. Αξιολογώντας τόσο τα τεχνικά όσο και τα οικονομικά στοιχεία καταλήγουμε στην βέλτιστη επενδυτική επιλογή για έναν πάροχο σε βάθος εξαετίας. Τέλος γίνεται μια σύγκριση των δύο περιπτώσιολογικών μελετών όπου παρουσιάζονται οι διαφορές και τα κοινά στοιχεία στον τρόπο επιλογής της βέλτιστης επένδυσης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΧΩΝ

Κεφάλαιο 1 Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα και Πράσινη Ενέργεια

1.1 Γενικά	14
1.2 Δίκτυα Κινητής Τηλεφωνίας	14
1.3 Ηλεκτροδότηση Τηλεπικοινωνιακών Σταθμών	15
1.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	18
1.5 Πράσινη Ενέργεια και Πομποί Κινητής Τηλεφωνίας	20
1.6 Ενεργειακά Αποδοτικός Σχεδιασμός	22
1.7 Η Εκτίμηση της Κατάστασης	23

Κεφάλαιο 2 Εναλλακτικές Πηγές Ενέργειας και Σταθμοί Βάσης

2.1 Γενικά	25
2.2 Ηλιακή ενέργεια	26
2.2.1 Εισαγωγή	26
2.2.2 Ηλιακή ενέργεια και σταθμοί βάσης	27
2.2.3 Πλεονεκτήματα	28
2.2.4 Μειονεκτήματα	30
2.2.5 Μελέτη σχεδίασης ενός Φ/Β συστήματος για σταθμό βάσης	31
2.2.5.1 Τεχνικές παράμετροι του συστήματος	32
2.2.5.2 Ταξινόμηση συστημάτων	33
2.2.5.3 Σχεδιασμός του συστήματος	36
2.3 Αιολική ενέργεια	40
2.3.1 Γενικά	40
2.3.2 Αιολική ενέργεια και σταθμοί βάσης	42
2.3.3 Πλεονεκτήματα	43
2.3.4 Μειονεκτήματα	44
2.3.5 Συμπέρασμα	45
2.4 Κυψέλες καυσίμου - Fuel Cells	47
2.4.1 Γενικά	47
2.4.2 Κυψέλες καυσίμου και σταθμοί βάσης	47
2.4.3 Πλεονεκτήματα	50
2.4.4 Μειονεκτήματα	51
2.4.5 Συμπέρασμα	51
2.5 Βιομάζα	52
2.5.1 Γενικά	52
2.5.2 Βιοκαύσιμα και σταθμοί βάσης	53
2.5.3 Πλεονεκτήματα	54
2.5.4 Μειονεκτήματα	54
2.5.5 Συμπέρασμα	55

Κεφάλαιο 3 Ενεργειακά Αποδοτικός σχεδιασμός Σταθμών Βάσης

3.1 Γενικά	56
3.2 Λειτουργία και εξοπλισμός σταθμού βάσης	57
3.2.1 Σταθμός Βάσης	57
3.2.2 Εξοπλισμός σταθμού βάσης	59
3.3 Ενεργειακά αποδοτικός ραδιοεξοπλισμός	62
3.3.1 Απώλεια καλωδίων	64
3.3.2 Προηγμένοι ενισχυτές	65
3.3.3 Κλιματισμός υψηλής απόδοσης	66
3.3.4 Λειτουργία Σ/Β σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών	68
3.3.5 Αντικατάσταση λαμπτήρων σταθμού βάσης	69
3.3.6 Βέλτιστη εγκατάσταση και διαχείριση ανορθωτικών μονάδων	70
3.3.7 Αυτοματοποιημένος έλεγχος θερμοστατών	71
3.3.8 Αισθητήρες κίνησης για τα φώτα	71
3.4 Εγκατάσταση λογισμικού και απομακρυσμένη επίβλεψη Σ/Β	72
3.4.1 Εγκατάσταση λογισμικού ελέγχου τηλεπικοινωνιακής κίνησης	72
3.4.2 Απομακρυσμένη επίβλεψη – Δυναμική διαχείριση	74
3.5 Micro Σταθμοί βάσης	78
3.5.1 Γενικά	78
3.5.2 Σύγκριση Micro Σ/Β με Ground Σ/Β	79
3.5.3 Τεχνοοικονομική προσέγγιση των Micro Σ/Β	80

Κεφάλαιο 4 Περιπτωσιολογική Μελέτη

Α' : Επιλογή τρόπου τροφοδοσίας τερματικού σταθμού βάσης σε νησιωτική περιοχή

4.1 Γενικά	83
4.2 Σκοπός του έργου	84
4.3 Παράμετροι Συστήματος	84
4.4 Παρουσίαση Εναλλακτικών Λύσεων	85
4.5 Αξιολόγηση	89

Β' : Επιλογή τρόπου τροφοδοσίας τερματικού σταθμού βάσης σε νησιωτική περιοχή

4.6 Γενικά	92
4.7 Παροχή από γεννήτρια πετρελαίου 24h	92
4.8 Παροχή από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ	93
4.9 Παροχή από υβριδικό σύστημα	94
4.10 Αξιολόγηση	95
4.11 Συμπέρασμα	96

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα και προτάσεις

97

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Μέση ημερήσια ακτινοβολία και θερμοκρασία Φ/Β συστήματος	37
Πίνακας 2. Σύγκριση κυψελών καυσίμου με γεννήτριες πετρελαίου	49
Πίνακας 3. Σύγκριση κυψελών καυσίμου με μπαταρίες	49
Πίνακας 4. Σύγκριση micro σταθμών βάσης με παραδοσιακό σταθμό βάσης	80
Πίνακας 5. Οικονομική σύγκριση εγκατάστασης micro Σ/Β και ground Σ/Β	82
Πίνακας 6. Κόστος παροχής Σ/Β που τροφοδοτείται από το δίκτυο της ΔΕΗ	86
Πίνακας 7. Κόστος παροχής ,εγκατάστασης, συντήρησης Σ/Β που τροφοδοτείται από υβριδικό σύστημα	87
Πίνακας 8. Κόστος παροχής Σ/Β που τροφοδοτείται από γεννήτρια πετρελαίου	88
Πίνακας 9. Πίνακας αθροιστικών ροών	89
Πίνακας 10. Κόστος παροχής Σ/Β τεχνολογίας Micro που τροφοδοτείται από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ	94

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1. Σχεδιάγραμμα ηλιακά τροφοδοτούμενου συστήματος τηλεπικοινωνιών	33
Σχήμα 2. Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα	41
Σχήμα 3. Απεικόνιση λειτουργίας κυψέλης καυσίμου	47
Σχήμα 4. Κατανάλωση ενέργειας ενός χαρακτηριστικού Σ/Β	57
Σχήμα 5. Ηλεκτρολογικό διάγραμμα παροχής ρεύματος σταθμού βάσης	59
Σχήμα 6. Ηλεκτρολογικό διάγραμμα κεντρικού εξοπλισμού σταθμού βάσης	61
Σχήμα 7. Ενεργειακή χρήση σταθμού βάσης	63
Σχήμα 8. Μείωση απώλειας καλωδίων τροφοδοσίας	65
Σχήμα 9. Μείωση ενεργειακού κόστους	67
Σχήμα 10. Sleep mode λογισμικό για ραδιοεξοπλισμό	73
Σχήμα 11. Αρχιτεκτονική συστήματος απομακρυσμένου ελέγχου	75
Σχήμα 12. Ενεργειακή κατανάλωση σταθμού βάσης σε πραγματικό χρόνο	76
Σχήμα 13. Ενεργειακό σχεδιάγραμμα σταθμού βάσης	77
Σχήμα 14. Συγκριτικό διάγραμμα κόστους συστημάτων τροφοδοσίας Σ/Β	89

Συντομογραφίες

2G	Second Generation
3G	Third Generation
A/Δ	Αναμεταδότης
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
AC	Alternating Current , Εναλλασσόμενο ρεύμα
CELL	Κυψέλη σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας
CAPEX	Capital Expenditure
CNO	Chief Netorking Officer
ΔΗΕ	Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
DC	Direct Current , Συνεχές ρεύμα
DCS	Digital Cellular System (1800MHz)
EETT	Εθνική Επιτροπή Ταχυδρομείων και Τηλεπικοινωνιών
GSM	Global System for Mobile Communications (900 MHz)
GSMA	GSM Association
GPRS	General Packet Radio Service
H/Z	Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος
HLR	Home Location Register
MSC	Mobile Switching Center
OPEX	Operational Expenditure
PLC	Power Line Communication
ROI	Return Of Investment
Σ/Β	Σταθμός Βάσης
TRX	Tranceiver Carrier
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
VRLA	Valve-Regulated Lead-Acid battery
Φ/Β	Φωτοβολταϊκό

РАМЕТЪМО ТЕПАА

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και πράσινη ενέργεια

1.1 Γενικά

Για να υπάρχει η δυνατότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός τουλάχιστον ασύρματου δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Τα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούν σταθμούς βάσης για να καλύψουν με ηλεκτρομαγνητικό σήμα τους χώρους κάλυψης. Όταν χρησιμοποιείται το κινητό τηλέφωνο στέλνει και λαμβάνει ηλεκτρομαγνητικά σήματα προς και από έναν σταθμό βάσης, ο οποίος στη συνέχεια επικοινωνεί ενσύρματα ή ασύρματα με κάποια κέντρα αναδιανέμοντας την πληροφορία.

1.2 Δίκτυα Κινητής Τηλεφωνίας

Τα ψηφιακά συστήματα κινητής επικοινωνίας έχουν σχεδιασθεί με βάση το εναρμονισμένο Ευρωπαϊκό Πρότυπο GSM (Group Spécial Mobile). Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αυτών των συστημάτων είναι η προσαρμογή της ισχύος ώστε η επικοινωνία να διεξάγεται με επαρκές σήμα αλλά όχι απαραίτητα με υψηλή ισχύ η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει παρεμβολές στα σήματα γειτονικών σταθμών και έτσι να μειώσει τη χωρητικότητα του δικτύου.

Συνήθεις τιμές ισχύος εισόδου στην κεραία ενός σταθμού βάσης σε αγροτική περιοχή είναι έως 40W, ενώ στις πόλεις όπου το δίκτυο είναι πυκνότερο, δεν υπερβαίνει τα 10W. Στην Ευρώπη έχουν παραχωρηθεί δύο ζώνες συχνοτήτων με κεντρική συχνότητα τα 900 MHz (GSM 900) και τα 1800 MHz (DCS-1800), ενώ στις Η.Π.Α χρησιμοποιείται και η ζώνη των 1900MHz. Το νέο σύστημα τρίτης γενιάς UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων (εικόνα & ήχο) με πολύ υψηλές ταχύτητες σε πραγματικό χρόνο. Εκπέμπει στη συχνότητα των 2100 MHz [36], [39].

Ο σταθμός βάσης είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων μιας εταιρείας κινητής τηλεφωνίας που τοποθετούνται σε μια περιοχή για την υποστήριξη του ασύρματου δικτύου της. Οι σταθμοί βάσης αποτελούνται από κεραιές εκπομπής και λήψης ηλεκτρομαγνητικών σημάτων για την επικοινωνία, μικροκυματικές κεραιές για την σύνδεση του σταθμού με το κέντρο, όπου λαμβάνεται και προωθείται η κλήση και ηλεκτρονικό εξοπλισμό για την επεξεργασία των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων. Οι κεραιές έχουν σχήμα ορθογώνιο ή ράβδου μήκους έως 2μ. Είναι κατευθυντικές, εκπέμπουν δηλαδή προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις. Μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας μεταφέρεται εντός της δέσμης προς την κατεύθυνση εκπομπής. Το υπόλοιπο διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις [6].

Οι μικροκυματικές κεραιές έχουν σχήμα κυλινδρικού τυμπάνου διαμέτρου έως 60 εκ. Είναι υπερκατευθυντικές, εκπέμπουν δηλαδή μια πολύ στενή δέσμη εντός της οποίας μεταφέρεται σχεδόν το σύνολο της ακτινοβολίας. Η ισχύς εκπομπής είναι πολύ μικρή, της τάξεως του 1W[36], [39].

Με συγκεκριμένες νομοθετικές ρυθμίσεις (στην Ελλάδα Ν.2801/2000) έχει επιτραπεί σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες η τοποθέτηση σταθμών βάσης σε γήπεδα, σε δώματα κτιρίων και εντός των κτιρίων. Η στήριξη των κεραιών γίνεται σε μεταλλικούς πυλώνες ή ιστούς [37].

Εντός των κτιρίων, κυρίως, αλλά και σε εξωτερικούς χώρους τοποθετούνται μικρές κεραιές, οι οποίες έχουν μικρή ακτίνα κάλυψης, σε περιπτώσεις όπου υπάρχει συγκεντρωμένος μεγάλος αριθμός χρηστών. Τέτοιοι χώροι είναι οι σταθμοί των συγκοινωνιών, γήπεδα, πάρκα, χώροι εκδηλώσεων [37].

Εκτιμάται ότι στην Ελλάδα είναι εγκατεστημένες περίπου 8000 κεραιές κινητής τηλεφωνίας, εκ των οποίων οι 2500 στην Αθήνα. Άλλες 4000 περίπου κεραιές εξυπηρετούν τα δίκτυα σταθερής ασύρματης επικοινωνίας.

1.3 Ηλεκτροδότηση τηλεπικοινωνιακών σταθμών

Οι συνδρομητές της σταθερής και κινητής, εξαπλώνονται σε όλο τον γεωγραφικό χώρο μιας χώρας, πράγμα που καθιστά δύσκολη την εξυπηρέτηση και την παροχή άριστων υπηρεσιών σε όλους, αφενός μεν γιατί η έκταση είναι μεγάλη, αφετέρου δε γιατί ο γεωγραφικός χώρος κάθε χώρας παρουσιάζει ιδιομορφίες

που επηρεάζουν σημαντικά τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Για την κάλυψη των αναγκών έχουν τοποθετηθεί Σ/Β (σταθμοί βάσης) σε βουνά και νησιωτικές περιοχές κάτω από δύσκολες συνθήκες.

Η ηλεκτροδότηση των Σ/Β στα αστικά κέντρα γίνεται με ηλεκτρισμό από το κεντρικό δίκτυο διανομή ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΗΕ) για όλες τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας και αυτό γιατί οποιαδήποτε διαφορετική λύση κρίνεται οικονομικά ασύμφορη. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι Σ/Β όλων των εταιρειών βρίσκονται μαζί και σε σημεία όπου υπάρχει ήδη δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΗΕ) για τις ανάγκες αναμεταδοτών (Α/Δ) τηλεοπτικών σταθμών και ραδιοφωνίας. Αυτό γίνεται κυρίως σε περιοχές με κάποιο στοιχειώδες υψόμετρο έτσι ώστε οι Α/Δ να έχουν μεγαλύτερη εμβέλεια (π.χ. Υμηττός) [6].

Πολλοί από τους Σ/Β, σε βουνά και κορυφογραμμές, τοποθετούνται σε σημεία όπου υπάρχει δίκτυο ΔΗΕ για την κάλυψη άλλων αναγκών, της κρατικής ραδιοτηλεόρασης ή ιδιωτικών καναλιών με συνέπεια να αποτελούν εύκολη και συμβατή λύση. Άλλοι Σ/Β τροφοδοτούνται από ρεύμα παραγόμενο από ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (Η/Ζ) που εγκαθίστανται μαζί με τους Σ/Β. Αυτή η λύση καθίσταται μακροπρόθεσμα πιο ακριβή, αλλά συγχρόνως και αξιόπιστη, εφόσον η τροφοδότηση με ρεύμα από το εθνικό δίκτυο δεν είναι εφικτή.

Τέλος ένας τρόπος, χωρίς μεγάλη εφαρμογή ακόμα, είναι η τροφοδότηση με ρεύμα από παρακείμενο Φ/Β ή υβριδικό σταθμό. Η μέθοδος αυτή μακροπρόθεσμα αποτελεί όπως θα δούμε μια αποδεκτή και συμφέρουσα οικονομικά λύση, έχει όμως αρχικά μεγάλο κόστος εγκατάστασης. Γι' αυτό οι προσπάθειες που έχουν γίνει για ηλεκτροδότηση με αυτό τον τρόπο προέρχονται από λίγους σχετικά παρόχους.

Η ηλεκτροδότηση των Σ/Β τηλεφωνίας στην ύπαιθρο διαφοροποιείται και παρουσιάζονται τέσσερα διαφορετικά μοντέλα :

1. Παροχή ρεύματος από το σταθερό δίκτυο
2. Παροχή ρεύματος από την χρήση ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους
3. Παροχή ρεύματος από την χρήση Φ/Β συστήματος
4. Παροχή ρεύματος από την χρήση υβριδικών συστημάτων Φ/Β σε συνεργασία με Η/Ζ [6].

Σε περιοχές όπου δεν υπάρχει δίκτυο ΔΗΕ οι περισσότεροι σταθμοί κινητής χρησιμοποιούν σταθμούς βάσης και Α/Δ με παροχή ενέργειας από γειτονικό Η/Ζ. Η λύση αυτή κρίνεται από τις εταιρείες πιο συμφέρουσα καθώς απαιτούνται λιγότεροι σταθμοί μεγάλης όμως εμβέλειας και κατανάλωσης ισχύος.

Η εγκατάσταση μιας γεννήτριας πετρελαίου σε σταθμό βάσης κινητής τηλεφωνίας είναι σχετικά φτηνή. Ωστόσο, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του πετρελαίου είναι υψηλό και εξαιρετικά ευπαθές στις συνθήκες της αγοράς. Το ποσοστό των σταθμών βάσης που τροφοδοτούνται αποκλειστικά από Η/Ζ είναι αρκετά μικρό – δεν ξεπερνάει το 5% των συνολικών σταθμών μιας εταιρείας. Σε αυτό μπορούμε να προσθέσουμε ένα ακόμα ποσοστό 7-8% σταθμών βάσης που τροφοδοτούνται από το δίκτυο ΔΗΕ ενώ παράλληλα έχουν και stand by γεννήτρια πετρελαίου. Οι σταθμοί αυτοί αποτελούν κομβικούς σταθμούς (backbone and node sites) με αποτέλεσμα σε περίπτωση διακοπής ρεύματος να υπάρχει αυτόματη μεταγωγή στη λειτουργία της γεννήτριας έτσι ώστε να μην τίθεται ο σταθμός ποτέ εκτός λειτουργίας. Το κόστος συντήρησης των stand by γεννητριών είναι χαμηλότερο από αυτό των 24h γεννητριών μιας και τίθενται σε λειτουργία περιστασιακά.

Τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα απευθύνονται σε εφαρμογές για απομακρυσμένες περιοχές. Ο παραγόμενος ηλεκτρισμός, καταναλώνεται εξ ολοκλήρου από το χρήστη που συνήθως διαθέτει σύστημα αποθήκευσης ενέργειας. Μπορούν να ηλεκτροδοτήσουν ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα ή συσκευές που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα. Διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα απευθύνονται σε εφαρμογές όπου ήδη υπάρχει κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο και το τροφοδοτούν με ενέργεια. Τα συστήματα αυτά δεν διαθέτουν σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες), οπότε δεν έχουν αναλώσιμα υλικά αλλά χρησιμοποιούν κατά κάποιο λόγο ως αποθήκη το ίδιο το κεντρικό δίκτυο. Ο παραγόμενος ηλεκτρισμός, στην περίπτωση αυτή

απορροφάται από τον χρήστη και η πλεονάζουσα ενέργεια τροφοδοτείται στο κεντρικό δίκτυο.

Η τηλεφωνία γενικά δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε ενεργειακή ζήτηση, οπότε οι Φ/Β διατάξεις που χρησιμοποιούνται δεν είναι τόσο μεγάλες σε μέγεθος και ονομαστική ισχύ.

Γενικότερα τα Φ/Β στοιχεία μπορούν να τοποθετηθούν σε:

- Αναμεταδότες (Α/Δ) σήματος με ισχύ $< 50 \text{ W}$
- Σταθμούς βάσης με ισχύ έως 40 W (Σ/Β σε αγροτικές περιοχές) [6]

1.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Η χρήση των παραδοσιακών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει δύο βασικά μειονεκτήματα :

- Οι ποσότητες των συμβατικών καυσίμων , όπως το πετρέλαιο , είναι περιορισμένες. Εάν συνεχισθεί η χρησιμοποίησή τους με τους σημερινούς ρυθμούς , σύντομα θα εξαντληθούν.
- Την ρύπανση του περιβάλλοντος. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η όξινη βροχή αλλά και οι εκπομπές CO_2 οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στους ρύπους που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από την καύση των συμβατικών καυσίμων [1], [2].

Οι λόγοι αυτοί οδήγησαν τους ερευνητές να αναζητήσουν άλλες πηγές ενέργειας οι οποίες θα είναι φιλικές προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα ανεξάντλητες.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) συνδυάζουν και τα δύο παραπάνω χαρακτηριστικά. Τα πλεονεκτήματά τους όμως δεν σταματάνε εδώ. Η πρόοδος των τεχνολογιών αξιοποίησης των ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια, έχει καταστήσει την εκμετάλλευσή τους οικονομικά ανταγωνιστική έναντι των συμβατικών πηγών ενέργειας. Αν αναλογιστούμε πως οι βιομηχανίες δρουν μέσα σε ένα ανταγωνιστικό

περιβάλλον , με πρωταρχικό σκοπό τη μείωση των λειτουργικών τους εξόδων, το χαρακτηριστικό αυτό κάνει τη χρησιμοποίηση των ΑΠΕ ακόμα πιο ελκυστική.

Μπορεί να θεωρηθεί λοιπόν, πως οι ΑΠΕ διανύουν μια πρώτη ωριμότητα , μιας και είναι πλέον κατάλληλες για μια γενικότερη χρήση και όχι μόνο για ειδικές εφαρμογές. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και από την ευρεία διάδοσή τους τα τελευταία χρόνια, η οποία μάλιστα συνεχίζεται με αυξανόμενους ρυθμούς.

Οι κύριες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι :

- **Ηλιακή ενέργεια.** Αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία και διακρίνονται στα :
 1. Φωτοβολταϊκά Συστήματα, από τα οποία μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια απ' ευθείας σε ηλεκτρική μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου
 2. Θερμικά Ηλιακά Συστήματα, στα οποία χρησιμοποιούνται κατάλληλοι συλλέκτες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και την αποθήκευσή της με μορφή θερμότητας.
- **Αιολική ενέργεια** . Στηρίζεται στην εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας των ανέμων. Με τη χρησιμοποίηση των κατάλληλων μηχανών δεσμεύεται η κινητική ενέργεια του ανέμου και μετατρέπεται σε κάποια άλλη μορφή μηχανικής ενέργειας .
- **Η ενέργεια από βιομάζα.** Είναι η χημική ενέργεια που εμπεριέχεται σε κάθε υλικό που προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο.
- **Γεωθερμική ενέργεια,** αξιοποιούνται τα θερμά νερά ή και οι ατμοί που υπάρχουν σε υπόγειους ταμιευτήρες σε πολλές περιοχές της γης.
- **Υδροηλεκτρική ενέργεια.** Στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού και στην μετατροπή της σε ηλεκτρική [18].

1.5 Πράσινη Ενέργεια και πομποί κινητής τηλεφωνίας

Έχει υπολογιστεί ότι περίπου το 1/3 του παγκόσμιου πληθυσμού διαθέτει αναξιόπιστες πηγές ενέργειας - ή δεν έχει καθόλου πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια. Για να μπορέσει λοιπόν το συγκεκριμένο τμήμα του πληθυσμού να επωφεληθεί από τις κινητές επικοινωνίες, οι σταθμοί βάσης θα πρέπει να κινούνται ενεργειακά και να τροφοδοτούνται με μέσα, όπως οι πετρελαιοκίνητες γεννήτριες. Ωστόσο, όσο οι τιμές του πετρελαίου αυξάνονται και το δίκτυο υποδομής εξαπλώνεται σε πιο απομακρυσμένες περιοχές, απαιτούνται άλλες εναλλακτικές λύσεις, όχι μόνο για να εξοικονομηθούν χρήματα, αλλά και για να βοηθήσουν στη μάχη κατά της κλιματικής αλλαγής.

Η GSM Association (GSMA), το Σεπτέμβριο του 2008, παρουσίασε ένα πρόγραμμα που ονομάζεται Green Power for Mobile για την προώθηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από τη βιομηχανία κινητής τηλεφωνίας. Στόχος του προγράμματος είναι να υπάρξουν 118.000 νέοι και ήδη υπάρχοντες εκτός δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σταθμοί βάσης, που θα λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο μέχρι το 2012. Σύμφωνα με τις έρευνες, η εφαρμογή του προγράμματος θα εξοικονομήσει μέχρι 2,5 δις λίτρα πετρελαίου το χρόνο και θα μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σχεδόν κατά 6,8 εκατ. τόνους. Επίσης, θα δώσει μια ώθηση στην παροχή υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας σε μέρη που ακόμα δεν μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν [3],[4].

Επί του παρόντος, οι λύσεις ηλιακής και αιολικής ενέργειας απαιτούν περίπου 50% περισσότερες επενδύσεις κεφαλαίου από την εγκατάσταση μιας 24h γεννήτριας, αλλά έχουν πολύ χαμηλότερα λειτουργικά κόστη. Γίνεται γρηγορότερα απόσβεση στις περιπτώσεις που το απαιτούμενο φορτίο είναι κάτω από τα 2kW. Σε άλλες περιπτώσεις, τα υβριδικά συστήματα μπορεί να είναι πολύτιμα συνδυάζοντας το πετρέλαιο με τις λύσεις πράσινης ενέργειας για τη μείωση του λειτουργικού κόστους σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Αν οι επιχειρήσεις κινητής τηλεφωνίας αναζητούν απόσβεση της επένδυσης τους σε διάστημα τριών ετών, η μελέτη της GSMA προτείνει ότι το 9% των σταθμών βάσης κινητής μπορεί να τροφοδοτείται από πηγές πράσινης ενέργειας μέχρι το 2012, εξοικονομώντας ετησίως 3 εκατ. τόνους εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και \$1,3 δις σε κόστος καυσίμων. Με μια πενταετή περίοδο ανταπόδοσης, το ποσοστό αυξάνεται στο 30% για σταθμούς βάσης που χρησιμοποιούν πράσινη ενέργεια και ως εκ τούτου, εξοικονομούν 10 εκατ. τόνους εκπομπών αερίων θερμοκηπίου - όπως επίσης και \$4,4 δις σε κόστος καυσίμων. Μετά το 2012, η μελέτη προβλέπει, ότι μέχρι και το 50% των νέων σταθμών βάσης στον αναπτυσσόμενο κόσμο θα τροφοδοτείται από ανανεώσιμη ενέργεια [4], [5].

Η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στις τηλεπικοινωνίες γίνεται με σκοπό την απεξάρτηση από τα συμβατικά μέσα παραγωγής ενέργειας. Οι ΑΠΕ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές είναι η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, τα βιοκαύσιμα και οι κυψέλες καυσίμου. Έτσι λοιπόν είναι εφικτή η χρήση τόσο των ανεμογεννητριών όσο και των αυτόνομων Φ/Β [9], [11].

Οι τηλεπικοινωνίες είναι ένας από τους τομείς που έχουν ωφεληθεί από την εισαγωγή των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρισμού από τον ήλιο. Με τη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, ο ηλιακός ηλεκτρισμός αποτελεί μια ελκυστική εναλλακτική επιλογή στις συμβατικές πηγές ενέργειας [12].

Σε χώρες όπως η Ελλάδα, με την ιδιαίτερη δηλαδή μορφολογία, τα επαρχιακά τηλεπικοινωνιακά συστήματα συχνά πρέπει να εγκαθίστανται σε απομονωμένες και ακατοίκητες περιοχές. Σε τέτοιες περιοχές τα Φ/Β συστήματα αποτελούν μια ενδιαφέρουσα πηγή παραγωγής ενέργειας.

Η χρήση των Φ/Β στις τηλεπικοινωνίες χρησιμοποιείται εντονότερα σε χώρες με ιδιαίτερη μορφολογία τα τελευταία πέντε χρόνια. Η χρήση τους έρχεται να καλύψει κυρίως εξειδικευμένες περιπτώσεις ηλεκτροδότησης όπου η χρήση οποιουδήποτε άλλου τρόπου παραγωγής ενέργειας είναι οικονομικά πιο ασύμφορη σε σχέση με την συγκεκριμένη κατανάλωση.

1.6 Ενεργειακά Αποδοτικός εξοπλισμός

Μια άλλη πτυχή της πράσινης τεχνολογίας είναι ο βελτιωμένος σχεδιασμός που μειώνει την κατανάλωση ενέργειας . Οι κατασκευαστές τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού κάνουν σημαντικές επενδύσεις στην ανάπτυξη συσκευών που χρειάζονται λιγότερη ενέργεια.

Επιπλέον, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας με το σχεδιασμό εξοπλισμού που μπορεί να λειτουργήσει σε θερμοκρασίες 37°C - 39°C , χωρίς να χρειάζεται επιπλέον ηλεκτρικά συστήματα κλιματισμού για την ψύξη του. Αντίθετα, οι θερμοκρασίες μπορεί να μετριαστούν από πολύ πιο οικονομικές λύσεις, όπως οι απλοί ανεμιστήρες, η σκίαση ή ο περιορισμός της θερμότητας από ενισχυμένους πέτρινους τοίχους [23],[31].

Η ανάγκη για ψύξη είναι ένα σημαντικό στοιχείο του κόστους ενός σταθμού βάσης - μπορεί να είναι σχεδόν ισοδύναμο με το κόστος της τροφοδοσίας του ίδιου του πομπού. Η επίτευξη ενεργειακής απόδοσης, αποτελεί σημαντικό μέρος της δημιουργίας βιώσιμων λύσεων πράσινης ενέργειας, ιδίως για τους σταθμούς με υψηλότερες απαιτήσεις σε φορτίο.

Ο καλύτερος και καινοτόμος σχεδιασμός θα συμβάλει στη μείωση του κόστους για την επέκταση των δικτύων κινητής τηλεφωνίας σε απομακρυσμένες περιοχές, που δεν έχουν βασικό δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε πολλές περιπτώσεις, η δημιουργία σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιούν πράσινη ενέργεια δε θα δημιουργήσει μόνο οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Φαίνεται επίσης πιθανό να γίνει ένα σημαντικό μέσο που θα συνδέσει τους ανθρώπους με την κοινωνία της πληροφορίας καθώς επίσης θα υπάρξει ανάπτυξη, εξασφάλιση εργασίας και συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές.

1.7 Η εκτίμηση της κατάστασης

Η GSMA πραγματοποίησε έρευνα ανάμεσα σε φορείς εκμετάλλευσης, πωλητές, προμηθευτές πράσινης ενέργειας και χρηματοδότες για να αξιολογήσει το εμπορικό και τεχνικό τοπίο. Η έκθεση της, που δημοσιεύθηκε το Μάρτιο του 2009, αναφέρει ότι από τους εκτιμώμενους 300.000 πομποδέκτες σταθμών βάσης που θα κατασκευαστούν στις αναπτυσσόμενες χώρες μέχρι το τέλος του 2012, περίπου 75.000 δε θα είναι συνδεδεμένοι με δίκτυα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Επισημαίνει ότι η επέκταση του δικτύου σε αυτές τις περιοχές θα ήταν εξαιρετικά δαπανηρή. Η αξιοπιστία είναι ένα άλλο πρόβλημα, τόσο στις αστικές όσο και στις αγροτικές περιοχές. Για παράδειγμα, στην αγροτική Ινδία, σύμφωνα με την έρευνα, η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διακοπεί μέχρι και 14 ώρες την ημέρα [3], [4].

Για να λειτουργήσουν οι σταθμοί βάσης που δεν είναι στο δίκτυο ΔΗΕ, όπως ήδη αναφέραμε επιλέγεται το πετρέλαιο ως καύσιμο για τις γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρισμού. Ωστόσο, η τιμή του πετρελαίου έχει αυξηθεί σημαντικά σε πολλές περιοχές, όπως επίσης και το κόστος της διανομής του καυσίμου σε απομακρυσμένες περιοχές.

Η προστασία του περιβάλλοντος και η καταπολέμηση της αλλαγής κλίματος είναι δύο από τις πιο σημαντικές προκλήσεις που απασχολούν την ανθρωπότητα. Δεδομένου ότι οι τιμές ενέργειας οδηγούνται στα ύψη, οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύου διερευνούν όλο και περισσότερο τις περιβαλλοντικές και τις κοινωνικές ευθύνες τους και, φυσικά, τους ενεργειακούς λογαριασμούς τους.

Αξίζει να αναφερθεί ότι οι κινητές επικοινωνίες - όπως και οι σταθερές τηλεπικοινωνίες - είναι βιομηχανίες σχετικά χαμηλού αντίκτυπου στις εκπομπές ενεργειακής χρήσης και διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), παρά τη ταχεία ανάπτυξη τους.[25] Από τις μελέτες αξιολόγησης του κύκλου της ζωής μια εταιρείας κινητών επικοινωνιών, και άλλες δημοσιευμένες πηγές στοιχείων, έχει υπολογιστεί ότι περίπου 0.14 % των σφαιρικών εκπομπών του CO₂ και περίπου 0.12 % τοις εκατό της χρήσης αρχικής ενέργειας αποδίδονται στις κινητές τηλεπικοινωνίες [31].

Το ετήσιο "ίχνος" εκπομπής CO₂ του μέσου κινητού συνδρομητή είναι γύρω στα 25kg - που είναι συγκρίσιμο με την οδήγηση ενός μέσου αυτοκινήτου στον αυτοκινητόδρομο για μια ώρα, ή της λειτουργίας ενός λαμπτήρας 5W για ένα έτος.

Πολλοί τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι έχουν σήμερα την ίδια σχεδόν κατανάλωση ενέργειας που είχαν το 1995, αλλά με τους διπλάσιους περίπου συνδρομητές. Οι βελτιώσεις και η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχουν κρατήσει την ενεργειακή χρήση πολύ χαμηλή, και υπάρχουν ακόμα μεγάλες ευκαιρίες για το συγκεκριμένο κλάδο να μειώσει τις εκπομπές του CO₂. Συγκεκριμένα με τη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας και τη βελτιστοποίηση μηχανισμών για την εξοικονόμηση της ενεργειακής αυτονομίας των Σ/Β είναι βέβαιο πως οι εκπομπές θα μειωθούν σημαντικά με ταυτόχρονη αποθήκευση ενέργειας.

Η ενεργειακή βελτιστοποίηση στις κινητές επικοινωνίες είναι μια διαδικασία που θα μπορούσε να δομηθεί σε τρία στάδια .

- Αρχικά, τα δίκτυα κινητής επικοινωνίας πρέπει να διαστασιολογηθούν με όσο το δυνατόν λιγότερο εξοπλισμό και σταθμούς βάσης, διατηρώντας ταυτόχρονα την επιθυμητή κάλυψη, ικανότητα και ποιότητα υπηρεσιών. Για παράδειγμα χρήσιμη θα ήταν η αντικατάσταση των μεγάλων κυψελών σε περιοχές με μικρούς πληθυσμούς καθώς και σε απομονωμένες περιοχές με μικρές αποδοτικές κεραιές
- Δεύτερον, πρέπει να γίνει μεγαλύτερη και πιο έντονη έρευνα σχετικά με την ανάπτυξη και τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ηλιακή, η αιολική, τα βιολογικά καύσιμα και τις κυψέλες καυσίμου (fuel cells).
- Τρίτον, η ενεργειακή αποδοτικότητα των ηλεκτρονικών μονάδων (ανορθωτικά, μπαταρίες, κλιματιστικά, κα) που υπάρχουν σε ένα Σ/Β - καθώς επίσης και αυτή ολόκληρων των Σ/Β - πρέπει να βελτιστοποιηθεί. [31]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Εναλλακτικές πηγές ενέργειας και σταθμοί βάσης

2.1 Γενικά

Η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου από τα αέρια εκπομπών, κυρίως του CO₂, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα σημερινά περιβαλλοντολογικά θέματα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι συχνά μια πηγή εκπομπών CO₂. Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί ένα άμεσο κόστος για τις βιομηχανίες, όπως και αυτής των τηλεπικοινωνιών, και η τιμή της αυξάνεται σταθερά κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών.

Η εξάπλωση ενός δικτύου κινητών επικοινωνιών όπως γίνεται αντιληπτό οδηγεί στην ανάγκη εγκατάστασης σταθμών βάσης σε περιοχές που είναι πέρα από την προσιτότητα της ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο διανομής, ή που η παροχή ηλεκτρισμού είναι αναξιόπιστη. Επίσης, η περιοχή όπου βρίσκεται ο Σ/Β μπορεί να είναι αρκετά μακρινή και συνεπώς να καθιστά την περιοδική συντήρηση και τον ανεφοδιασμό με καύσιμα των γεννητριών πετρελαίου απαγορευτικά.

Αυτά τα δεδομένα οδηγούν στην ανάγκη να εντοπιστούν άλλοι τρόποι τροφοδότησης των Σ/Β που να ξεπερνούν τα παραπάνω εμπόδια ενώ παράλληλα να μπορούν να αξιολογηθούν ως οικονομικώς αποδοτικοί. Τα δεδομένα αυτά οδηγούν στην προσπάθεια χρησιμοποίησης και εφαρμογής διαθέσιμων πηγών εναλλακτικής ενέργειας.

Η σημασία αξιοποίησης των πηγών εναλλακτικής ενέργειας αυξάνεται δεδομένου ότι οι δαπάνες για τη συντήρηση των σταθμών βάσης στις απομονωμένες περιοχές γίνονται όλο και πιο υψηλές. Παραδείγματος χάριν, πολλές φορές οι πάροχοι επιβαρύνονται με έξοδα για να καλύψουν την ανάπτυξη δρόμων, υποδομών, τη μεταφορά καυσίμων και την ασφάλεια. Οι σχετικές με την ενέργεια δαπάνες μπορούν

να είναι τόσο υψηλές όσο το 40% του συνολικού OPEX λειτουργίας ενός δικτύου κινητών επικοινωνιών , ενώ το κόστος των πετρέλαιο- καυσίμων συνεχίζει να αυξάνεται [3].

Δεδομένου ότι οι σταθμοί βάσης έχουν γίνει ενεργειακά απαιτητικοί, έχει γίνει πλέον ανάγκη να χρησιμοποιηθούν τεχνικά εφικτές και λειτουργικά οικονομικές λύσεις , όπως οι πηγές εναλλακτικής ενέργειας. Η επιλογή της εναλλακτικής πηγής ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες.

Ως εναλλακτικές λύσεις αντί για το πετρέλαιο, ερευνητές έχουν αναλύσει τη βιωσιμότητα άλλων πηγών ενέργειας για τους σταθμούς κινητής βάσης: την ηλιακή ενέργεια, την αιολική, τα βιοκαύσιμα -βιομάζα και τις κυψέλες καυσίμου (fuel cells).

2.2 Ηλιακή Ενέργεια

2.2.1 Εισαγωγή

Η ενέργεια που εκπέμπεται από τον ήλιο και φτάνει στη γη με τη μορφή ηλιακής ακτινοβολίας αποτελεί βασική πηγή ενέργειας που πέρα από τη ζωτική της σημασία μπορεί να αξιοποιηθεί ποικιλοτρόπως από τον άνθρωπο για την κάλυψη ενεργειακών του αναγκών.

Σε μια συνεχώς αναπτυσσόμενη και εξελισσόμενη εποχή οι ενεργειακές απαιτήσεις έχουν αυξηθεί δραματικά. Παράλληλα η εφαρμογή της τεχνολογίας για την ανάπτυξη και βελτιστοποίηση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων σε καθημερινή βάση, έχουν αυξήσει πολύ τις καθημερινές απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη τα μεγάλα προβλήματα που δημιουργούνται στο περιβάλλον , με βασικότερα τις εκπομπές CO₂ , το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την παράλληλη μείωση του όζοντος μας οδηγούν στην ανάγκη να στραφούμε σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών.

Επί καθημερινής βάσης υπολογίζεται πως προσπίπτει στην επιφάνεια της γης τεράστια ποσότητα ηλιακής ενέργειας η οποία είναι 20.000 φορές μεγαλύτερη από αυτήν που καταναλώνεται καθημερινά σε όλο τον κόσμο. Αντιλαμβανόμαστε συνεπώς πως η δυνατότητα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος έχει τη δυνατότητα να υποκαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνοντας ταυτόχρονα σε μεγάλο ποσοστό και τα διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε σήμερα [18].

2.2.2 Ηλιακή Ενέργεια και Σταθμοί Βάσης

Στις αγροτικές - επαρχιακές περιοχές των αναπτυσσομένων και μη χωρών υπάρχει συχνά άφθονη ηλιοφάνεια, και αυτό, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη διάθεση ηλιακού εξοπλισμού και το σχετικά χαμηλό λειτουργικό κόστος του, κάνει την ηλιακή ενέργεια μία δημοφιλή επιλογή για συστήματα που χρειάζονται ισχύ μέχρι 2kW. Οι ηλιακές λύσεις είναι μεν λιγότερο ελκυστικές από οικονομική άποψη για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, σύμφωνα με έρευνες, αλλά προβλέπεται ότι η τιμή για την εγκατάσταση ηλιακής ενέργειας αναμένεται να μειωθεί τα επόμενα χρόνια. Εύκολα συνεπώς αντιλαμβανόμαστε πως η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος σε μια περιοχή με σημαντική ηλιοφάνεια θα αποτελούσε ελκυστική λύση για την τροφοδότηση ενός Σ/Β μιας και οι απαιτήσεις για ισχύ ενός σταθμού δεν είναι τόσο μεγάλες.

Επίσης για τους σταθμούς βάσης οι οποίοι χαρακτηρίζονται low –medium capacity, η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει ουσιαστικά ανανεώσιμη ενέργεια, τουλάχιστον από την άποψη OPEX, μιας και το κόστος συντήρησης του Φ/Β συστήματος που τροφοδοτεί ένα τέτοιο σταθμό βάσης είναι αρκετά χαμηλό. Ενώ το αρχικό CAPEX ανά κιλοβάτ είναι υψηλότερο για τέτοιες λύσεις, μπορούν να παρέχουν μια θετική επιχειρησιακή περίπτωση έναντι των γεννητριών πετρελαίου μέσα σε δύο ή τρία έτη από την έναρξη της λειτουργίας τους.

Η ηλιακή ενέργεια και τα φωτοβολταϊκά είναι μια ώριμη σχετικά τεχνολογία και έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετούς Σ/Β εδώ και πέντε περίπου έτη. Ενώ το CAPEX είναι ακόμα ένα σημαντικό θέμα, οι δαπάνες για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος μειώνονται σταδιακά καθώς η νέα ικανότητα παραγωγής διατίθεται και η νέα τεχνολογία κατασκευής ωριμάζει [14], [17].

Επίσης, δεδομένου ότι σήμερα το κινητό δίκτυο σχεδιάζεται με βασικό στόχο να χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη πυκνότητα κάλυψης απ' ό,τι στο παρελθόν, δεν είναι πλέον απαραίτητο να έχουμε ηλιακά πλαίσια που καλύπτουν μεγάλες περιοχές - αυξάνοντας ουσιαστικά το κόστος εγκατάστασης και την απαιτούμενη ισχύς του σταθμού. Μια περιοχή με έναν μέσο σταθμό βάσης τριών κυψελών (3 Cells) σήμερα απαιτεί 50 τετραγωνικά μέτρα Φ/Β πλαισίων, έναντι του 200 πλαισίων που θα απαιτούσε πέντε έτη πριν (λόγω της σημερινής πυκνότητας του δικτύου).

Η προσπάθεια που γίνεται παράλληλα από τη βιομηχανία σχεδιασμού και παραγωγής Σ/Β για τη δημιουργία σταθμών που καλύπτουν όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά μικρές και μεσαίες περιοχές αποτελούν ιδανική περίπτωση για τροφοδότηση από Φ/Β συστήματα που βασίζονται στην ηλιακή ενέργεια.

2.2.3 Πλεονεκτήματα

Εκτός από το προφανές πλεονέκτημα της πολύ χαμηλής περιβαλλοντικής επίδρασης – δε μολύνουν το περιβάλλον, δεν προκαλούν ηχορύπανση - οι ηλιακά-τροφοδοτούμενοι Σ/Β έχουν επίσης το πλεονέκτημα της πολύ χαμηλής συντήρησης (περιοδική και σχετικά ανέξοδη σε σύγκριση με τις γεννήτριες πετρελαίου), της μεγάλης διάρκειας ζωής – περίπου 20 χρόνια σύμφωνα με τις εταιρείες κατασκευής τους- ,και την μεγαλύτερη αξιοπιστία από τα συστήματα που τροφοδοτούνται από γεννήτριες πετρελαίου.

Η αξιοπιστία αυτή βασίζεται στο γεγονός πως οι γεννήτριες πετρελαίου είναι ευπαθείς σε χαμηλές θερμοκρασίες όπου το πετρέλαιο είναι πολύ πιθανό να παγώσει με αποτέλεσμα να τεθεί εκτός λειτουργίας το σύστημα. Αν αναλογιστούμε πως η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων γίνεται πολλές φορές σε απομακρυσμένες, αγροτικές και ορεινές περιοχές όπου επικρατούν χαμηλές κατά καιρούς θερμοκρασίες

αντιλαμβανόμαστε πως η αξιοπιστία ενός Φ/Β συστήματος έναντι μιας γεννήτριας πετρελαίου υπερέχει.

Παράλληλα το κόστος λειτουργίας ενός ηλιακού συστήματος είναι μηδενικό, διότι δεν καταναλώνουν πρώτη ύλη ενώ τέλος μπορούν εύκολα να συνδυαστούν και με άλλες πηγές ενέργειας για τη δημιουργία υβριδικών συστημάτων [11].

Τα πλεονεκτήματα των ηλιακά ηλεκτρικών συστημάτων (Solar Systems) για την ηλεκτροδότηση των Σ/Β στις τηλεπικοινωνίες σε σύγκριση με άλλες συγκρίσιμες συμβατικές πηγές ισχύος (γεννήτρια πετρελαίου ,κεντρικό δίκτυο) πιο αναλυτικά μπορούν να στοιχειοθετηθούν ως εξής : [14], [16]

1. Αξιοπιστία (Reliability)

Τα ηλιακά ηλεκτρικά συστήματα χαρακτηρίζονται από μεγάλη αξιοπιστία . Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως αποτελούνται από τεχνικά μέρη τα οποία δεν απαιτούν συνεχή κίνηση . Συνεπώς η συντήρηση η οποία απαιτείται είναι πολύ μικρή. Επιπλέον είναι σχεδιασμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχουν σε δύσκολες καιρικές συνθήκες, στοιχείο το οποίο τους δίνει το συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των γεννητριών πετρελαίου οι οποίες σε ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες παρουσιάζουν συνεχή προβλήματα (το πετρέλαιο σε χαμηλές θερμοκρασίες παγώνει με αποτέλεσμα να σταματάει η γεννήτρια) [17].

2. Ευκολία και Ευελιξία (Convenience and Flexibility)

Τα ηλιακά ηλεκτρικά συστήματα αποτελούνται από μικρά, ελαφριά μέρη που είναι σχετικά εύκολο να μεταφερθούν σε οποιαδήποτε περιοχή. Για τη μεταφορά και την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών γεννητριών και άλλων τμημάτων συστημάτων η ύπαρξη οδικού δικτύου δεν είναι αναγκαία προϋπόθεση ενώ δεν εξαρτώνται και δεν απαιτείται υποχρεωτικά ηλεκτρική ενέργεια από το καθορισμένο δίκτυο διανομής για την λειτουργία τους. Γι αυτούς τους λόγους η χρήση των φωτοβολταϊκών ηλεκτρικών

συστημάτων επιτρέπει σε μεγάλο βαθμό μια ελεύθερη επιλογή των θέσεων που θα τοποθετηθεί ο Σ/Β.

3. Διαμορφωσιμότητα (Modularity)

Ένα ηλιακό ηλεκτρικό σύστημα μπορεί να σχεδιαστεί για να ταιριάζει τις απαιτήσεις φορτίων, συμπεριλαμβανομένων των πρόσθετων ημερών αυτονομίας σύμφωνα με μια συγκεκριμένη εφαρμογή τηλεπικοινωνιών (παρακάτω ακολουθεί παράδειγμα). Επιπλέον, τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούνται από modular μέρη και οι σταθμοί μπορούν να επεκταθούν χωρίς την αποσυναρμολόγηση ή αντικατάσταση των ζωτικής σημασίας μερών του συστήματος όταν προστίθενται πρόσθετα φορτία (π.χ νέες ηλιακές κυψέλες, επιπλέον συστοιχίες μπαταριών) [17].

Η **αξιοπιστία** είναι συχνά ο βασικός παράγοντας απόφασης κατά την επιλογή ενός ενεργειακού συστήματος μιας ράδιο – εγκατάστασης και ενός Σ/Β.

2.2.4 Μειονεκτήματα

Τα βασικά μειονεκτήματα έναντι των γεννητριών πετρελαίου είναι η ανάγκη για μεγαλύτερη έκταση που απαιτείται για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος και η υψηλότερη ενεργειακή χωρητικότητα συστοιχιών μπαταριών (π.χ για να αντιμετωπιστούν οι εποχιακές αλλαγές στην ηλιοφάνεια).

Εντούτοις, σύμφωνα με τους ερευνητές οι ενεργειακά βελτιστοποιημένοι Σ/Β του μέλλοντος θα συνδυάζουν διάφορες πηγές εναλλακτικής ενέργειας για να μην επηρεάζονται από τις εποχιακές και κλιματολογικές διαφορές. (π.χ υβριδικά συστήματα).

Σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί επίσης η δυσπιστία εφαρμογής Φ/Β συστημάτων από τους παρόχους. Οι πάροχοι επιθυμούν την αδιάλειπτη και αξιόπιστη λειτουργία των Σ/Β και του δικτύου τους καθώς απαιτείται διαθεσιμότητα 24/7. Οποιοσδήποτε συμβιβασμός σε αυτήν την προϋπόθεση λειτουργίας 24/7 αποτελεί πλήγμα για μια εταιρεία παροχής κινητών επικοινωνιών τόσο σε οικονομικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο αξιοπιστίας. Οι πάροχοι έχοντας βασικό "πελάτη" τους χρήστες οι οποίοι

κινούνται σε μια ανοιχτή αγορά με αρκετές εναλλακτικές επιλογές, προσπαθούν να λειτουργούν όσο το δυνατόν πιο προσεκτικά σε οποιαδήποτε αλλαγή εξοπλισμού στο δίκτυο.

Παράλληλα οι αναλύσεις είναι μεν θετικές αλλά δεν μπορούν να υπάρξουν απτά δεδομένα – θετικά ή αρνητικά – για την μελλοντική λειτουργία των Φ/Β συστημάτων στους Σ/Β.

Τροχοπέδη αποτελεί επίσης για τις διοικήσεις των παρόχων το υψηλό κόστος κτήσης ενός ηλιακού συστήματος. Απαιτείται δηλαδή μεγάλο σχετικά κεφάλαιο για την επένδυση σε αυτά τα συστήματα με παράλληλα μεγάλο διάστημα απόσβεσης της επένδυσης .

Συνεπώς διαπιστώνοντας και οι ίδιοι οι πάροχοι μέσα από τις τεχνοοικονομικές αναλύσεις πως τα πλεονεκτήματα εφαρμογής των Φ/Β συστημάτων στις περιπτώσεις που αναφέραμε πιο πάνω είναι σαφώς περισσότερα απ' ότι τα μειονεκτήματα, ναι μεν προχωρούν εν μέρει στην αλλαγή, αλλά με σταθερά βήματα και αργούς ρυθμούς ώστε να πειστούν στο μέγιστο δυνατό βαθμό για την εύρυθμη και αξιόπιστη λειτουργία του δικτύου και των Σ/Β με τη χρήση ηλιακών συστημάτων.

2.2.5 Μελέτη Σχεδίασης Φ/Β συστήματος για σταθμό βάσης

Τα Φ/Β συστήματα όπως αναφέραμε αποτελούν ελκυστική λύση και για την τεχνολογία των Τηλεπικοινωνιών και ιδιαίτερα για την τροφοδότηση των Σ/Β. Η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος αποτελεί λύση για Σ/Β που δεν είναι δυνατό να είναι συνδεδεμένοι με το κεντρικό δίκτυο ΔΗΕ και βρίσκονται εγκατεστημένοι κυρίως σε απομακρυσμένες ή απομονωμένες περιοχές . Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το σύστημα καταναλώνεται αποκλειστικά από το χρήστη (δλδ από τις απαιτήσεις λειτουργίας του Σ/Β) , ενώ παράλληλα τα συστήματα αυτά διαθέτουν και διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας (συστοιχίες μπαταριών) [16].

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθεί ο προσδιορισμός των τεχνικών στοιχείων ενός Φ/Β συστήματος που χρησιμοποιείται σε ένα συνηθισμένο Σ/Β, ώστε αυτό να ικανοποιεί τις απαιτήσεις ενός συγκεκριμένου φορτίου. Στην αρχή θα γίνει μια σύντομη

ανάλυση των επιμέρους μερών του συστήματος. Κατόπιν θα χρησιμοποιηθεί μια πολύ απλή μεθοδολογία που βασίζεται στα ηλιακά δεδομένα του τόπου που θα εγκατασταθεί το σύστημα, καθώς και στη σχέση απορροφόμενης φωτεινής ενέργειας και μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια.

2.2.5.1 Τεχνικές Παράμετροι του Συστήματος

Το σχέδιο και η εγκατάσταση των ηλιακών ηλεκτρικών συστημάτων για τους σταθμούς βάσης τηλεπικοινωνιών είναι ένας ειδικός στόχος. Δεδομένου ότι ένα επαγγελματικό σύστημα δε συνδέει μόνο τεχνικά στοιχεία (parts) , ειδική προσοχή πρέπει να επιδεικνύεται στη συμβατότητα προκειμένου να επιτευχθεί η αναμενόμενη απόδοση. Επιπλέον, ένα ηλιακό ηλεκτρικό σύστημα τηλεπικοινωνιών που εγκαθίσταται επί ενός αναμεταδότη σήματος πρέπει να είναι εξαιρετικά αξιόπιστο.

Είναι απαραίτητο να λειτουργεί ικανοποιητικά, ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών και με τη μικρότερη ανθρώπινη παρέμβαση. Στην περίπτωση μιας δυσλειτουργίας, είναι σημαντικό να διαβιβαστεί και να ενεργοποιηθεί ένας συναγερμός στον κοντινότερο επανδρωμένο σταθμό (μέσω του Network Management Center της εταιρείας που έχει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας εποπτεία του δικτύου 24/7 ενημερώνεται ο stand by που είναι υπεύθυνος για το Power Plants των Σ/Β) και να είναι δυνατή η λειτουργία του Σ/Β για κάποιο χρονικό διάστημα μέχρι να επέμβει το προσωπικό συντήρησης.

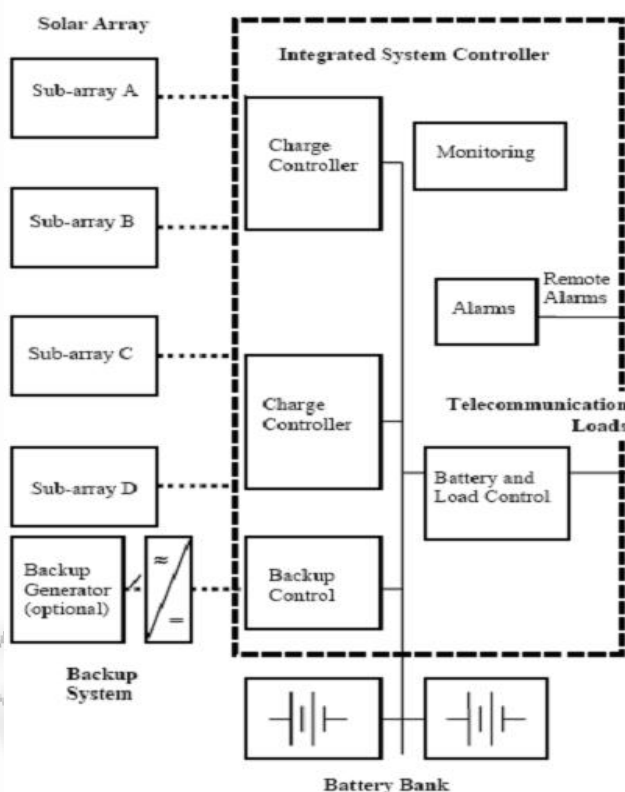
Κάτω από αυτά τα δεδομένα, οι τεχνικές παράμετροι που εξετάζονται κατά τη διάρκεια της φάσης σχεδίασης αναφέρονται στην :

- σωστή επιλογή και συμβατότητα των τεχνικών στοιχείων
- επιλογή όσο το δυνατόν πιο υψηλής ποιότητας τεχνικών στοιχείων
- ελαχιστοποίηση της πιθανότητας απώλειας-φορτίων
- αφύλακτη λειτουργία και πολύ μικρή ανθρώπινη παρέμβαση
- λειτουργία υπό εξαιρετικά σκληρές καιρικές συνθήκες (χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες, χιόνι που καλύπτει τα συστήματα, δυνατοί άνεμοι, υγρασία)

[17]

2.2.5.2 Ταξινόμηση Συστημάτων

Η ταξινόμηση των Φ/Β συστημάτων στους Σ/Β γίνονται από έναν προμηθευτή (supplier) , με τη χρήση ενός πρόσθετου προγράμματος υπολογιστών. Οι τροποποιήσεις, όπου απαιτούνται, πραγματοποιούνται για να εναρμονιστούν τα συστήματα με τις μικροκλιματικές ιδιαιτερότητες των περιοχών. Ένα γενικό διάγραμμα ενός συστήματος τηλεπικοινωνιών που τροφοδοτείται από Φ/Β σύστημα παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα :



Σχήμα 1 . Σχεδιάγραμμα ηλιακά-τροφοδοτούμενου συστήματος τηλεπικοινωνιών [17]

Φωτοβολταϊκά πάνελ

Γενικά, η Φ/Β γεννήτρια σχεδιάζεται ώστε να ικανοποιεί τη μέση καθημερινή ζήτηση φορτίων της περιόδου με τη χαμηλότερη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία. Κατά αυτόν τον τρόπο, ικανοποιητική ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη πάντα μέσα στο έτος. Η κλίση σειράς τίθεται έτσι ώστε να υπάρχει πάντα η βέλτιστη απόδοση κατά τη διάρκεια των χειμερινών περιόδων .

Μπαταρίες και Αποθήκευση Ενέργειας (Battery Storage)

Η συστοιχίες μπαταριών εγκαθίστανται στο σύστημα για να καλυφθεί το μέσο καθημερινό φορτίο για τις διευκρινισμένες ημέρες αυτονομίας, δηλ. ημέρες χωρίς ενεργειακή εισαγωγή από τη Φ/Β γεννήτρια. Άλλες τεχνικές παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη αναφέρονται στην ικανότητα αποκατάστασης των μπαταριών από τις απότομες εναλλαγές της θερμοκρασίας (από υψηλές θερμοκρασίες στον παγετό) και από την εκ περιτροπής ενεργοποίησή τους. Οι μπαταρίες δηλαδή επηρεάζονται άμεσα από τις εκάστοτε θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να χάνουν μέρος της αυτονομίας τους. Οι συστοιχίες μπαταριών στεγάζονται πάντα στα πρόσθετα μεταλλικά κιβώτια ώστε αυτές να προστατεύονται από τη διάβρωση και τις ακραίες καιρικές συνθήκες.

Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στα ηλιακά-τροφοδοτούμενα τηλεπικοινωνιακά φωτοβολταϊκά συστήματα είναι οι ειδικά σχεδιασμένες μπαταρίες ιόντων -λιθίου. Αυτή η τεχνολογία μπαταριών παρέχει πολύ καλά χαρακτηριστικά ανακύκλωσης, αν και το ξαναγέμισμα νερού είναι απαραίτητο μία φορά ή δύο φορές ανά έτος ανάλογα με τη θέση του σταθμού.

Με στόχο να μεγιστοποιηθεί η λειτουργική διάρκεια ζωής των μπαταριών, οι ακόλουθοι όροι κύκλων λειτουργίας (cycling) λαμβάνονται υπόψη στη φάση σχεδιασμού ενός συστήματος :

- **Ημερήσιος κύκλος λειτουργίας (Daily Cycling)**

Η χωρητικότητα των μπαταριών (η αυτονομία τους) υπολογίζεται όσον αφορά το φορτίο, έτσι ώστε το ύψος εκφόρτισης τους σε ένα χαρακτηριστικό καθημερινό κύκλο να μην υπερβαίνει το 10% της ονομαστικής χωρητικότητας των μπαταριών (πολύ ρηχή ανακύκλωση). Την επόμενη ημέρα, η ακτινοβολία είναι υποτίθεται σύμφωνα με το σχεδιασμό, ικανή για να επαναφορτίσει πλήρως τις μπαταρίες.

- **Ετήσιος κύκλος λειτουργίας (Season Cycling)**

Η ιδανική κατάσταση για ένα Φ/Β σύστημα με υψηλές απαιτήσεις αυτονομίας θα ήταν η ηλιακή σειρά να είναι σε θέση να κρατάει την μπαταρία σε έναν πλήρως φορτισμένο επίπεδο ακόμη και στη χειρότερη ηλιακή ημέρα έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία μέσα σε ένα έτος.

Αυτό θα οδηγούσε βεβαίως σε ένα μεγάλο μεγέθους και δαπανηρό σύστημα. Στην πραγματικότητα, τα Φ/Β συστήματα τηλεπικοινωνιών σχεδιάζονται για να επιτρέψουν την εποχιακή παραλλαγή στην συστοιχία μπαταριών μέχρι 40% της συνολικής ικανότητάς τους.

- **Ελεγκτής (Controller)**

Ο ελεγκτής σε έναν ηλιακά-τροφοδοτούμενο σταθμό βάσης τηλεπικοινωνιών είναι ένα μέρος του γενικού συστήματος ζωτικής σημασίας. Ένας "αφιερωμένος" (dedicated) ελεγκτής σχεδιάζεται για να παρέχει φορτίο πάντα και να αποσυνδέσει ή να επανασυνδέσει την ηλιακή σειρά όταν απαιτείται. Το τελευταίο εξασφαλίζει ότι η μπαταρία διατηρείται σε καλή κατάσταση ελέγχοντας το ποσοστό φόρτισης και παρεμποδίζοντας την υπερβολική υπερφόρτωση ή την εύκολη εκφόρτισή της (discharge).

Ένας "αφιερωμένος ελεγκτής" (dedicated controller) παρέχει επίσης τα μέσα για τη επίβλεψη των συστημάτων μέσω των λειτουργιών του και συναρτήσεων συναγερμών (alarms). Ειδοποιείται εν ολίγοις το Network Management Center για τυχόν δυσλειτουργία του συστήματος.

Οι ελεγκτές που χρησιμοποιούνται στα Φ/Β συστήματα τηλεπικοινωνιών είναι βασισμένοι σε έναν ειδικά σχεδιασμένο πίνακα 30A (series regulator board). [17]

2.2.5.3 Παράδειγμα σχεδιασμού συστήματος

Για ένα σωστό σχεδιασμό θα πρέπει καταρχήν να προσδιορισθεί η χρονική λειτουργία του συστήματος. Εν συνεχεία θα καθορισθεί το φορτίο. Κατόπιν με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα επιλέγεται η κλίση των συλλεκτών και έτσι καθορίζεται η απαιτούμενη ισχύς αιχμής, το πλήθος και η οργάνωση των Φ/Β πλαισίων, καθώς και η χωρητικότητα των συσσωρευτών.

Χρονική περίοδος.

Είναι φανερό ότι το σύστημα θα πρέπει να λειτουργεί αξιόπιστα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, θα πρέπει δηλαδή κάθε μέρα να καλύπτει το φορτίο.

Ηλεκτρικές Καταναλώσεις.

Έχουμε ένα τριφασικό ασύγχρονο κινητήρα ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ένα μικρό για τα δεδομένα του φορτίο. Ο κινητήρας έχει ονομαστική ισχύ 1,9 KW και λειτουργεί για 7 ώρες την ημέρα.

$$E = P * h$$

Οπότε $E = 1,9 \text{ kW} \times 7 \text{ h/d} = 13,3 \text{ kWh/d}$, είναι η ημερήσια κατανάλωση του φορτίου

Η ηλιακή ενέργεια.

Για ένα σύστημα που θα εγκατασταθεί στα Οινόφυτα, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα τα μετεωρολογικά δεδομένα για τρεις διαφορετικές κλίσεις του συλλέκτη :

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιου	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Κλίση 30°	3,22	3,94	5,54	5,70	5,74	6,19	6,42	6,37	5,80	4,12	3,00	2,30
Κλίση 45°	2,39	3,09	3,73	4,58	5,20	5,50	5,74	5,93	5,47	4,30	3,27	2,54
Κλίση 60°	4,58	4,59	4,6	4,71	4,85	4,89	4,92	5,20	5,10	5,26	4,66	4,55
Θερμοκρασία	10,1	10,8	12,1	17,0	20,7	25,0	27,3	27,0	23,5	19,2	15,4	11,9

Πίνακας 1: Η μέση ημερησία ακτινοβολία (kWh/m² per day), για διαφορετικές κλίσεις του συλλέκτη, και η μέση θερμοκρασία του αέρα στη διάρκεια των φωτεινών ωρών της ημέρας.

Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια

1. Κλίση των συλλεκτών.

Από τον πίνακα βλέπουμε ότι πρέπει να επιλέξουμε την κλίση 30° για τους μήνες Μάρτη ως Σεπτέμβρη και την κλίση 60° για τους μήνες Οκτώβρη με Φεβρουάριο. Πρέπει δηλαδή δυο φορές το χρόνο να αλλάζει η κλίση, πράγμα που μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα.

2. Η απαιτούμενη ισχύς αιχμής.

Για να υπολογίσουμε την απαιτούμενη ισχύ των Φ/Β πάνελ χρησιμοποιούμε τη σχέση που δίνει την ισχύ αυτή σε συνάρτηση με την μέση ημερησία προσπίπτουσα ακτινοβολία του μήνα με τις χειρότερες συνθήκες, με την ημερησία κατανάλωση του φορτίου και με δυο συντελεστές που έχουν να κάνουν με απώλειες ρύπανσης και απώλειες με τη θερμοκρασία. Επιλεγούμε το χειρότερο μήνα ούτως ώστε να μπορούμε να καλύψουμε τις απαιτήσεις του φορτίου όλο το χρόνο. Από τον πίνακα 1 βλέπουμε ότι τη μικρότερη μέση τιμή ημερησίας ακτινοβολίας έχει ο Μάρτιος με 5,54kWh/m² per day για τις 30° και ο Δεκέμβριος με 4.55kWh/m² per day για τις 60° . Η μέση θερμοκρασία του αέρα στις φωτεινές ώρες της ημέρας είναι 12,1° C για τον Μάρτιο και 11,9 ° C για τον Δεκέμβριο . Δεχόμενοι ότι η θερμοκρασία των ηλιακών

στοιχείων θα είναι περίπου 30 ° C υψηλότερη του αέρα, καταλήγουμε σε περίπου 42,1 ° C τον Μάρτιο και σε 41,9° C τον Δεκέμβριο .Η αντίστοιχη τιμή του συντελεστή θερμοκρασιακής διόρθωσης¹ είναι $\sigma\theta=1,1$ [$\sigma\theta = (5,54 \text{ kWh/m}^2)/(4,9 \text{ kWh/m}^2)$] περίπου για το μήνα Μάρτιο και $\sigma\theta= 0,93$ [$\sigma\theta= (4,55 \text{ kWh/m}^2) / (4,9 \text{ kWh/m}^2)$] για το μήνα Δεκέμβριο. [40] Ως προς τη ρύπανση των Φ/Β συλλεκτών, προβλέπουμε ότι λόγω των ανέμων και της σκόνης, θα γίνεται περιοδική επιθεώρηση και ενδεχομένως καθαρισμός της επιφάνειας τους, και υποθέτουμε για τον συντελεστή καθαρότητας² την τιμή $\sigma\rho=0,9$ [41],[42].

Εφαρμόζουμε τη σχέση

$$P_{\alpha}(\text{kWp})=E(\text{kWh/d}) * I(\text{kW/m}^2)/\Pi(\text{kWh/m}^2/\text{ per day}) * \sigma\theta * \sigma\rho, \text{ όπου}$$

E είναι η ημερήσια κατανάλωση του φορτίου

Π η μέση ημερήσια ακτινοβολία (εδώ του Μαρτίου και του Δεκεμβρίου)

Για να υπολογίσουμε την ιδανικά απαιτούμενη ισχύ αιχμής της Φ/Β εγκατάστασης βρίσκουμε για τον Μάρτιο την τιμή:

$$P=13,3*(1/5,54)*1,1*0,9=2,37 \text{ kWp}$$

$$\text{Για τον Δεκέμβριο } P=13,3*(1/4,55)*0,93*0,9= 2,45 \text{ kWp.}$$

Αφού υπολογίσαμε την ισχύ αιχμής της Φ/Β γεννήτριας κάθε περιόδου, σημειώνουμε από τις δύο τη μεγαλύτερη (του Δεκέμβρη δηλαδή) με βάση την ίδια λογική που προαναφέραμε.

Στη συνέχεια προχωράμε σε μια χονδρική εκτίμηση των απωλειών του συστήματος.

Πέρα από τους συντελεστές διόρθωσης ($\sigma\theta$) και καθαρότητας ($\sigma\rho$) που λάβαμε υπόψη μας κατά τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύς της φωτοβολταϊκής

¹ $\sigma\theta$ ορίζεται σαν το πηλίκο της μέσης ημερήσιας ακτινοβολίας του Φ/Β σε σχέση με την ενέργεια που αποδίδει το ίδιο Φ/Β στη θερμοκρασία των 20 C ° -- στους 20 C ° η ενέργεια που αποδίδει το Φ/Β είναι περίπου 4.9 kWh/m² per day

² $\sigma\rho$ ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο Φ/Β πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που όταν η επιφάνεια του είναι τελείως καθαρή. Η τιμή του $\sigma\rho$ είναι τόσο μικρότερη από τη μονάδα, όσο εντονότερη είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, όσο μικρότερη είναι η κλίση του Φ/Β πλαισίου, όσο σπανιότερες είναι οι βροχές στην περιοχή κτλ. Παίρνει τιμές $\sigma\rho \approx 1 \pm 0,1$

εγκατάστασης πρέπει να υπολογίσουμε τις ηλεκτρικές απώλειες στους αγωγούς που συνδέουν τα Φ/Β πλαίσια με τις Φ/Β συστοιχίες, καθώς και τις απώλειες στις συνδέσεις των Φ/Β πλαισίων με τα άλλα μέρη του Φ/Β συστήματος - τον μετατροπέα τάσης ac-dc, τον αντιστροφέα τάσης dc-ac και τους συσσωρευτές -. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές ο μέγιστος συντελεστής απόδοσης ενός μετατροπέα ac-dc και ενός αντιστροφέα dc-ac φτάνει το 95-97% [43],[44].Εμείς υποθέτουμε και στις δύο περιπτώσεις πως φτάνει το 90% (οπότε οι απώλειες είναι 10%), ο συντελεστής απόδοσης των μπαταριών (θεωρούμε πως χρησιμοποιούμε μπαταρίες τεχνολογίας ιόντων-λιθίου η απόδοση των οποίων είναι 80-90%) [46] υποθέτουμε πως είναι 85% (απώλειες 15%) και οι απώλειες στους αγωγούς του δικτύου υπολογίζονται στο 5% (οι απώλειες καλωδίων θεωρούνται σχεδόν μηδενικές). Συνεπώς η συνολική απώλεια του συστήματος υπολογίζεται ως το άθροισμα των απωλειών των επιμέρους μερών του συστήματος [45].

$$\alpha = A (\text{μετατροπέα ac-dc}) + A (\text{αντιστροφέα dc-ac}) + A(\text{μπαταριών}) + A(\text{αγωγών})$$

$$\text{Άρα } \alpha = 0,1 + 0,1 + 0,15 + 0,05 = 0,4$$

Επομένως η ελάχιστη ισχύς αιχμής της Φ/Β γεννήτριας πρέπει να είναι:

$$P' = P/\alpha = 2,45/0,4 = 6,125 \text{ kWp.}$$

3. Το πλήθος και η οργάνωση των Φ/Β πλαισίων.

Χρησιμοποιώντας πλαίσια των 150 Wp μπορούμε να υπολογίσουμε τον συνολικό αριθμό των πλαισίων του συστήματος που είναι: $6125/150=41$. Συνεπώς μπορούμε να τοποθετήσουμε πάνω από 41 πλαίσια αναλόγως με την ομαδοποίηση προκειμένου να έχουμε την επιθυμητή τάση εξόδου. Άλλωστε μερικά επιπρόσθετα πλαίσια είναι απαραίτητα για να καλύπτουν τυχόν απώλειες από διαφόρους παράγοντες (π.χ απώλειες προσαρμογής η σκίασης).

4. Οι συσσωρευτές.

Θεωρούμε ότι οι συσσωρευτές του συστήματος θα έχουν τάση $V=48$ V. Επίσης με βάση τα κατασκευαστικά πρότυπα θεωρούμε ότι το βάθος εκφόρτισης των συσσωρευτών θα είναι $\beta=80\%$ [46], ο συντελεστής απόδοσης $\alpha=85\%$ [46] και ότι θα πρέπει να αποθηκεύουν επαρκή ηλεκτρική ενέργεια για να καλύψουν την κατανάλωση τουλάχιστον 3 διαδοχικών θερινών ημερών . Δηλαδή να έχουν ικανότητα αποθήκευσης:

$$E\theta = \text{days} * E \quad \text{Ικανότητα Αποθήκευσης}$$

$$E\theta=13,3\text{kWh/d}*3\text{d}=39,9\text{kWh}.$$

Οπότε με βάση τα παραπάνω στοιχεία έχουμε την ονομαστική χωρητικότητα συσσωρευτή η οποία είναι:

$$C_n=E\theta/\alpha * \beta * V= 39,9\text{kWh}/0,85*0,8*150=391\text{Ah}.$$

2.3 Αιολική Ενέργεια

2.3.1 Γενικά

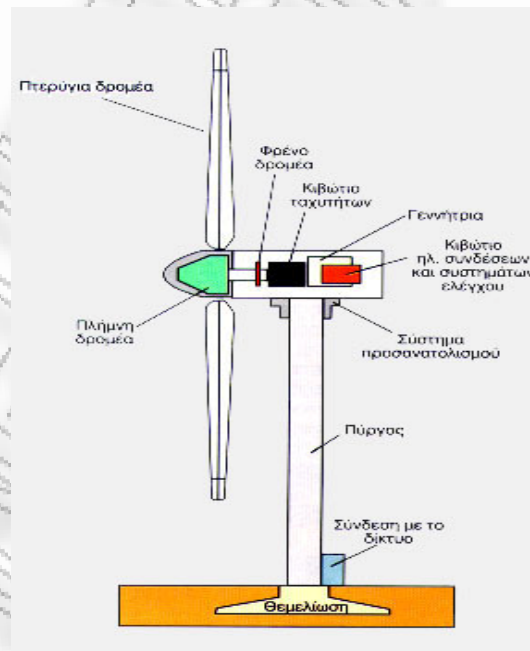
Η αιολική ενέργεια αποτελεί μία εναλλακτική πηγή που ακόμα δεν έχει αξιοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό. Αποτελεί μια πηγή ενέργειας ανανεούμενη συνεχώς και θεωρητικά ανεξάντλητη. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει εάν υπήρχε η δυνατότητα και η τεχνολογία να καταστεί εκμεταλλεύσιμη η παραγόμενη από τον άνεμο ηλεκτρική ενέργεια σε ολόκληρη τη γη κατά τη διάρκεια ενός έτους, θα ήταν διπλάσια από τη συνολική ανάγκη ενέργειας που απαιτείται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Στην πραγματικότητα όμως μόνο ένα μικρό ποσοστό αυτής της ενέργειας είναι σήμερα αξιοποιήσιμο. Όταν σε μια περιοχή πνέουν άνεμοι με μέση ετήσια ταχύτητα πάνω

από 5,1 m/sec σε ύψος πάνω από 10m από το έδαφος, τότε η περιοχή αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί ως κατάλληλη για την εγκατάσταση συστημάτων εκμετάλλευσης και αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας μπορεί να γίνει με συστήματα που έχουν τη δυνατότητα να μετατρέψουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και είναι γνωστά ως ανεμογεννήτριες [18].

Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι αυτές του οριζόντιου άξονα και διαιρούνται σε τέσσερα βασικά υποσυστήματα.

- Τον δρομέα αποτελούμενο από δύο ή τρία πτερύγια
- Την άτρακτο που περιλαμβάνει την γεννήτρια και το μετατροπέα στροφών
- Τον πύργο που στηρίζει το δρομέα και την άτρακτο
- Τους ηλεκτρικούς ελεγκτές , τις καλωδιώσεις και τον εξοπλισμό εποπτείας και ελέγχου



Σχήμα 2. Ανεμογεννήτρια Οριζόντιου Άξονα [18]

2.3.2 Αιολική ενέργεια και Σταθμοί Βάσης

Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή των ανεμογεννητριών σήμερα είναι η σύνδεσή τους με το κεντρικό δίκτυο έτσι ώστε να διοχετεύουν την παραγόμενη ενέργεια σε αυτό. Η εφαρμογή αυτή είναι ιδιαίτερα απλή μιας και η σύνδεση του κεντρικού δικτύου με ένα αιολικό πάρκο μπορεί να γίνει μέσω ενός υποσταθμού μειώνοντας κατά πολύ το κόστος καθώς δεν απαιτείται κάποια έξτρα εγκατάσταση μηχανισμού εποπτείας και ελέγχου.

Η εφαρμογή αυτή είναι αρκετά σημαντική και οικονομικώς αποδοτική για πολλές βιομηχανίες αλλά σίγουρα όχι για αυτή των τηλεπικοινωνιών και συγκεκριμένα της ηλεκτροδότησης των Σ/Β.

Η τοποθέτηση ανεμογεννήτριας για την τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια σε ένα Σ/Β γίνεται δελεαστική αν σταθούμε στην δυνατότητα της αυτόνομης λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας.

Οι αυτόνομες ανεμογεννήτριες και η σύνδεσή τους με Σ/Β αποτελούν ελκυστική λύση σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται από το κεντρικό δίκτυο και πληρούν τις προδιαγραφές με βάση τα διαθέσιμα μέσα ποσοστά του ανέμου.

Από τις πλέον πρόσφορες περιοχές για την εφαρμογή και εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων αποτελούν οι παράλιες περιοχές. Χώρες επίσης που έχουν νησιωτικές περιοχές (όπως η Ελλάδα), όπου συχνά πλέουν ισχυροί άνεμοι και παράλληλα υπάρχει περιορισμένη παροχή ενέργειας από το κεντρικό δίκτυο αποτελούν ιδανικές περιπτώσεις.

Στους σταθμούς βάσης όπως έχουμε αναφέρει οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι μικρές. Οι ανεμογεννήτριες συνεπώς σε συνδυασμό με συστοιχίες μπαταριών για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας και της χρήσης της σε συνθήκες άπνοιας, αποτελούν μια εφαρμόσιμη λύση.

Σε πολλές περιπτώσεις και ειδικότερα στην περίπτωση των Σ/Β, όπου απαιτείται η συνεχής και αδιάλειπτη λειτουργία της μονάδας, η εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας μπορεί να συνοδεύεται από την παράλληλη εγκατάσταση μιας εφεδρικής γεννήτριας πετρελαίου ώστε να διασφαλίζεται η συνεχής λειτουργία του Σ/Β.

Η εγκατάσταση πάντως μιας ανεμογεννήτριας πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά ώστε να μην επηρεάζεται σε καμία περίπτωση το περιβάλλον και η ευρύτερη περιοχή. Η λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας είναι πλέον σχεδόν αθόρυβη, δίνοντας ουσιαστικά ένα επιπλέον πλεονέκτημα σε σχέση με τις γεννήτριες πετρελαίου που κατά τη λειτουργία τους προκαλούν αρκετό θόρυβο.

Βασικό εμπόδιο που έχει ξεπεραστεί και κάνει πλέον ακόμα πιο εφικτή την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος σε πολλές χώρες και ιδιαίτερα αυτές της Ε.Ε ήταν το μέχρι πρότινος ισχύον νομοθετικό πλαίσιο. Οι αλλαγές όμως στους νόμους (Ν.3851/2010) που αφορούσαν την διαδικασία απόκτησης άδειας κατασκευής και λειτουργίας αιολικών έργων σε συνδυασμό με τις δυνατότητες χρηματοδότησης δημιούργησε μεγάλες ευκαιρίες επέκτασης και επένδυσης στην αιολική ενέργεια όπως και στις άλλες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας [47].

Αναπόφευκτα συνεπώς οι πάροχοι κινητών υπηρεσιών στρέφονται και μελετούν τεχνοοικονομικά τη δυνατότητα και τη βιωσιμότητα σχετικών επενδύσεων.

Μέχρι στιγμής, εγκατεστημένα συστήματα τροφοδότησης Σ/Β από ανεμογεννήτρια υπάρχουν στην Αϊτή. Συγκεκριμένα υπάρχουν σταθμοί βάσης GSM που τροφοδοτούνται από τουρμπίνα 7.5 kW η οποία είναι εγκατεστημένη σε πύργο 30m. [15].

2.3.3 Πλεονεκτήματα

Υπολογίζεται πως η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος, στην κατάλληλη φυσικά περιοχή, θα επιφέρει μια μείωση του OPEX κατά 50-90% σε σύγκριση με ένα Σ/Β που τώρα τροφοδοτείται από 24h γεννήτρια πετρελαίου.[15] Η μείωση αυτή οφείλεται στην εξοικονόμηση χρημάτων που γίνεται, καθώς δεν απαιτείται αφενός μεν περιοδική συντήρηση αφετέρου δε περιοδική προμήθεια, όπως απαιτεί μια γεννήτρια πετρελαίου. Ανάλογα με το κόστος καυσίμων και τα επίπεδα του αέρα, η επιστροφή χρημάτων μιας τέτοιας επένδυσης υπολογίζεται πως μπορεί να γίνει σε διάστημα 2-4 ετών.

Ένα δεύτερο πολύ σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί επίσης η μείωση των εκπομπών CO₂ σε ποσοστό 70-90%. Ακόμα και η λειτουργία μιας μικρής γεννήτριας πετρελαίου προκαλεί σημαντική ρύπανση στο περιβάλλον. Η αιολική ενέργεια απ' την άλλη δεν "παράγει" καμία ρύπανση [17].

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας . Το γεγονός αυτό σημαίνει πως δεν εξαντλείται σε αντίθεση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων, των οποίων τα βεβαιωμένα αποθέματα του πλανήτη αναμένεται να εξαντληθούν στο άμεσο μέλλον.

Βασικό πλεονέκτημα αποτελεί φυσικά το γεγονός πως αποτελεί μια καθαρή μορφή ενέργειας , που δεν επηρεάζει αρνητικά το περιβάλλον. Ακόμα και η συνεχής χρήση της δεν επιβαρύνει σε καμία περίπτωση το οικοσύστημα σε αντίθεση με τις αρνητικές εκπομπές του πετρελαίου [11].

2.3.4 Μειονεκτήματα

Η χρήση μιας ανεμογεννήτριας για την τροφοδότηση ενός Σ/Β σημαίνει αυτόματα και υψηλότερο CAPEX για την εταιρεία.

Αυτό συμβαίνει διότι το σύστημα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος από ανεμογεννήτρια μπορεί να κοστίσει 5-6 φορές περισσότερο απ' ότι ένα ολοκληρωμένο σύστημα γεννήτριας πετρελαίου. Υπάρχουν τρόποι να μειωθούν αυτές οι δαπάνες, όπως η εγκατάσταση εξοπλισμού υψηλότερης αποδοτικότητας στο Σ/Β, η θερμική διαχείριση καθώς και η χρηματοδότηση του έργου [15].

Ένας άλλος παράγοντας που αυξάνει το CAPEX είναι ότι οι πόροι από την αιολική ενέργεια δεν είναι επαρκείς σε κάποιους Σ/Β, έτσι ο προγραμματισμός ενός επικείμενου rollout είναι λίγο πιο σύνθετος μιας και δεν μπορούν να έχουν ακριβώς όλοι οι Σ/Β τον ίδιο εξοπλισμό παροχής ενέργειας.

Ένα άλλο βασικό μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός πως η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως προς την παραγωγή της από κάποια ασυνέχεια, καθώς και από αδυναμία παραγωγής ενέργειας κατά βούληση με σκοπό την κάλυψη στιγμιαίας

ζήτησης. Το γεγονός αυτό δημιουργεί την ανάγκη αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις του Σ/Β σε περιόδους άπνοιας.

Αντιλαμβανόμαστε όμως, πως η εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης αυξάνει σημαντικά το αρχικό κόστος εγκατάστασης καθώς επίσης προσθέτει και επιπλέον απώλειες μετατροπής. Η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να γίνει με την εγκατάσταση συστοιχιών μπαταριών. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, για να διασφαλίσουμε την αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος μπορούμε να εγκαταστήσουμε μια εφεδρική γεννήτρια πετρελαίου, αυξάνοντας όμως το αρχικό κόστος.

Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι από το σύνολο της απορροφόμενης αιολικής ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια, μόνο ένα μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια λόγω των αεροδυναμικών και των μηχανικών απωλειών και περιορισμών.

Αρνητικό στοιχείο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί επίσης το γεγονός πως η εγκατάσταση συστημάτων για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ακόμα πολλές εταιρείες με την ανάλογη τεχνογνωσία της συγκεκριμένης τεχνολογίας αυξάνοντας παράλληλα το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης (εάν και εφόσον απαιτηθεί) μιας κ υπάρχει ακόμα μικρός ανταγωνισμός.

Τέλος, όπως και στην περίπτωση της εγκατάστασης των Φ/Β συστημάτων υπάρχει η ίδια ή ακόμα και μεγαλύτερη δυσπιστία εγκατάστασης ανεμογεννητριών για την τροφοδότηση των Σ/Β από τους παρόχους. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει οι πάροχοι επιθυμούν την αξιόπιστη, εύρυθμη και συνεχή λειτουργία του δικτύου τους για αυτό προχωράνε με μεγάλη επιφυλακτικότητα και παράλληλα μεθοδικότητα σε ένα έργο μεγάλου οικονομικού μεγέθους με απόσβεση και επιστροφή της επένδυσης σε 2-4 χρόνια και προς το παρόν με αμφίβολα ποσοστά επιτυχίας.

2.3.5 Συμπέρασμα

Η αιολική ενέργεια είναι ανεξάντλητη και σχετικά οικονομική δημιουργώντας μια "πρόκληση" για τους παρόχους. Με δεδομένη τη μείωση του OPEX σε μια επικείμενη

επένδυση , αλλά με δεδομένη παράλληλα την αύξηση του CAPEX η απόφαση επένδυσης δε μπορεί να χαρακτηριστεί εύκολη.

Η ανάπτυξη και η επένδυση ενός παρόχου σε ένα καθαρό αιολικό σύστημα ανεμογεννήτριας κρίνεται προς το παρόν αρνητικά. Η απόφαση για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος θα ήταν πιο εύκολη και θα χαρακτηριζόταν από μικρότερο ρίσκο εάν αφορούσε στην εγκατάσταση ενός ολοκληρωμένου υβριδικού συστήματος, εξασφαλίζοντας ουσιαστικά την αδιάλειπτη και 24/7 λειτουργία του Σ/Β και συνεπώς του δικτύου του. Παρόλα αυτά η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος θα ανεβάσει ακόμα περισσότερο το CAPEX.

Η επένδυση κεφαλαίων από μια ιδιωτική εταιρεία σε ένα ολοκληρωμένο υβριδικό σύστημα για την τροφοδότηση ενός Σ/Β θα ήταν ακόμα περισσότερο ελκυστική εάν υπήρχε κάποια οικονομική ενίσχυση από το κράτος με την μορφή επιχορήγησης (κοινοτικά πλαίσια στήριξης) ή μείωσης της φορολογίας στα πλαίσια της παγκοσμιοποιημένης ιδέας της Πράσινης Ανάπτυξης.

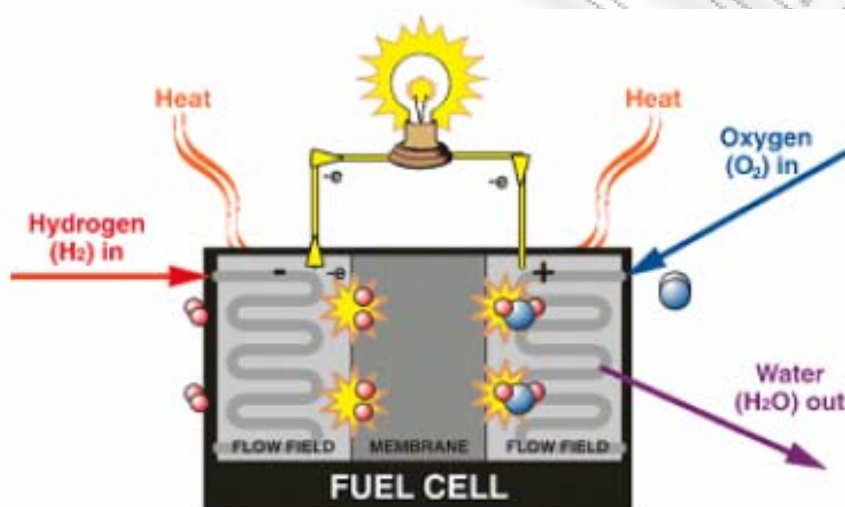
Με δεδομένα δηλαδή τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που μπορεί να προσφέρει η ανάπτυξη εγκαταστάσεων για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας και με εξασφαλισμένη την αδιάλειπτη λειτουργία του σταθμού βάσης με την παράλληλη εγκατάσταση ολοκληρωμένου υβριδικού συστήματος και με τα κίνητρα που μπορεί να δώσει το κράτος – οικονομικά και φορολογικά – μειώνοντας ουσιαστικά το CAPEX της επένδυσης της εταιρείας η λύση θα μπορούσε να κριθεί επενδυτική ευκαιρία από οποιοδήποτε πάροχο.

Συνυπολογίζοντας τις θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη διάδοση και τη χρήση της αιολικής ενέργειας , την αφθονία του συγκεκριμένου ενεργειακού πόρου και την εξάντληση των αποθεμάτων πετρελαίου , αργά ή γρήγορα οι εταιρείες θα αναγκαστούν να επενδύσουν στην συγκεκριμένη τεχνολογία μέσω υβριδικών κυρίως συστημάτων.

2.4 Κυψέλες Καυσίμου (Fuel Cells)

2.4.1 Γενικά

Οι κυψέλες καυσίμου είναι ηλεκτροχημικές συσκευές που μετατρέπουν άμεσα τη χημική ενέργεια των καυσίμων σε ηλεκτρική ενέργεια με υψηλή αποδοτικότητα, χωρίς εσωτερικά κινούμενα μέρη. Οι κυψέλες καυσίμου λειτουργούν παρόμοια με τις μπαταρίες. Μια σημαντική διαφορά βεβαίως είναι ότι οι μπαταρίες αποθηκεύουν ενέργεια, ενώ αντίθετα οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να παραγάγουν ηλεκτρική ενέργεια συνεχώς εφ' όσον παρέχονται τα απαραίτητα καύσιμα και ο αέρας.



Σχήμα 3. Απεικόνιση λειτουργίας Κυψέλης Καυσίμου [7]

Οι κυψέλες καυσίμου όπως αναφέραμε είναι συσκευές ηλεκτροχημικής μετατροπής. Ενώνουν ηλεκτροχημικά ένα καύσιμο, που κατά κανόνα είναι υδρογόνο, με ένα οξειδωτικό χωρίς καύση. Η χημική αντίδραση που πραγματοποιείται μέσα στην κυψέλη οδηγεί στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη έκλυση θερμότητας και νερού, καθώς προστίθενται το καύσιμο και το οξυγόνο. Η συνεχόμενη εισροή του καυσίμου είναι αναγκαία για τη λειτουργία της κυψέλης καυσίμου [10], [34].

2.4.2 Κυψέλες Καυσίμου και Σταθμοί Βάσης

Οι Σταθμοί Βάσης όπως έχουμε ήδη αναφέρει μπορεί να τροφοδοτούνται είτε από το κεντρικό δίκτυο, είτε από γεννήτρια πετρελαίου, είτε τον τελευταίο καιρό από κάποια

μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Οι σταθμοί βάσης για να εξασφαλίσουν την συνεχή λειτουργία τους περιέχουν συστοιχίες μπαταριών έτσι ώστε να διασφαλίσουν την ενεργειακή τους αυτονομία σε περίπτωση δυσλειτουργίας του κύριου παρόχου που τους τροφοδοτεί. Οι κυψέλες καυσίμου αποτελούν μια τεχνολογία η οποία μελετάται για το κατά πόσο είναι εφικτό να αντικαταστήσει κατά πρώτο λόγο την συμβατική τεχνολογία μπαταριών που υπάρχει αυτή τη στιγμή στους Σ/Β και δευτερευόντως τις εφεδρικές (stand by) γεννήτριες πετρελαίου [17].

Αποτελούν με λίγα λόγια μια τεχνολογία η οποία δεν προτίθεται να αποτελέσει την βασική πηγή τροφοδότησης των Σ/Β με την απαραίτητη ενέργεια αλλά μόνο να διασφαλίσει την ενεργειακή τους αυτονομία , λειτουργώντας ως υποστηρικτικός μηχανισμός.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία μελετάται έντονα τον τελευταίο καιρό για τη συμβατότητα και την αποδοτικότητα που μπορεί να έχει σε ένα shelter ενός Σ/Β. Σχεδιασμός πειραματικού συστήματος έχει ήδη γίνει όπως και κάποιες σχετικές δοκιμές. Η ιδέα βασίζεται στην ύπαρξη ενός κουτιού ελέγχου (control box) τοποθετημένου στο shelter του σταθμού και ενός μικρού χώρου δίπλα από το shelter όπου θα περιέχονται οι φιάλες οξυγόνου. Με βάση αυτή την ιδέα σχεδιασμού εύκολα μπορούμε να συμπεράνουμε πως δεν θα υπάρξει πρόβλημα συμβατότητας. Το κουτί ελέγχου είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να συνδέεται με τον κεντρικό πίνακα παροχής καθώς και με το κουτί προειδοποιήσεων (alarm box) του Σ/Β έτσι ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος απομακρυσμένος έλεγχος (remote control) από το αντίστοιχο κέντρο διαχείρισης.

Επίσης ο σχεδιασμός είναι τέτοιος ώστε να αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες που δημιουργούνται μέσα στο Σ/Β , ενώ παράλληλα δεν απαιτεί κάποιο αυτόνομο σύστημα ψύξης μιας και τα ήδη υπάρχοντα συστήματα του σταθμού (είτε κλιματιστικά, είτε ανεμιστήρες) είναι αρκετά [7].

Από την βασική αρχή σχεδιασμού του συγκεκριμένου μηχανισμού διαπιστώνουμε όμως κάποιους βασικούς περιορισμούς που δημιουργούνται από την εφαρμογή των κυψελών καυσίμου. Βασικότερος είναι πως ουσιαστικά αποτελεί μια ενδιαφέρουσα και εφαρμόσιμη λύση μόνο για σταθμούς που έχουν επιπλέον διαθέσιμο χώρο δίπλα από τον οικίσκο.

Παρακάτω παραθέτουμε μια σύντομη σύγκριση των κυψελών καυσίμου με τις εφεδρικές γεννήτριες πετρελαίου καθώς και με τις μπαταρίες. Η επιλογή μιας τεχνολογίας σημαίνει ότι αυτή υπερτερεί της άλλης στο αντίστοιχο κριτήριο σύγκρισης.

	Κυψέλες Καυσίμου	Γεννήτρια Πετρελαίου
Συντήρηση	✓	
Capital Expenditure		✓
Κόστος		✓
Φιλικό προς το περιβάλλον	✓	
Διάρκεια ζωής		✓
Όγκος συστήματος		✓
Θόρυβος	✓	

Πίνακας 2 .Σύγκριση Κυψελών Καυσίμου με γεννήτριες πετρελαίου

	Κυψέλες Καυσίμου	Μπαταρίες
Συντήρηση	✓	
Capital Expenditure		✓
Κόστος		✓
Φιλικό προς το περιβάλλον	✓	
Διάρκεια ζωής	✓	
Όγκος συστήματος		✓
Θόρυβος	✓	✓

Πίνακας 3. Σύγκριση Κυψελών Καυσίμου με μπαταρίες

2.4.3 Πλεονεκτήματα

Τα βασικά πλεονεκτήματα των κυψελών καυσίμου έναντι των μπαταριών σε ένα σταθμό βάσης είναι τα εξής :

- Οι κυψέλες καυσίμου παράγουν ενέργεια όσο τροφοδοτούνται με υδρογόνο και οξυγόνο. Αντίθετα οι μπαταρίες χρειάζονται φόρτιση.
- Οι κυψέλες καυσίμου είναι πιο αξιόπιστες, χρειάζονται λιγότερο τακτικά συντήρηση και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Έχουν εύκολη σχετικά τοποθέτηση και σύνδεση με τους σταθμούς λόγω συμβατότητας.
- Έχουν ελάχιστες εκπομπές ρύπων. Η παραγωγή ηλεκτρισμού είναι φιλική προς το περιβάλλον.
- Είναι πιο αξιόπιστες σε σχέση με τις μπαταρίες στις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν σε ένα σταθμό βάσης.
- Δεν έχουν κινητά μέρη. Συνεπώς έχουν αθόρυβη λειτουργία και μικρή συντήρηση.
- Το υδρογόνο είναι πιο ασφαλές από τα άλλα καύσιμα.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των κυψελών καυσίμου έναντι των μηχανών εσωτερικής καύσης είναι τα εξής :

- Αποτελούν πιο καθαρή πηγή ενέργειας.
- Είναι πολύ πιο αθόρυβα συστήματα, καθώς τα κινούμενα μηχανικά μέρη είναι ελάχιστα
- Είναι πιο αξιόπιστες, για τον ίδιο λόγο.
- Η συντήρησή τους είναι ευκολότερη.
- Λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- Ανταποκρίνονται πιο γρήγορα στις μεταβολές του φορτίου.
- Ευνοούν την καταναεμημένη παραγωγή της ενέργειας.

2.4.4 Μειονεκτήματα

Από την άλλη, τα κύρια μειονεκτήματα των κυψελών καυσίμου είναι τα παρακάτω :

- Ο συγκεκριμένος μηχανισμός δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους Σταθμούς Βάσης.
- Το κόστος των κυψελών καυσίμου είναι ακόμα υψηλό, συνεπώς δύσκολα θα επένδυε ένας πάροχος στην αντικατάσταση των συμβατικών μπαταριών με κυψέλες καυσίμου.
- Αν συνυπολογίσουμε όλο τον εξοπλισμό που χρειάζεται για τη λειτουργία τους, οι κυψέλες καυσίμου είναι συστήματα βαρύτερα και πιο ογκώδη από τις συστοιχίες μπαταριών και της γεννήτριας πετρελαίου, που είναι ικανές να παράγουν αντίστοιχη ποσότητα ενέργειας.

2.4.5 Συμπέρασμα

Οι κυψέλες καυσίμου αποτελούν μια τεχνολογία η οποία ακόμα δεν έχει εφαρμοστεί στους σταθμούς βάσης για να αξιολογήσουμε την αξιοπιστία τους σε βάθος χρόνου. Η εφαρμογή τους όμως σε μερικούς Σ/Β για σύντομο χρονικό διάστημα στα πλαίσια ερευνών έχουν οδηγήσει σε θετικά συμπεράσματα. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν η θετική συμπεριφορά των μονάδων κυψελών καυσίμου και η εύκολη διεπαφή με τις προϋπάρχουσες συσκευές που υπάρχουν στον οικόσφο ενός Σ/Β. Τα αποτελέσματα οδήγησαν στο συμπέρασμα πως δεν παρατηρείται καμία δυσλειτουργία.

Η αξιοπιστία που πηγάζει από τις ερευνητικές εφαρμογές πεδίου που έχουν γίνει καταδεικνύει ότι οι κυψέλες καυσίμου είναι μια καλή εναλλακτική επιλογή για τα εφεδρικά συστήματα Σ/Β. Αυτή η λύση αντιπροσωπεύει μια ποιοτική υπηρεσία, καλύτερη από τα παραδοσιακά συστήματα με ελάχιστες δαπάνες συντήρησης και διαχείρισης. Για αυτούς τους λόγους οι κυψέλες καυσίμου είναι μια καλή λύση για τους Σ/Β όπου η αδιάλειπτη διαθεσιμότητα των υπηρεσιών είναι υψηλής προτεραιότητας.

Η αναπτυξιακή τάση στη βιομηχανία κυψελών καυσίμου οδηγεί προς τη μείωση των τιμών και σε μια επακόλουθη αύξηση της ευκολίας εγκατάστασης συστημάτων κυψελών καυσίμου. Στην περίπτωση που η μείωση τιμών είναι τόσο ώστε να συγκρίνεται και να κρίνεται ανταγωνιστική της εγκατάστασης συστοιχιών μπαταρίας, οι κυψέλες καυσίμου αποτελούν μια ελκυστική λύση για τους σταθμούς βάσης στους οποίους η εγκατάστασή τους είναι εφικτή.

2.5 Βιομάζα - βιοκαύσιμα

2.5.1 Γενικά

Τα βιοκαύσιμα περιλαμβάνουν τα καύσιμα όπως το biodiesel, τα φυτικά έλαια, την αιθανόλη, τη μεθανόλη, το βιοαέριο και άλλα καύσιμα που παράγονται από βιολογική προέλευση. Πρακτικά στο όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Το biodiesel μπορεί να παραχθεί από διάφορα αέρια πετροχημικής βιομηχανίας συμπεριλαμβανομένων των πιεσμένων στο κρύο φυτικών ελαίων, των φυτικών ελαίων αποβλήτων, των ζωικών λιπών και των ελαίων ψαριών.

Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η βιομάζα αποτελεί μια ανεξάρτητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο.

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει η ετήσια βιομάζα που παράγεται στον πλανήτη υπολογίζεται ότι ανέρχεται στα 170 δισεκατομμύρια τόνους ξηρού υλικού. Η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από τη βιομάζα αυτή είναι δεκαπλάσια της ενέργειας που καταναλώνεται στον πλανήτη μας στο ίδιο διάστημα.

Η ενέργεια αυτή παραμένει ανεκμετάλλευτη ακόμα, μιας και μόνο περίπου το 13,5% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα. Η χρήση της περιορίζεται κυρίως σε συγκεκριμένες μορφές και σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή θερμότητας π.χ καυσόξυλα.

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούν οι συμβατικές πηγές ενέργειας σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα της βιομάζας κάνουν της προοπτικές αξιοποίησης της συγκεκριμένης πηγής ενέργειας εξαιρετικά ευοίωνη. Η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί σε συγκεκριμένες περιπτώσεις μπορεί να χαρακτηριστεί οικονομικά ανταγωνιστική σε σχέση με αυτή που παράγεται από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας [18] ,[34].

2.5.2 Βιοκαύσιμα και Σταθμοί Βάσης

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρισμού δε θα μπορούσε να περάσει απαρατήρητη στην τεχνολογία των τηλεπικοινωνιών . Οι δυνατότητες που δίνει αποτελούν μια ενδιαφέρουσα περίπτωση για τη χρησιμοποίηση της στις γεννήτριες πετρελαίου που τροφοδοτούν σήμερα σε αρκετές περιπτώσεις τους Σ/Β.

Θεωρητικά, το βιοκαύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια κανονική μηχανή γεννητριών πετρελαίου χωρίς τροποποίηση - εντούτοις, αυτό πρέπει να επιβεβαιωθεί από τον εκάστοτε προμηθευτή γεννητριών. Το βασικό πλεονέκτημα που δίνει η απευθείας χρησιμοποίηση του φυτικού ελαίου είναι ότι το βήμα παραγωγής για την επεξεργασία του biodiesel μπορεί να παραλειφθεί με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε σε χαμηλότερα κόστη καυσίμων. Το biodiesel είναι φτηνότερο από το πετρέλαιο στις περισσότερες χώρες (διαφέρει ανάλογα με το φόρο και τις φορολογικές απαλλαγές) και η εμπορευματοποίηση του biodiesel συνδέεται άμεσα με την αναπροσαρμογή της τιμής του πετρελαίου. Το biodiesel μειώνει την εξάρτηση από τα απολιθωμένα καύσιμα, με τις κυμαινόμενες τιμές και τον αρνητικό αντίκτυπό τους στις εθνικές οικονομίες. Εάν το biodiesel παράγεται τοπικά, το κόστος της παράδοσης μειώνεται .

Αν αναλογιστούμε πως μεγάλο ποσοστό των σταθμών βάσης στην περιφέρεια κυρίως και σε περιοχές που δεν υπάρχει σύνδεση με το κεντρικό δίκτυο χρησιμοποιούν γεννήτριες πετρελαίου, διαπιστώνουμε πως η χρησιμοποίηση βιοκαυσίμων αντί για πετρέλαιο υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να αποτελέσει μια εναλλακτική πηγή ενέργειας για τις εταιρείες κινητών επικοινωνιών.

2.5.3 Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα που προσδίδει η χρησιμοποίηση βιοκαυσίμων επικεντρώνονται πέρα από τη σταθεροποίηση του κόστους – μιας και δεν επηρεάζεται από επικείμενες αυξήσεις – σε περιβαλλοντικά ζητήματα.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρησιμοποίηση βιοκαυσίμων περιλαμβάνουν μια μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (περίπου 78%) και του διοξειδίου θείου. Παράλληλα υπάρχει και αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου μιας και οφείλεται σε μεγάλο βαθμό σε αυτές τις εκπομπές [18], [31].

Η χρησιμοποίηση βιοκαυσίμων βοηθάει στη μείωση επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με διοξείδιο του θείου που παράγεται κατά την καύση των πετρελαιομηχανών , γεγονός που συντελεί στη μείωση του φαινομένου της όξινης βροχής , μιας και το ποσοστό θείου στη βιομάζα είναι ουσιαστικά μηδενικό.

2.5.4 Μειονεκτήματα

Τα αρνητικά στοιχεία που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας, αφορούν κυρίως δυσκολίες στην παραγωγή και την εκμετάλλευσή της.

Υπάρχει συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα μια δυσκολία στην συλλογή, την μεταφορά, την επεξεργασία και την αποθήκευση της.

Παράλληλα οι εγκαταστάσεις καθώς και ο εξοπλισμός που απαιτείται για την αξιοποίηση της βιομάζας είναι σαφώς πιο δαπανηρός σε σχέση με τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας.

Μεγάλο μειονέκτημα αποτελεί σαφώς το γεγονός πως χαρακτηρίζεται από μεγάλη διασπορά και δυσκολία συλλογής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιβάλλεται η αξιοποίησή της όσο το δυνατό πλησιέστερα στον τόπο παραγωγής της έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί με μεγαλύτερη ευχέρεια [18].

2.5.5 Συμπέρασμα

Η βιομάζα αποτελεί μια πηγή ενέργειας η οποία δεν απειλείται από τον κίνδυνο εξάντλησης. Παράλληλα είναι φιλική προς το περιβάλλον, με αποτέλεσμα η χρησιμοποίησή της να μην εγκυμονεί κανέναν οικολογικό κίνδυνο για τον πλανήτη (όξινη βροχή, φαινόμενο του θερμοκηπίου, κα).

Τα οφέλη συνεπώς που μπορούν να αποκομισθούν από μια πιθανή χρησιμοποίηση της είναι σημαντικά κυρίως από ενεργειακής πλευράς και προστασίας του περιβάλλοντος.

Το βασικό όμως μειονέκτημα που τη χαρακτηρίζει , η μεγάλη διασπορά και η δυσκολία συλλογής και αποθήκευσης , την κάνουν λιγότερο ανταγωνιστική ειδικά για τον κλάδο την τηλεπικοινωνιών. Για να είναι οικονομικά αποδοτική και συμφέρουσα η χρησιμοποίηση βιομάζας θα πρέπει η αξιοποίησή της να γίνεται όσο το δυνατό πιο κοντά στον τόπο παραγωγής της , έτσι ώστε να μειωθούν τα έξοδα μεταφοράς και αποθήκευσης.

Οι σταθμοί βάσης οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μεγάλη διασπορά και βρίσκονται σε κάθε σημείο της επικράτειας , αντιλαμβανόμεστε πως δεν είναι η καλύτερη τεχνολογία για να εφαρμοστεί και να αποδώσει οικονομικά η χρησιμοποίηση της εναλλακτικής αυτής πηγής ενέργειας. Αν περιοριστούμε σε καθαρά περιβαλλοντικά κριτήρια τότε σίγουρα αποτελεί μια εφαρμόσιμη και οικολογικά υπεύθυνη λύση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ενεργειακά αποδοτικός σχεδιασμός σταθμών βάσης

3.1 Γενικά

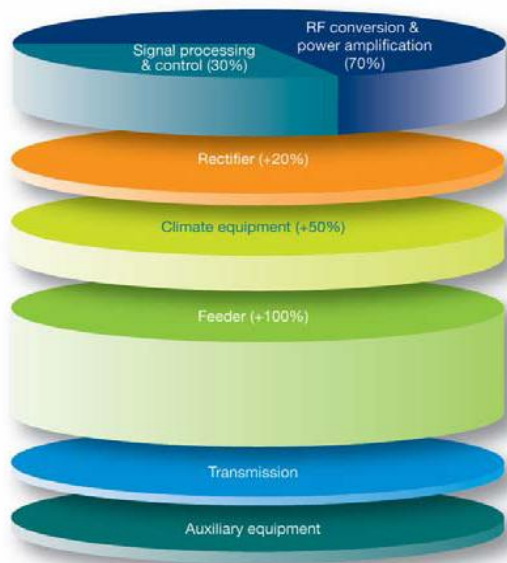
Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για την κάλυψη αναγκών μέσω του κινητού δικτύου τηλεπικοινωνιών συμβάλλει στη γρήγορη ανάπτυξη της τεχνολογίας. Οι παγκόσμιες ενεργειακές απαιτήσεις για την κάλυψη αναγκών στις τηλεπικοινωνίες αποτελούν το 5% -8% της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης. Οι καταναλωτές παράλληλα χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο τις παρεχόμενες υπηρεσίες με αποτέλεσμα οι ανάγκες στο μέλλον να αυξηθούν ακόμα περισσότερο.

Σύμφωνα με τις έρευνες και τις εκθέσεις που γίνονται σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι προμηθευτές και οι χειριστές εξοπλισμού τηλεπικοινωνιών έχουν στόχο να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας, την παραγωγή θερμότητας, και να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία του υπάρχοντος εξοπλισμού εντός του Σ/Β, σε μια προσπάθεια να αυξηθούν οι λειτουργικές αποδόσεις και να μειωθεί το κόστος.

Η βελτιστοποίηση των λύσεων για ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας σε ένα Σ/Β περιλαμβάνει την επανεξέταση ολόκληρου του σχεδιασμού λειτουργίας. Κάθε συστατικό μέρος, κάθε ηλεκτρονικός και μηχανικός εξοπλισμός που βρίσκεται σε ένα Σ/Β αν σχεδιαστεί και χρησιμοποιηθεί κατάλληλα μπορεί να συμβάλει βέλτιστα στην γενική εξίσωση.

Στον εξοπλισμό των Σ/Β και μετάδοσης, περιλαμβάνονται οι μονάδες μπαταριών, ο εξοπλισμός κλιματισμού που εξασφαλίζει τη διάρκεια ζωής των μπαταριών και τη διατήρηση της θερμοκρασίας, οι γεννήτριες πετρελαίου, τα ανορθωτικά, οι ανεμιστήρες, ο πίνακας παροχής, τα φώτα έκτακτης ανάγκης.

Η σχετική κατανάλωση ενέργειας των επιμέρους μονάδων εντός ενός Σ/Β παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4. Κατανάλωση ενέργειας ενός χαρακτηριστικού Σ/Β [31]

Μια σειρά τεχνολογιών και τεχνικών είναι διαθέσιμες για να μειώσουν το OPEX μέσω της ενεργειακής αποδοτικότητας των μεμονωμένων Σ/Β. Σύμφωνα με μελέτες αν συνδυαστούν σωστά όλες αυτές οι τεχνικές μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας σε κάθε Σ/Β κατά 30% ή ακόμα περισσότερο [31].

Οι τεχνολογίες αυτές που μελετώνται από τους προμηθευτές εξοπλισμού και τους φορείς παροχής υπηρεσιών εμπίπτουν σε τρεις ευρείες κατηγορίες:

- Ενεργειακά αποδοτικός ραδιοεξοπλισμός
- Απομακρυσμένη επίβλεψη / παρακολούθηση (Remote Monitoring) και εγκατάσταση λογισμικού ελέγχου.
- Micro Base Stations

3.2. Λειτουργία και Εξοπλισμός Σταθμού Βάσης

3.2.1 Σταθμός Βάσης

Τα επίπεδα εκπεμπόμενης ισχύος από τους σταθμούς βάσης ποικίλλουν αρκετά, ανάλογα με την περιοχή ή «κυψέλη» στην οποία απαιτείται να παρέχουν κάλυψη.

Τυπικά, η εκπεμπόμενη ισχύς από έναν υπαίθριο σταθμό βάσης μπορεί να κυμαίνεται από μερικά watt έως περίπου 100 watt· ενώ η εκπεμπόμενη ισχύς από έναν σταθμό βάσης εσωτερικού χώρου είναι ακόμα πιο χαμηλή.

Ένας σταθμός βάσης αποτελείται από πολλά διαφορετικά εξαρτήματα – συμπεριλαμβανομένων του στεγάστρου εξοπλισμού, του πύργου ή του ιστού που παρέχει το απαραίτητο ύψος για τη βέλτιστη κάλυψη των πομποδεκτών και των κεραιών, που βρίσκονται στην κορυφή του πύργου ή του ιστού. Σε μερικές περιπτώσεις οι πομποδέκτες και οι κεραιές είναι προσαρτημένα στην κορυφή κτιρίων, με το ίδιο το κτίριο να προσφέρει το απαραίτητο ύψος. Οι κεραιές είναι συνήθως 15-30 εκατοστά σε πλάτος και μέχρι μερικά μέτρα σε μήκος, ανάλογα με τη συχνότητα λειτουργίας τους.

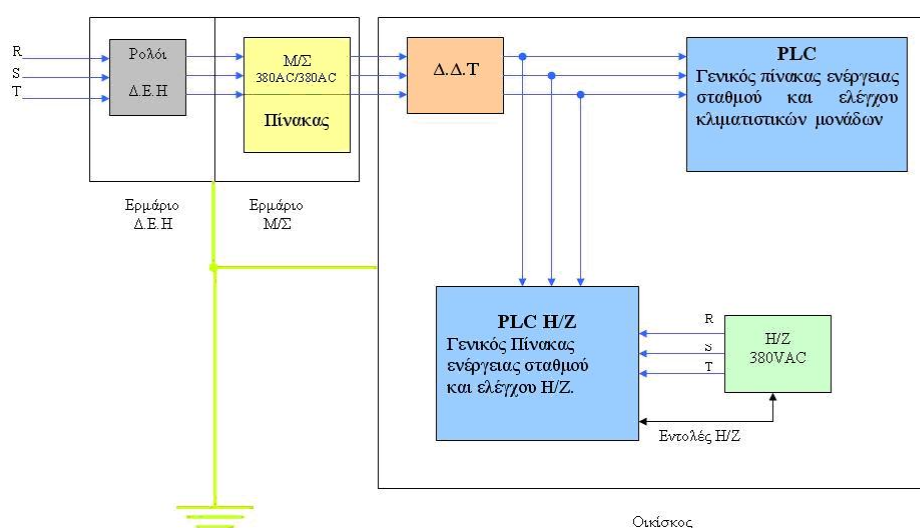
Αυτές οι κεραιές εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων (RF), συχνά αποκαλούμενη ως ραδιοκύματα, σε δέσμες, οι οποίες είναι συνήθως πολύ στενές στην κάθετη διεύθυνση (ύψος), αλλά αρκετά πλατιές στην οριζόντια διεύθυνση (πλάτος). Εξαιτίας αυτού, η εκπεμπόμενη ενέργεια των ραδιοσυχνοτήτων στο επίπεδο του εδάφους ακριβώς κάτω από την κεραιά είναι πολύ χαμηλή.

Ως γενικός κανόνας, η ένταση της ενέργειας ραδιοσυχνοτήτων μειώνεται ταχύτατα όταν κάποιος απομακρύνεται από την κεραιά του σταθμού βάσης, και ακόμη και μόλις λίγα μέτρα πιο μακριά, τα επίπεδα της ισχύος είναι πολύ κατώτερα από τα διεθνή όρια [39].

Για να διασφαλιστεί ότι η έκθεση του κοινού παραμένει μεταξύ των καθορισμένων ορίων, οι κεραιές είναι συνήθως ανυψωμένες και όπου κρίνεται απαραίτητο, χρησιμοποιούνται φράκτες ή άλλοι τρόποι για να περιορίζουν την πρόσβαση, παράλληλα με την κατάλληλη σήμανση ώστε να εξασφαλίζεται ότι μόνο το εξουσιοδοτημένο προσωπικό μπορεί να έχει πρόσβαση στην περιοχή κοντά στο σταθμό βάσης. Ως αποτέλεσμα αυτών των μέτρων, σε περιοχές που βρίσκονται γύρω από τους σταθμούς βάσης και είναι προσβάσιμες στο κοινό, τα επίπεδα ραδιοσυχνοτήτων είναι μέσα στα διεθνή όρια ασφαλείας

3.2.2 Εξοπλισμός ενός Σ/Β

Μέσα σε ένα Σ/Β υπάρχει εξοπλισμός ραδιοεπικοινωνίας για τα δίκτυα δεύτερης (2G) και τρίτης γενιάς (3G). Αυτός ο εξοπλισμός χρειάζεται παροχή συνεχούς ρεύματος DC και έτσι ο Σ/Β έχει έναν ανορθωτή (rectifier) ο οποίος μετατρέπει την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος AC (250 V, 50 Hz) σε συνεχή τάση (50 V) που απαιτείται για να λειτουργήσει ο Σ/Β.



Σχήμα 5. Ηλεκτρολογικό διάγραμμα παροχής ρεύματος Σ/Β

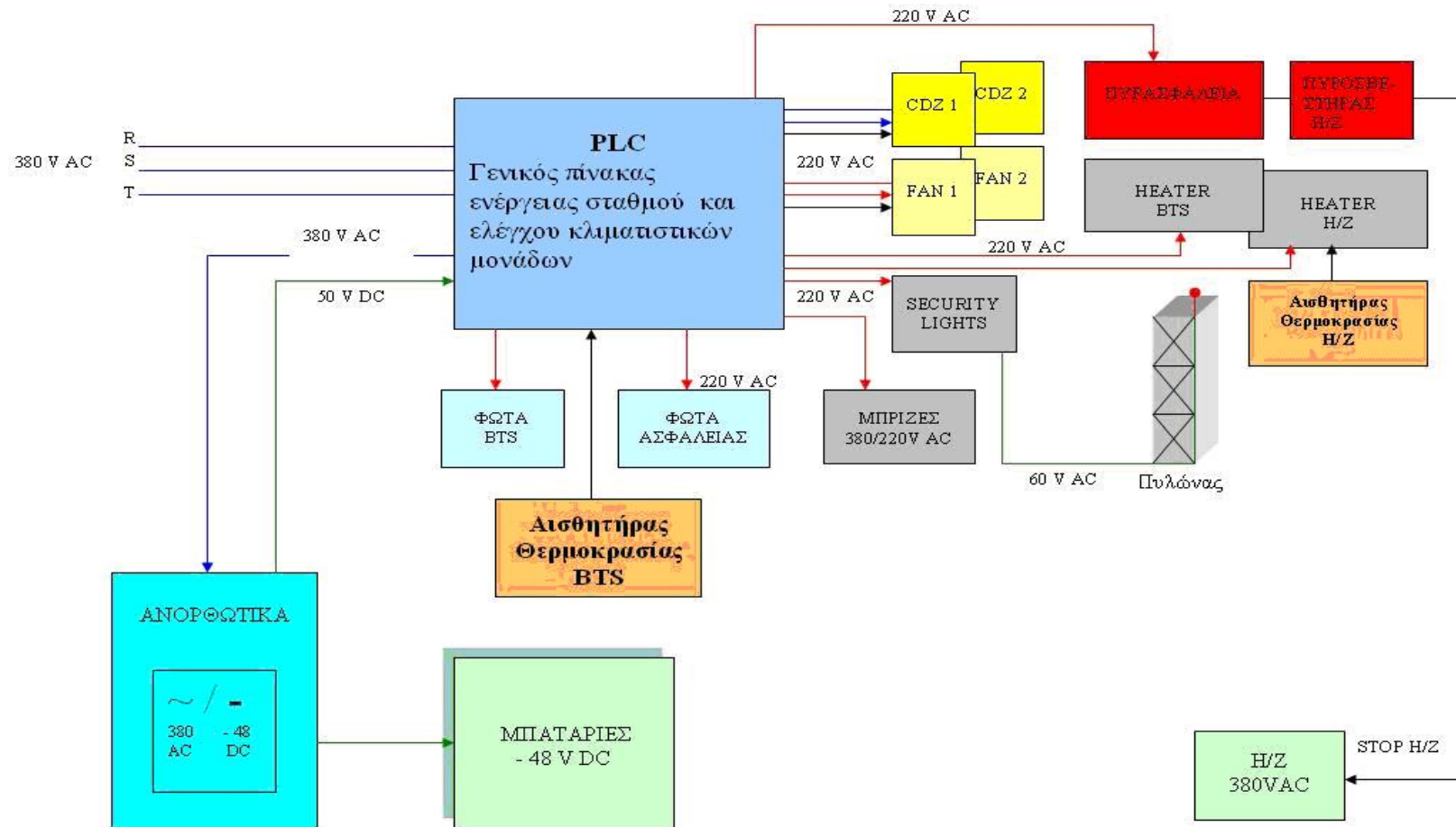
[το διάγραμμα παραχωρήθηκε από το τεχνικό τμήμα παρόχου κινητών επικοινωνιών]

Για να διασφαλιστεί ότι το Σ/Β θα συνεχίσει να λειτουργεί σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος, είναι εξοπλισμένος με ένα σύνολο μπαταριών για την ενεργειακή αποθήκευση. Μερικοί σταθμοί έχουν εγκατεστημένα και εφεδρική γεννήτρια ώστε σε περίπτωση διακοπής να τεθεί αυτόματα σε λειτουργία. Επίσης υπάρχουν μονάδες κλιματισμού οι οποίες είναι υπεύθυνες για να τη διατήρηση της θερμοκρασίας μέσα στο Σ/Β σε χαμηλά επίπεδα ώστε να διασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του Σ/Β. Παράλληλα η λειτουργία των κλιματιστικών μονάδων βοηθάει στη διατήρηση της θερμοκρασίας των μπαταριών αλλά και όλου του ραδιο εξοπλισμού σε λειτουργικά επίπεδα. Η ομαλή λειτουργία συνεπώς των κλιματιστικών μονάδων αποτελεί βασικό παράγοντα για την αδιάλειπτη και σωστή λειτουργία όλου

του σταθμού. Παράλληλα σε μερικούς Σ/Β υπάρχουν εκτός από κλιματιστικές μονάδες και ανεμιστήρες οι οποίοι επίσης είναι υπεύθυνοι για την διατήρηση της θερμοκρασίας του Σ/Β σε χαμηλά επίπεδα.

Το PLC (ο γενικός πίνακας ελέγχου του σταθμού) όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα κεντρικού εξοπλισμού είναι υπεύθυνο για την τροφοδοσία και τον έλεγχο των παρακάτω μονάδων:

- **Των κλιματιστικών μονάδων (CDZ1 , CDZ2).**
- **Των inverter ,** τα οποία σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτρικής τάσης και από το δίκτυο ΔΗΕ και από την Η/Ζ, και προκειμένου η θερμοκρασία στο Σ/Β να μην υπερβεί το ανώτερο όριο των 34° C ,τίθενται αυτόματα σε λειτουργία μετατρέποντας τα – 48 V DC σε 220 V AC για να τροφοδοτηθούν τα emergency fans 1,2.
- **Των φώτων ασφαλείας του πυλώνα** τα οποία ενεργοποιούνται κατά τις νυχτερινές ώρες ή σε περίπτωση κακής ορατότητας .
- **Ο έλεγχος της εσωτερικής θερμοκρασίας** του σταθμού που σε περίπτωση που υπερβεί τους 34° C έχουμε ένδειξη υψηλής θερμοκρασίας.
- **Του εσωτερικού και εξωτερικού φωτισμού** και του φωτισμού ασφαλείας του Σ/Β καθώς επίσης και των παροχών ενέργειας (380 V AC, 220 V AC , 50 V DC). Ο φωτισμός ασφαλείας του Σ/Β τίθεται σε λειτουργία σε περίπτωση διακοπής της τάσης.
- **Των ανορθωτικών συστημάτων .**
- **Του πίνακα πυρασφάλειας** του Σ/Β.
- **Της Η/Ζ.**
- **Του Heater :** Επειδή παρουσιάζεται κατά τους χειμερινούς μήνες πύξη του πετρελαίου στο βυτίο καθώς επίσης και στα λάδια της μηχανής έχει τοποθετηθεί το heater της Η/Ζ το οποίο ενεργοποιείται στους 10° C προκειμένου να διατηρεί μια σταθερή θερμοκρασία στο χώρο της Η/Ζ.



Σχήμα 6. Ηλεκτρολογικό Διάγραμμα κεντρικού εξοπλισμού Σταθμού Βάσης
 [το διάγραμμα παραχωρήθηκε από το τεχνικό τμήμα παρόχου κινητών επικοινωνιών]

Για να μελετήσουμε συνεπώς την αποδοτικότητα του σταθμού βάσης, πρέπει να αναλύσουμε την αποδοτικότητα των ανορθωτικών και τη διανομή κατανάλωσης ενέργειας μεταξύ του διαφορετικού εξοπλισμού μέσα στο σταθμό βάσης. Επίσης για να μετρήσουμε τη μεμονωμένη κατανάλωση ενέργειας σε κάθε εξοπλισμό ραδιοεπικοινωνίας είναι επιθυμητό να συσχετίσουμε την τηλεπικοινωνιακή κίνηση (traffic) τόσο της φωνής (voice) όσο και των δεδομένων (data) που μεταφέρονται από το Σ/Β [20].

Μια σημαντική ανησυχία είναι η βελτιστοποίηση της λειτουργίας των μονάδων κλιματισμού. Όσο λιγότερο χρόνο ενεργοποιούνται τα κλιματιστικά τόσο λιγότερη η ενέργεια που καταναλώνεται. Είναι σημαντικό, εντούτοις η θερμοκρασία των μπαταριών να κρατιέται μεταξύ των 25 °C και 27 °C ώστε να μην μικραίνει η διάρκεια ζωής τους [38].

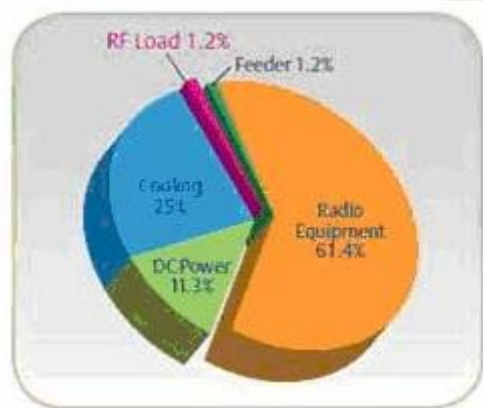
Συνεπώς οι *παράμετροι που πρέπει να μετρηθούν και να μελετηθούν έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η διαχείριση των σταθμών βάσης* είναι οι παρακάτω :

- Η ενέργεια που καταναλώνεται από ολόκληρο το σταθμό
- Η ενέργεια που καταναλώνεται από τα ανορθωτικά.
- Η ενέργεια που καταναλώνεται από τα κλιματιστικά μηχανήματα.
- Η θερμοκρασία σε διάφορα σημεία του σταθμού βάσης.
- Η τηλεπικοινωνιακή κίνηση που εξυπηρετεί ο σταθμός βάσης.

3.3 Ενεργειακά Αποδοτικός Ραδιοεξοπλισμός - Βελτιστοποίηση Σ/Β

Οι εγκαταστάσεις του ενεργού εξοπλισμού επικοινωνιών, συμπεριλαμβανομένων δηλαδή των Σ/Β , των κέντρων μεταγωγής και δεδομένων (switches , MSCs, HLR) των παρόχων καθώς και των υπολοίπων εγκαταστάσεων καταναλώνουν μια σημαντική ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας. Κάνοντας μια σύγκριση όλων αυτών , τα ποσοστά κατανάλωσης εντός του Σ/Β καταλαμβάνουν την πρώτη θέση. Στην πραγματικότητα, η συνολική ενεργειακή χρήση ενός Σ/Β υπερβαίνει εύκολα την ενεργειακή χρήση των κέντρων μεταγωγής και δεδομένων για πολλούς παρόχους κινητών επικοινωνιών.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα στους Σ/Β μπορεί να επιτευχθεί με τη βελτιστοποίηση του εξοπλισμού των Σ/Β, χρησιμοποιώντας ουσιαστικά ενεργειακά αποδοτικό εξοπλισμό. Η βελτιστοποίηση των Σ/Β με αυτόν τον τρόπο μπορεί να παράξει σημαντική αποταμίευση. Μια χαρακτηριστική ενεργειακή χρήση ενός Σ/Β περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 7. Ενεργειακή χρήση Σ/Β [38]

Από το παραπάνω σχήμα, είναι σαφές, εστιάζοντας στην κατανάλωση ενέργειας του ραδιο- εξοπλισμού, ότι μια πιο αποτελεσματική χρήση των συστημάτων ψύξης, των ενισχυτών και των ανορθωτικών (DC Power) θα παράγουν καλύτερα αποτελέσματα.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα ενός Σ/Β μπορεί να επιτευχθεί με την προσπάθεια βελτιστοποίησης του παρακάτω εξοπλισμού :

- Μείωση απώλειας καλωδίων
- Προηγμένοι ενισχυτές (amplifiers)
- Χρήση εξελιγμένων και περιβαλλοντικά φιλικών κλιματιστικών μονάδων
- Λειτουργία Σ/Β σε συνθήκες αυξημένης εσωτερικής θερμοκρασίας
- Αντικατάσταση λαμπτήρων των Σ/Β
- Μελέτη εγκατάστασης και διαχείρισης ανορθωτικών μονάδων (rectifiers)
- Αυτοματοποιημένος έλεγχος θερμοστατών
- Χρήση αισθητήρων κίνησης για τα φώτα

3.3.1 Απώλεια καλωδίων

Κάθε εξοικονόμηση από την απώλεια των καλωδίων τροφοδοσίας μπορεί να σημαίνει ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας στο Σ/Β έως και 28Watt σύμφωνα με την αρχή cascade effect ³. Γι αυτό το λόγο διάφορες μέθοδοι θα μπορούσαν να μελετηθούν για να μειώσουν την απώλεια των καλωδίων, με κυριότερη τον επανασχεδιασμό της τοποθέτησης του εξοπλισμού (ενισχυτές , ανορθωτικά , κ.α) μέσα στο Σ/Β.

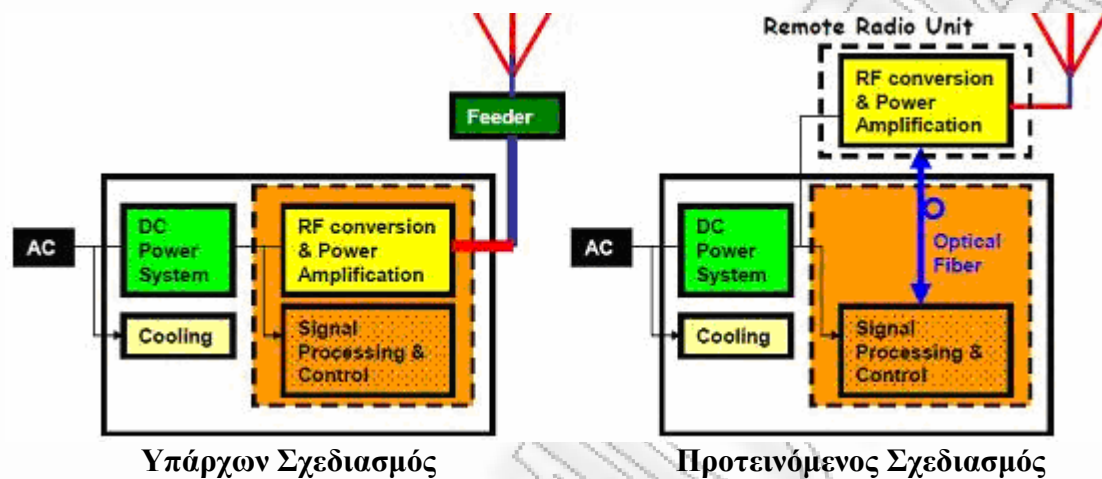
Η τοποθέτηση του ραδιοεξοπλισμού πλησιέστερα προς την κεραία θα χαμηλώσει την απώλεια των καλωδίων μιας και θα απαιτείται λιγότερη ενίσχυση των σημάτων. Στην πραγματικότητα, εδώ και χρόνια οι μηχανικοί ραδιοσυχνοτήτων και σχεδιασμού Σ/Β θεωρούν φυσικές τις απώλειες στα καλώδια τροφοδοσίας κατά το σχεδιασμό των κυβελών ενός Σ/Β και διαμορφώνουν τον εξοπλισμό ανάλογα.

Φυσικά ο σχεδιασμός ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί αρκετή μελέτη έτσι ώστε να υπάρξει τοποθέτηση όλου του ηλεκτρονικού εξοπλισμού στα κατάλληλα σημεία ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή απόδοση του συστήματος. Παράλληλα όμως πρέπει να λάβουμε υπόψη μας πως λόγοι συντήρησης και διαχείρισης του εξοπλισμού μπορούν να οδηγήσουν στην ανάγκη να στεγαστεί τελικά ο εξοπλισμός ενίσχυσης των σημάτων εντός του shelter του Σ/Β.

Σε μερικές εγκαταστάσεις, τα υψηλής συχνότητας σήματα διαβιβάζονται σε μια απόσταση 50m μεταξύ της κεραίας και του σταθμού βάσης. Τα ομοαξονικά καλώδια που χρησιμοποιούνται για να διαβιβάσουν τα υψηλής συχνότητας σήματα, έχουν ως αποτέλεσμα η απώλεια μετάδοσης να γίνεται μεγαλύτερη όσο αυξάνεται το μήκος των καλωδίων. Η χρήση των καλωδίων μεγαλύτερων διαμέτρων, για να μειώσει τέτοια απώλεια, επιδεινώνει την ευελιξία καλωδίωσης και απαιτεί την εγκατάσταση πλαισίων καλώδιο-υποστήριξης.

³ είναι μια απρόβλεπτη αλυσίδα γεγονότων λόγω μιας πράξης που έχει επιπτώσεις σε ένα σύστημα

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένας σχεδιασμός βασισμένος στην εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί από τη μείωση της απώλειας καλωδίων.



Σχήμα 8. Μείωση απώλειας καλωδίων τροφοδοσίας [38]

3.3.2 Προηγμένοι ενισχυτές (amplifiers)

Οι ενισχυτές ισχύος (power amplifiers) καταναλώνουν μεγάλο ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ισχύος μέσα σε ένα σταθμό βάσης. Η χρησιμοποίηση υψηλής απόδοσης ενισχυτών ισχύος μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ισχύος των ασύρματων δικτύων. Παραδείγματος χάριν, υπάρχουν υψηλής απόδοσης ενισχυτές που μπορούν να επιτρέψουν περισσότερο από 60% αποδοτικότητα.

Γι αυτό το λόγο οι ερευνητές έχουν εστιάσει στη βελτίωση του ίδιου του κυκλώματος ενισχυτών, ώστε να ενισχυθεί περαιτέρω η αποδοτικότητά τους.

Η βελτίωση επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση νέων τεχνικών και υλικών κατασκευής. Συγκεκριμένα γίνεται μια προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί σαν υλικό κατασκευής το νιτρίδιο του γαλλίου (GaN Hemt) που χαρακτηρίζεται από υψηλή κινητικότητα, αντί του δημοφιλούς πυριτίου Si-LDMOS που χρησιμοποιείται σήμερα -το οποίο διασκορπίζεται πλευρικά στον ημιαγωγό- προκειμένου να βελτιωθεί περαιτέρω η αποδοτικότητά [19].

Πρακτικά, η βελτίωση των ενισχυτών έχει άμεση σχέση και αποτελεί μια αλληλένδετη εφαρμογή με την απώλεια λόγω καλωδίων (που είδαμε προηγουμένως) που υπάρχει σε έναν συμβατικό σταθμό βάσης κινητής τηλεφωνίας. Η κεραία εγκαθίσταται σε μια υψηλή θέση, ενώ ο σταθμός βάσης περιέχει έναν υψηλής ισχύος ενισχυτή ο οποίος βρίσκεται μακριά από την κεραία, όπως μέσα σε ένα κτήριο ή σε ένα απλό οικίσκο του σταθμού.

Η εγκατάσταση όμως και η χρησιμοποίηση ενισχυτών υψηλής απόδοσης μπορεί να αποτελέσει τη λύση για το συγκεκριμένο πρόβλημα. Η συσκευή αποστολής / λήψης σημάτων υψηλής συχνότητας είναι (όπως είδαμε) μια ανεξάρτητη μονάδα από το σταθμό βάσης και βρίσκεται κάτω από την κεραία. Τα σήματα μπορούν να διαβιβαστούν μεταξύ αυτής της μονάδας και του σταθμού βάσης μέσω ενός καναλιού επικοινωνίας οπτικής ίνας, ελαχιστοποιώντας ουσιαστικά τις απώλειες.

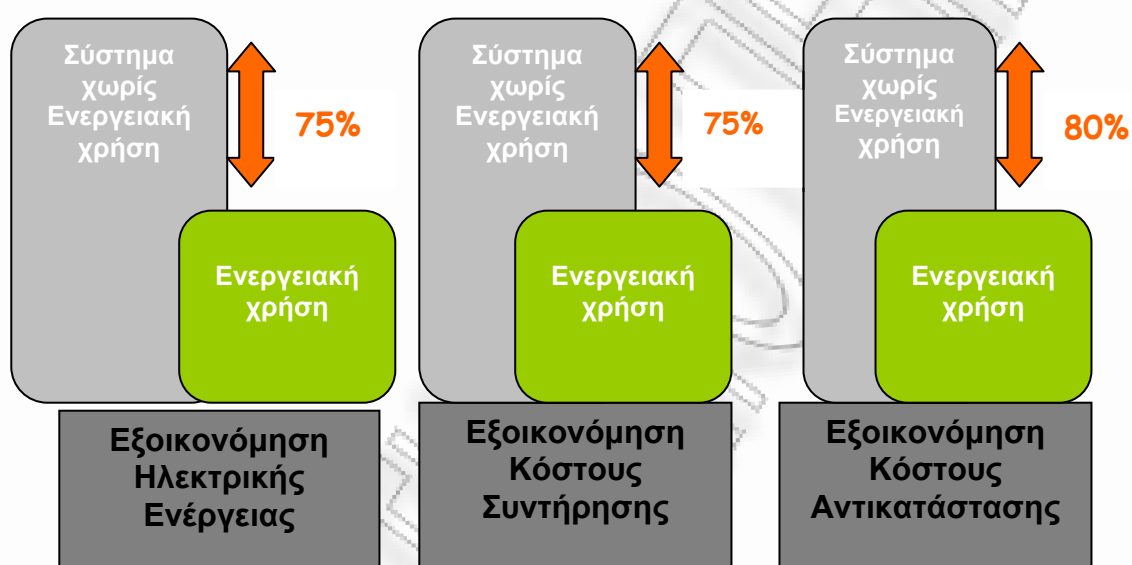
Με την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας μπορεί να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των ενισχυτών υψηλής ισχύος που χρησιμοποιούνται στους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας. Χρησιμοποιώντας αυτήν την τεχνολογία, τους ενισχυτές δηλαδή ενέργειας αυξανόμενης αποδοτικότητας εκτιμάται πως μπορεί να επιτευχθεί μια γενική αποδοτικότητα μέχρι 28% [38].

3.3.3 Κλιματισμός υψηλής απόδοσης

Υπολογίζεται ότι περίπου το 30% της ενέργειας που καταναλώνεται σε έναν Σ/Β καταναλώνεται στην αποφυγή της υπερθέρμανσης του εξοπλισμού. Στην πλειοψηφία τους οι σταθμοί βάσης χρησιμοποιούν συμβατικές κλιματιστικές μονάδες με αποτέλεσμα, να μην να ψύχεται ο χώρος και ο εξοπλισμός, αλλά ταυτόχρονα να καταναλώνεται μεγάλη ενέργεια. Συγκεκριμένα κάθε οικίσκος ενός Σ/Β έχει εγκατεστημένο ένα, δύο ή και τρία κλιματιστικά ανάλογα με το μέγεθός του.

Η αντικατάσταση συνεπώς των συμβατικών κλιματιστικών μονάδων με ειδικά σχεδιασμένες μονάδες ψύξης που χρησιμοποιούν την τεχνολογία freecooling⁴ μπορούν να αποτελέσουν έναν μηχανισμό βέλτιστης διαχείρισης της θερμοκρασίας με ταυτόχρονη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης [22,24].

Η χρησιμοποίηση των συγκεκριμένων μονάδων ψύξης μπορεί να μειώσει το ενεργειακό κόστος κατά 75% , τη συντήρηση κατά 75% και το κόστος αντικατάστασης κατά 80%.



Σχήμα 9. Μείωση ενεργειακού κόστους

Η εξοικονόμηση επιτυγχάνεται πρακτικά μιας και οι συγκεκριμένες μονάδες έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν αυτόματα την ψύξη ανάλογα με τη θερμοκρασία που δημιουργείται στο σταθμό βάσης τόσο από τις απαιτήσεις των συστημάτων όσο και από τις εξωτερικές υπάρχουσες καιρικές συνθήκες. Σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργούν σε επίτονες κλιματικές συνθήκες , προσφέροντας ταυτόχρονα προστασία από βανδαλισμούς λόγω της βαριάς κατασκευής τους [13], [38].

Οι συγκεκριμένες μονάδες ψύξης προσφέρουν παράλληλα αξιοπιστία μακράς διάρκειας και αποδοτικής λειτουργίας. Επιπλέον, η αξιοπιστία του συστήματος και ο

⁴ Freecooling: είναι μια οικονομική μέθοδος η οποία χρησιμοποιεί τις χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες αέρα για να βοηθήσει στην ψύξη του νερού, το οποίο μπορεί έπειτα να χρησιμοποιηθεί για τα συστήματα κλιματισμού στα πράσινα κέντρα δεδομένων.

αυξανόμενος χρόνος ζωής του εξοπλισμού επιτρέπει τη μέγιστη επιστροφή (ROI) στην επένδυση.

Υπολογίζεται ότι οι δαπάνες λύσεων κλιματισμού υψηλής επίδοσης (π.χ τεχνολογία freecooling) είναι αρκετά χαμηλότερες από εκείνες που χρησιμοποιούν τα κοινά κλιματιστικά μηχανήματα. Δεδομένου ότι τα κοινά κλιματιστικά μηχανήματα δεν σχεδιάζονται για συνεχή λειτουργία, έχουν σύντομη ζωή λειτουργίας και απαιτείται αντικατάσταση συχνά. Έχουν επίσης υψηλότερες δαπάνες εγκαταστάσεων, υψηλότερες τρέχουσες δαπάνες λόγω της χαμηλότερης αποδοτικότητας, συχνότερες απαιτήσεις συντήρησης και υπερβολική κατανάλωση από τα ανταλλακτικά. [22,24]

Συνεπώς, οι κλιματιστικές μονάδες υψηλής απόδοσης προσφέρουν πέρα από ενεργειακή αποδοτικότητα , εξοικονόμηση χρημάτων σε έναν πάροχο , λιγότερα έξοδα συντήρησης και μεγαλύτερη αξιοπιστία των συστημάτων και του εξοπλισμού του.

3.3.4 Λειτουργία Σ/Β σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών

Με τα τρέχοντα δεδομένα η θερμοκρασία εντός ενός Σ/Β υπολογίζεται πως πρέπει να είναι 23-27° C έτσι ώστε ο ραδιοεξοπλισμός να λειτουργεί κανονικά. Όλος ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται εντός του σταθμού έχει σχεδιαστεί ώστε να λειτουργεί αξιόπιστα σε αυτές τις θερμοκρασίες.

Η ικανότητα λειτουργίας των Σ/Β σε μέση εσωτερική θερμοκρασία στους 35° C υπολογίζεται πως θα επιφέρει πολλαπλά οφέλη στους παρόχους. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει ένα σημαντικό ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης ενός σταθμού οφείλεται στην λειτουργία των κλιματιστικών μονάδων. Παράλληλα για να διασφαλιστεί η αξιόπιστη λειτουργία των κλιματιστικών είναι αναγκαία μια σειρά από διαδικασίες. Υπολογίζεται πως απαιτείται συντήρηση των κλιματιστικών μονάδων κάθε 10.000 ώρες λειτουργίας. Σε μερικές περιπτώσεις τα κλιματιστικά θα πρέπει να αντικατασταθούν με ένα μέσο κόστος κατά προσέγγιση 3.000€ και σε άλλες να επισκευασθούν με ένα τρέχον κόστος 1.000€. Παράλληλα υπάρχει και η δευτερεύουσα συντήρηση όπως η αντικατάσταση φίλτρων που αυξάνει το κόστος.

Συνεπώς μια αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας θα απαιτεί αραιότερη και μικρότερη λειτουργία των κλιματιστικών μονάδων, λιγότερη συνεπώς κατανάλωση και εν τέλει λιγότερα κόστη συντήρησης [26].

Μια τέτοια όμως αλλαγή εύκολα γίνεται αντιληπτό πως θα επηρεάσει την ομαλή λειτουργία του υπάρχοντος εξοπλισμού ο οποίος είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σήμερα και αποτελούν ένα ζωτικής σημασίας συστατικό στην τροφοδοσία ισχύος των Σ/Β, είναι τύπου VRLA (valve-regulated lead-acid) οι οποίες είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν αξιόπιστα με τη θερμοκρασία ελέγχου της καμπίνας να είναι στους 25° C. Σύμφωνα με το σενάριο αύξησης της εσωτερικής θερμοκρασίας της καμπίνας στους 35° C θα πρέπει να επιλεγεί μια εναλλακτική τεχνολογία μπαταριών, η οποία θα είναι ικανή να παρέχει περισσότερα από 6 έτη ζωής λειτουργίας σε αυτήν τη θερμοκρασία. Τέτοιας τεχνολογίας είναι οι μπαταρίες νικελίου – καδμίου (NiCd) και ιόντων λιθίου (LiIon).

Αυτές οι μπαταρίες εναλλακτικής τεχνολογίας έχουν γενικά ένα σημαντικό υψηλότερο αρχικό κόστος από τις μπαταρίες VRLA, αλλά η μείωση του κόστους λειτουργίας των κλιματιστικών μονάδων, μιας και θα ενεργοποιούνται σε υψηλότερη θερμοκρασία, εκτιμάται πως θα αντισταθμίσουν τη διαφορά αυτή [27].

Αξιολογώντας όλα τα δεδομένα που υπάρχουν καταδεικνύουν ότι η αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα των καμπινών έχει πολλαπλά οφέλη, συμπεριλαμβανομένων των χαμηλότερων ενεργειακών κοστών και της μειωμένης συντήρησης. Όπως αναφέραμε, αυτά τα οφέλη αντισταθμίζουν το υψηλότερο κόστος των εναλλακτικών τεχνολογιών μπαταριών όπως του νικελίου-καδμίου και ιόν – λιθίου. Μια παρόμοια στρατηγική δε μπορεί να ακολουθηθεί με τις μπαταρίες VRLA λόγω της μικρής χρονικής διάρκειας αντοχής στις υψηλότερες θερμοκρασίες που απαιτεί η θερμική διαχείριση.

3.3.5 Αντικατάσταση λαμπτήρων Σ/Β

Σήμερα, πολλοί σταθμοί βάσης χρησιμοποιούν λάμπες φωτισμού πυρακτώσεως, τόσο εντός του σταθμού όσο και στα φώτα ασφαλείας (security lights) που βρίσκονται στον πύργο του σταθμού. Οι λάμπες πυρακτώσεως καίγονται συχνά και

απαιτούν άμεση αντικατάσταση. Οι νέοι λαμπτήρες τεχνολογίας LED (Light Emmiting Diodes) υπόσχονται σημαντικές μειώσεις της ενεργειακής χρήσης που συνδυάζεται με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και η εξοικονόμηση ενέργειας οδηγεί στη γρήγορη οικονομική επιστροφή της επένδυσης.

3.3.6 Βέλτιστη εγκατάσταση και διαχείριση ανορθωτικών μονάδων

Στους περισσότερους Σ/Β χρησιμοποιούνται ανορθωτικά (rectifiers) για την μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές αλλά και για την ομαλή λειτουργία του υπόλοιπου εξοπλισμού. Τα ανορθωτικά λειτουργούν με πιο υψηλή αποδοτικότητα όταν η χρησιμοποίησή τους ξεπερνά το 40% της ισχύος. Όταν η χρησιμοποίησή τους λόγω εξυπηρέτησης φορτίου είναι σχετικά "φτωχή" (λιγότερο από 30%), η αποδοτικότητα μειώνεται σημαντικά. Δυστυχώς, οι σχεδιαστές Σ/Β σπάνια λαμβάνουν υπόψη τους το φορτίο που εξυπηρετεί ο σταθμός, με αποτέλεσμα να μη χρησιμοποιείται ο κατάλληλος αριθμός ανορθωτικών. Η τοποθέτηση ανορθωτικών γίνεται λαμβάνοντας υπόψη συνήθως το χειρότερο σενάριο απαίτησης ενέργειας και όχι με βάση τις πραγματικές απαιτήσεις του σταθμού.

Η κατάλληλη ταξινόμηση της ικανότητας των ανορθωτικών στην πραγματική απαίτηση φορτίων θα βοηθήσει κάθε πάροχο κινητών επικοινωνιών να μειώσει τις κύριες δαπάνες καθώς επίσης να εξοικονομήσει και να αποταμιεύσει ενέργεια. Τα πρότυπα αξιοπιστίας και ικανότητας των ανορθωτικών πρέπει να αξιολογηθούν για να εξασφαλίσουν ότι ικανοποιούν και δεν υπερβαίνουν, τα βιομηχανικά τυποποιημένα πρότυπα [38].

Κάποιοι κατασκευαστές συστημάτων συνεχούς ρεύματος (DC), προτείνουν αλγόριθμους αποταμίευσης όπου ένας ελεγκτής (controller) θέτει σε κατάσταση "idle" ή κλείνει τους ανορθωτές, για να αυξήσει τη χρησιμοποίησή τους και να βελτιώσει έτσι την ενεργειακή τους αποδοτικότητα. Εντούτοις, σε ποσοστά χρησιμοποίησης μικρότερα από 40% οι αλγόριθμοι αυτοί δεν βελτιώνουν σημαντικά τη ενεργειακή αποδοτικότητα και μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη ζωή υπηρεσιών τους ανορθωτές.

Οι πάροχοι κινητών υπηρεσιών αν αποφασίσουν να χρησιμοποιήσουν αυτούς τους αλγόριθμους για να επιτύχουν ένα καλύτερο αποτέλεσμα θα πρέπει να προβούν σε μια διαφορετική διαχείριση της λειτουργίας των ανορθωτικών, έτσι ώστε να εξασφαλίζουν ελάχιστη χρησιμοποίηση 40%.

Τα ανορθωτικά σύμφωνα με τα εργοστασιακά πρότυπα είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να φτάνουν στο 96% της αποδοτικότητας. Τα ανορθωτικά που χρησιμοποιούνται στους σταθμούς βάσης φτάνουν μέχρι το 92% της αποδοτικότητας. Κατά συνέπεια θα υπάρξει παράλληλα και αποταμίευση ενέργειας και σπάνια θα ζητηθεί αντικατάσταση ανορθωτικών [38].

3.3.7 Αυτοματοποιημένος έλεγχος θερμοστατών

Ένας απλός αλλά αποτελεσματικός μηχανισμός για να ενισχύσει την αποδοτικότητα είναι η χρησιμοποίηση θερμοστατών που μπορούν να προγραμματιστούν. Όταν συνδυάζεται με την απομακρυσμένη επίβλεψη/ παρακολούθηση, αυτό το απλό μέτρο εκμηδενίζει την πιθανότητα του ανθρώπινου λάθους κατά τη διάρκεια μιας επιτόπιας επίσκεψης. Είναι συχνό φαινόμενο η μείωση της θερμοκρασίας των θερμοστατών από τον τεχνικό που επισκέπτεται το σταθμό και η παράλειψη της επαναρύθμισής της με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η θερμοκρασία του σταθμού και συνεπώς όλου του εξοπλισμού.

3.3.8 Αισθητήρες κίνησης για τα φώτα

Ένας ακόμα απλός αλλά επίσης αποτελεσματικός μηχανισμός για να ενισχυθεί η αποδοτικότητα είναι η επέκταση των αισθητήρων κίνησης. Το άλλο κοινό ανθρώπινο λάθος κατά τη διάρκεια μιας επιτόπιας επίσκεψης είναι να παραλείπεται το σβήσιμο των φώτων του σταθμού με αποτέλεσμα να υπάρχει άσκοπη κατανάλωση ενέργειας.

3.4 Εγκατάσταση λογισμικού και απομακρυσμένη επίβλεψη/ παρακολούθηση Σταθμών Βάσης

3.4.1 Εγκατάσταση λογισμικού ελέγχου τηλεπικοινωνιακής κίνησης (traffic)

Η εγκατάσταση και χρήση ενός χαρακτηριστικού λογισμικού στους σταθμούς βάσης μπορεί να αποτελέσει έναν αξιόπιστο μηχανισμό και να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας.

Το λογισμικό βασίζεται στην ιδέα πως κατά τη διάρκεια των περιόδων χαμηλής κίνησης σε ένα σταθμό βάσης, οι πομποδέκτες (TRXs) που δεν χρησιμοποιούνται τοποθετούνται σε κατάσταση stand by ή απενεργοποιούνται (power down) πλήρως.

Δεδομένου ότι η κανονική κίνηση επιστρέφει τις ώρες αιχμής, ο εξοπλισμός θα επιστρέφει σε πλήρη λειτουργία έτσι ώστε να διατηρείται η ομαλή εξυπηρέτηση των συνδρομητών. Κατά μέσον όρο, ανάλογα με την κίνηση που εξυπηρετεί ο κάθε σταθμός βάσης, το χαρακτηριστικό λογισμικό μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας 10% - 20% στο δίκτυο πρόσβασης, ενώ θα παρέχει τις ίδιες υπηρεσίες με την ίδια ποιότητα στους χρήστες. Αυτό οφείλεται ουσιαστικά στο γεγονός όπου αποφεύγεται η παραδοσιακή πρακτική με το ράδιο εξοπλισμό να είναι συνεχώς σε κατάσταση ON, με αποτέλεσμα να καταναλώνεται άσκοπη ενέργεια [21].

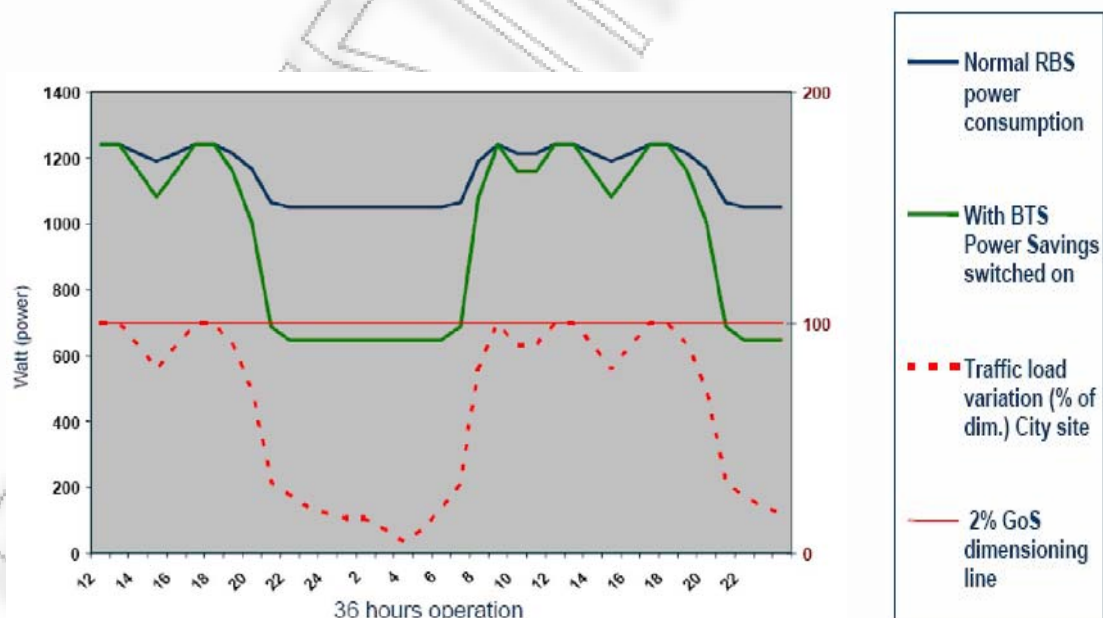
Ο κάθε σταθμός βάσης εξυπηρετεί διαφορετική κίνηση καθημερινά. Η διαμόρφωση των Σ/Β είναι διαφορετική με αποτέλεσμα να απαιτείται διαφορετική κατανάλωση ενέργειας σε κάθε σταθμό. Για να εφαρμοστεί συνεπώς το λογισμικό θα πρέπει να πραγματοποιηθούν μετρήσεις πεδίου και να γίνουν οι απαραίτητες προσομοιώσεις προκειμένου να βελτιστοποιηθούν οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται στον αλγόριθμο του λογισμικού. Αυτό αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα μιας και θα χρειάζεται μια μεγάλη σχετικά περίοδος για να αξιολογηθούν οι απαιτήσεις του κάθε σταθμού.

Οι χρήσιμες παράμετροι που πρέπει να αξιολογηθούν είναι η τηλεπικοινωνιακή κίνηση που εξυπηρετεί ο κάθε σταθμός, το είδος και η θέση του Σ/Β καθώς και ο αριθμός των πομποδεκτών (TRXs).

Το λογισμικό ουσιαστικά παίρνει ως δεδομένα τον μέσο αριθμό τηλεφωνημάτων που πραγματοποιούνται κάθε πέντε λεπτά , τη μέση διάρκεια της κλήσης, τις παραμέτρους των κυψελών και τους πομποδέκτες (TRXs) κάθε σταθμού. Έτσι μετά από μια περίοδο προσομοίωσης και μετρήσεων γνωρίζει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε σταθμού και κατά συνέπεια μπορεί να αναγνωρίσει πότε μπορεί να απενεργοποιήσει ή να ενεργοποιήσει αντίστοιχα τους αντίστοιχους πομποδέκτες [21].

Χαρακτηριστικές μελέτες και προσομοιώσεις που έχουν πραγματοποιηθεί έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα πως ναι μεν το κόστος για την εγκατάσταση του λογισμικού είναι αρκετά υψηλό , αλλά μακροπρόθεσμα αποτελεί μια επένδυση που θα επιστρέψει στις εταιρείες παροχής κινητών υπηρεσιών τα χρήματα τους μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας που θα υπάρξει. Επίσης υποστηρίζεται πως οι ενεργειακές απαιτήσεις του συστήματος για να ενεργοποιηθούν ξανά οι πομποδέκτες που έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας δεν επιβαρύνουν σε σημαντικό βαθμό την κατανάλωση [31].

Η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί διακρίνεται στο παρακάτω σχήμα :



Σχήμα 10. Sleep Mode λογισμικό για Ραδιοεξοπλισμό [31]

Από την ανάλυση του διαγράμματος αντιλαμβανόμαστε πως η χρησιμοποίηση ενός σχετικού λογισμικού μπορεί να επιφέρει μείωση στην κατανάλωση έως και 20 %

ιδίως τις βραδινές ώρες (22:00 – 06:00) που η τηλεπικοινωνιακή κίνηση μειώνεται χαρακτηριστικά.

Ένα άλλο λογισμικό που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και μελετάται από τους ερευνητές ,αποτελώντας και αυτό με τη σειρά του ένα μηχανισμό εξοικονόμησης ενέργειας, είναι αυτό που θα απενεργοποιεί ουσιαστικά όλο τον ράδιο εξοπλισμό του δικτύου δεύτερης γενιάς (GSM-DCS) και θα μεταφέρει την κίνηση στο δίκτυο τρίτης γενιάς (UMTS) όταν οι απαιτήσεις το επιτρέπουν.

3.4.2 Απομακρυσμένη επίβλεψη – Δυναμική διαχείριση

Έχει παρατηρηθεί πως η στατική διαχείριση που γίνεται στους σταθμούς βάσης παράγει μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας απ' ότι θα παρήγαγε ένα εξελιγμένο σύστημα ελέγχου. Στην πραγματικότητα μια στατική λύση δεν μπορεί να διαχειριστεί τις εποχιακές διαφορές στο κλίμα. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αποτελεί η στατική διαχείριση θερμοκρασίας.

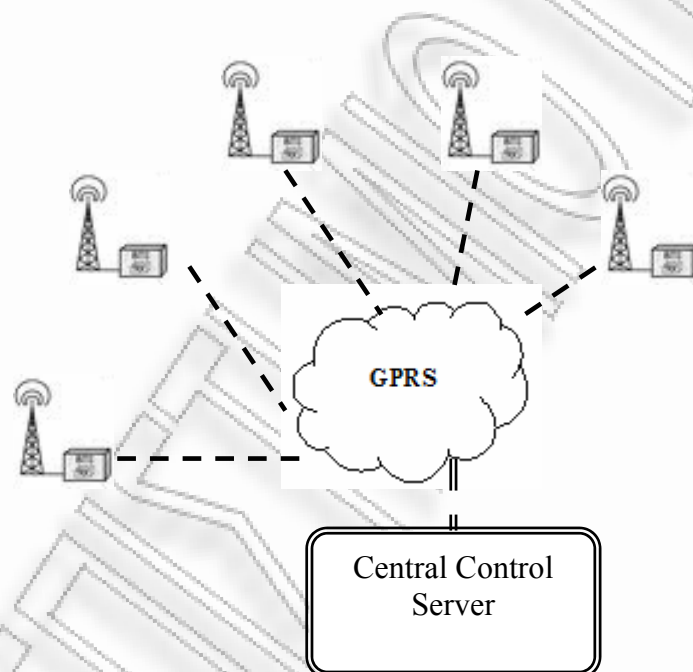
Με τα υπάρχοντα εποπτικά μέσα ελέγχου, η βαθμιαία υποβάθμιση της απόδοσης των συστημάτων δεν μπορεί να ανιχνευτεί. Για παράδειγμα το σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης θα ανιχνεύσει πως υπάρχει πρόβλημα στην κλιματιστική μονάδα όταν αυτή τεθεί εκτός λειτουργίας . Δεν υπάρχει δηλαδή η δυνατότητα να εντοπίσει τυχόν πρόβλημα απόφραξης των φίλτρων της μονάδας , η οποία οδηγεί στην σταδιακή μείωση της απόδοσης του συστήματος, ούτε μπορεί επίσης να ανιχνεύσει υποβάθμιση των κλιματιστικών ανάλογα με τις ανάγκες του σταθμού ανά περίοδο σε συνάρτηση με τις εξωτερικές συνθήκες.

Η εγκατάσταση ενός συστήματος βέλτιστου ελέγχου σε συνεργασία με το κατάλληλο λογισμικό δίνει τη δυνατότητα στους παρόχους να έχουν δυναμικό έλεγχο ενός σταθμού βάσης.

Ο μηχανισμός αυτός στηρίζεται στην ιδέα ο πάροχος να παρατηρεί την πραγματική κατανάλωση ενέργειας στον σταθμό , να καθορίζει ανάλογα με τα δεδομένα που έχει το ενεργειακό σχεδιάγραμμα του σταθμού και να δρα κατάλληλα μέσω ενός

συστήματος απομακρυσμένου ελέγχου (remote control). Σκοπός του μηχανισμού είναι προφανώς να εξασφαλιστεί η μέγιστη ενεργειακή αποδοτικότητα του σταθμού.

Ο μηχανισμός θα μπορεί να αλληλεπιδρά με το σταθμό βάσης. Θα συνδέεται δηλαδή με το κέντρο ελέγχου και διαχείρισης, στο οποίο θα προσφέρει τις απαραίτητες συλλεχθείσες πληροφορίες. Ο πάροχος αξιολογώντας τα στοιχεία, έχει τη δυνατότητα να επέμβει και να εκτελέσει εντολές προς τα συστήματα ψύξης και τα ανορθωτικά. Μπορεί για παράδειγμα να ρυθμίσει ή και να απενεργοποιήσει αν κρίνει σκόπιμο τα κλιματιστικά. Επίσης αν διαπιστώσει πως κάποιο ανορθωτικό έχει τεθεί εκτός λειτουργίας μπορεί να κάνει μια επανεκκίνηση ώστε αυτό να επανέλθει [28],[29].

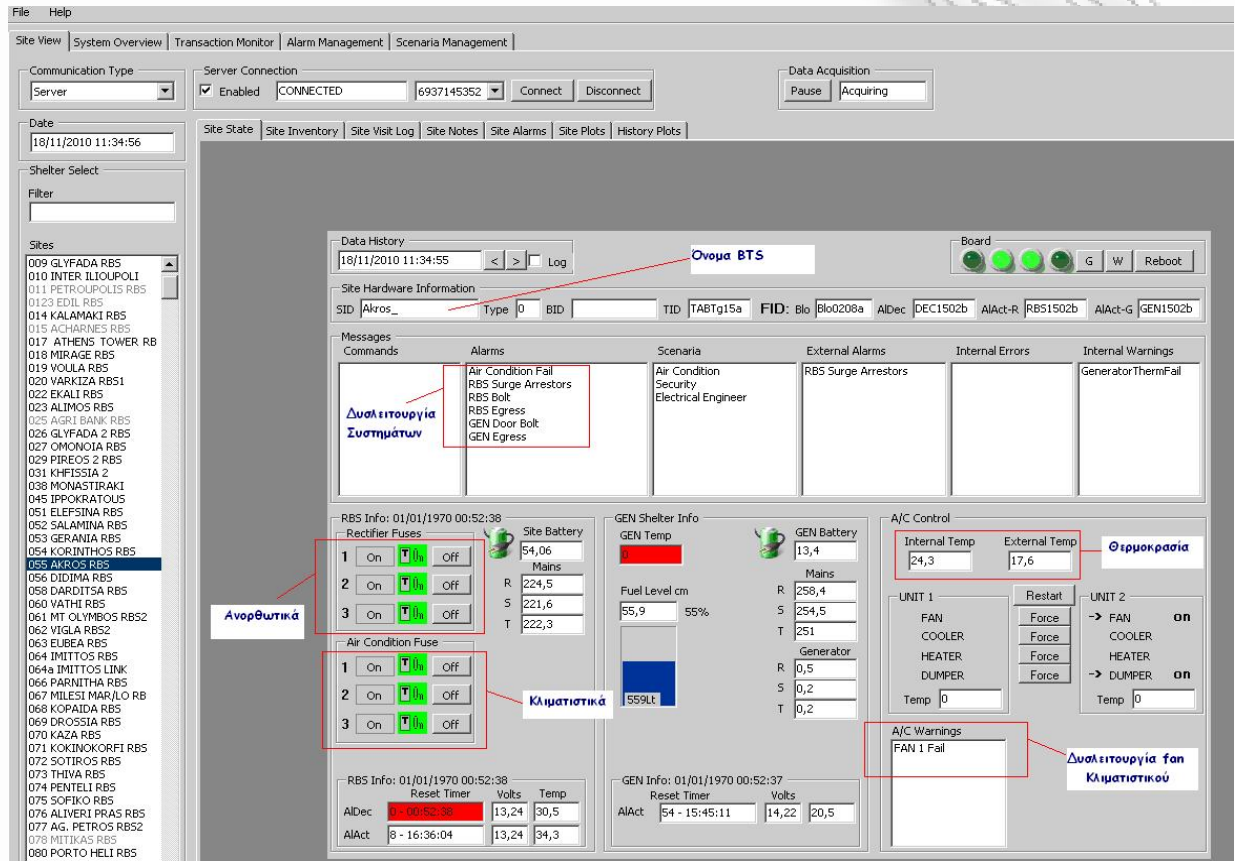


Σχήμα 11. Αρχιτεκτονική συστήματος απομακρυσμένου ελέγχου [28]

Τα στοιχεία και οι παράμετροι που συλλέγει το σύστημα και αξιολογούνται από τους μηχανικούς δικτύου είναι :

- η θερμοκρασία εντός σταθμού (θερμοκρασία του οικίσκου)
- η θερμοκρασία εκτός σταθμού (εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος)
- η αποδοτικότητα του εξοπλισμού εντός σταθμού (μπαταρίες, ανορθωτικά, κλιματιστικά)

- η κατανάλωση που σχετίζεται με τα συστήματα ψύξης (κλιματιστικές μονάδες, ανεμιστήρες)
- η συνολική κατανάλωση ενέργειας στο σταθμό βάσης [28]



Σχήμα 12. Ενεργειακή κατανάλωση σταθμού βάσης σε πραγματικό χρόνο

[Grande Kisa Power System, το διάγραμμα παραχωρήθηκε από το τεχνικό τμήμα παρόχου κινητών επικοινωνιών]

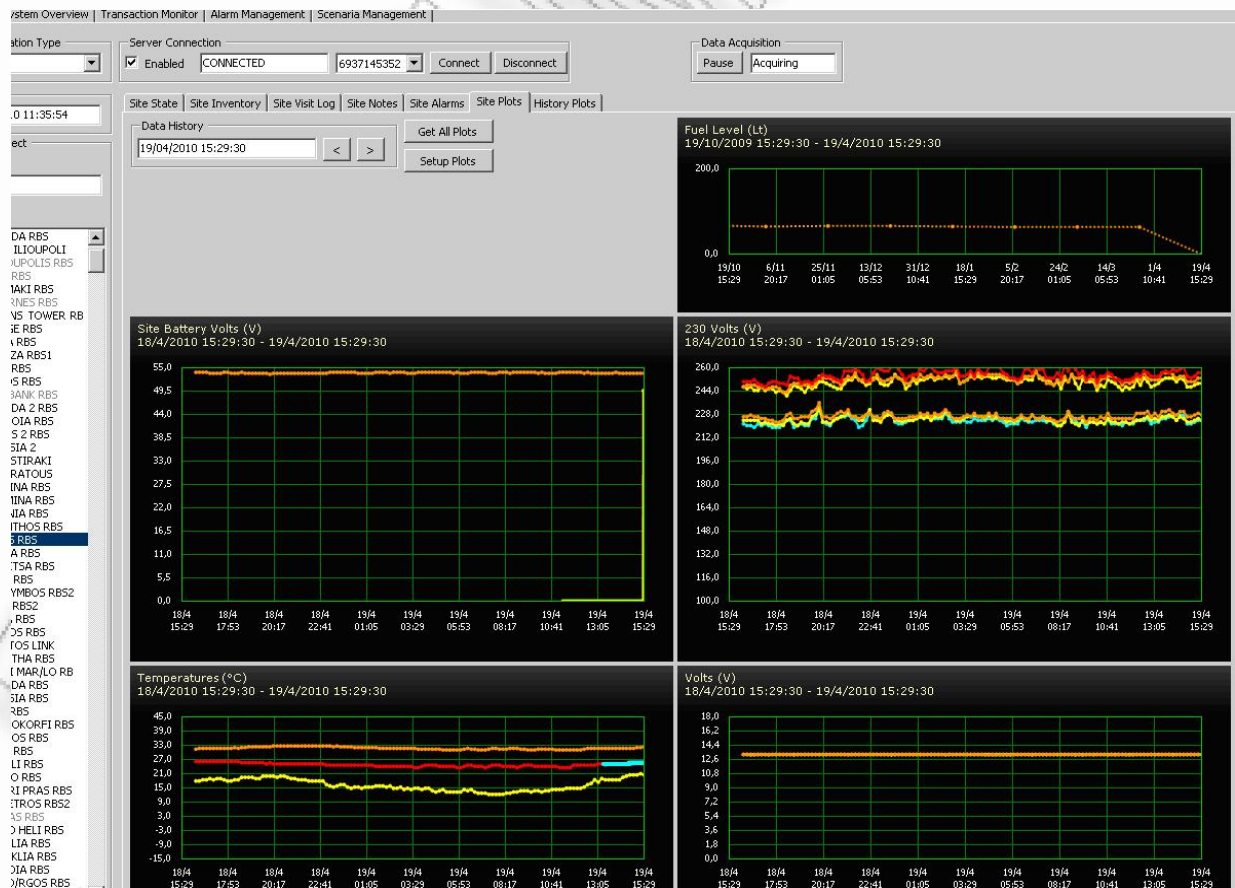
Ο μηχανικός δικτύου έχοντας τα παραπάνω στοιχεία και με την παράλληλη βοήθεια του συστήματος, που δημιουργεί το ενεργειακό σχεδιάγραμμα του σταθμού, μπορεί να αξιολογήσει ποιες ενέργειες μπορεί να κάνει για να επιτευχθεί η βέλτιστη διαχείριση του σταθμού.

Ο αλγόριθμος του συστήματος αποθηκεύει τα εκάστοτε στοιχεία, τα προσαρμόζει στα διαφορετικά δεδομένα κάθε σταθμού βάσης (γεωγραφική περιοχή, κίνηση που εξυπηρετεί ο σταθμός) και εν τέλει "δημιουργεί" το ενεργειακό σχεδιάγραμμα.

Με λίγα λόγια είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται τη χαρακτηριστική θερμική δυναμική του κάθε σταθμού και να αξιολογεί τα κατάλληλα σχεδιαγράμματα για να αποφασίσει ποια ενεργειακή στρατηγική θα χρησιμοποιήσει ο μηχανικός ανά πάσα στιγμή.

Η λειτουργία του συστήματος αποτελείται ουσιαστικά από δύο επίπεδα :

- Το πρώτο αποτελείται από την ανίχνευση και τη διαβίβαση στο σύστημα ελέγχου, όλων των πληροφοριών κατανάλωσης ισχύος , θερμοκρασιών και τους κλιματολογικούς συσχετισμούς. Όλες αυτές οι πληροφορίες δίνουν την πληρέστερη εικόνα για τον σταθμό βάσης , δίνοντας τη δυνατότητα στους παρόχους να εφαρμόσουν την κατάλληλη στρατηγική για τη βέλτιστη διαχείριση [28].
- Το δεύτερο επίπεδο προβλέπει μια δυναμική αλληλεπίδραση του σταθμού βάσης με τα συστήματα προκειμένου να εφαρμοστεί η βέλτιστη θερμική διαχείριση. Με βάση δηλαδή το ενεργειακό σχεδιάγραμμα που έχει δημιουργηθεί στο πρώτο επίπεδο, ρυθμίζονται τα συστήματα που απαιτούνται για να επιτευχθεί η εξοικονόμηση ενέργειας, όπως για παράδειγμα τα κλιματιστικά [28].



Σχήμα 13. Ενεργειακό σχεδιάγραμμα σταθμού βάσης

[Grande Kisa Power System, το διάγραμμα παραχωρήθηκε από το τεχνικό τμήμα παρόχου κινητών επικοινωνιών]

Η δυνατότητα του αλγορίθμου να "μαθαίνει" τη θερμική δυναμική κάθε σταθμού , του επιτρέπει να εφαρμόσει επίσης μια "στρατηγική" για έναν μελλοντικό έλεγχο βασισμένο όχι μόνο σε μια καμπύλη θερμοκρασίας, αλλά γνωρίζοντας ουσιαστικά πώς και πού επηρεάζει μια τέτοια στρατηγική ή ποια εναλλακτική θα μπορούσε να έχει ακολουθήσει.

Εύκολα αντιλαμβανόμαστε πως ο αλγόριθμος προτού επιτύχει τα μέγιστα δυνατά αποτελέσματα (αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας), χρειάζεται μια περίοδο εκμάθησης για να ανιχνεύσει τη θερμική δυναμική του κάθε σταθμού. Διαφορετική θερμική διαχείριση απαιτείται σε ένα σταθμό το χειμώνα , διαφορετική για τον ίδιο σταθμό απαιτείται στα μέσα του καλοκαιριού.

Το βασικό μειονέκτημα του συστήματος είναι πως η αποδοτικότητά του και η αξιοπιστία του μειώνεται στις πολύ ακραίες συνθήκες (παγετός ή συνθήκες καύσωνα). Η εγκατάσταση επίσης ενός τέτοιου μηχανισμού αποτελεί μια επένδυση μεγάλου κόστους για τους παρόχους. Αν αναλογιστούμε τον ιδιαίτερα μεγάλο αριθμό σταθμών βάσης σε μια χώρα , αντιλαμβανόμαστε πως το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης πολλαπλασιάζεται.

Παράλληλα η διαχείριση του ανωτέρω συστήματος απαιτεί προσωπικό που πρέπει να εκπαιδευτεί κατάλληλα ώστε να μπορεί όχι απλώς να χρησιμοποιεί τον μηχανισμό, αλλά να αξιολογεί όσο το δυνατόν καλύτερα τα δεδομένα , στον ταχύτερο εφικτό χρόνο ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση και η βέλτιστη διαχείριση ενέργειας.

3.5 Micro Σταθμοί Βάσης

3.5.1 Γενικά

Οι πάροχοι κινητών επικοινωνιών επιχειρούν να ικανοποιήσουν τις προσδοκίες των συνδρομητών σε αποδεκτά σημεία τιμών διατηρώντας παράλληλα υγιή περιθώρια κέρδους. Οι πάροχοι με κύρια εστίαση στο Carex και το Ornex, έχοντας τη συνεχή

πίεση να κρατηθούν οι δαπάνες χαμηλά χωρίς μείωση του επιπέδου υπηρεσιών προσπαθούν να εφαρμόσουν συνεχώς νέες τεχνολογίες.

Ένας νέος τύπος σταθμού βάσης, οι micro Σ/Β, που τοποθετούνται σταδιακά από τους παρόχους, αποτελούν μια ελκυστική λύση εξοικονόμησης ενέργειας, με σημαντική μείωση στην κατανάλωση ισχύος, διατηρώντας παράλληλα την υψηλή απόδοση των σταθμών βάσης.

Οι micro Σ/Β είναι ουσιαστικά μικρά κουτιά (στο μέγεθος μια τηλεόρασης 14 ιντσών) με τα απαραίτητα τμήματα ραδιοσυχνότητας. Τοποθετούνται κατάλληλα στην κορυφή κτιρίων, σε μπαλκόνια, ακόμα και σε κλειστούς χώρους. Ο εξοπλισμός είναι ιδιαίτερα ελαφρύς με πολύ μικρό όγκο, δίνοντας παράλληλα την ευελιξία εγκατάστασης σε οποιοδήποτε σχεδόν σημείο.

Είναι δυνατή η εγκατάσταση πολλών Σ/Β micro μαζί προσφέροντας απόδοση συγκρίσιμη με αυτήν των κανονικών μακρο Σ/Β, αλλά με πιο μικρή κατανάλωση ισχύος.

3.5.2 Σύγκριση Micro σταθμών βάσης με Ground σταθμούς βάσης

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα αποτελεί η μη αναγκαιότητα εγκατάστασης κανενός άλλου εξοπλισμού, δηλαδή κλιματιστικών μονάδων, μπαταριών ή και οικίσκου (shelter) που απαιτούν οι παραδοσιακοί σταθμοί. Το μόνο που απαιτούν είναι η παροχή με ηλεκτρικό ρεύμα από το κεντρικό δίκτυο και η απαραίτητη ραδιοζεύξη που είναι αναγκαία για να ενεργοποιηθεί και να συνδεθεί με το κέντρο μεταγωγής του παρόχου.

Από την άλλη, οι παραδοσιακοί, κοινοί σταθμοί βάσης με αρκετές κυψέλες αποτελούν την πλειονότητα στα σημερινά κυψελοειδή δίκτυα. Αποδίδουν μετάδοση υψηλής ισχύος, που οδηγεί σε ένα μεγάλο αριθμό εξυπηρέτησης χρηστών και μια ευρύτερη περιοχή κάλυψης σε σχέση με τους Micro σταθμούς βάσης. Αλλά για να επιτύχουν αυτήν την απόδοση όπως έχουμε δει, απαιτούν περισσότερη κατανάλωση ενέργειας, μεγάλο χώρο εγκατάστασης και απαραίτητο εξοπλισμό, ο οποίος πρέπει να στεγαστεί σε μια περιβαλλοντικά-ελεγχόμενη περίφραξη.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται συνοπτικά μια σύγκριση των παραδοσιακών σταθμών βάσης με τους micro σταθμούς :

	Ground Σ/B	Micro Σ/B
Configuration	Κεραία στον ιστό και εξοπλισμός	Κεραία εγκατεστημένη στο box
Αριθμός Κυψελών	1-6	1-2
Απαιτήσεις συστήματος	Ιστός , ταρατσες κτιρίων με δωμάτιο για τον εδάφιο εξοπλισμό	Οποιοδήποτε υψηλό σημείο
Air Conditions	Ναι	Όχι
Σύνδεση με τον εδάφιο εξοπλισμό	Ομοαξονικά καλώδια, κυματοηχοί , παροχή ηλεκτρικής ενέργειας	Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από το κεντρικό δίκτυο, καλώδια CAT-5
Βάρος	100kg –200kg	30 -40kg
Κατανάλωση Ισχύος	335W –800W *	150W –190W
Αυτονομία	Μπαταρίες – Stand by γεννήτρια	Όχι

* Στην κατανάλωση υπολογίζεται μόνο η κατανάλωση που απαιτείται για τη λειτουργία των κυψελών και δεν συνυπολογίζεται η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των κλιματιστικών μονάδων

Πίνακας 4. Σύγκριση Micro Σ/B με παραδοσιακό Ground Σ/B

Από τον πίνακα διαπιστώνουμε πως τα βασικότερα μειονεκτήματα των micro σταθμών βάσης είναι η έλλειψη αυτονομίας και η μικρή περιοχή κάλυψης με παράλληλη μικρή εξυπηρέτηση κίνησης. Μόλις δηλαδή υπάρχει διακοπή από το κεντρικό δίκτυο διανομής ενέργειας ο σταθμός τίθεται αμέσως εκτός λειτουργίας. Προφανώς λόγω της δομής τους δεν υπάρχει καμία δυνατότητα σύνδεσής τους με εφεδρική γεννήτρια. Γι αυτόν το λόγο οι συγκεκριμένοι σταθμοί προτιμάται να τοποθετούνται στα μεγάλα αστικά κέντρα όπου το δίκτυο είναι αρκετά πυκνό και μπορεί να γίνει εύκολα διαπομπή των κλήσεων [32],[33].

3.5.3 Τεχνοοικονομική προσέγγιση των micro σταθμών βάσης

Πέρα από τα πλεονεκτήματα εξοπλισμού που αναφέραμε παραπάνω , από τεχνοοικονομικής άποψης η εγκατάσταση micro σταθμών βάσης δίνει τη δυνατότητα για :

1. Χαμηλότερο Capex

- Λιγότερο ακριβός εξοπλισμός
- Δεν απαιτείται καμία δαπάνη για εγκατάσταση εδάφιου εξοπλισμού
- Χαμηλό κόστος εγκατάστασης

2. Χαμηλότερο Opex

- Μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση μιας και δεν υπάρχει ενεργός κλιματισμός
- Χαμηλότερες δαπάνες ενοικίασης χώρου για την εγκατάσταση του εξοπλισμού, λόγω μικρού όγκου

3. Γρήγορη διείσδυση στην αγορά

- Ο εξοπλισμός απαιτεί μικρότερο χρόνο εγκατάστασης σε σχέση με τους παραδοσιακούς σταθμούς βάσης και λιγότερη εμπειρία
- Εγκατάσταση στον ήδη υπάρχοντα εξοπλισμό

4. Πράσινη τεχνολογία

- Χαμηλή κατανάλωση ισχύος, λόγω της απουσίας εδάφιου εξοπλισμού και ειδικά κλιματιστικών μονάδων

Το Capex των σταθμών βάσης περιλαμβάνει το κόστος του εξοπλισμού και τις δαπάνες εγκαταστάσεων. Τα στοιχεία Opex περιλαμβάνουν τις δαπάνες ενοικίου και ενεργειακής τροφοδότησης. Όλες οι δαπάνες Capex αναλαμβάνονται ουσιαστικά κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους. Το Opex αυξάνεται σε ένα ετήσιο ποσοστό 2%.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα δεδομένα και με βάση τα οικονομικά στοιχεία εγκατάστασης και λειτουργίας ενός παραδοσιακού σταθμού βάσης σε σύγκριση με έναν micro μπορούμε να κάνουμε μια τεχνοοικονομική σύγκριση με βάση τα αντίστοιχα Opex και Capex.

Micro Base Station	Ground Base Station
Three Cells	Three Cells

Opex ανά έτος

Ενοικίαση χώρου	5.200 € – 8.700 €	7.400 € – 12.300 €
Ενεργειακή κατανάλωση	3.700 €	5.200 €

Capex

Εξοπλισμός	20.000 €	30.000 €
Κόστος εγκατάστασης	6.500 €	12.000 €
Hardware	1.200 €	8.500 €

Πίνακας 5. Οικονομική σύγκριση εγκατάστασης Micro Σ/Β και Ground Σ/Β

Η εξοικονόμηση κόστους κατά τη διάρκεια μιας πενταετούς περιόδου μπορεί να φτάσει έως 42.500 € για ένα σταθμό με τρεις (3) κυψέλες. Μια γενική εξοικονόμηση κόστους 38% που προέρχεται από μείωση του Capex κατά 48% και μείωση του Opex κατά 30%.

Συμπερασματικά η εγκατάσταση Micro σταθμών βάσης αποτελεί μια πράσινη τεχνολογία προσδίδοντας παράλληλα στους παρόχους τη δυνατότητα να μειώσουν τα ενεργειακά τους κόστη με εξοπλισμό που δεν χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα, προσφέρει αξιοπιστία και διαθέτει μεγάλη ευελιξία. Η έλλειψη αυτονομίας αποτελεί το μεγάλο μειονέκτημα. Η χαμηλή όμως ενεργειακή κατανάλωση με το παράλληλα μικρό κόστος δίνουν το συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι της παραδοσιακής τεχνολογία για την εγκατάσταση των Micro σταθμών στα αστικά κέντρα και τις πυκνοκατοικημένες περιοχές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Περιπτώσιολογικές Μελέτες

(Α) : Επιλογή τρόπου τροφοδοσίας τερματικού σταθμού βάσης σε νησιωτική περιοχή.

4.1 Γενικά

Ένα μείζον πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα είναι η τροφοδότηση των σταθμών βάσης στα νησιά και ιδίως σε αυτά του Αιγαίου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως μέχρι σήμερα δεν υπάρχει ηλεκτρική διασύνδεση των νησιών (Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, νησιά Βόρειου και Ανατολικού Αιγαίου, Κρήτη) με το ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας. Ως εκ τούτου ανά τακτά χρονικά διαστήματα η ΔΕΗ αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα ηλεκτροδότησης ή αναγκάζεται να προβεί σε προγραμματισμένες διακοπές για να μην υπερφορτωθεί το δίκτυο της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι σταθμοί βάσης που τροφοδοτούνται από το κεντρικό δίκτυο να τίθενται συχνά εκτός λειτουργίας, μειώνοντας ταυτόχρονα την ποιότητα παρεχόμενης υπηρεσίας προς τους συνδρομητές.

Ειδικότερα :

- Οι τοπικές μονάδες παραγωγής ενέργειας της ΔΕΗ εμφανίζουν υψηλό κόστος που επιβαρύνει την οικονομία ενώ δημιουργούν και τοπικά προβλήματα ρύπανσης. Κατά συνέπεια είναι χαμηλής δυναμικότητας και δε μπορούν να εξυπηρετήσουν όλες τις ενεργειακές ανάγκες ενός νησιού.
- Τα νησιά εμφανίζουν επίσης μεγάλους ρυθμούς αύξησης της τηλεπικοινωνιακής ζήτησης, λόγω της τουριστικής ανάπτυξης, αλλά και αδυναμία εξεύρεσης νέων θέσεων για τοπικούς σταθμούς βάσης λόγω αντιδράσεων του τοπικού πληθυσμού.

- Το αιολικό και ηλιακό δυναμικό των νησιών , που αποτελεί εγχώρια καθαρή πηγή παραμένει εντελώς ανεκμετάλλευτο από τη ΔΕΗ, με αποτέλεσμα να επιβαρύνονται ακόμα περισσότερο οι τοπικές μονάδες παραγωγής.

Οι πάροχοι κινητών υπηρεσιών βασισμένοι στα παραπάνω στοιχεία και λαμβάνοντας υπόψη την καθυστέρηση ⁵ που πραγματοποιείται στην έναρξη του έργου που έχει παρουσιάσει ως τη μόνη βιώσιμη λύση η ΔΕΗ και το οποίο αφορά τη διασύνδεση του ηπειρωτικού δικτύου με τα νησιά του Αιγαίου και την Κρήτη μέσω υποθαλάσσιων καλωδίων και υποβρύχιων διασυνδέσεων , μελετούν σε ποιες περιπτώσεις είναι τεχνοοικονομικά συμφέρουσα η αντικατάσταση της κεντρικής παροχής των σταθμών από το δίκτυο της ΔΕΗ με αντίστοιχη εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων και γεννητριών πετρελαίου 24h.

4.2 Σκοπός του έργου

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα και θέτοντας κάποιες βασικές παραμέτρους θα προσπαθήσουμε να διαπιστώσουμε κατά πόσο είναι οικονομικά επωφελής και βιώσιμη η εγκατάσταση υβριδικού συστήματος ή γεννήτριας πετρελαίου 24h για την κεντρική παροχή σταθμού βάσης που βρίσκεται σε νησί του Αιγαίου, αντικαθιστώντας την ήδη υπάρχουσα τροφοδοσία από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ.

4.3 Παράμετροι Συστήματος

Στα πλαίσια της μελέτης για να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική η προσέγγιση που κάνουμε θέτουμε τις παρακάτω παραμέτρους .

1. Θεωρούμε πως η περιοχή που είναι εγκατεστημένος ο Σ/Β πληροί όλες τις προδιαγραφές για την εγκατάσταση υβριδικού συστήματος όπως αυτές

⁵ Το επιχειρησιακό σχέδιο που έχει παρουσιάσει η ΔΕΗ δεν έχει εγκριθεί από την Commission γιατί θεωρεί μεγάλο το κόστος που απαιτείται για τον περιορισμό των ρύπων CO2

αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο (μέση ετήσια ταχύτητα ανέμων , επαρκής ηλιοφάνεια)

2. Θεωρούμε πως έχουμε ένα GSM σταθμό βάσης που αποτελείται από 3 Cells.
3. Ο σταθμός είναι τερματικός (terminal). Η μελέτη αναφέρεται σε τερματικό σταθμό και όχι σε Node ή Backbone διότι σε μία τέτοια περίπτωση θα έπρεπε να μελετήσουμε την κατανάλωση ενέργειας που απαιτούν τα μικροκυματικά (mw) και τα links που είναι εγκατεστημένα σε αυτούς τους κομβικούς σταθμούς . Μία τέτοια εκδοχή κάνει πιο σύνθετη την προσέγγιση μιας και θα έπρεπε να θέσουμε παραμέτρους για τα μικροκυματικά που πρέπει να χρησιμοποιηθούν καθώς και την κίνηση που έχει σχεδιαστεί να εξυπηρετούν.
4. Τέταρτη παραδοχή που θέτουμε είναι ότι ο σταθμός είναι εγκατεστημένος σε υπαίθρια περιοχή και όχι στην ταράτσα κάποιας οικίας. Αυτό γίνεται διότι σε με τέτοια περίπτωση το ρολόι της ΔΕΗ καταγράφει συγκεντρωτικά και την κατανάλωση της οικίας και του σταθμού βάσης με αποτέλεσμα να μην έχουμε ακριβή εικόνα για την κατανάλωση που γίνεται αποκλειστικά από το σταθμό. Τα στοιχεία που παραθέτουμε παρακάτω αναφέρονται σε τερματικό σταθμό που είναι εγκατεστημένος σε αγροτική νησιωτική περιοχή.

4.4 Παρουσίαση Εναλλακτικών Λύσεων

Περίπτωση 1η : Παροχή από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ

Το κόστος τροφοδοσίας ενός σταθμού βάσης (με βάση τις παραμέτρους που θέσαμε παραπάνω) ο οποίος είναι συνδεδεμένος με το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ αγγίζει τα 1600 € το δίμηνο . Αυτό σημαίνει πως σε διάστημα 6 ετών με μέση ετήσια αύξηση στα τιμολόγια της ΔΕΗ 3% το συνολικό κόστος ανέρχεται στα 62.076 €. Αναλυτικά :

Ετήσιο Κόστος Παροχής Σ/Β από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ							
	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5	Έτος 6	
Μήνες							
1	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
2	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
3	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
4	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
5	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
6	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
7	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
8	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
9	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
10	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
11	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
12	800 €	824 €	848 €	874 €	900 €	927 €	
Συνολικά	9.600 €	9.888 €	10.176 €	10.488 €	10.800 €	11.124 €	62.076 €

Πίνακας 6. Κόστος παροχής Σ/Β που τροφοδοτείται από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ



"Κεντρικό Δίκτυο
ΔΕΗ.xls"

Περίπτωση 2η : Παροχή από υβριδικό σύστημα

Θεωρούμε πως έχουμε σταθμό βάσης (με βάση τις παραμέτρους που έχουμε θέσει) , ο οποίος τροφοδοτούνταν από το δίκτυο της ΔΕΗ και τώρα θα εγκαταστήσουμε ένα υβριδικό σύστημα το οποίο παράγει DC Voltage. Η αντικατάσταση μπορεί να γίνει χωρίς να απαιτείται σχεδόν καμία αλλαγή ή μετατροπή στον ήδη υπάρχοντα εξοπλισμό μιας και είναι απολύτως συμβατές τεχνολογίες. Το μόνο που πρέπει να αντικατασταθεί είναι οι συστοιχίες μπαταριών.

Το υβριδικό σύστημα που θα εγκατασταθεί για να καλύψει τις απαιτήσεις του σταθμού βάσης αποτελείται από :

- Wind Turbine 7.5 kW . Το κόστος της συγκεκριμένης μονάδας ανέρχεται στα 11.500 €. Το κόστος εγκατάστασης είναι 7.000 € και το ετήσιο κόστος συντήρησης μόλις 60 €. Ο χρόνος ζωής μιας Wind Turbine σύμφωνα με τον κατασκευαστή είναι 20 έτη.

- PV array 5 kW . Το κόστος αγοράς της μονάδας ανέρχεται στα 32.500 € (το κόστος κατά μέσο όρο είναι 6.5 € / Watt). Το κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα 3.820 € και το κόστος συντήρησης θεωρείται μηδενικό (προσφέρεται συνήθως δωρεάν με το συμβόλαιο για τα πρώτα πέντε (5) έτη). Και εδώ ο χρόνος ζωής είναι 20 χρόνια.
- Μπαταρίες . Κόστος αντικατάστασης 250 €

Κόστος Εγκατάστασης και συντήρησης Hybridic System σε Σ/Β							
	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5	Έτος 6	
Κόστος Αγοράς Wind Turbine	11.500 €						
Κόστος Εγκατάστασης Wind Turbine	7.000 €						
Ετήσιο Κόστος Συντήρησης Wind Turbine	60 €	60 €	65 €	65 €	70 €	70 €	
Κόστος Αγοράς PV Array 5kW	32.500 €						
Κόστος Εγκατάστασης PV	3.820 €						
Ετήσιο Κόστος Συντήρησης PV	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €		
Μπαταρίες	250 €	0 €	0 €	250 €	0 €	0 €	
Συνολικά	55.130 €	60 €	65 €	315 €	70 €	70 €	55.710 €

Πίνακας 7. Κόστος εγκατάστασης , παροχής και συντήρησης Σ/Β που τροφοδοτείται από Υβριδικό Σύστημα



Περίπτωση 3η : Παροχή από 24h γεννήτρια πετρελαίου

Για να λειτουργήσει ένας σταθμός βάσης που τροφοδοτείται από 24h γεννήτρια πετρελαίου (με βάση τις παραμέτρους που θέσαμε) απαιτεί 800 litres πετρελαίου κάθε μήνα. Το μέσο κόστος του πετρελαίου στη χώρα μας ανέρχεται σε 1.3 € / litre. Η γεννήτρια χρειάζεται περιοδική συντήρηση μία φορά το μήνα από εξειδικευμένο συνεργείο. Το κόστος αυτό ανέρχεται στα 80 € ανά επίσκεψη. Τα συμβόλαια που υπογράφονται με τα συνεργεία συντήρησης είναι συνήθως διάρκειας 3 ετών . Στα πλαίσια της προσέγγισης που κάνουμε θεωρούμε πως για τρία χρόνια το κόστος παραμένει σταθερό στα 80€ και για τα επόμενα τρία γίνεται προσαύξηση και κυμαίνεται στα 100€. Αν θεωρήσουμε μια κατά μέσο όρο αύξηση 12% στην τιμή του

πετρελαίου κάθε χρόνο για διάστημα έξι (6) ετών καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα.

Σημείωση : Σκόπιμο είναι να σημειώσουμε πως επειδή η τιμή του πετρελαίου εξαρτάται από την παγκόσμια πορεία της οικονομίας οποιαδήποτε πρόβλεψη για τα επίπεδα τις τιμής του, εμπεριέχει πολύ μεγάλο ρίσκο και δεν ενδείκνυται για ασφαλείς προβλέψεις :

Ετήσιο Κόστος Παροχής Σ/Β από 24h Γεννήτρια Πετρελαίου							
	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5	Έτος 6	
Μήνες							
1	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
2	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
3	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
4	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
5	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
6	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
7	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
8	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
9	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
10	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
11	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
12	1.040 €	1.164 €	1.303 €	1.460 €	1.635 €	1.831 €	
Κόστος Αγοράς Γεννήτριας	3.500 €						3.500 €
Συνολικά Κόστος Εφοδιασμού 24h	12.480 €	13.968 €	15.636 €	17.520 €	19.620 €	21.972 €	101.196 €
Ετήσιο Κόστος Συντήρησης 24h Γεννήτριας	960 €	960 €	960 €	1.200 €	1.200 €	1.200 €	6.480 €
Συνολικό Κόστος	16.940 €	14.928 €	16.596 €	18.720 €	20.820 €	23.172 €	111.176 €

Πίνακας 8. Κόστος παροχής Σ/Β που τροφοδοτείται από γεννήτρια πετρελαίου 24h



"Diesel 24 Generator.xls"

4.5 Αξιολόγηση

Αξιολογώντας τα στοιχεία των τριών περιπτώσεων καταλήγουμε σε κάποια ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με την επιλογή της επένδυσης.

Με τα στοιχεία των παραπάνω πινάκων δημιουργούμε τον πίνακα Αθροιστικών Ροών

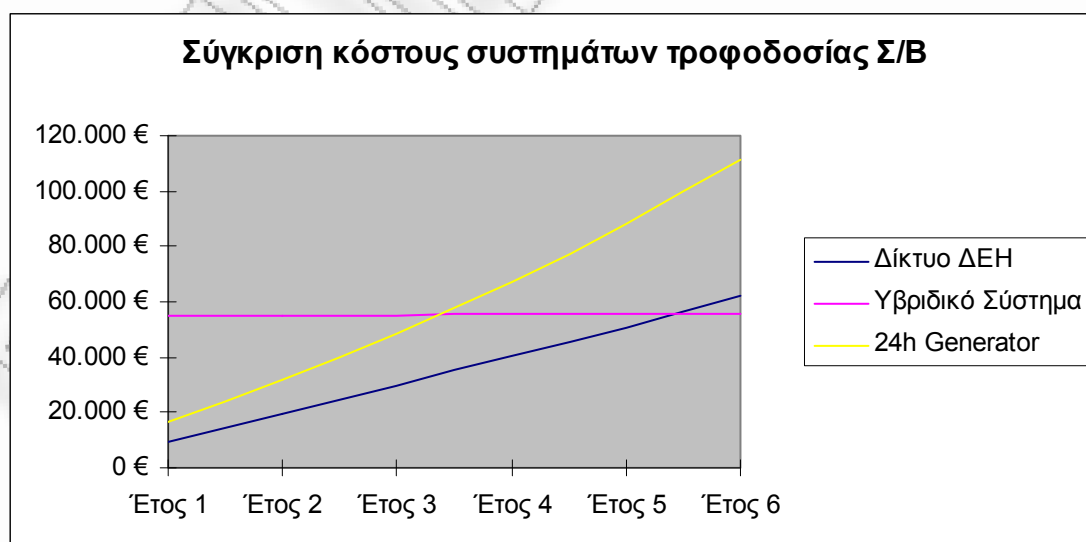
Χρόνια	Αθροιστικές Ροές		
	Δίκτυο ΔΕΗ	Υβριδικό Σύστημα	24h Generator
Έτος 1	9.600 €	55.130 €	16.940 €
Έτος 2	19.488 €	55.190 €	31.868 €
Έτος 3	29.664 €	55.255 €	48.464 €
Έτος 4	40.152 €	55.570 €	67.184 €
Έτος 5	50.952 €	55.640 €	88.004 €
Έτος 6	62.076 €	55.710 €	111.176 €

Πίνακας 9. Πίνακας Αθροιστικών Ροών



Συνολικό.xls

Από τον παραπάνω πίνακα παίρνουμε το συγκριτικό διάγραμμα κόστους των τριών συστημάτων τροφοδοσίας που αναλύσαμε.



Σχήμα 14. Συγκριτικό διάγραμμα κόστους συστημάτων τροφοδοσίας Σ/Β

Από το διάγραμμα διαπιστώνουμε πως το κόστος τροφοδοσίας ενός σταθμού βάσης από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ παρουσιάζει μία σταθερή αλλά χαμηλή αύξηση ανά έτος. Σε αντίθεση με την 24h γεννήτρια πετρελαίου που ναι μεν το αρχικό κόστος τροφοδοσίας κυμαίνεται σε κοντινά επίπεδα με αυτό του δικτύου της ΔΕΗ αλλά λόγω της συνεχούς αύξησης του πετρελαίου το συνολικό κόστος τροφοδοσίας σε διάστημα 6 ετών είναι σχεδόν διπλάσιο σε σχέση με αυτό της ΔΕΗ.

Το υβριδικό σύστημα παρατηρούμε πως παρουσιάζει μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης αποτελώντας ουσιαστικά επένδυση υψηλού ρίσκου για μια εταιρεία. Ταυτόχρονα όμως τα σχεδόν μηδενικά ετήσια λειτουργικά κόστη και κόστη συντήρησης αποτελούν ισχυρό αντισταθμιστικό παράγοντα. Από το διάγραμμα παρατηρούμε πως η εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος θα είναι κερδοφόρο σε σχέση με μια 24h γεννήτρια πετρελαίου 3 χρόνια και 6 μήνες μετά την εγκατάστασή του.

Επίσης, το υβριδικό σύστημα θα είναι κερδοφόρο συγκριτικά και με το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ 5,5 χρόνια μετά την εγκατάστασή του.

Η εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος αποτελεί ουσιαστικά μια επένδυση σε πάγια στοιχεία. Η επανείσπραξη του κόστους επένδυσης θα γίνει το αργότερο σε 5,5 χρόνια. Η επιλογή και η εγκατάσταση συστημάτων τροφοδοσίας Σ/Β (είτε αυτό είναι γεννήτρια, είτε υβριδικό σύστημα) δεν αποτελεί τεχνολογία με γρήγορη τεχνολογική απαξίωση συνεπώς τα 5,5 χρόνια δεν αποτελούν χρόνο επέλευσης της τεχνολογίας ώστε η εταιρεία να μην μπορέσει να αποσβέσει πλήρως την επένδυση.

Με βάση τα δεδομένα που απορρέουν από την οικονομική προσέγγιση και αν συνυπολογίσουμε παράλληλα τα προβλήματα που αναφέραμε πως αντιμετωπίζουν οι πάροχοι από τις συνεχόμενες διακοπές και την αστάθεια του κεντρικού δικτύου της ΔΕΗ στα νησιά του Αιγαίου, η εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων για την τροφοδοσία των Σ/Β αποτελούν βιώσιμη επιλογή στις συγκεκριμένες περιοχές. Παράλληλα , σύμφωνα με τα στοιχεία , σε βάθος χρόνου αποτελεί και την βέλτιστη οικονομικά λύση.

Αξιολογώντας όλα τα δεδομένα μπορούμε να κάνουμε δύο σημαντικές παρατηρήσεις. Το μεγάλο αρχικό κόστος της επένδυσης σε υβριδικά συστήματα δύσκολα θα οδηγήσει έναν πάροχο σε μαζική εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων. Ένα μαζικό rollout εμπεριέχει υψηλό ρίσκο για οποιαδήποτε εταιρεία μιας και το αρχικό κόστος επένδυσης είναι αρκετά υψηλό και ο χρόνος απόσβεσης φτάνει έως και τα 5,5 χρόνια. Ο CNO μιας εταιρείας κινητής τηλεφωνίας, ο οποίος λαμβάνει τις αποφάσεις επένδυσης, αξιολογώντας τις μελέτες και τα στοιχεία εύκολα διαπιστώνει πως σε βάθος δετίας η επένδυση θα έχει θετικό ισοζύγιο. Γνωρίζοντας όμως παράλληλα πως βρίσκεται σε ένα σύγχρονο ανταγωνιστικό περιβάλλον και οι πιθανότητες να βρίσκεται στην ίδια εταιρεία μετά από 5 έτη είναι σχεδόν μηδαμινή προτιμά έναν ετήσιο θετικό ισολογισμό παρά έναν ισολογισμό που θα εμπεριέχει υψηλές επενδύσεις σε πάγια στοιχεία οι οποίες θα φτάσουν στο νεκρό σημείο (ΝΣ) στα 5,5 χρόνια.

Η μελέτη για την εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος συνεπώς είναι συγκεκριμένη και πολύ προσεκτική ώστε να ελαχιστοποιηθεί κάθε πιθανότητα αποτυχίας.

Τέλος, παρατηρούμε πως το κόστος για την τροφοδοσία των σταθμών βάσης αποκλειστικά από 24h γεννήτρια είναι υπερβολικά μεγάλο σε βάθος χρόνου. Αυτό έρχεται να επιβεβαιωθεί και από τα στοιχεία των παρόχων κινητής τηλεφωνίας μιας και οι σταθμοί που τροφοδοτούνται με αυτό τον τρόπο είναι ελάχιστοι. Εγκαθίστανται σε ορεινές κυρίως περιοχές που δε φτάνει το δίκτυο της ΔΕΗ, η ηλιοφάνεια είναι περιορισμένη και η πρόσβαση εφικτή ώστε να γίνεται περιοδική συντήρηση. Παράλληλα λόγω υψηλού κόστους παρουσιάζεται το λεγόμενο Power Collocation όπου ο ένας πάροχος εγκαθιστά 24h γεννήτρια και τροφοδοτεί ταυτόχρονα το shelter κάποιου άλλου παρόχου.

(B) : Επιλογή τρόπου τροφοδοσίας τερματικού σταθμού βάσης σε αστική περιοχή.

4.6 Γενικά

Με βάση τα οικονομικά στοιχεία που παρουσιάσαμε στην προηγούμενη μελέτη περίπτωσης εύκολα υποθέτουμε πως η επιλογή του υβριδικού συστήματος αποτελεί τη βέλτιστη οικονομικά λύση για την τροφοδότηση τερματικού σταθμού βάσης σε αστική περιοχή.

Τα στοιχεία όμως που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του τρόπου τροφοδοσίας ενός Σ/Β σε αστική περιοχή **δεν είναι μόνο οικονομικά**. Η επιλογή του τρόπου τροφοδοσίας **καθορίζεται κυρίως από τεχνικά στοιχεία**.

Οι εναλλακτικές λύσεις που μπορούμε να μελετήσουμε είναι οι εξής :

- Παροχή από 24h γεννήτρια πετρελαίου
- Παροχή από υβριδικό σύστημα
- Παροχή από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ

Οι παράμετροι του συστήματος που μελετάται προς εγκατάσταση είναι οι ίδιες που θέσαμε στην προηγούμενη μελέτη περίπτωσης.

4.7 Παροχή από 24h γεννήτρια πετρελαίου

Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάσαμε η τροφοδότηση ενός σταθμού βάσης από 24h γεννήτρια πετρελαίου απορρίπτεται ως οικονομικά μη επωφελής λύση. Σε βάθος εξαιτίας το συνολικό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης ανέρχεται σε 116.176 €.

Η συγκεκριμένη λύση όμως απορρίπτεται και για έναν επιπρόσθετο λόγο. Το μεγαλύτερο ποσοστό των Σ/Β στις αστικές περιοχές είναι εγκατεστημένο σε ταράτσες κατοικιών και κτιρίων. Ο θόρυβος ο οποίος "παράγεται" κατά τη λειτουργία μιας γεννήτριας πετρελαίου αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα για να τροφοδοτήσει Σ/Β που βρίσκεται εγκατεστημένος σε κατοικημένη περιοχή. Μια τέτοια επιλογή θα προξενήσει της έντονες αντιδράσεις των περίοικων.

4.8 Παροχή από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ

Η τροφοδότηση των τερματικών σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας στις αστικές περιοχές μέσω του δικτύου της ΔΕΗ αποτελεί τεχνικά τη βέλτιστη λύση.

Αυτό οφείλεται στους παρακάτω λόγους :

- Υπάρχει εύκολη πρόσβαση στο δίκτυο της ΔΕΗ. Σε κάθε σημείο μιας αστικής περιοχής το δίκτυο της ΔΕΗ είναι άμεσα διαθέσιμο.
- Στις αστικές περιοχές ένα μεγάλο ποσοστό των σταθμών βάσης είναι εγκατεστημένο σε ταράτσες πολυκατοικιών και κτιρίων. Η τροφοδότησή τους μέσω του δικτύου της ΔΕΗ αποτελεί την πιο "αθόρυβη" επιλογή.
- Στις αστικές περιοχές υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης Micro Σ/Β , οι οποίοι τροφοδοτούνται αποκλειστικά από κεντρικό δίκτυο ΔΗΕ.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάσαμε τα πλεονεκτήματα των Micro σταθμών βάσης και αναφέραμε πως η εγκατάστασή τους στα αστικά κέντρα αποτελεί ελκυστική περίπτωση για τους παρακάτω λόγους :

- Ο εξοπλισμός ενός micro Σ/Β απαιτεί μικρό χώρο εγκατάστασης.
- Έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση – 3.700 € / χρόνο

Αν υποθέσουμε μια μέση ετήσια αύξηση στα τιμολόγια της ΔΕΗ 3% έχουμε :

Ετήσιο Κόστος Παροχής Micro Σ/Β από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ							
	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5	Έτος 6	
Κόστος	3.700 €	3.811 €	3.925 €	4.043 €	4.164 €	4.289 €	
Συνολικά	3.700 €	3.811 €	3.925 €	4.043 €	4.164 €	4.289 €	23.932 €

Πίνακας 10. Κόστος παροχής Σ/Β τεχνολογίας Micro που τροφοδοτείται από το κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ



"Κεντρικό Δίκτυο
ΔΕΗ Micro BTS.xls"

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε πως σε βάθος εξαετίας το συνολικό κόστος παροχής ενός Micro Σ/Β που τροφοδοτείται από το δίκτυο της ΔΕΗ ανέρχεται σε 23.393€, αποτελώντας μια εξαιρετικά οικονομικά λύση.

Το κόστος τροφοδότησης ενός τερματικού σταθμού βάσης (με βάση τις παραμέτρους που θέσαμε στο προηγούμενο business case) από το δίκτυο της ΔΕΗ σε βάθος εξαετίας ανέρχεται όπως είχαμε δει σε 62.076 €.

4.9 Παροχή από υβριδικό σύστημα

Η εγκατάσταση υβριδικού συστήματος για την τροφοδότηση τερματικών σταθμών βάσης σε αστική περιοχή αποτελεί μια συμφέρουσα οικονομικά λύση - 55.710 € σε βάθος εξαετίας - αλλά παρουσιάζει σημαντικά τεχνικά προβλήματα.

Για να εγκατασταθεί ένα τέτοιο σύστημα όπως έχουμε αναφέρει θα πρέπει να πληρούνται οι συνθήκες ελάχιστης απαιτούμενης ηλιοφάνειας και ταχύτητας ανέμων. Οι συνθήκες αυτές δεν μπορούν να υπάρξουν σε κατοικημένη αστική περιοχή.

Παράλληλα, η τοποθέτηση ενός υβριδικού συστήματος απαιτεί μεγάλο χώρο για να εγκατασταθεί ο απαραίτητος εξοπλισμός (wind turbine , Φ/Β πλαίσια) γεγονός το οποίο αποτελεί μεγάλο μειονέκτημα στις αστικές περιοχές.

Ακόμα και η εύρεση χώρου για την εγκατάσταση του απαραίτητου ηλεκτρολογικού – ηλεκτρονικού εξοπλισμού ενός σταθμού βάσης είναι πλέον αρκετά δύσκολη για τους παρόχους. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως η εύρεση επιπλέον χώρου για την εγκατάσταση του υβριδικού συστήματος αποτελεί ανυπέρβλητο εμπόδιο.

Οι ταράτσες των κτιρίων θα αποτελούσαν μία λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Για να εγκατασταθεί όμως ένα υβριδικό σύστημα σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο κτιρίου (ταράτσα) πρέπει να συμφωνήσουν εγγράφως όλοι οι ιδιοκτήτες. Το γεγονός όμως πως η εγκατάσταση του υβριδικού θα γίνει για την τροφοδότηση σταθμού βάσης μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι ιδιοκτήτες είναι δύσκολο να συναινέσουν.

Τέλος, ένα μεγάλο ποσοστό των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας εντός αστικών κέντρων έχουν εγκατασταθεί χωρίς να έχουν την απαραίτητη αδειοδότηση από την ΕΕΤΤ. Γι αυτό το λόγο οι πάροχοι δεν επιθυμούν να γνωρίζουν οι πολίτες που είναι εγκατεστημένοι οι σταθμοί βάσης.

4.10 Αξιολόγηση

Η επιλογή του τρόπου τροφοδοσίας των σταθμών βάσης εντός αστικής περιοχής αποτελεί μια εύκολη σχετικά απόφαση για τους παρόχους. Τα στοιχεία τα οποία μελετώνται δεν είναι τόσο οικονομικής φύσεως όσο κυρίως τεχνικής.

Οι απαιτήσεις του δικτύου στις αστικές περιοχές είναι ιδιαίτερα αυξημένες με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγάλη πυκνότητα δίκτυο. Οι πάροχοι μελετούν κυρίως το σημείο που θα εγκατασταθεί ο Σ/Β και όχι τον τρόπο και το κόστος παροχής του με την απαιτούμενη ενέργεια. Η τροφοδότησή των σταθμών βάσης μέσω του δικτύου της ΔΕΗ αποτελεί την πιο άμεση και εύκολη επιλογή για τους παρόχους.

Η μεγάλη έκταση που απαιτείται για την εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος και ο θόρυβος που προκαλούν οι γεννήτριες πετρελαίου, αποτελούν σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία καθιστούν τις συγκεκριμένες επιλογές μη λειτουργικές.

4.11 Συμπέρασμα

Αξιολογώντας τα στοιχεία τα οποία παρουσιάστηκαν στις δύο περιπτώσιολογικές μελέτες καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα.

Αρχικά διαπιστώνουμε πως η μελέτη , η εγκατάσταση και ο τρόπος τροφοδοσίας κάθε Σ/Β αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση. Τα στοιχεία και οι παράμετροι που πρέπει να μελετηθούν είναι διαφορετικά. Μια σωστά μελετημένη επιλογή προσδίδει στον πάροχο καλή ποιότητα υπηρεσιών με ταυτόχρονη εξοικονόμηση χρημάτων.

Κάνοντας μια σύγκριση στον τρόπο επιλογής τροφοδοσίας των Σ/Β στις αστικές και στις νησιωτικές – αγροτικές περιοχές παρατηρούμε πως αποτελούν εντελώς ξεχωριστές περιπτώσεις.

Η κύρια διαφορά εντοπίζεται στο κριτήριο επιλογής. Στις αγροτικές περιοχές βασικό κριτήριο αποτελεί το οικονομικό σκέλος σε αντίθεση με τις αστικές περιοχές όπου η επιλογή γίνεται με βάση τεχνικές παραμέτρους.

Επίσης, σε μια αστική περιοχή η μελέτη εγκατάστασης θα επικεντρωθεί στο σημείο που πρέπει να εγκατασταθεί ο Σ/Β ώστε να εξυπηρετεί όσο το δυνατόν περισσότερη τηλεπικοινωνιακή κίνηση. Αντίθετα σε μια νησιωτική – αγροτική περιοχή η μελέτη θα επικεντρωθεί στον τρόπο που θα τροφοδοτηθεί ο Σ/Β μιας και οι εναλλακτικές λύσεις είναι περισσότερες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα και προτάσεις

Στα πλαίσια των ερευνών για την ενίσχυση της ενεργειακής αποδοτικότητας των σταθμών βάσης, οι εφαρμογές που μπορούν να λάβουν χώρα και οι μηχανισμοί που μπορούν να εφαρμοστούν είναι εμφανείς. Το κοινό χαρακτηριστικό όλων αυτών είναι η στόχευση στην παράδοση ενεργειακά αποδοτικών λύσεων.

Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε μια αναφορά στα εργαλεία και τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν αυτές τις ενέργειες συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών λογισμικού για τη δυναμική διαχείριση των σταθμών βάσης και τον έλεγχο των ενεργειακών χρήσεων όπου απαιτείται, την ανάπτυξη και χρησιμοποίηση ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού, την εφαρμογή εναλλακτικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την τροφοδότηση των σταθμών βάσης – ηλιακή, αιολική, κυψέλες καυσίμου, βιοκαύσιμα - και την παρουσίαση σταθμών βάσης νέας τεχνολογίας.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα απαιτεί την εποικοδομητική εφαρμογή και διανομή υπηρεσιών. Απαιτεί ένα περιεκτικό διοικητικό πλαίσιο και μια ανάγκη να οριοθετηθούν οι στόχοι και το σχέδιο της εταιρείας που θέλει να το υλοποιήσει.

Για την εφαρμογή αυτών των μηχανισμών οι πάροχοι πρέπει να εξετάζουν και να απαντούν τα παρακάτω ερωτήματα που αποτελούν κλειδί για την επιτυχημένη εφαρμογή τους :

1. Τι τρέχουσα υπηρεσία προσφέρει η εταιρεία και ποιος ο υπάρχον σχεδιασμός του δικτύου ;
2. Ποιος μηχανισμός είναι καταλληλότερος να εφαρμοστεί για τους τύπους υπηρεσιών που παρέχει η εταιρεία;
3. Ποιες οι δαπάνες για την επίτευξη ενεργειακής αποδοτικότητας;

4. Εξασφαλίζεται η αξιοπιστία του δικτύου και παράλληλα ικανοποιούνται οι απαιτήσεις ποιότητας εξυπηρέτησης των τελικών χρηστών (QoS);

Οι μηχανισμοί αποταμίευσης ενεργειακής αποδοτικότητας, σε όσους περισσότερους σταθμούς βάσης εφαρμόζονται τόσο μεγαλύτερη αποταμίευση μπορούν να προσφέρουν σε κάθε πάροχο. Μερικά από αυτά τα μέτρα περιλαμβάνουν όπως είδαμε: εγκατάσταση προηγμένων ενισχυτών, κλιματισμό υψηλής απόδοσης, βέλτιστη διαχείριση ανορθωτικών μονάδων, εγκατάσταση αυτοματοποιημένου ελέγχου θερμοστατών, αύξηση εσωτερικής θερμοκρασίας των σταθμών, αισθητήρες κίνησης για τα φώτα, αντικατάσταση λυχνιών με LED.

Ο πιο αποτελεσματικός και αποδοτικός μηχανισμός για τους φορείς παροχής κινητών υπηρεσιών είναι οι τεχνικές διαχείρισης μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένων της δυναμικής διαχείρισης και της εγκατάστασης λογισμικού ελέγχου της τηλεπικοινωνιακής κίνησης. Το συγκριτικό πλεονέκτημα των συγκεκριμένων μηχανισμών αποτελεί το γεγονός πως το μόνο που απαιτείται ουσιαστικά είναι η εγκατάσταση ενός λογισμικού και μια περίοδο προσαρμογής για να δημιουργηθεί το “προφίλ” του κάθε σταθμού βάσης, καθώς επίσης και το γεγονός πως δεν επηρεάζεται και δεν αντικαθιστάται ο ήδη υπάρχον εξοπλισμός του σταθμού. Η εφαρμογή του μηχανισμού αυτού μπορεί να ενισχύσει την αποδοτικότητα κατά τουλάχιστον 20%.

Οι υπόλοιποι μηχανισμοί αποτελούν και αυτοί με τη σειρά τους εφαρμόσιμες και αποδοτικές λύσεις και σιγά-σιγά προτιμούνται έναντι του μέχρι πρότινος χρησιμοποιούμενου παραδοσιακού εξοπλισμού.

Οι εταιρείες πρέπει να αξιολογήσουν το ήδη υπάρχον δίκτυο που έχουν, τη μηχανική που χρησιμοποιούν στους σταθμούς τους και κατόπιν να προσδιορίσουν τη δυνατότητα εφαρμογής ενδεχομένως πιο αποτελεσματικών και ενεργειακά αποδοτικών μηχανισμών.

Οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας, όταν συνδέονται άμεσα με τη μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται, αποτελούν και αυτές με τη σειρά τους σημαντικές πτυχές ενός ασύρματου οικολογικού συστήματος μιας και μειώνουν και τις λειτουργικές δαπάνες και την περιβαλλοντική ικανότητα υποστήριξης.

Η ηλιακή ενέργεια, η οποία έχει ένα σχετικά υψηλό αρχικό κόστος της, είναι μια ώριμη τεχνολογία, αποδεδειγμένα εφαρμόσιμη και έχει ήδη χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει τους σταθμούς βάσης. Είναι δεδομένο πως τα επόμενα χρόνια πολλοί πάροχοι θα στραφούν ακόμα περισσότερο στη χρησιμοποίηση της σε αγροτικές και επαρχιακές περιοχές.

Απ' την άλλη, η αιολική ενέργεια μη προσφέροντας την απαραίτητη "συνέχεια" παροχής υπηρεσιών που απαιτεί η λειτουργία των σταθμών βάσης δεν μπορεί να αποτελέσει εφαρμόσιμη λύση στο συγκεκριμένο κλάδο. Αποτελεί μια λύση που μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε ένα ολοκληρωμένο υβριδικό σύστημα συμπληρώνοντας ουσιαστικά ένα φωτοβολταϊκό σύστημα.

Τα πλεονεκτήματα των κυψελών καυσίμου, που αποτελούν καλές εναλλακτικές λύσεις σε σχέση με τις παραδοσιακές γεννήτριες πετρελαίου και τις μπαταρίες, είναι οι μηδενικές εκπομπές και σχεδόν η αθόρυβη λειτουργία τους. Η πλειοψηφία των παρόχων, εντούτοις, δε δείχνει πρόθυμη να σταματήσει την αποδεδειγμένα αξιόπιστη χρήση των μπαταριών.

Τα βιοκαύσιμα λόγω της μεγάλης διασποράς, της δύσκολης συλλογής και του μεγάλου κόστους μεταφοράς δε μπορούν να αποτελέσουν εφαρμόσιμη λύση για τα επόμενα τουλάχιστον χρόνια στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών.

Οι Micro σταθμοί βάσης οι οποίοι χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο τα τελευταία δύο χρόνια αποτελούν μια αξιόπιστη, οικονομική και περιβαλλοντικά φιλική λύση. Με βασικά χαρακτηριστικά την μικρή κατανάλωση ισχύος, τις μικρές απαιτήσεις εξοπλισμού, το χαμηλότερο συγκριτικά κόστος αλλά ταυτόχρονα την έλλειψη αυτονομίας και τη μικρή δυνατότητα εξυπηρέτησης κίνησης αποτελούν ιδανική λύση για την κάλυψη μεγάλων πόλεων και αστικών κέντρων όπου το δίκτυο χαρακτηρίζεται από μεγάλη πυκνότητα.

Οι εταιρείες κινητών επικοινωνιών εφαρμόζουν μια ανάλυση «κόστους-κέρδους» όσον αφορά την εφαρμογή εναλλακτικών πηγών ενέργειας και μηχανισμών βέλτιστης διαχείρισης.

Η γενική ιδέα ενός αποδοτικά σχεδιασμένου δικτύου είναι να γίνει μια διαμόρφωση του ήδη υπάρχοντα σχεδιασμού με την εφαρμογή των προαναφερθέντων μηχανισμών οι οποίοι προσφέρουν τη βελτιστοποιημένη απόδοση για τις διαφορετικές παρεχόμενες υπηρεσίες, και ελαχιστοποιούν ταυτόχρονα την κατανάλωση ενέργειας του δικτύου.

Συνεπώς, κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία ενός ασύρματου δικτύου, η σχέση μεταξύ της απόδοσης δικτύων και της ενεργειακής αποδοτικότητας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από τους μηχανικούς και να αποτελεί βασική παράμετρο στη διαδικασία σχεδιασμού των δικτύων.

Βιβλιογραφία

- [1] Green Power for Mobile, Top Ten Findings ,The GSMA development fund
- [2] Green Power For Mobile, Charging Choices Off-grid charging solutions for mobile charging choices, www.gsmworld.com
- [3] Green Power for Mobile, Bi Annual Report , June 2010
- [4] Green Power for Mobile, MTN Uganda – Feasibility Study
- [5] Green Power for Mobile, ProgrammeDigicel Vanuatu
- [6] Παραδείγματα εφαρμογών Φωτοβολταικών στις τηλεπικοινωνίες, ΤΕΙ Πειραιά, Τμήμα Μηχανολογίας, Εργαστήριο ΗΜΕ, Κουφομιχάλης Χρήστος, Μπαργωτάκης Χρήστος, Καλδέλλης Ιωάννης, Τσούτσος Θεοχάρης , Μάιος 2010
- [7] Fuel Cell Backup Solution in BTS Station: First Project in Italy, A.Tomasi, R. Marin , Rome Italy, 2010
- [8] www.gsmworld.com/developmentfund GSMA/DevFund/Wind&Solar/09.07
- [9] Improving energy efficiency,Lower CO2 emission and TCO Whitepaper, Huawei energy efficiency solution ,Huawei Technologies, 2009
- [10] «Καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω Κυψελών Καυσίμου – Εφαρμογές» Σάββας Τσοτουλίδης, Αθανάσιος Φανάκας, Πάτρα 2009
- [11] White Paper: Alternatives for Powering Telecommunications Base StationsMotorola , 2010
- [12] Solutions Paper: Alternative Power for Mobile Telephony Base SolutionsMotorola, 2009
- [13] New Models for BTS Energy Savings Strategies, Department of Environmental Science, II University of Naples, Via Vivaldi, 43, I - 81100 Caserta – Italy, ISPRA, Via Brancati, I-00100 Rome - Italy
- [14] Joint Study on Renewable Energy Application in Base Transceiver Stations, Vodafone Group Services GmbH China Mobile ,Huawei Technologies Co.,Ltd, 2009
- [15] Small wind Turbines for BTS/RBS Station Power, Q&A, Burgey Windpower Co USA, www.burgey.com
- [16] Modelling a reliable wind/PV/storage power system for remote radio base station sites without utility power, Ian F. Bitterlin, 19 August 2005

[17] Stand – alone Photovoltaic systems for telecommunicatons stations in Greece, M. Soursos, C. Protogeropoulos, P. Suuronen, 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion ,Vienna Austria 6-10 July 1998

[18] Εγχειρίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για δυνητικούς χρήστες, ΚΑΠΕ, Αθήνα 2006

[19] Development of High Efficiency Amplifier for Cellular Base Stations, Hitoshi HIRATA, IEEE April 2010

[20] Green Mobile Access Network with Dynamic Base Station Energy Saving, Sheng Zhou, Jie Gong, IEEE November 2009

[21] Simulation analysis and test study of BTS power saving techniques, C. Lubritto, A. Petraglia , IEEE Rome 2009

[22] EcoPx System, Hybridic Power Solutions, Harmer & Simons, www.harmerandsimmons.com

[23] White Paper , Green Radio “NEC’s Approach towards Energy-efficient Radio Access Networks , NEC February 2010

[24] Liebert HIROSS for Telecom, High Performance Air Conditioning, Thermal Management for BTS & Remote Nodes, www.liebert-hiross.com

[25] Green Power for mobile Africa – The challenge of diesel usage, Flexenclosure 09

[26] Temperature up, costs down: the influence of battery technology and thermal management in base stations, Jim McDowall, Saft America Inc., USA William G Gates, Filescan Ltd., UK , IEEE 2010

[27] High Energy Li-ion Batteries Combined with Compact Power Systems for Outdoor BTS: Technical and Economical Decision making from Field Test to Deployment, Joel Brunarie - Saft SA - Bagnolet, France Erik Olsson - Delta Energy Systems - Bern, Switzerland , IEEE 2009

[28] Site Power Saving ,Fabio Pizzuti, Gabriella Rega, IEEE, Rome Italy 2010 DYNAMIKI DIAXEIRISI

[29] Automatic Monitoring of a Vodafone Radiocommunication Base Station, Francisco António Martins Travassos, Francisco André Corrêa Alegria, Member, IEEE WCE 2008, London U.K July 2 - 4, 2008

[30] How to reduce- green house gas emissions from ICT equipment, Wireless Networks, EARTH research project, ETSI Green Agenda, Alcatel, Stuttgart 26 Nov 2009

[31] White Paper Sustainable energy use in mobile communications , Ericsson August 2007

[32] GSM Rbs 2308, The GSM Edge Micro Base Station, Ericsson AB Stockholm 2004

[33] RBS 2302 Radio Base Stations, AE/LZT 123 4382 R3 Ericsson Radio Systems Ericsson AB Stockholm 2001

[34] Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – η εναλλακτική τεχνολογία για ένα αειφόρο μέλλον , Διπλωματική εργασία, Τομπούλογλου Κωνσταντίνος , Αθήνα 2007

[35] Άρθρο: Δικαιώματα ρύπων πέραν του 2013 για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά ζητεί η ΔΕΗ από Ε.Ε, Χρύσα Λιάγγου, www.kathimerini.gr

[36] www.ypeka.gr

[37] http://www.eett.gr/opencms/opencms/admin/downloads/telec/elliniki_nomothesia/nomoi/N2801.pdf

[38] White Paper Energy Logic for Telecommunications by Steve Roy, Global Marketing, Emerson Network Power

[39] Σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας – Ηλεκτρομαγνητικά πεδία / Στοιχεία για την υγεία, MMF Mobile Manufacturers Forum, Belgium, July 2004

[40] Ήπιες μορφές ενέργειας 1 , Τμήμα φυσικών πόρων ΑΤΕΙ Κρήτης , Γιάννης Βουρδούμπας Καθ. Εφαρμογών, Κρήτη, σελ.23
http://ape.chania.teicrete.gr/gr/files/Εργαστηριακές_Ασκήσεις_Ήπιες_I.pdf

[41] [http://www.ti-soft.com/genika_stoixeia .htm](http://www.ti-soft.com/genika_stoixeia.htm)

[42] http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=36&Itemid=47

[43] http://www.heliosres.gr/files/Proionta/Metatropis%20Aytonomon/HELIOSRES_Sunny_Island_5048_data_GR.pdf

[44] http://www.ksa.gr/SOLAR_small.pdf

[45] http://greenenergia.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=49

[46] The effect of phev and hev duty cycles on battery and battery pacv performance Lars Ole Valoen and Mark I. Shoesmithb,Canada,pages 2-3
http://www.pluginhighway.ca/PHEV2007/proceedings/PluginHwy_PHEV2007_PaperReviewed_Valoen.pdf

[47] <http://www.solar-systems.gr/2010-PHOTOVOLTAIC-INVESTMENT-GUIDE-GREECE-NEWS.html>

РАНЕКЪМНО ПЕРПАА