



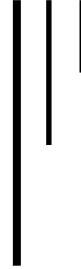
Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Πληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Θεωρία Παιγνίων και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Ιωάννα Τριανταφύλλου
Πατρώνυμο	Σπυρίδων
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ/ 09024
Επιβλέπων	Ευάγγελος Φούντας, Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης

Οκτώβριος 2013



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Πληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Θεωρία Παιγνίων και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Ιωάννα Τριανταφύλλου
Πατρώνυμο	Σπυρίδων
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ/ 09024
Επιβλέπων	Ευάγγελος Φούντας, Καθηγητής

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΣΚΕΨΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ	3
1.1 Τι είναι Θεωρία Παιγνίων?	2-3
1.1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	3
1.1.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	3
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	4
1.2.1 Η ΜΑΘΗΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΠΑΙΓΝΙΩΝ	4
1.2.2 Η ΖΩΗ ΤΟΥ JOHN NASH	5
1.3 Βασικές Έννοιες	6
1.3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΙΓΝΙΟΥ	6
1.4 Βασικές Υποθέσεις	7
1.5 ΤΡΟΠΟΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΑΙΓΝΙΩΝ	8
1.5.1 Α] Αναλυτική μορφή ή μορφή δέντρου.	8
1.5.2 Β]Μορφή κανονική ή στρατηγική ή μήτρας.	12
1.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΑΙΓΝΙΩΝ	13
1.6.1 Παίγνια μηδενικού αθροίσματος - παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος.	13
1.6.2 Παίγνια συνεργατικά – παίγνια μη συνεργατικά	13
1.6.3 Παίγνια δύο παικτών – παίγνια n παικτών.	14
1.6.4 Στατικά – Δυναμικά Παίγνια (Ταυτόχρονα - Διαδοχικά)	14

1.6.5	Παίγνια με τέλεια –ατελής ,συμμετρική-ασύμμετρη , βέβαιη–αβέβαιη πληροφόρηση...14	14
1.6.6	Παίγνια «πεπερασμένα» και «μη πεπερασμένα».....15	15
1.6.7	ΥΠΟΠΑΙΓΝΙΑ15	15
1.7	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ.....2-17	2-17
1.7.1	ΚΑΘΑΡΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ..... 2-19	2-19
1.7.2	ΜΙΚΤΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ 2-21	2-21
1.8	Προσέγγιση της Ισορροπίας Nash2-26	2-26
1.9	Εξέταση διαφόρων παιγνίων2-27	2-27
1.9.1	Διαφήμιση 2-27	2-27
1.9.2	Αντιβίωση..... 2-28	2-28
1.9.3	Το παίγνιο «Prisoner’s Dilemma» 2-29	2-29
1.9.4	Το παίγνιο «Battle of the Sexes» 2-30	2-30
1.9.5	Το παίγνιο «Chicken Game» 2-31	2-31
1.9.6	Το παίγνιο τιμολόγησης του προϊόντος δύο ανταγωνιστικών επιχειρήσεων 2-32	2-32
2	ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2-34	2-34
2.1	Εισαγωγή.....2-34	2-34
2.2	Ποιες είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας?.....2-34	2-34
2.2.1	ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2-36	2-36
2.2.2	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2-37	2-37
2.2.3	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2-38	2-38
2.2.4	ΒΙΟΜΑΖΑ 2-39	2-39
2.3	ΟΙ ΠΙΟ ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ2-40	2-40
3	ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2-41	2-41
3.1	Ανάλυση Ενεργειακών Σεναρίων διείσδυσης των τεχνολογιών ΑΠΕ στο Ενεργειακό Σύστημα και Επίτευξης των Εθνικών Στόχων με χρήση των μοντέλων MARKAL, WASP, COST2-44	2-44
3.1.1	ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ 2-44	2-44
3.2	Μακρο-οικονομικά και δημογραφικά δεδομένα2-45	2-45
3.3	Διεθνείς Τιμές Καυσίμων2-46	2-46

Πίνακας 3.3.1 : Διεθνείς τιμές καυσίμων (Πηγή: WEO 2009, IEA)	2-46
3.4 Τεχνικο-οικονομικά δεδομένα Βασικών Τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής.....	2-46
3.5 Προγραμματισμένες Εντάξεις και Αποσυρσεις μοναδων ηλεκτροπαραγωγής στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς	2-47
Πίνακας 3.5.2 : Αδειοδοτημένες Θερμοηλεκτρικές Μονάδες.	2-47
3.6 Σχέδιο Δρασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (ΣΔΕΑ)	2-50
3.7 ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ MARKAL , WASP, COST	2-52
3.7.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	2-52
3.8 Αποτελεσματα Σεναριου Αναφοράς	2-53
3.9 Αποτελέσματα Σεναριου Επιτευξης των Στοχων	2-57
3.10 Αποτελεσματα Σεναριου Οικονομικής Επιταχυνσης.....	2-60
4 ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ	3-64
4.1 Αναζητώντας τη βέλτιστη επιχειρησιακή στρατηγική για κάθε σενάριο μοναδικά για κάθε ΑΠΕ.....	3-64
4.2 Τα παιγνια μας είναι ταυτοχρονης κινησης.....	66
4.2.1 Βέλτιστες λύσεις όσον αφορά τη Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα	66
4.2.2 Βέλτιστες λύσεις όσον αφορά τη Ηλεκτροπαρααραγωγή	69
4.2.3 Βέλτιστες λύσεις όσον αφορά τη Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ.....	72
4.3 Απεικόνιση αποδοσεων ανα πενταετία	75
4.3.1 Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα.....	76
4.3.2 Ηλεκτροπαραγωγή	76
4.3.3 Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ.....	77
4.4 Συμπέρασμα:.....	77
5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη αυτή αφορά τη θεωρία των παιγνίων και την εφαρμογή σε θέματα Διαχείρισης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Τα παίγνια αφορούν τον τρόπο με τον οποίο παίρνονται στρατηγικές αποφάσεις.

Τα παίγνια είναι μια μέθοδος ανάλυσης προβλημάτων που έχουν σχέση με τον τρόπο λήψης αποφάσεων σε καταστάσεις σύγκρουσης και συνεργασίας.

Ο όρος «Θεωρία παιγνίων» παραπέμπει σε επιτραπέζια παίγνια, όπως το σκάκι, το τάβλι, τα χαρτιά κ.λ.π., διότι από μαθηματικής άποψης η μελέτη αυτών των παιγνίων μοιάζει με την μελέτη των περιστάσεων όπου λαμβάνονται σοβαρές οικονομικές, πολιτικές, στρατιωτικές ή άλλες αποφάσεις από περισσότερους από ένα αποφασίζονται. Πιο αναλυτικά σε κάθε παίγνιο ο κάθε αντίπαλος αναφέρεται ως παίκτης. Κάθε παίκτης έχει στην διάθεση του έναν αριθμό, πεπερασμένο ή άπειρο, επιλογών, που αναφέρονται ως στρατηγικές. Τα αποτελέσματα ενός παιγνίου διατυπώνονται ως συναρτήσεις απώλειας ή συναρτήσεις κέρδους ή αμοιβής, μια για κάθε παίκτη, που όμως επηρεάζονται από τις αποφάσεις των άλλων παικτών.

Ένα παίγνιο χαρακτηρίζεται από μια συλλογή κανόνων που το διέπουν και που είναι γνωστοί σε όλους τους παίκτες. Οι κανόνες αυτοί ορίζουν τι μπορεί και τι δεν μπορεί να κάνει ένας παίκτης. Οι ίδιοι κανόνες ορίζουν επίσης και τις αμοιβές ή απώλειες που απορρέουν από τις επιλογές των παικτών. Μία κίνηση είναι ένα σημείο του παιγνίου στο οποίο οι παίκτες πρέπει να κάνουν επιλογές ανάμεσα στις διαθέσιμες κάθε φορά. Ένα σύνολο κινήσεων και επιλογών αποτελεί ένα «παίξιμο» του παιγνίου. Οι στρατηγικές είναι κεντρική έννοια στα παίγνια, τα οποία συχνά αναφέρονται ως παίγνια στρατηγικής. Μια στρατηγική μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα σύνολο αποφάσεων που διατυπώνεται πριν το «παίξιμο» και που ορίζει λεπτομερώς τις επιλογές που γίνονται σε κάθε δυνατή περίπτωση.

Η Θεωρία παιγνίων (game theory) ξεκίνησε σαν κλάδος των οικονομικών με το σπουδαίο βιβλίο των Behavior John Van Neumann και Oskar Morgenstern, Theory of Games and Economic - Θεωρία Παιγνίων και Οικονομική Συμπεριφορά πάνω σε παιχνίδια μηδενικού Αθροίσματος (zero – sum games). Το κύριο Αντικείμενο της είναι η ανάλυση αποφάσεων σε καταστάσεις (παιχνίδια) στρατηγικής αλληλεπίδρασης (strategic interdependence).

Στους περαιτέρω Θεμελιωτές ανήκουν:

Ο John Forbes Nash (η ζωή του οποίου έγινε θέμα της ταινίας «ένας υπέροχος άνθρωπος»), ο οποίος γενίκευσε το πρόβλημα σε παιχνίδια μη μηδενικού αθροίσματος και προσέφερε σαν λύση την ισορροπία Nash.(Nash Equilibrium)

Ο Reinhard Selten άνοιξε το δρόμο για την ικανοποιητική λύση του προβλήματος σε δυναμικά παιχνίδια με την έννοια της ισορροπίας στα υπόπαιχνίδια (Subgame Perfect Nash Equilibrium) και της ισορροπίας τρεμάμενου χεριού (trembling hand perfect Equilibrium)

Ο John Harsanyi ασχολήθηκε με παιχνίδια υπό μερική πληροφόρηση (incomplete Information)

Για τις εργασίες τους τιμήθηκαν οι τρεις τελευταίοι το 1994 με το βραβείο της Σουηδικής Ακαδημίας Επιστημών στην μνήμη του Alfred Bernhard Nobel.

Τα τελευταία 30 χρόνια , η θεωρία παιγνίων έχει βρει ευρύτατη εφαρμογή στα οικονομικά, όπου ολόκληροι κλάδοι στηρίζονται στις μεθόδους της , όπως π.χ. η βιομηχανική οργάνωση (industrial

organization), ο σχεδιασμός μηχανισμών (mechanism design) με σπουδαιότερο υποκλάδο τον σχεδιασμό δημοπρασιών (auctions) , κ.α.

Επίσης η θεωρία παιγνίων χρησιμοποιείται ευρέως και στην Πολιτική Οικονομία και ειδικά στη θεωρία της συλλογικής δράσης (Collective action), όπου εξηγεί ενδεχόμενα συνεργασίας μεταξύ των παικτών. Στη συγκεκριμένη εκδοχή , μιλάμε για παίγνια συνεργασίας (Cooperative Game Theory). Αυτό βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση με το ρόλο του κράτους και των θεσμών σε θέματα συνεργασίας.

Επιπρόσθετα χρησιμοποιείται όμως ευρέως και σε άλλες επιστήμες όπως η εξελικτική βιολογία, ψυχολογία, κοινωνιολογία κτλ.

Εν έτη 2013, η θεωρία παιγνίων θα συγκρίνει τις δυνατότητες ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και τα σενάρια αυτής. Θα ασχοληθεί με την πράσινη Οικονομία.

Οι **ανανεώσιμες μορφές ενέργειας** (ΑΠΕ) ή *ήπιες μορφές ενέργειας* , ή *νέες πηγές ενέργειας*, ή *πράσινη ενέργεια* είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΣΚΕΨΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

1.1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Η θεωρία παιγνίων είναι μια μεθοδολογία ανάλυσης καταστάσεων μεταξύ μιας ομάδας λογικών ατόμων η οποία ανταγωνίζεται με σκοπό ο κάθε ένας να αποκτήσει το μεγαλύτερο όφελος.

Σκοπός της είναι να μας βοηθήσει να καταλάβουμε διάφορες καταστάσεις στις οποίες αλληλεπιδρούν δύο ή περισσότερες οντότητες, κάθε μία από τις οποίες συμπεριφέρεται με στρατηγικό τρόπο και προσπαθεί να πάρει κάποιες αποφάσεις. Η μεμονωμένη οντότητα στην συγκεκριμένη περίπτωση ονομάζεται παίκτης, και είναι αυτός που παίρνει αποφάσεις. Σκοπός του κάθε παίκτη είναι να μεγιστοποιήσει το κέρδος του, το οποίο μετράται σε μια κλίμακα ωφέλειας.

Επομένως το παίγνιο που αναφέρεται στην θεωρία παιγνίων αντιπροσωπεύει την κατάσταση κατά την οποία δύο ή περισσότεροι παίκτες επιλέγουν τρόπους ενέργειας, που δημιουργούν καταστάσεις αλληλεξάρτησης.

Η Θεωρία Παιγνίων μελετά την ορθολογική συμπεριφορά σε διαδραστικές συνθήκες.

Οι προσδιοριστικοί παράγοντες μιας διάδρασης:

- ✚ Ικανότητα -Προσόν
- ✚ Εναλλακτική Στρατηγική
- ✚ Τύχη

Ικανότητα – Προσόν: Το να τρέξει ο Κεντέρης στα 200μ είναι κυρίως θέμα ικανότητας και λιγότερο στρατηγικής και λιγότερο τύχης.

Εναλλακτική Στρατηγική: Στο ποδόσφαιρο οι παίκτες καλλιεργούν τις ατομικές τους ικανότητες, ταχύτητα, δύναμη, κτλ. Ο προπονητής πρέπει να μελετήσει τις ικανότητες των αντιπάλων και τις φυσικές συνθήκες, κατάσταση του γηπέδου, καιρικές συνθήκες, και να επιλέξει τη στρατηγική νίκης.

Τύχη: Το να έρθει γράμματα στο στρίψιμο ενός νομίσματος είναι τύχη.

Στη Θεωρία Παιγνίων αρκούμαστε στο ότι όλοι έχουν συναίσθηση της ενδεχόμενης δράσης του άλλου και οι στόχοι των δρώντων παίρνουν τη μορφή σταθεροποιημένων προτιμήσεων για συγκεκριμένα πράγματα, καταστάσεις ανάλογα με τις πεποιθήσεις τους για τον κόσμο γύρω τους.

1.1.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η Θεωρία Παιγνίων είναι μια σύγχρονη μαθηματική θεωρία μπορεί να αναλύσει κάθε είδος αναμέτρησης, από την ντάμα και το σκάκι μέχρι τον τζόγο ή έναν πυρηνικό πόλεμο, και να προβλέψει τον νικητή.

Οι **οικονομολόγοι** εδώ και πολύ καιρό χρησιμοποιούν τη θεωρία παιγνίων για να αναλύσουν διάφορους κλάδους όπως:

- ✓ τη βιομηχανική οργάνωση,
- ✓ το σχεδιασμό μηχανισμών (mechanism design) με υποκλάδο τις δημοπρασίες και τις συμφωνίες
- ✓ την ανάλυση του ολιγοπωλιακού ανταγωνισμού στο πεδίο των επιχειρήσεων
- ✓ την θεωρία των διεθνών σχέσεων και της ανάλυσης των δυνατοτήτων του διπολισμού
- ✓ τη διαδικασία λήψης αποφάσεων ανάμεσα σε επιχειρήσεις, εργαζομένους και εργοδότες
- ✓ τα συστήματα για να μπορεί κάποιος να ψηφίσει και πολλά άλλα

Επιπρόσθετα, παίζει σημαντικό ρόλο στην **παγκόσμια διπλωματία** και στις **πολεμικές στρατηγικές**, επηρεάζοντας τη μοίρα των διαφόρων χωρών ακόμη και αν δεν είναι άμεσα ορατό.

Χρησιμοποιείται όμως και στην **Πολιτική Οικονομία** και ειδικά στη θεωρία της συλλογικής δράσης (Collective action), όπου εξηγεί ενδεχόμενα συνεργασίας μεταξύ των παικτών. Αυτό βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση με τον ρόλο του κράτους και των θεσμών σε θέματα συνεργασίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η παροχή δημόσιων αγαθών και η φορολογία.

Στη **Εξελικτική Βιολογία** η θεωρία παιγνίων έχει χρησιμοποιηθεί για να κατανοήσουμε διάφορα φαινόμενα. Πρωτοχρησιμοποιήθηκε για να εξηγήσει την εξέλιξη (και την σταθερότητα) της αναλογίας 1 προς 1 στα φύλα. Ο Ronald Fisher (1930) πρότεινε ότι αυτή η αναλογία είναι αποτέλεσμα εξελικτικών δυνάμεων που δρουν μεμονωμένα, προσπαθώντας να μεγιστοποιήσουν τον αριθμό των εγγονιών. Συμπληρωματικά οι επιστήμονες προσπάθησαν να εξηγήσουν την εμφάνιση της επικοινωνίας στα ζώα, ενώ ανέλυσαν και την επιθετική συμπεριφορά τους.

Είναι ξεκάθαρο ότι μπορούμε να αναφέρουμε άπειρες εφαρμογές της θεωρίας παιγνίων σε διάφορους τομείς ακόμη και στην καθημερινότητα μας, από τα πιο πολύπλοκα έως τα πιο απλά όπως για παράδειγμα πιο αυτοκίνητο να αγοράσουμε, που θα πάμε το βράδυ ή τι θα φορέσουμε.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

1.2.1 Η ΜΑΘΗΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Προβλήματα παιγνίων είχαν προκαλέσει το ενδιαφέρον μεγάλων μαθηματικών όπως των Huyghens, Pascal, Fermat, Bernoulli, Gauss οι οποίοι και είχαν δώσει σχετικές λύσεις.

Η μαθηματικοποίηση όμως της θεωρίας παιγνίων οφείλεται στις εργασίες του Borel (1921) και κύρια του Von Neumann (1928), ενώ η εφαρμογή τους στην οικονομική είναι έργο του Von Neumann και Morgenstern (1944).

Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη γνωστή αναφορά στη Θεωρία Παιγνίων έγινε τον 18ο αιώνα (1838) από τον Γάλλο οικονομολόγο Augustin Cournot ο οποίος κατάφερε να αναλύσει ολιγοπωλιακές καταστάσεις με τρόπο παρόμοιο με τις σύγχρονες μεθόδους της θεωρίας παιγνίων.

Ωστόσο η ουσιαστική της ανάπτυξη αποδίδεται στον Ούγγρο φυσικό και μαθηματικό, John von Neumann, ο οποίος το 1928 απέδειξε ότι τα παιχνίδια μηδενικού αθροίσματος έχουν πάντα λύση και ότι η απώλεια ενός παίκτη είναι ίση με το κέρδος του δεύτερου.

Καθοριστική στην μετέπειτα ανάπτυξη της θεωρίας παιγνίων ήταν η δημοσίευση του βιβλίου “Theory of Games & Economic Behavior”, το 1944, από τους John von Neumann και Oskar Morgenstern.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1950 ο Αμερικανός μαθηματικός και οικονομολόγος John Forbes Nash εισήγαγε μια ισορροπία για παιχνίδια μη-μηδενικού αθροίσματος, γνωστή σαν ισορροπία Nash. Πρόκειται για μια κατάσταση, από την οποία κανέναν παίκτη δεν τον συμφέρει να απομακρυνθεί, δεδομένων των επιλογών των αντιπάλων τους.

Από εκείνο το σημείο και μετά η θεωρία παιγνίων είχε αλματώδη ανάπτυξη και άρχισε να εφαρμόζεται σε όλους τους τομείς και τις πολιτικές επιστήμες, ενώ πληθώρα ερευνητικών πειραμάτων ξεκίνησαν προσπαθώντας να βρουν λύση σε όλο και περισσότερα προβλήματα.

Το 1965 ο Reinhard Selten μελέτησε τα δυναμικά παίγνια (αυτά που εξελίσσονται στο χρόνο) εισάγοντας την έννοια της ισορροπίας στα υποπαίγνια (subgame perfect equilibrium) και της ισορροπίας τρεμάμενου χεριού (trembling hand perfect equilibrium), ενώ το 1975 ο John Harsanyi γενίκευσε τις ιδέες του John Nash και μελέτησε παίγνια μη-πλήρους πληροφόρησης.

Για τις εργασίες τους, οι τρεις αυτοί άνθρωποι τιμήθηκαν αργότερα, το 1994, με το βραβείο Νόμπελ της Σουηδικής Ακαδημίας Επιστημών. Τη δεκαετία του 1970 άρχισε να εφαρμόζεται και στον κλάδο της βιολογίας, σαν αποτέλεσμα της εργασίας του John Maynard Smith σχετικά με την έννοια της «εξελικτικά σταθερής στρατηγικής» (evolutionary stable strategy).

Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 η θεωρία παιγνίων εφαρμόστηκε στον σχεδιασμό δημοπρασιών. Πάνω σε αυτό ασχολήθηκαν διάφοροι επιστήμονες για την κατανομή δικαιωμάτων χρήσης του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στη βιομηχανία των κινητών τηλεπικοινωνιών.

Το 2005 ο Αμερικανός επιστήμονας Tomas Schelling και ο Γερμανός θεωρητικός παιγνίων Robert Aumann κέρδισαν το βραβείο Νόμπελ για τις Οικονομικές επιστήμες “επειδή εμπλούτισαν την αντίληψη μας σχετικά με τις έννοιες του ανταγωνισμού και της συνεργασίας μέσω της παιγνιοθεωρητικής ανάλυσης”. Τους ακολούθησαν το 2007 οι Roger Myerson, Leonid Hurwicz και Eric Maskin “για τη θεμελίωση της θεωρίας σχεδιασμού μηχανισμών”.

1.2.2 Η ΖΩΗ ΤΟΥ JOHN NASH

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, στους βασικούς θεμελιωτές της θεωρίας παιγνίων ανήκει ο John Nash ο οποίος εισήγαγε στα παίγνια την ιδέα της ισορροπίας η οποία χρησιμοποιείται πλέον ευρέως σε όλους τους κλάδους της σύγχρονης επιστήμης.

Ο Nash γεννήθηκε στη Δυτική Βιρτζίνια το 1928. Αν και ενδιαφερόταν για τα μαθηματικά, αποφάσισε να γίνει ηλεκτρολόγος μηχανικός όπως και ο πατέρας του. Όταν το 1945 γράφτηκε στο «Carnegie Institute of Technology» στο Pittsburgh αποφάσισε να γίνει χημικός μηχανικός, κάτι που στην πορεία δεν του άρεσε και έτσι επέστρεψε στα μαθηματικά με τα οποία ασχολήθηκε.

Όταν πήγε το 1948 στο «Princeton» ήταν ήδη ένας από τους κορυφαίους στην θεωρία παιγνίων και είχε ήδη ασχοληθεί με «προβλήματα συμφωνιών», δηλαδή προβλήματα στα οποία οι παίκτες μοιράζονται κάποια κοινά συμφέροντα. Με τη φράση «αυτός ο άντρας είναι ιδιοφυΐα» περιέγραψε τον John Nash στους υπόλοιπους καθηγητές του Princeton University, ο καθηγητής R. L. Duffin.

Η σημαντικότερη του εργασία όμως ήταν αυτή που ασχολήθηκε με την ισορροπία στη θεωρία παιγνίων και χάρη στην πολύτιμη συμβολή του πήρε το όνομα «Ισορροπία Nash». Ο Nash δημοσίευσε την ιδέα του για την ισορροπία αμέσως σε ηλικία 21 ετών! Μια δισέλιδη αναφορά έγινε το 1950 στο «Proceedings of the National Academy of Sciences». Με τίτλο «Equilibrium Points in n-Person Games», το άρθρο δημοσίευσε περιληπτικά την ύπαρξη λύσεων για παίγνια με n παίκτες. Επέκτεινε την έρευνα του και μια

μεγαλύτερη έκδοση δημοσιεύτηκε το 1951 στο «Annals of Mathematics» με τίτλο «Non-cooperative Games».

Αν και δεν έτυχε ευρείας υποδοχής στην αρχή, η προσέγγιση του Nash για την θεωρία παιγνίων, τον οδήγησε στην απόκτηση του βραβείου Νόμπελ στα οικονομικά το 1994. Δεν υπάρχει όμως καμιά αμφιβολία ότι η ανάπτυξη της θεωρίας παιγνίων σε όλους τους τομείς έγινε εφικτή χάρη στην ανακάλυψη του Nash. Ο Nash σκαρφίστηκε μια γενική «λύση» για όλα τα (πεπερασμένα) παίγνια και απέδειξε ότι κάθε τέτοιο παίγνιο διαθέτει τουλάχιστον μια τέτοια λύση. Έτσι κατάφερε ένα μεγάλο χτύπημα στην απροσδιοριστία.

1.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Παίγνιο (game): Η κατάσταση εκείνη κατά την οποία δύο ή περισσότεροι ορθολογικοί παίκτες με αντικρουόμενους στόχους επιλέγουν τρόπους ενέργειας, δημιουργώντας συνθήκες ανταγωνιστικής αλληλεξάρτησης

Τα μοντέλα παιγνίων βασίζονται στη θεωρία της ορθολογικής επιλογής (rational choice).

Βάσει αυτής της θεωρίας αυτός που παίρνει την απόφαση επιλέγει τον βέλτιστο τρόπο δράσης ανάμεσα σε εναλλακτικές λύσεις σύμφωνα με τις προτιμήσεις του. Δεν υπάρχει κανένας ποιοτικός περιορισμός στις προτιμήσεις του. Ο ορθολογισμός έγκειται στη συνέπεια των αποφάσεων του όταν έρχεται αντιμέτωπος με τις διάφορες διαθέσιμες επιλογές και όχι στη φύση των προτιμήσεών του.

Θεμέλιο λίθο στην θεωρία παιγνίων αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά του παιγνίου. Ως στοιχεία του παιγνίου θεωρούνται τα παρακάτω:

1.3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΙΓΝΙΟΥ

Παίκτης: αυτόνομη μονάδα λήψης απόφασης. Άτομο, ομάδα, επιχείρηση, κράτος κλπ. Προσπαθεί να βελτιστοποιήσει τη δική του ευημερία έναντι των αντιπάλων του βασιζόμενος στους κανόνες, στους πόρους και στις πληροφορίες που έχει στη διάθεσή του. Είναι ορθολογιστής.

Υπάρχουν τουλάχιστον $n \geq 2$ παίκτες. Για $n = 2$ Παίγνιο Δύο Παικτών.

Ενέργειες: Όλες οι πιθανές κινήσεις που μπορεί να κάνει ένας παίχτης.

Πληροφορία : Αυτά που γνωρίζει ο κάθε παίχτης σε κάθε στάδιο του παιγνίου.

Στρατηγική: Η στρατηγική σκέψη είναι η τέχνη που χρησιμοποιούμε για να υπερισχύσουμε έναντι ενός αντιπάλου, γνωρίζοντας ότι και αυτός θα κάνει κάτι αντίστοιχο.

Το σύνολο των κανόνων που ορίζουν τις εφικτές επιλογές τις οποίες δύναται να ακολουθεί σε κάθε κίνησή του ο παίκτης μέχρι το τέλος του παιγνίου. Αναζητούμε τις στρατηγικές που βελτιστοποιεί το στόχο του κάθε παίκτη.

Είμαστε περιτριγυρισμένοι από ενεργούς λήπτες αποφάσεων, που άσχετα αν επιδιώκουν τον ίδιο στόχο με εμάς, αλληλεπιδρούν με τις δικές μας αποφάσεις.

Στρατηγικές

- ✓ **Αμιγής Στρατηγική:** Κάθε παίκτης επιλέγει μία μόνο από τις δυνατές στρατηγικές του με πιθανότητα ίση με τη μονάδα.
- ✓ **Μικτή Στρατηγική:** Περιλαμβάνει συνδυασμό στρατηγικών οι οποίες επιλέγονται με πιθανότητα μικρότερη της μονάδας.
- ↗ **Πίνακας αποτελεσμάτων** (πληρωμών, ανταμοιβών): Δείχνει τα αποτελέσματα του παιγνίου για κάθε συνδυασμό στρατηγικών. Τα στοιχεία του πίνακα αντιπροσωπεύουν κέρδος υπό την ευρεία έννοια. Γενικά, είναι η χρησιμότητα (utility) για τον παίκτη A από κάθε συνδυασμό δύο στρατηγικών.
- ↗ **Λύση του παιγνίου:** Η βέλτιστη στρατηγική όλων των παικτών.

Το σύνολο των εξαιρετικά ενδιαφερόντων αποτελεσμάτων που επιλέγει ο ερευνητής από τις αξίες των ανταλλαγών και των άλλων μεταβλητών, έπειτα από την ολοκλήρωση του παιγνίου.

1.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

- ↗ Οι δύο παίκτες είναι ορθολογιστές, επιλέγουν τις στρατηγικές τους με αποκλειστικό στόχο τη δική τους ευημερία βάσει των στοιχείων του πίνακα, δεν αντιδρούν συναισθηματικά.

Τι δεν είναι ορθολογισμός:

Ορθολογισμός δεν σημαίνει εγωιστική συμπεριφορά. Αφού οι παίκτες μπορεί να είναι αλτρουιστές και να θεωρήσουν ότι η μεγιστοποίηση της ευημερίας άλλων δρώντων μπορεί να οδηγήσει στην μεγιστοποίηση της δικής τους ωφέλειας.

Ορθολογισμός δε σημαίνει κοντόφθαλμη στάθμιση μελλοντικών ωφελειών.

Ορθολογισμός δεν σημαίνει ότι όλοι οι παίκτες έχουν το ίδιο σύστημα αξιών. Αντίθετα εστιάζεται στο οι παίκτες λειτουργούν χωρίς αντιφάσεις στα πλαίσια του δικού τους αξιακού συστήματος.

- ↗ Αρχή κοινής γνώσης: Να υπάρχει πλήρης η μερική γνώση στους παίκτες όσον αφορά :
 - Τον αριθμό των παικτών
 - Τις στρατηγικές που διαθέτουν.
 - Τις προσδοκώμενες απολαβές .
 - Το ότι είναι και οι δυο ορθολογικοί.

Οι παίκτες, δηλαδή, γνωρίζουν τη δομή του πίνακα πληρωμών, γνωρίζουν ότι οι αντίπαλοί τους γνωρίζουν τη δομή αυτή, γνωρίζουν ότι οι αντίπαλοί τους γνωρίζουν ότι γνωρίζουν τη δομή αυτή, κ.ο.κ.

1.5 ΤΡΟΠΟΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Στη θεωρία παιγνίων χρησιμοποιούμε δύο τρόπους παράστασης των παιγνίων:

A) το δέντρο

B) τη μήτρα

Πιο αναλυτικά:

1.5.1 A) Αναλυτική μορφή ή μορφή δέντρου.

Σε αυτή τη δεύτερη μορφή εμφανίζονται όλες οι λεπτομέρειες της αλληλεπίδρασης των παικτών.

Το δέντρο συγκροτείται από τα παρακάτω συστατικά μέρη:

- Κόμβος αφητηρίας – έναρξης (initial node)
- Κόμβοι απόφασης (decision nodes)
- Τερματικός κόμβος (terminal node)
- Κλάδοι (branches)
- Σε κάθε κόμβο απόφασης καταλήγει μόνο ένας κλάδος, αλλά δύναται να ξεκινούν περισσότεροι.

Η παράσταση των παιγνίων με δέντρο χρησιμοποιείται κυρίως για παίγνια με διαδοχικές κινήσεις. Για Στρατηγικές που διεξάγονται μέσα από διαδοχικές εναλλασσόμενες κινήσεις των παικτών.

Τα παίγνια διαδοχικών κινήσεων απεικονίζονται με την προσομοίωση τους με ένα δένδρο χαρτογράφησης και ταξινόμησης εναλλακτικών επιλογών (game tree). Η απεικόνιση αυτή αναφέρεται και ως η εκτεταμένη παρουσίαση (μορφή) του παιγνίου (extensive form of the game).

Παράδειγμα παιγνίου με μορφή δέντρου

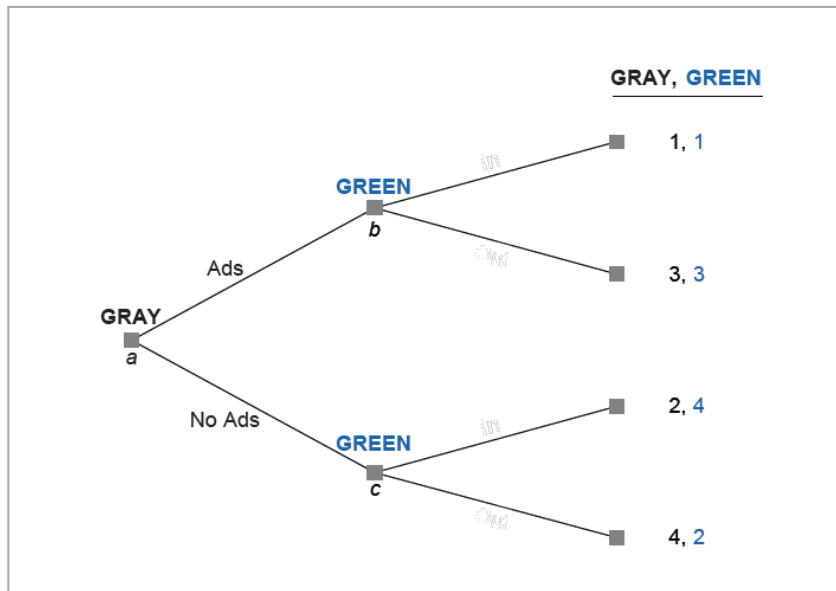
Το παίγνιο της προεκλογικής εκστρατείας ή για την κατάκτηση της δημαρχίας

Δυο παίκτες: ο εκλεγμένος δήμαρχος (βουλευτής) (Gray) και ο πιθανός διεκδικητής (Green).

Δυο εναλλακτικές ο καθένας:

Ο δήμαρχος είναι στο δίλημμα αν θα πρέπει να ξεκινήσει νωρίς την προεκλογική εκστρατεία του με στόχο να αποθαρρύνει τον αντίπαλο του με το να τονίσει τα θετικά της δική του θητείας του και τα αρνητικά του πιθανού αντιπάλου του.

Ο αντίπαλος (Green) αντιμετωπίζει το δίλημμα, αφού όμως δει τι θα κάνει ο δήμαρχος αν στην συνέχεια θα επιμείνει στην απόφαση του να κατέβει υποψήφιος ή να μείνει τελικά εκτός (δίλημμα εισόδου).



Βήμα 1^ο:

Η περιγραφή όλων των διαθέσιμων καθαρών στρατηγικών για κάθε παίκτη. (pure strategies)

Ποια είναι η καλύτερη στρατηγική?

Είναι απλό για αυτόν που κινείται πρώτος και μία φορά, είναι πολύπλοκο για αυτόν που ακολουθεί. Ο παίκτης που ακολουθεί πρέπει να αποφασίσει τι να πράξει αφού αναγνωρίσει πριν όλες τις πιθανές κινήσεις που μπορεί να κάνει ο προηγούμενος παίκτης. Όλες οι κινήσεις του είναι εξαρτημένες και πρέπει να περιγραφούν ως τέτοιες (contingent pure strategies).

- ✘ Ο Gray έχει ένα κόμβο απόφασης και δυο εναλλακτικές ads και no ads άρα έχει δυο καθαρές στρατηγικές να διαλέξει.
- ✘ Ο Green κάνει και αυτός μια κίνηση, όμως έχει δυο κόμβους απόφασης να κατευθυνθεί. Έτσι πρέπει να επεξεργασθεί πριν αρχίσει το παίγνιο κανόνες δράσης για κάθε ενδεχόμενη επιλογή του Gray. Οι κόμβοι απόφασης είναι δύο και για κάθε ένα έχει δυο εναλλακτικές δράσεις να κατεβεί στις εκλογές (IN) και να μην κατέβει (OUT).

Οπότε το σύνολο των εξαρτημένων καθαρών στρατηγικών που έχει στη διάθεση του ο Green είναι:

1. εάν ο Gray επιλέξει Ads, τότε επιλέγω IN, και εάν επιλέξει No Ads τότε επιλέγω πάλι IN.
2. εάν ο Gray επιλέξει Ads, τότε επιλέγω OUT, και εάν επιλέξει No Ads τότε επιλέγω IN.
3. εάν ο Gray επιλέξει Ads, τότε επιλέγω IN, και εάν επιλέξει No Ads τότε επιλέγω OUT.
4. εάν ο Gray επιλέξει Ads, τότε επιλέγω OUT και εάν επιλέξει No Ads τότε επιλέγω πάλι OUT.

Οι στρατηγικές αποτελούν τέσσερα σύνολα πράξεων για τον Green, με μια πράξη για κάθε κόμβο απόφασης. Εν συντομία οι στρατηγικές της Green για τους κόμβους b, c είναι:

- 1) IN, IN 2) OUT, IN 3) IN, OUT 4) OUT, OUT

Βήμα 2^ο:

Η επιλογή της καλύτερης στρατηγικής για καθένα από τους παίκτες.

Παρατήρηση: Η εξαρτημένη φύση του παιγνίου σημαίνει ότι οι παίκτες πρέπει να καταγράψουν τις πιθανές μελλοντικές κινήσεις του αντιπάλου και με την επιστροφική ροή της σκέψης να επιλέξουν την καλύτερη στρατηγική τους σήμερα (γι αυτό και λέγεται εξαρτημένη στρατηγική).

****Η έννοια να βλέπουμε μπροστά και να σκεφτόμαστε επιστροφικά ώστε να καταστρώνουμε την καλύτερη απάντηση στο προηγούμενο στάδιο λέγεται στα παίγνια και rollback (αντίστροφη συλλογιστική).**

Έτσι ξεκινάμε από κάθε τερματικό κόμβο αξιολογούμε συγκριτικά με τους άλλους κλάδους το ενδεχόμενο αποτέλεσμα και κινούμαστε προς τα πίσω διαμέσου των κόμβων απόφασης μέχρι τον κόμβο αφετηρίας.

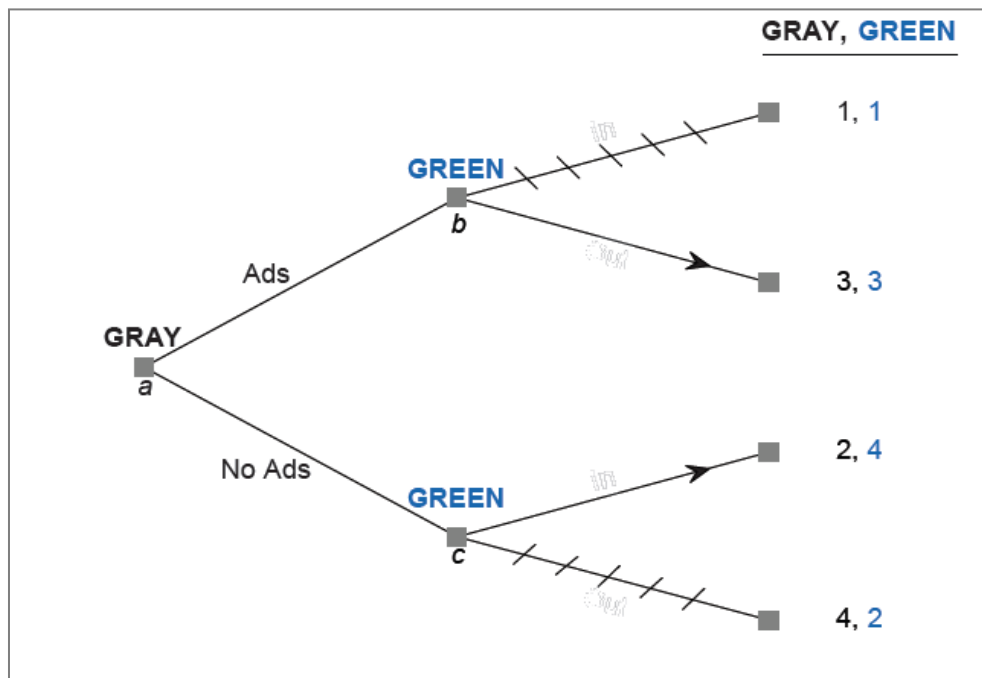
GREEN → Η καλύτερη στρατηγική της Green είναι:

η 2^η, «εάν ο Gray επιλέξει Ads, τότε επιλέγω OUT, και εάν επιλέξει No Ads τότε επιλέγω IN».

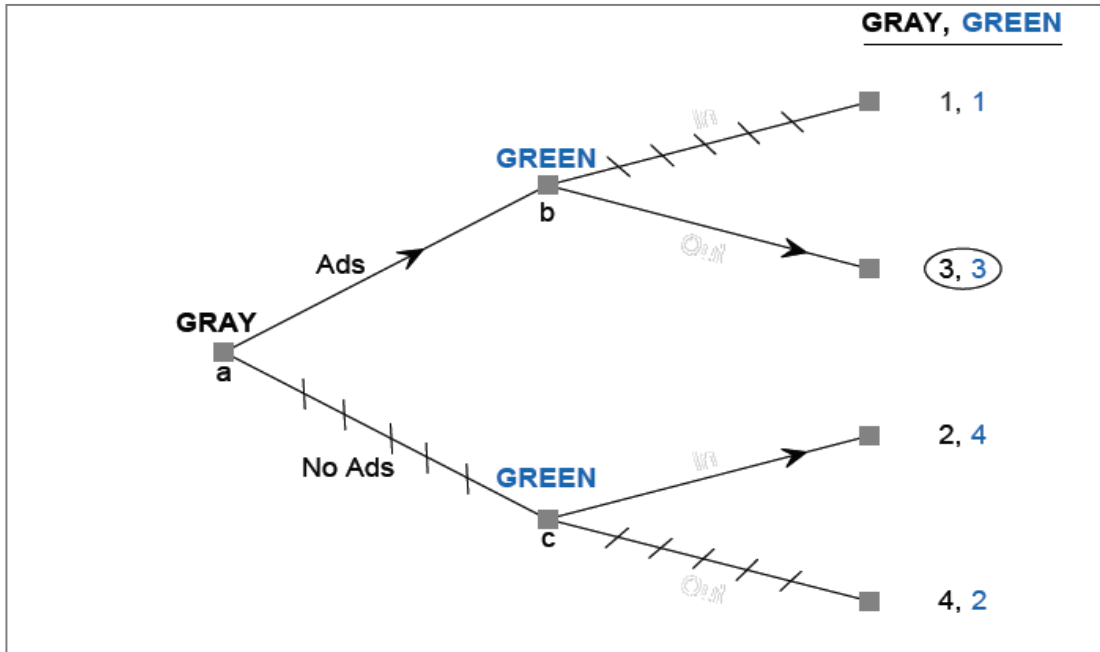
GRAY → Η καλύτερη στρατηγική της Gray με δεδομένη την πρόβλεψη για την Green είναι Ads.

Έτσι η ισορροπία-λύση του παιγνίου είναι: (Ads; Out,In)

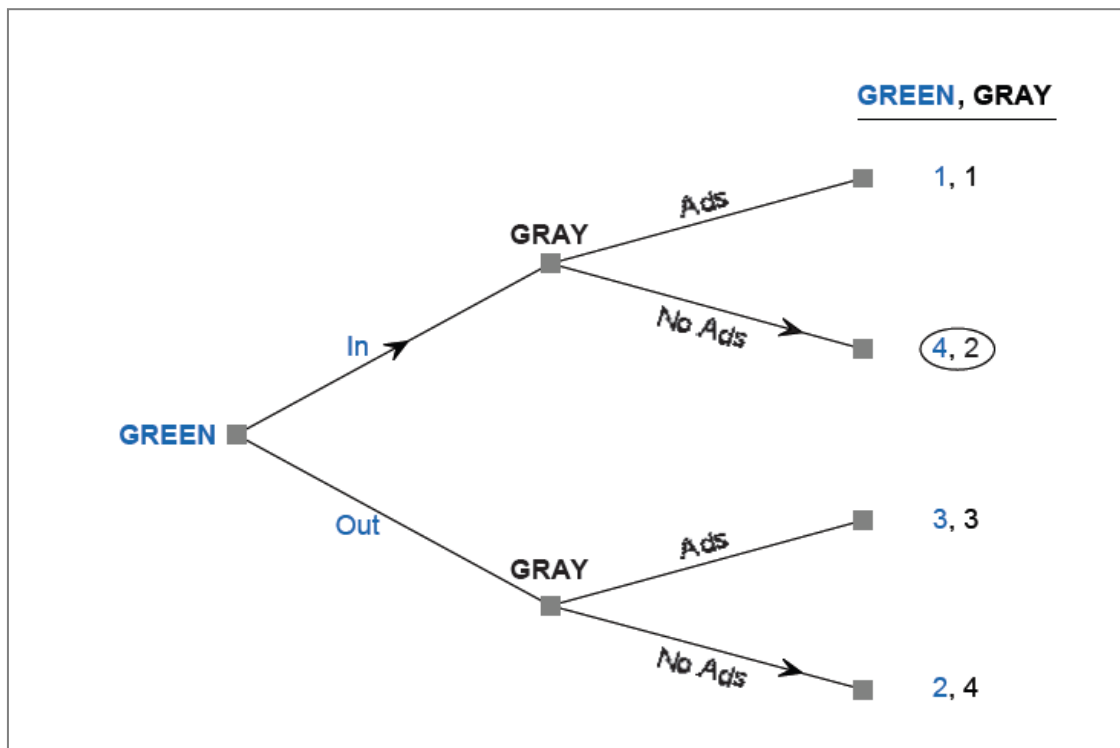
Με τη χρήση αντίστροφης συλλογιστικής (Rollback), προκύπτει «κλάδεμα» των τερματικών κόμβων.



Συνολικά «κλάδεμα» στο δέντρο απεικόνισης του παιγνίου:



Δέντρο παιγνίου έπειτα από την αλλαγή λήψης 1^{ης} απόφασης.



1.5.2 Β) Μορφή κανονική ή στρατηγική ή μήτρας.

Είναι η πιο συνηθισμένη μορφή του παιγνίου. Λέγοντας στρατηγική εννοούμε ότι αυτό που περιγράφει το παίγνιο, είναι οι στρατηγικές κάθε παίκτη καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από κάθε συνδυασμό στρατηγικών· αυτό μπορεί να γίνει με τη μορφή μήτρας, όπου σε κάθε γραμμή της υπάρχει η στρατηγική του παίκτη 1, και σε κάθε στήλη της η στρατηγική του παίκτη 2. Στην περίπτωση που έχουμε 3 ή 4 ή 5 παίκτες μπορούμε να πάρουμε μήτρα περισσότερων διαστάσεων.

Περιγράφει παίγνια ταυτόχρονης κίνησης. Η ταυτόχρονη δράση υπονοεί ότι δεν υπάρχει το περιθώριο να περιμένουμε να δούμε τι έκανε ο αντίπαλος. Την ώρα που ο ένας παίκτης αποφασίζει έχει άγνοια της απόφασης του αντιπάλου - όχι άγνοια των ενδεχόμενων επιλογών του αντιπάλου.

Τι είναι η στρατηγική μορφή;

Είναι πολύ απλά μια μήτρα.

Κανονική ή στρατηγική (normal ή strategic) μορφή αναπαράστασης παιχνιδιών , χρησιμοποιεί πίνακες. Οι επικεφαλίδες των γραμμών και των στηλών ονομάζονται στρατηγικές(strategies) των παικτών. Στα κελιά των πινάκων υπάρχουν αριθμοί που δηλώνουν όφελος (ή κέρδος ή απολαβή) κάθε παίκτη για κάθε συνδυασμό στρατηγικών

Για παράδειγμα ας υποθέσουμε ότι είμαστε σε ένα απλό παιχνίδι με δύο παίκτες: τους 1 και 2. Ο παίκτης (1) έχει τις στρατηγικές A και B ενώ ο παίκτης (2) τις C και D. Στη μήτρα μπαίνουν επίσης τα αποτελέσματα των στρατηγικών. Σε κάθε κουτάκι χρειαζόμαστε δυο νούμερα: π.χ το τι πετυχαίνει ο παίκτης (1) όταν ακολουθεί τη στρατηγική A, τη στιγμή που ο παίκτης (2) ακολουθεί τη στρατηγική C. Το πρώτο παριστάνει το τι πετυχαίνει ο παίκτης (1), ενώ το δεύτερο το τι πετυχαίνει ο παίκτης (2). Έτσι για παράδειγμα το (7, 9) μας δίνει το αποτέλεσμα όταν οι στρατηγικές είναι A και C. Αντίστοιχα έχουμε τα άλλα νούμερα στα υπόλοιπα κουτιά.

		2	
		C	D
1	A	7, 9	3, 10
	B	9, 19	0, -7

Η ερώτηση βέβαια, σε ένα τέτοιο παίγνιο, είναι τί περιμένουμε να συμβεί. Με άλλα λόγια, τί στρατηγική θα ακολουθήσει ο παίκτης (1) και τί στρατηγική θα ακολουθήσει ο παίκτης (2) σε μια λογική κατάσταση, σε μια ισορροπία. Για να μπορέσουμε να δώσουμε απάντηση στο ερώτημα αυτό θα πρέπει πρώτα να ορίσουμε κάποιες επιλύσεις των παιγνίων.

Τώρα, γιατί λέγεται στρατηγική αυτή η μορφή;

Γιατί αυτό που εμφανίζεται είναι οι στρατηγικές κάθε παίκτη καθώς και τα αποτελέσματα που πετυχαίνει.

Τι δεν εμφανίζεται:

Δεν εμφανίζεται για παράδειγμα η χρονική στιγμή, ποιος είναι πρώτος, ποιος δεύτερος, αν παίζουνε μαζί.. κτλ.

Στην αναλυτική μορφή - στην μορφή δέντρου εμφανίζονται όλα τα στοιχεία ενός παιγνίου όπως αυτά αναφέρθηκαν παραπάνω.

Στη στρατηγική μορφή λείπει :

- ο Πότε μπορεί να πάρει τις αποφάσεις του, κάθε παίκτης.
- ο Τί πληροφόρηση έχει κάθε παίκτης όταν παίρνει την απόφαση του

Γιατί προφανώς στη στρατηγική με τη μορφή μήτρας δεν υπάρχει ο χρόνος (είναι στατικό / άχρονο), και επιπλέον δε γνωρίζουμε τί πληροφόρηση έχει ο κάθε παίκτης. Το μόνο που εμφανίζεται είναι οι στρατηγικές, τα αποτελέσματα (pay off) και οι παίκτες. Στο παράδειγμα της μήτρας οι επιλογές είναι και οι στρατηγικές. Στο δέντρο η στρατηγική είναι κάτι πολύ πιο πολύπλοκο.

1.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Τα παίγνια μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες με βάση διάφορα είδη κριτηρίων. Εδώ θα προσπαθήσουμε να τα χωρίσουμε σε κάποιες κατηγορίες. Έτσι λοιπόν έχουμε τους εξής διαχωρισμούς.

1.6.1 Παίγνια μηδενικού αθροίσματος - παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος.

Στο παίγνιο μη μηδενικού αθροίσματος το κέρδος του ενός είναι η ζημιά του άλλου. Στο παίγνιο μη μηδενικού αθροίσματος όλοι οι παίκτες μπορεί να κερδίσουν ή να χάσουν , κάτι που εξαρτάται από τις ενέργειες του κάθε παίκτη.

Σε ένα παίγνιο μηδενικού αθροίσματος δεν υπάρχει κανένα κοινό συμφέρον, δεδομένου ότι ισχύει μεταφορικά το ρητό «ο θάνατος, σου η ζωή μου»

- Στο μπάσκετ , η νίκη τους ενός συνεπάγεται ήττα του άλλου.
- Ένας πυρηνικός πόλεμος.

Σε όλα τα παίγνια μηδενικού αθροίσματος η κυρίαρχη λύση προκύπτει μέσα από τη χρήση της στρατηγικής ελαχίστου-μεγίστου. Σύμφωνα με αυτή, ο παίκτης προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα του αντιπάλου.

1.6.2 Παίγνια συνεργατικά – παίγνια μη συνεργατικά

Στο μη συνεργατικό παίγνιο, οι παίκτες δεν επιτρέπεται να ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους, ενώ στο συνεργατικό έχουν αυτή τη δυνατότητα.

Σύμφωνα με τη δυνατότητα συνεργασίας. Οι παίκτες(δύο ή περισσότεροι) πριν παίξουν το παίγνιο έχουν τη δυνατότητα να συνεργαστούν και να κάνουν συμφωνίες μεταξύ τους για τις στρατηγικές που θα

ακολουθήσουν. Αυτά ονομάζονται “συνεργατικά παίγνια” (cooperative games), όπου οι παίκτες έχουν μόνο κοινά συμφέροντα.

- *Τέτοια περίπτωση αποτελούν ο κυβερνήτης ενός αεροπλάνου και ο συντονιστής του πύργου ελέγχου, οι οποίοι ουσιαστικά «παίζουν» ένα παίγνιο πλήρους συνεργασίας με ένα κοινό στόχο, την προσγείωση του αεροπλάνου.*

Σε αντίθεση με τα παίγνια όπου ο παίκτης παίρνει τις αποφάσεις χωρίς να συνεννοηθεί με τους άλλους, τα οποία ονομάζονται “μη συνεργατικά ” (non cooperative games).

1.6.3 Παίγνια δύο παικτών – παίγνια η παικτών.

Ένα παίγνιο μπορεί να περιλαμβάνει δύο ή περισσότερους παίκτες. Σύμφωνα με τον αριθμό των παικτών που παίρνουν μέρος. Αν υπάρχουν δύο παίκτες τότε ονομάζονται «παίγνια δύο παικτών», ενώ αν οι παίκτες είναι περισσότεροι (έστω η), τότε έχουμε «παίγνια η παικτών», τα οποία βέβαια δεν έχουν μελετηθεί τόσο πολύ όσο τα πρώτα. Υπάρχει φυσικά και η περίπτωση που υπάρχει μόνο ένας παίκτης έχοντας σαν αντίπαλο του «τη φύση», όπως για παράδειγμα ισχύει στην πασιέντζα. Τα παίγνια αυτά βέβαια θεωρούνται πως ανήκουν στην πρώτη κατηγορία των παιγνίων με δύο παίκτες.

1.6.4 Στατικά – Δυναμικά Παίγνια (Ταυτόχρονα - Διαδοχικά)

Ένα παίγνιο είναι στατικό όταν όλοι οι παίκτες κινούνται ταυτόχρονα , ενώ είναι δυναμικό όταν οι παίκτες κινούνται κατά σειρά.

- *Οι κινήσεις στο σκάκι είναι διαδοχικές.*
- *Οι προσφορές για ένα μειοδοτικό διαγωνισμό είναι ταυτόχρονες.*

Πιο συγκεκριμένα , αν οι αντίπαλοι κινηθούν ταυτόχρονα επιλέγοντας μια στρατηγική στην αρχή του παιχνιδιού, χωρίς ο ένας να γνωρίζει τι θα πράξει ο άλλος, τότε μιλάμε για “στατικό παίγνιο” ή «στρατηγικό παίγνιο» ή «παίγνιο σε κανονική μορφή». Στην αντίθεση περίπτωση έχουμε τα «δυναμικά παίγνια» ή «παίγνια σε εκτεταμένη μορφή» όπου οι παίκτες έχουν κάποια γνώση για τις προηγούμενες ενέργειες και έτσι η σειρά με την οποία λαμβάνονται οι αποφάσεις έχει σημασία. Στα παίγνια αυτά η αναπαράσταση γίνεται με τη βοήθεια δέντρου.

1.6.5 Παίγνια με τέλεια –ατελής , συμμετρική - ασύμμετρη , βέβαιη – αβέβαιη πληροφόρηση

Λέμε ότι έχουμε «παίγνια πλήρους πληροφόρησης» όταν οι παίκτες είναι πλήρως ενημερωμένοι για τις κινήσεις των αντιπάλων. Έτσι μόνο τα δυναμικά παίγνια μπορεί να είναι παίγνια πλήρους πληροφόρησης, μιας και στα στατικά οι παίκτες δεν είναι ενημερωμένοι. Όταν οι παίκτες είναι μερικώς ενημερωμένοι λέμε ότι έχουμε «παίγνια ατελούς πληροφόρησης». Δεδομένου αυτού του ορισμού όλα τα παίγνια στα οποία οι παίκτες κινούνται ταυτόχρονα , είναι παίγνια ατελούς πληροφόρησης , καθώς οι παίκτες δε γνωρίζουν τη ταυτόχρονη κίνηση του άλλου παίκτη.

Ένα παίγνιο λέμε ότι έχει **συμμετρική πληροφόρηση** αν όλοι οι παίκτες έχουν ακριβώς τις ίδιες πληροφορίες όταν κάθε παίκτης κάνει τη κίνηση του. Εάν ορισμένοι παίκτες έχουν διαφορετικές πληροφορίες από τους άλλους, τότε το παίγνιο είναι **ασύμμετρης πληροφόρησης**.

Πολλά παίγνια απαιτούν από ένα μη παίκτη να κάνει κάποιες τυχαίες ενέργειες σε κάποιο σημείο του παιχνιδιού. Αυτός ο μη παίκτης ονομάζεται φύση. Αν ένα παίγνιο περιλαμβάνει φύση, αλλά αυτή δεν κινείται πρώτη ή αν η πρώτη κίνηση της φύσης παρατηρείται από όλους τους παίκτες, τότε το παίγνιο χαρακτηρίζεται από **ολοκληρωμένη πληροφόρηση**. Εάν η φύση δεν κινείται ποτέ μετά την κίνηση ενός από τους παίκτες, τότε το παίγνιο είναι **βέβαιης πληροφόρησης**.

1.6.6 Παίγνια «πεπερασμένα» και «μη πεπερασμένα»

Τα παίγνια σύμφωνα με τον αριθμό των στρατηγικών χωρίζονται σε «πεπερασμένα» και σε «μη πεπερασμένα». Τα πεπερασμένα παίγνια τελειώνουν σε ένα μετρήσιμο αριθμό κινήσεων, σε αντίθεση με τα άλλα τα οποία διαρκούν για άπειρες κινήσεις και ο νικητής γίνεται γνωστός αφού όλες αυτές οι κινήσεις τελειώσουν.

1.6.7 ΥΠΟΠΑΙΓΝΙΑ

Αν δεν υπάρχει τέλεια πληροφόρηση τι θα συμβεί;

Το πρώτο πράγμα που χρειαζόμαστε είναι να ορίσουμε το **σύνολο πληροφόρησης**.

Σύνολα πληροφόρησης (Information sets) – Ορισμός:

Ένα σύνολο κόμβων όπου:

- I. Αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο παίχτη (αυτός ο συγκεκριμένος παίχτης πρέπει να πάρει την απόφαση του σε ένα από τους κόμβους).
- II. Ο παίχτης δεν διακρίνει σε ποιο κόμβο έχει φθάσει το παίγνιο.

U

Οι επιλογές του παίχτη είναι οι ίδιες σε όλους τους κόμβους που ανήκουν σε ένα σύνολο πληροφόρησης.

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ

- Ένα σύνολο πληροφόρησης ανήκει σε έναν παίχτη. Δεν μπορεί να ανήκει σε δύο παίκτες το ίδιο σύνολο πληροφόρησης.
- Και αυτός ο παίχτης, στον οποίο ανήκει το σύνολο πληροφόρησης, δεν μπορεί να διακρίνει / δεν ξέρει σε ποιο κόμβο βρίσκεται.

1.6.7.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΠΟΠΑΙΓΝΙΟΥ

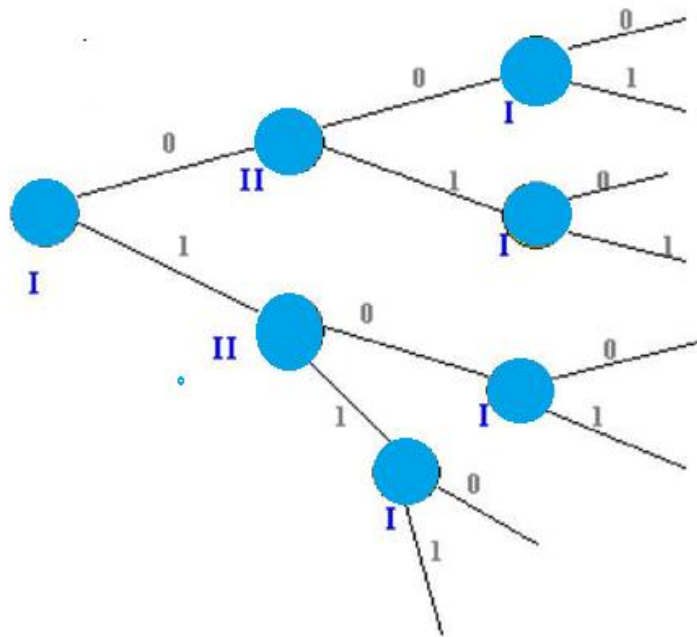
Είναι μια συνέχιση του παιγνίου από ένα χρονικό σημείο μέχρι το τέλος. Αλλά χρειαζόμαστε κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες:

1) Ξεκινά από ένα κόμβο, b , που ανήκει σε ένα σύνολο πληροφόρησης με ένα μοναδικό στοιχείο, το b [και το b δεν είναι ο αρχικός κόμβος]. Άρα δεν μπορεί να ξεκινήσει από κάποιο σύνολο πληροφόρησης με πολλούς κόμβους μέσα. Μπορούμε αν θέλουμε, να βάλουμε την επιπλέον συνθήκη ότι το b δεν είναι αρχικός κόμβος. Αυτό το βάζουμε σε παρένθεση διότι είναι μια συμφωνία. Δηλαδή το αρχικό παίγνιο δεν είναι υποπαίγνιο.

2) Περιλαμβάνει όλους τους κόμβους αποφάσεων (κόμβοι που παίρνει κάποια απόφαση) και τελικούς κόμβους (κόμβους που βρίσκονται τα αποτελέσματα), που ακολουθούν τον κόμβο b .

3) Δεν τέμνει κανένα σύνολο πληροφόρησης. Δηλαδή το υποπαίγνιο είναι κάτι που το απομονώνουμε και το αναλύουμε. Άρα, δεν πρέπει να τέμνει κανένα σύνολο πληροφόρησης.

Πόσα παίγνια έχει το παρακάτω υποπαίγνιο?



6 υποπαίγνια!

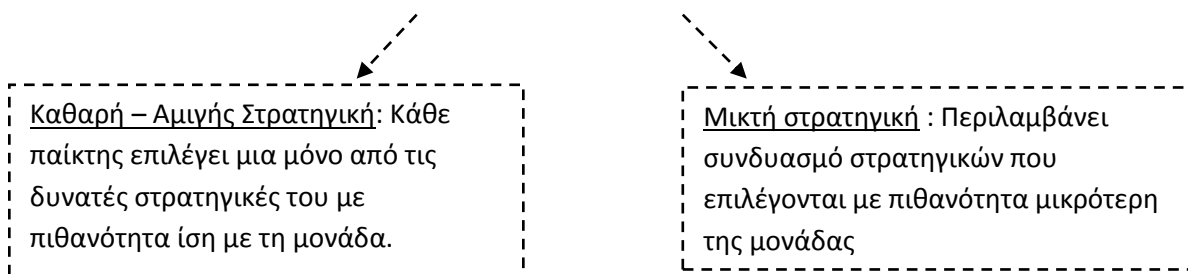
1.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ

Στα παίγνια στρατηγικής η επέμβαση των παικτών γίνεται με βάση τους κανόνες του παιχνιδιού, που καθορίζονται από τους παίκτες ή / και προϋπάρχουν και είναι αποδεκτοί.

Οι δυνατότητες επεμβάσεως, που προσφέρουν σε κάθε παίκτη οι κανόνες του παιχνιδιού, ονομάζονται στρατηγικές του. Από τον τρόπο δε που επιλέγονται οι στρατηγικές από τους παίκτες, προσδιορίζεται και το αποτέλεσμα κάθε παρτίδας του παιχνιδιού για κάθε παίκτη.

Τα παίγνια στρατηγικής έχουν νόημα όταν κανένας παίκτης δεν ελέγχει τις στρατηγικές που προσδιορίζουν το αποτέλεσμα, το οποίο μπορεί να νοηθεί με την ευρεία έννοια (νίκη επί αντιπάλου, αύξηση οικονομικής ισχύος..) ή την στενή έννοια (κέρδος σε χρηματικές μονάδες).

Τα απλούστερα παίγνια στρατηγικής είναι τα παίγνια με δύο πρόσωπα και άθροισμα κερδών το μηδέν. Σε αυτά τα κέρδη του ενός ισούνται με τις ζημιές του άλλου. Εξάλλου πρόσωπα μπορεί να είναι και ολόκληρες ομάδες, των οποίων τα μέλη έχουν ένα και μόνο κοινό σκοπό, την αριστοποίηση του κοινού κέρδους.



*Πίνακας αποτελεσμάτων (πληρωμών, ανταμοιβών):
Δείχνει τα αποτελέσματα του παιχνιδιού για κάθε συνδυασμό στρατηγικών.*

Λύση του παιχνιδιού :
Η βέλτιστη στρατηγική όλων των παικτών.

Παραδείγματα με παίγνια με 2 παίκτες ($n=2$) και άθροισμα κερδών το μηδέν.

1^η περίπτωση :

Οι αντίπαλοι A,B ανακοινώνουν συγχρόνως έναν αριθμό. Αν και οι δύο αριθμοί είναι άρτιοι ή περιττοί, τότε ο A πληρώνει στο B μία χρηματική μονάδα, ενώ για τις υπόλοιπες περιπτώσεις ισχύει το αντίθετο.

Με βάση τους ανωτέρω κανόνες παιχνιδιού προκύπτει ο επόμενος πίνακας κερδών του παίκτη A:

		B	
		α	π
A	α	-1	1
	π	1	-1

Όπου με α, π σημειώνονται οι τακτικές A, B να ανακοινώνουν ταυτόχρονα αντίστοιχα άρτιο και περιττό αριθμό.

Είναι φανερό, ότι ο πίνακας των κερδών του B σχηματίζεται από τις αντίθετες τιμές του ανωτέρω πίνακα κερδών του A.

2^η περίπτωση:

Οι αντίπαλοι A, B ανακοινώνουν συγχρόνως ένα από τους τρεις αριθμούς 1,2,3.

Αν οι δυο αριθμοί είναι ίδιοι, τότε ο A πληρώνει στο B τόσες χρηματικές μονάδες όσος είναι ο αριθμός που ανακοίνωσαν, ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις ο B πληρώνει στον A τόσες χρηματικές μονάδες όσες είναι ο αριθμός που ανακοίνωσε ο A.

Με βάση τους παραπάνω κανόνες του παιχνιδιού προκύπτει ο επόμενος πίνακας κερδών του παίκτη A:

		B		
		1	2	3
A	1	-1	1	1
	2	2	-2	2
	3	3	3	-3

Όπου με 1, 2, 3 σημειώνονται οι τακτικές των A, B να ανακοινώνουν αντίστοιχα 1, 2, 3.

3^η περίπτωση:

Οι παίκτες A, B ανακοινώνουν συγχρόνως μία από τις λέξεις πέτρα, ψαλίδι, χαρτί.

Αν ανακοινώσουν το ίδιο αντικείμενο τότε κανένας δε θα κερδίζει. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις το ψαλίδι υπερέρχει του χαρτιού, η πέτρα του ψαλιδιού και το χαρτί της πέτρας.

Με βάσει τους παραπάνω κανόνες παιχνίσιου και ότι η πληρωμή είναι μια χρηματική μονάδα προκύπτει ο επόμενος πίνακας κερδών του παίκτη A:

		B		
		π	ψ	χ
A	π	0	1	-1
	ψ	-1	0	1
	χ	1	-1	0

Όπου με π, ψ, χ σημειώνονται οι τακτικές των A, B να ανακοινώνουν αντίστοιχα πέτρα, ψαλίδι, χαρτί.

1.7.1 ΚΑΘΑΡΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

Έστω ότι σε ένα παίγνιο μεταξύ των A, B ισχύει ο ακόλουθος πίνακας κερδών του A:

		B					
		1	2	...	j	...	n
A	1	α_{11}	α_{12}	...	α_{ij}	...	α_{1n}
	2	α_{21}	α_{22}	...	α_{2j}	...	α_{2n}

	i	α_{i1}	α_{i2}	...	α_{ij}	...	α_{in}

m	α_{m1}	α_{m2}	...	α_{mj}	...	α_{mn}	

Όπου α_{ij} είναι το κέρδος του A όταν αυτός ακολουθεί την τακτική i και B την τακτική j.

Ο πίνακας αυτός που ονομάζεται και μήτρα(πληρωμών) του παιχνίσιου, είναι γνωστός και στους δύο παίκτες που δρουν συγχρόνως. Έτσι σκοπός του A είναι να μεγιστοποιήσει το κέρδος του, ενώ του B είναι να ελαχιστοποιήσει το αποτέλεσμα αυτό.

Ο Α ενεργώντας με σύνεση και εφαρμόζοντας την τακτική i θα πρέπει να δεχθεί ότι ο Β είναι σε θέση να του περιορίσει το κέρδος δηλ. να έχει κέρδος ίσο με το $\min_j a_{ij}$.

Επομένως θα πρέπει να εκλέξει εκείνη την τακτική i για την οποία το αντίστοιχο $\min_j a_{ij}$ είναι μέγιστο, δηλ. να έχει κέρδος τουλάχιστον ίσο προς :

$$e_A = \max_i \min_j a_{ij}$$

Αντίστοιχα ο Β ενεργώντας με σύνεση και αυτός και εφαρμόζοντας την τακτική j , θα πρέπει να δεχθεί ότι ο Α μπορεί να του αυξήσει τη ζημιά , δηλ. να έχει τη ζημιά ίση προς:

$$\max_i a_{ij}$$

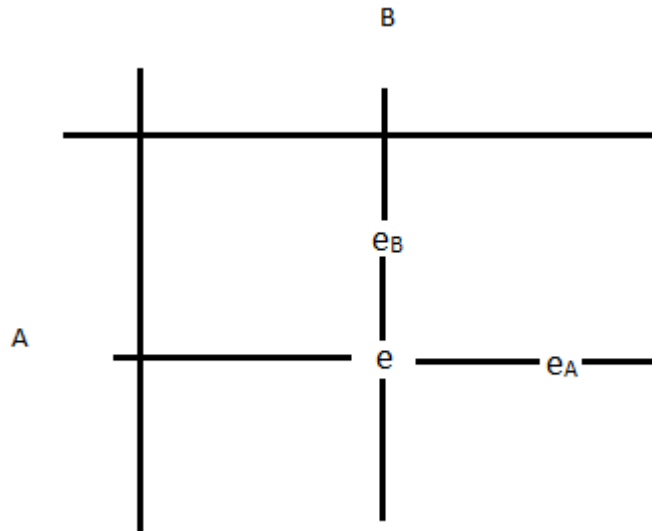
Επομένως θα πρέπει να εκλέξει εκείνη την τακτική j για την οποία το αντίστοιχο:

$$\max_i a_{ij}$$

Είναι ελάχιστο, δηλ. να έχει ζημιά το πολύ ίση με : $e_B = \min_j \max_i a_{ij}$

Για τις τιμές e_A και e_B γενικά ισχύει $e_A \leq e_B$

Πράγματι αν e είναι το στοιχείο που ανήκει στη στήλη του e_B και στη γραμμή του e_A ,



Τότε ισχύουν αντίστοιχα $e \leq e_B$ και $e_A \leq e$, οπότε $e_A \leq e_B$.

«Όταν σε ένα παίγνιο , με δυο πρόσωπα και άθροισμα κερδών μηδέν , ισχύει η ισότητα $e_A = e_B$, τότε αυτό ονομάζεται παίγνιο καθαρής στρατηγικής.»

Σε ένα παίγνιο καθαρής στρατηγικής υπάρχει τουλάχιστον ένα ζεύγος (i, j) για το οποίο ισχύει $\max_i \min_j a_{ij} = \min_j \max_i a_{ij} = v$

Το ζεύγος αυτό ονομάζεται **σαγματικό σημείο ή σημείο ισορροπίας του παιγνίου** , ενώ η αντίστοιχη τιμή v (value of the game), ονομάζεται τιμή του παιγνίου και αντιπροσωπεύει τη μικρότερη της γραμμής της και τη μεγαλύτερη της στήλης της.

1.7.1.1 Θεώρημα *maximin* και *minimax* σε καθαρές στρατηγικές

	B ₁	B ₂	B ₃	min
A ₁	-1	7	3	-1
A ₂	1*	1	2	1*
A ₃	-5	-3	1	-5
max	1*	7	3	V=1

Maximin σημείο → (A₂, B₁)
Minimax σημείο → (A₂, B₁)

Ο αντικειμενικός σκοπός του A είναι να μεγιστοποιήσει τα κέρδη του, και του B να ελαχιστοποιήσει τη ζημιά του. Θα ισορροπήσουν εκεί όπου ο A θα μεγιστοποιεί το ελάχιστο κέρδος του και ο B θα ελαχιστοποιεί τη μέγιστη ζημιά του. Ουσιαστικά, ισορροπούν εκεί όπου και οι δύο ελαχιστοποιούν τη μέγιστη ζημιά που μπορούν να υποστούν.

Σύμφωνα με το κριτήριο *minimax*, σε ένα πίνακα πληρωμών για τον παίκτη A, ο παίκτης A επιλέγει εκείνη τη στρατηγική που θα του δώσει το μεγαλύτερο από τα ελάχιστα των σειρών (*maximin* τιμή) και ο παίκτης B επιλέγει εκείνη τη στρατηγική που θα του δώσει το ελάχιστο από τα μέγιστα των στηλών (*minimax* τιμή). Η *maximin* τιμή ονομάζεται κατώτερη τιμή και η *minimax* ανώτερη τιμή παιγνίου. Όταν οι δυο τιμές ταυτίζονται το παίγνιο έχει λύση με αμιγείς στρατηγικές και η λύση είναι σταθερή (*stable*) δηλαδή υπάρχει ένα μοναδικό σημείο ισορροπίας που δίνει τη τιμή του παιγνίου, V .

1.7.2 ΜΙΚΤΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

Τα παίγνια στρατηγικής, με δυο πρόσωπα και άθροισμα κερδών μηδέν, στα οποία δεν υπάρχει σημείο ισορροπίας ονομάζονται παίγνια μικτής στρατηγικής.

Τυπικό παράδειγμα

		B		
		(1)	(2)	(3)
A	(1)	5	1	2
	(2)	-2	3	1

Στο παίγνιο αυτό, αν ο παίκτης A ακολουθήσει την τακτική (1) με πιθανότητα 80% και την τακτική (2) με πιθανότητα 20%, τότε το αντίστοιχο μέσο κέρδος του θα είναι:

$5 \cdot 0,80 + (-2) \cdot 0,20 = 3,6$ όταν ο Β ακολουθεί την τακτική (1)

$(-1) \cdot 0,80 + 3 \cdot 0,20 = -0,2$ όταν ο Β ακολουθεί την τακτική (2)

$2 \cdot 0,80 + 1 \cdot 0,20 = 1,8$ όταν ο Β ακολουθεί την τακτική (3)

Το ανωτέρω διατεταγμένο ζεύγος $(0,80, 0,20)$ ονομάζεται μικτή στρατηγική του παίκτη Α.

Είναι φανερό ότι υπάρχει μια απειρία μικτών στρατηγικών για τον παίκτη Α.

Αντίστοιχα ορίζονται οι μικτές στρατηγικές του παίκτη Β που είναι διατεταγμένες τριάδες.

Στη γενική περίπτωση όταν ο παίκτης Α ακολουθεί την τακτική i ($i=1,2,\dots,m$) με πιθανότητα x_i , τότε μικτή του στρατηγική ονομάζεται η διατεταγμένη m -άδα (x_1, x_2, \dots, x_m) μη αρνητικών αριθμών με $x_1 + x_2 + \dots + x_m = 1$.

Αντίστοιχα όταν ο παίκτης Β ακολουθεί τη στρατηγική j ($j=1,2,\dots,n$) με πιθανότητα y_j

Τότε μικτή στρατηγική του ονομάζεται η διατεταγμένη n -άδα (y_1, y_2, \dots, y_n) μη αρνητικών αριθμών με $y_1 + y_2 + \dots + y_n = 1$.

Ο προσδιορισμός των άριστων μικτών στρατηγικών για κάθε παίκτη γίνεται με τη βοήθεια του παρακάτω θεωρήματος του Neumann.

Για τον παίκτη Α υπάρχει μία άριστη μικτή στρατηγική, με την οποία το μέσο κέρδος του είναι μεγαλύτερο ή ίσο της τιμής του παιγνίου. Για τον παίκτη Β υπάρχει μία άριστη μεικτή στρατηγική, με την οποία η μέση ζημιά του είναι μεγαλύτερη ή ίση της τιμής του παιγνίου.

Με βάση το ανωτέρω θεώρημα μπορεί να βρεθούν οι άριστες μικτές στρατηγικές των παικτών με την βοήθεια γ.π., όταν η τιμή v του παιγνίου προβλέπεται θετική.

Εφαρμογή

Αν στο ανωτέρω παίγνιο (x_1, x_2) είναι η ζητούμενη άριστη μικτή στρατηγική του παίκτη Α, τότε προκύπτει το επόμενο γ.π.

$$\max v, \text{ όταν}$$

$$5x_1 + (-2)x_2 \geq v$$

$$(-1)x_1 + 3x_2 \geq v$$

$$2x_1 + x_2 \geq v$$

$$x_1 + x_2 = 1$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Πράγματι, αν ο παίκτης Α ακολουθήσει την τακτική (1) με πιθανότητα x_1 και την τακτική (2) με πιθανότητα x_2 , ενώ ο παίκτης Β ακολουθεί την τακτική (1), τότε το αντίστοιχο μέσο κέρδος $5x_1 + (-2)x_2$ του Α θα είναι μεγαλύτερο ή ίσο της τιμής v του παιγνίου. Έτσι προκύπτει η πρώτη ανίσωση του προγράμματος κ.ο.κ.

Η πρώτη ανίσωση του γ.π. δίδει:

$$\begin{aligned} 5x_1 - 2(1-x_1) &\geq v \\ 7x_1 - v &\geq 2 \end{aligned} \quad (1)$$

Όμοια η δεύτερη ανίσωση δίνει

$$\begin{aligned} -x_1 + 3(1-x_1) &\geq v \\ -4x_1 - v &\geq -3 \\ 4x_1 + v &\geq -1 \end{aligned} \quad (2)$$

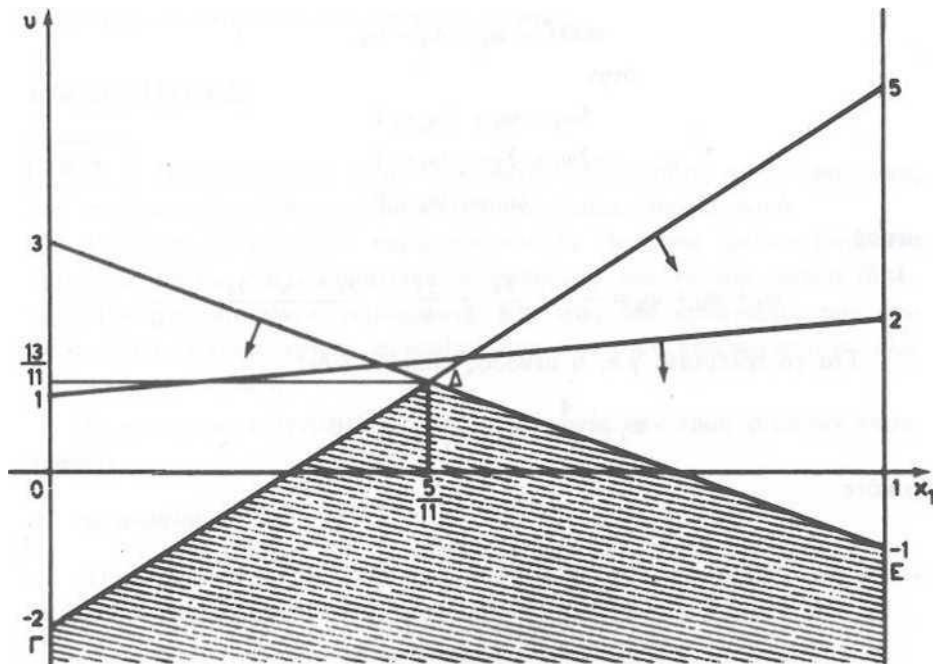
Τέλος, η τρίτη ανίσωση δίνει

$$\begin{aligned} 2x_1 + 1 - x_1 &\geq v \\ x_1 - v &\geq -1 \end{aligned} \quad (3)$$

Ήδη οι ανισώσεις (1), (2), (3) ορίζουν στο επίπεδο το κατωτέρω γραμμοσκιασμένο κυρτό σύνολο, στο ακραίο σημείο Δ $(5/11, 13/11)$ του οποίου αντιστοιχεί η μεγίστη τιμή του παιγνίου με

$$v = 13/11,$$

$$x_1 = 5/11 \text{ και } x_2 = 6/11$$



Έστω τώρα ότι (y_1, y_2, y_3) είναι η ζητούμενη άριστη μικτή στρατηγική του παίκτη Β, τότε σύμφωνα με το ανωτέρω θεώρημα θα ισχύει το ακόλουθο γ.π.

min v όταν

$$5y_1 + (-1)y_2 + 2y_3 \leq v$$

$$(-2)y_1 + 3y_2 + y_3 \leq v$$

$$y_1 + y_2 + y_3 = 1$$

$$y_1, y_2, y_3 \geq 0$$

Πράγματι αν ο παίκτης Β ακολουθήσει την τακτική i ($i = 1, 2, 3$) με πιθανότητα

y_j ($j = 1, 2, 3$), ενώ ο παίκτης Α ακολουθεί την τακτική (1), τότε η αντίστοιχη μέση ζημία $5y_1 + (-1)y_2 + 2y_3$ του Β θα είναι μικρότερη ή ίση της τιμής v του παιχνίσιου. Έτσι προκύπτει η πρώτη ανίσωση του προγράμματος κ.ο.κ.

Επειδή η τιμή v του παιχνίσιου είναι θετικός αριθμός εισάγεται ο ακόλουθος μετασχηματισμός:

$$y_1/v = \omega_1, \quad y_2/v = \omega_2, \quad y_3/v = \omega_3$$

οπότε προκύπτει το γ.π.

$$\max f = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 \text{ όταν}$$

$$5\omega_1 - \omega_2 + 2\omega_3 \leq 1$$

$$-2\omega_1 + 3\omega_2 + \omega_3 \leq 1$$

$$\omega_1, \omega_2, \omega_3 \geq 0$$

αφού

$$\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = y_1/v + y_2/v + y_3/v = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{v} = 1/v$$

Για το τελευταίο γ.π. η μέθοδος simplex δίδει

$$\omega_1 = 4/13, \quad \omega_2 = 7/13, \quad \omega_3 = 0$$

Οπότε

$$v = \frac{1}{\frac{4}{13} + \frac{7}{13} + 0} = \frac{13}{11}, \quad y_1 = \frac{4}{13} * \frac{13}{11} = \frac{4}{11}$$

$$y_2 = \frac{7}{13} * \frac{13}{11} = \frac{7}{11}, \quad y_3 = 0 * \frac{13}{11} = 0$$

Παρατήρηση

Όταν η τιμή v του παιγνίου προβλέπεται αρνητική, τότε προστίθεται σ' όλα τα στοιχεία του πίνακα του παιγνίου, ένας θετικός αριθμός που είναι μεγαλύτερος ή ίσος από την απόλυτο τιμή του μικρότερου στοιχείου του.

Έτσι στο παίγνιο με πίνακα κερδών του A τον:

	B		
A	5	-1	2
	2	3	-4

αντιστοιχεί ο πίνακας

	B		
A	9	3	6
	6	7	0

που δίνει τις ίδιες άριστες στρατηγικές για τους παίκτες A, B με τον προηγούμενο.

Βέβαια η τιμή του παιγνίου του πρώτου θα είναι ίση προς $v' - 4$, όπου v' η τιμή του παιγνίου του δεύτερου πίνακα.

1.7.2.1 Θεώρημα minimax για μεικτές στρατηγικές

Όταν εφαρμόζονται μεικτές στρατηγικές, τότε, για κάθε παίκτη υπάρχει πάντα μια άριστη μικτή στρατηγική (σύμφωνα με το κριτήριο minimax), που οδηγεί σε σταθερή λύση (σαγματικό σημείο), από το οποίο κανείς δε θέλει να μετακινηθεί (κανένας παίκτης δεν μπορεί να βελτιώσει περαιτέρω τη θέση του.)

- ✘ $V(A)$ το προσδοκώμενο κέρδος του A
- ✘ $V(B)$ η προσδοκώμενη ζημιά του B
- ✘ $V(A) = V(B) = V$, το σημείο ισορροπίας για τις άριστες μεικτές στρατηγικές.

Αναμενόμενη τιμή παιγνίου:

$$V = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} x_i y_j$$

Κάθε παίκτης ακολουθεί με βάση κάποια κατανομή πιθανοτήτων τις στρατηγικές του, ώστε να μεγιστοποιεί το ελάχιστο προσδοκώμενο κέρδος του (να ελαχιστοποιεί τη μέγιστη προσδοκώμενη ζημιά του), ανεξάρτητα από τις επιλογές του αντιπάλου του. Η κατανομή πιθανοτήτων με βάση την οποία επιλέγει τις στρατηγικές του, ονομάζεται μικτή ή τυχαία maximin (minimax) στρατηγική.

1.8 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ NASH

Σύμφωνα με το θεώρημα Nash, κάθε παίγνιο με πεπερασμένο πλήθος παικτών και ενεργειών έχει τουλάχιστον ένα σημείο ισορροπίας, σύμφωνα με το οποίο όλοι οι παίκτες επιλέγουν τις πιο συμφέρουσες για αυτούς ενέργειες, γνωρίζοντας και τις επιλογές των αντιπάλων τους.

Οι παίκτες σκέφτονται τι μπορεί να διαλέξει ο αντίπαλος τους, προσπαθούν να καταλάβουν τη συμπεριφορά των άλλων και επιλέγουν την στρατηγική τους σύμφωνα με αυτό. Δηλαδή, η στρατηγική ενός παίκτη αποτελεί την καλύτερη αντίδραση(απόκριση) στην στρατηγική του άλλου παίκτη. Αυτός ο συνδυασμός στρατηγικών αποτελεί ισορροπία Nash.

Ο παίκτης επιλέγει εκείνη από τις δικές του στρατηγικές, η οποία είναι η καλύτερη απάντηση στην στρατηγική που νομίζει ότι θα επιλέξει ο άλλος παίκτης.

Επομένως, κανένας παίκτης δεν έχει κίνητρο να φύγει μονομερώς από αυτήν την ισορροπία που έχει δημιουργηθεί. Οι παίκτες καταλαβαίνουν πως βρίσκονται σε ισορροπία αν μια αλλαγή στις στρατηγικές από οποιονδήποτε από αυτούς, οδηγήσει σε χαμηλότερο κέρδος από αυτό που θα είχαν αν παρέμεναν στη σωστή στρατηγική. Δεδομένου των επιλογών των αντιπάλων, ο παίκτης δεν έχει να κερδίσει κάποιο μμεγαλύτερο όφελος και για αυτό δεν αλλάζει στρατηγική.

Όπως είναι φανερό η θεωρία για την ισορροπία Nash, έχει δύο συνιστώσες:

- A. πρώτα κάθε παίκτης κάνει την επιλογή του βασιζόμενος στην ορθολογική απόφαση που προέρχεται από τις πεποιθήσεις του για το τι θα πράξει ο αντίπαλος
- B. και δεύτερον, κάθε πεποίθηση του παίκτη για την επιλογή του αντιπάλου του είναι σωστή.

Ο Nash κατάφερε επίσης να αποδείξει πως όλα τα πεπερασμένα παίγνια εμπεριέχουν τουλάχιστον ένα σύνολο μικτών στρατηγικών (μία ανά παίκτη), που συνιστά ισορροπία Nash σε μικτές στρατηγικές. Όταν υπάρχουν πολλές ισορροπίες Nash (σε καθαρές στρατηγικές), τη λύση δίνει η ισορροπία Nash σε μικτές στρατηγικές

1.9 ΕΞΕΤΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Όπως τονίσθηκε στην εισαγωγή πολυπληθείς είναι εφαρμογές των παιγνίων στις διάφορες μορφές συγκρούσεως συμφερόντων.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα business games (δηλ. τα παιγνίδια λήψεως επιχειρηματικών αποφάσεων) και τα war games (δηλ. τα παίγνια πολεμικών συγκρούσεων). Και στις δύο κατηγορίες των παιγνίων αυτών γίνεται χρήση σεναρίων που απαιτούν επεξεργασία με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Τα κατωτέρω παίγνια είναι απλές εφαρμογές των προηγούμενων παραγράφων.

1.9.1 Διαφήμιση

Ο ανταγωνισμός δύο επιχειρήσεων A, B έχει σαν αποτέλεσμα τον ακόλουθο πίνακα κερδών (σε εκατομμύρια) για την επιχείρηση A :

		B	
		ε	τ
A	ε	1	0
	τ	-1	2

όπου ε η τακτική των επιχειρήσεων να διαφημισθούν σε εφημερίδες και τη τακτική να διαφημισθούν με αφίσες τοίχου.

Στο παίγνιο αυτό δεν υπάρχει σημείο ισορροπίας, οπότε για την άριστη μικτή στρατηγική (χ_1, χ_2) της επιχειρήσεως A θα ισχύει το ακόλουθο γ.π.

$$\begin{aligned} \max v \text{ όταν} \\ \chi_1 - \chi_2 &\geq v \\ 2\chi_2 &\geq v \\ \chi_1 + \chi_2 &= 1 \\ \chi_1, \chi_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Αντίστοιχα για την άριστη μικτή στρατηγική (y_1, y_2) της επιχειρήσεως B θα ισχύει το ακόλουθο γ.π.

$$\begin{aligned} \min v \text{ όταν} \\ y_1 &\leq v \\ -y_1 + 2y_2 &\leq v \\ Y_1 + y_2 &= 1 \\ Y_1, y_2 &= 0 \end{aligned}$$

1.9.2 Αντιβίωση

Ο πειραματισμός τριών αντιβιοτικών A_1, A_2, A_3 εναντίον τεσσάρων μικροβίων M_1, M_2, M_3, M_4 έδωσε τον ακόλουθο πίνακα αποτελεσματικότητας 1

	M_1	M_2	M_3	M_4
A_1	0,6	0,4	0	1
A_2	0,3	0,5	0,8	0
A_3	0,2	1	1	0,7

Το παίγνιο αυτό, όπου ο ερευνητής αντιμετωπίζει με τα αντιβιοτικά την φύση, που εκπροσωπούν τα μικρόβια, ονομάζεται *παίγνιο εναντίον της φύσεως*.

Με τον όρο αυτό νοείται κάθε παίγνιο εναντίον της φύσεως ή γενικότερα των καταστάσεων του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ο άνθρωπος λαμβάνει αποφάσεις. Είναι φανερό, ότι στη μορφή αυτή των παιγνίων, η συμπεριφορά του δεύτερου παίκτη, δηλ. της φύσεως, δεν είναι γνωστή αλλά καταγράφεται από τον πρώτο παίκτη σύμφωνα με παρατηρήσεις και υποθέσεις του. Για το ανωτέρω παίγνιο, που δεν υπάρχει σημείο ισορροπίας, θα ισχύει το ακόλουθο γ.π. για την άριστη στρατηγική (x_1, x_2, x_3) του ερευνητή.

max v όταν

$$0,6x_1 + 0,3x_2 + 0,2x_3 \geq v$$

$$0,4x_1 + 0,5x_2 + x_3 \geq v$$

$$0,8x_2 + x_3 \geq v$$

$$x_1 + 0,7x_3 \geq v$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

(το αντιβιοτικό A_2 καταβάλλει με πιθανότητα 80% το μικρόβιο M_3)

1.9.3 Το παίγνιο «Prisoner's Dilemma»

Το «Δίλλημα του φυλακισμένου» είναι με βεβαιότητα το πιο ευρέως αναλυμένο παίγνιο της θεωρίας παιγνίων. Αρχικοί δημιουργοί του υπήρξαν οι Merrill Flood και Melvin Dresher το έτος 1950, όταν και εργάζονταν για τη RAND (Research ANd Development) μία επιστημονική, μη κερδοσκοπική οργάνωση που αρχικά προσέφερε τις υπηρεσίες της στις ένοπλες δυνάμεις των Η.Π.Α. Στη συνέχεια ο Albert W. Tucker μορφοποίησε το πρόβλημα χρησιμοποιώντας πίνακες πληρωμών και του προσέδωσε την τελική του μορφή, αποδίδοντάς του παράλληλα και την ονομασία “Prisoner’s Dillema” (PD) το έτος 1992.

Περιγραφή και ανάλυση του παιγνίου

Στην κλασική του μορφή το Δίλημμα του Φυλακισμένου περιγράφεται ως εξής:

Δύο ύποπτοι έχουν συλληφθεί από την αστυνομία. Ωστόσο τα στοιχεία που υπάρχουν είναι ανεπαρκή για την εξιχνίαση της υπόθεσης και έτσι οι αστυνομικοί κάνουν στους δύο κρατούμενους - οι οποίοι κρατούνται σε διαφορετικούς χώρους- την ίδια πρόταση. Σκοπός είναι ένας τουλάχιστον εκ των δύο να καταθέσει κατά του άλλου στην αίθουσα του δικαστηρίου. Στην περίπτωση που ο ένας καταθέσει και ο άλλος σιωπήσει, τότε ο πρώτος δε φυλακίζεται ενώ ο δεύτερος καταδικάζεται σε ποινή φυλάκισης δέκα ετών. Στην περίπτωση που καταθέσουν και οι δύο, τότε ο καθένας καταδικάζεται σε ποινή φυλάκισης πέντε ετών. Αν κανένας από τους δύο δεν καταθέσει, τότε και οι δύο τιμωρούνται με φυλάκιση ενός έτους λόγω ελλειπών στοιχείων.

Ποια στρατηγική πρέπει να ακολουθήσουν οι δύο κρατούμενοι;

Λύση

Ο πίνακας πληρωμών του παιγνίου είναι ο παρακάτω:

		ΠΑΙΚΤΗΣ Β	
		Ο κρατούμενος Β παραμένει σιωπηλός	Ο κρατούμενος Β καταθέτει
ΠΑΙΚΤΗΣ Α	Ο κρατούμενος Α παραμένει σιωπηλός	(-1,-1)	(-10,0)
	Ο κρατούμενος Α καταθέτει	(0,-10)	(-5,5)

Από μία πρώτη ανάγνωση του πίνακα γίνονται άμεσα ορατά δύο δεδομένα. Το πρώτο είναι ότι και οι δύο παίκτες έχουν συμφέρον να σιωπήσουν αφού και οι δύο τιμωρούνται με ποινή φυλάκισης μόνο ενός έτους. Και το δεύτερο ότι αν ένας παίκτης σιωπήσει, ο άλλος έχει κίνητρο να ομολογήσει.

Μία λεπτομερέστερη εξέταση του παιγνίου δείχνει ότι ανεξάρτητα από την επιλογή του αντιπάλου, κάθε παίκτης λαμβάνει υψηλότερη απόδοση (μικρότερη ποινή φυλάκισης) αν καταθέσει. Με άλλα λόγια η στρατηγική της κατάθεσης είναι κυρίαρχη για καθέναν από τους δύο παίκτες. Με δεδομένο ότι δεν υπάρχει οποιαδήποτε επικοινωνία ή δυνατότητα συνεννόησης μεταξύ των δύο παικτών, κάθε λογικός παίκτης αναμένεται να παίζει με την αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική του. Το ίδιο όμως θα πράξει και ο αντίπαλός του και αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την καταδίκη των δύο παικτών σε πενταετή φυλάκιση αντί της μονοετούς που θα πετύχαιναν αν παρέμεναν και οι δύο σιωπηλοί. Αυτή είναι και η μοναδική ισορροπία Nash του παιγνίου, και το ζεύγος $(-5,-5)$ αποτελεί το ζεύγος ισορροπίας Nash.

Το ορθολογικό λοιπόν κριτήριο της μικρότερης δυνατής ατομικής καταδίκης οδηγεί σε χειρότερο αποτέλεσμα από ότι θα οδηγούσε το κριτήριο της μείωσης της ποινής του συνενόχου με αντίτιμο μία μικρή ποινή φυλάκισης και για τον ίδιο τον παίκτη. Γίνεται λοιπόν φανερό αυτό που είχε τονιστεί και σε προηγούμενη ενότητα, ότι δηλαδή ένα ζεύγος ισορροπίας Nash δεν είναι απαραίτητα και βέλτιστο κατά Pareto.

Πράγματι το ζεύγος ισορροπίας Nash είναι το $(-5,-5)$ ενώ το βέλτιστο ζεύγος κατά Pareto το $(-1,-1)$. Συνεπώς η μόνη ισορροπία Nash του PD προκύπτει από τη μη συνεργασία των δύο πλευρών. Η κατάσταση διαφοροποιείται ωστόσο όταν το παίγνιο επαναλαμβάνεται πολλές φορές. Κι αυτό γιατί πέρα από την καθαρή ανταμοιβή υπεισέρχεται και το αίσθημα της εκδίκησης για πιθανή προηγούμενη μη συνεργασία. Αν ο αριθμός των επαναλήψεων είναι εκ των προτέρων γνωστός τότε η οικονομική θεωρία αποδεικνύει ότι οι δύο παίκτες θα επιλέξουν και πάλι την τακτική της μη συνεργασίας, ανεξάρτητα από τον αριθμό των επαναλήψεων.

Μόνο όταν ο αριθμός των επαναλήψεων είναι άγνωστος και απροσδιόριστος είναι δυνατό να υπάρξει ισορροπία με χρήση τακτικής συνεργασίας από τους δύο παίκτες. Μάλιστα διαπιστώθηκε πως όταν το παίγνιο επαναλαμβάνεται άπειρες φορές διαμορφώνεται μία ισορροπία Nash με συνεργασία των δύο πλευρών, εξακολουθούν όμως να υπάρχουν και άλλες ισορροπίες που προκύπτουν από τη μη συνεργασία τους.

1.9.4 Το παίγνιο «Battle of the Sexes»

Η μάχη μεταξύ των δύο φύλων: Το κλασικό παίγνιο όπου οι δύο παίκτες δεν έχουν (ασθενώς) κυρίαρχη στρατηγική.

Ένα ζευγάρι (ανδρόγυνο) θέλουν να κανονίσουν βραδινή έξοδο για σήμερα, επιλέγοντας μεταξύ του τελικού κυπέλλου του ποδοσφαίρου και της συναυλίας στο Ηρώδειο. Η γυναίκα προτιμά τη συναυλία, ενώ ο άνδρας θέλει να πάει στο γήπεδο. Οστόσο, το ζευγάρι θέλει να περάσουν μαζί τη βραδιά.

Ο πίνακας αποδόσεων γράφεται ως εξής:

		Γ	
		ΣΥΝΑΥΛΙΑ	ΓΗΠΕΔΟ
Α	ΣΥΝΑΥΛΙΑ	1,3	0, 0
	ΓΗΠΕΔΟ	0, 0	3,1

Η μορφή αυτή του παιχνιδιού «battle of the sexes» δεν έχει κυρίαρχη στρατηγική για κάποιον παίκτη.

Ωστόσο, σε καθарές στρατηγικές (pure strategies) το παιχνίδι έχει δύο σημεία ισορροπίας κατά Nash:

- A. Τα ζεύγη (1,3)
- B. και (3,1) είναι Nash equilibrium

Το πρώτο προτιμάται από τη γυναίκα, ενώ το δεύτερο από τον άνδρα.

1.9.5 Το παίγνιο «Chicken Game»

(Το παιχνίδι της κότας: Το κλασικό «ανταγωνιστικό παίγνιο»)

Το «Chicken Game» είναι ένα ακόμη πολύ γνωστό παίγνιο, το οποίο χρησιμοποιείται ως υπόδειγμα καταστάσεων ισχυρού ανταγωνισμού μεταξύ δύο παικτών, όπου κάθε παίκτης προσπαθεί ουσιαστικά να αποφύγει την «υποταγή» στον αντίπαλο, πλην όμως ενδεχόμενη άρνηση αμφοτέρων να υποχωρήσουν οδηγεί στο χειρότερο δυνατό αποτέλεσμα και για τους δύο (σημαντικά χειρότερο payoff συγκριτικά με τα υπόλοιπα ζεύγη στρατηγικών).

Η ονομασία του οφείλεται στην κινηματογραφική ταινία «Επαναστάτης χωρίς αιτία» που έκανε γνωστό τον ηθοποιό James Dean.

Η «ιστορία» έχει ως εξής:

Στο σενάριο της ταινίας, δύο ατίθασοι νεαροί οδηγούν δύο αυτοκίνητα προς το γκρεμό. Όποιος από τους δύο εγκαταλείπει πρώτος θεωρείται δειλός («κότα») και ο αντίπαλός του κερδίζει τη μονομαχία και μαζί, το θαυμασμό της κοπέλας που παρακολουθεί, για χάρη της οποίας γίνεται η μονομαχία. Αν δεν εγκαταλείψει κανείς το αυτοκίνητο, προφανώς οι δύο αντίπαλοι θα πέσουν στο γκρεμό και το αποτέλεσμα θα είναι το χειρότερο και για τους δύο.

Το ενδιαφέρον σε αυτό το παίγνιο είναι ότι ενώ οι δύο παίκτες έχουν κίνητρο να αποκλίνουν από την αμοιβαία αποδεκτή λύση (όπως ακριβώς συμβαίνει και στο δίλημμα του φυλακισμένου), το κόστος της απόκλισης από τα σημεία ισορροπίας κατά Nash, φαίνεται απαγορευτικό για να αναλάβουν τον κίνδυνο οι δύο πλευρές να μην υποχωρήσουν μέχρι τέλους. Πράγματι, αν κανένας από τους δύο ισχυρούς ανταγωνιστές δεν υποχωρήσει, αυτό θα οδηγήσει σε αποτέλεσμα καταστροφικό και για τους δύο παίκτες.

Μορφή πίνακα αποδόσεων:

		B	
		ΥΠΟΧΩΡΗΣΗ	ΕΠΙΘΕΣΗ
A	ΥΠΟΧΩΡΗΣΗ	β, β	$0, \alpha$
	ΕΠΙΘΕΣΗ	$\alpha, 0$	$-\alpha, -\alpha$

Στην παραπάνω γενική διατύπωση του payoff matrix ισχύει ότι $\alpha > \beta > 0$.

Το παίγνιο σε καθарές στρατηγικές έχει δύο σημεία ισορροπίας Nash, που είναι τα ζεύγη (επίθεση, υποχώρηση) και (υποχώρηση, επίθεση), υπό την έννοια ότι κανένας εκ των δύο παικτών δεν έχει λόγο να μετατοπιστεί από αυτά, προκειμένου να βελτιώσει τη θέση του και να αποκομίσει μεγαλύτερο όφελος. Το ενδιαφέρον σε αυτού του τύπου τα ισχυρώς ανταγωνιστικά παίγνια είναι ότι, όταν το παίγνιο επαναλαμβάνεται πολλές φορές δεν παρατηρούνται στρατηγικές τιμωρίας -εκδίκησης από τους παίκτες. Δηλαδή, αν ο ένας παίκτης διαφοροποιήσει τη θέση του και αλλάξει στρατηγική από την αρχικά αμοιβαία αποδεκτή και συμβιβαστική λύση (υποχώρηση, υποχώρηση), τότε ο δεύτερος παίκτης δεν εκδικείται αλλάζοντας και αυτός σε «επίθεση», καθόσον το ολέθριο αποτέλεσμα (επίθεση, επίθεση) λειτουργεί αποτρεπτικά ως προς το αίσθημα εκδίκησης. Η βέλτιστη επιλογή του είναι η διατήρηση της στρατηγικής του.

Παρατήρηση

Οι δύο ισορροπίες Nash (pure strategies) είναι κατά Pareto βέλτιστες.

1.9.6 Το παίγνιο τιμολόγησης του προϊόντος δύο ανταγωνιστικών επιχειρήσεων

Θεωρούμε μία αγορά στην οποία δραστηριοποιούνται δύο επιχειρήσεις, οι οποίες αλληλεπιδρούν σε ένα παίγνιο τιμολόγησης του προϊόντος που παράγουν.

Κάθε μία επιχείρηση μπορεί να επιλέξει την τιμή μεταξύ τριών επιλογών:

1. Υψηλή (Hi),
2. Μέση (Me)
3. ή χαμηλή (Lo).

Το παίγνιο σε μορφή πίνακα είναι:

Στρατηγική	Υψηλή	Μέση	Χαμηλή
Υψηλή	8,8	4,10	0,4
Μέση	10,4	6,6	1,3
Χαμηλή	4,0	3,1	2,2

Όπου ο παίκτης-γραμμή είναι η επιχείρηση 1 και ο παίκτης στήλη η επιχείρηση 2, ενώ οι αριθμοί (αποδόσεις) εκφράζουν την κερδοφορία σε εκατομμύρια δολάρια.

Έστω ότι το παίγνιο παίζεται για δύο περιόδους (π.χ. οικονομικές χρήσεις). Σε αυτό το επαναλαμβανόμενο παίγνιο 2-περιόδων θεωρούμε το προφίλ στρατηγικής σ όπου κάθε επιχείρηση επιλέγει H_i την περίοδο 1 και εν συνεχεία Me τη δεύτερη περίοδο. Αν κάποια επιχείρηση διαφοροποιηθεί κατά την πρώτη περίοδο, τότε αμφότερες οι επιχειρήσεις τιμολογούν Lo την περίοδο 2.

Η στρατηγική αυτή περιγράφεται ως εξής:

Για $i = 1, 2$ έχουμε:

$\sigma_{1,i} = H_i$ και

$\sigma_{2,i}(h_1) = Me$, αν $h_1 = (H_i, H_i)$

ή

$\sigma_{2,i}(h_1) = Lo$, αν $h_1 \neq (H_i, H_i)$

Ισχυρισμός: Το προφίλ στρατηγικής που περιγράψαμε είναι SPE για το επαναλαμβανόμενο παίγνιο 2-περιόδων.

Απόδειξη:

Τη 2^η περίοδο, οι επιχειρήσεις θα επιλέξουν είτε (Me, Me) , είτε (Lo, Lo) . Κάθε ένα από τα ζεύγη αυτά αποτελεί σημείο ισορροπίας Nash του αρχικού μεμονωμένου παιγνίου (stage game). Επομένως, δεν υπάρχουν επωφελείς αποκλίσεις την περίοδο 2 για οποιαδήποτε ιστορία h_1 και άρα η στρατηγική $\sigma^*(h_1)$ αποτελεί ισορροπία σε κάθε υπο-παιγνιο που αρχίζει μετά την περίοδο 1 με δεδομένο την ιστορία h_1 .

Αν ο παίκτης i αποκλίνει από το (H_i, H_i) την περίοδο 1, τότε την περίοδο 2 αμφότεροι οι παίκτες επιλέγουν Lo , ειδάλλως παίζουν (Me, Me) . Συνεπώς, αν ο παίκτης i αποκλίνει την περίοδο 1, τα κέρδη του i είναι $10+2\delta$ οπότε δεν επωφελείται από την αποκλίνουσα συμπεριφορά όταν:

$$10 + 2\delta \leq 8 + 6\delta \text{ ή ισοδύναμα, όταν } \delta \geq \frac{1}{2}.$$

Έχουμε λοιπόν αποδειξει ότι για $\delta \geq \frac{1}{2}$, το προφίλ στρατηγικής σ^* είναι SPE για το επαναλαμβανόμενο παίγνιο 2-περιόδων.

2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ΕΕ και όλη η υφήλιος βρίσκονται σε σταυροδρόμι όσον αφορά το μέλλον της ενέργειας. Η αλλαγή του κλίματος, η αυξανόμενη εξάρτηση από το πετρέλαιο και άλλα ορυκτά καύσιμα, η αύξηση των εισαγωγών και η ανοδική πορεία του κόστους της ενέργειας καθιστούν ευάλωτες τις κοινωνίες και τις οικονομίες μας. Οι προκλήσεις αυτές καθιστούν επιτακτική τη σφαιρική και φιλόδοξη αντιμετώπισή τους.

Στο σύνθετο σκηνικό της ενεργειακής πολιτικής ο κλάδος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) ξεχωρίζει ως ο μόνος που προσφέρει τις δυνατότητες μείωσης των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου και της ρύπανσης, αξιοποίησης τοπικών και αποκεντρωμένων ενεργειακών πηγών και τόνωσης των παγκοσμίως πρωτοπόρων βιομηχανιών υψηλής τεχνολογίας.

Συντρέχουν επιτακτικοί λόγοι για τη συγκρότηση πλαισίου προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από την ΕΕ. Πρόκειται κατά γενικό κανόνα για πηγές εγχώριες, οι οποίες δεν βασίζονται σε αβέβαιες προβλέψεις σχετικά με τη μελλοντική διαθεσιμότητα των καυσίμων, και το ότι είναι κατά κύριο λόγο αποκεντρωμένες καθιστά τις κοινωνίες μας λιγότερο ευάλωτες. Είναι κατά συνέπεια αναμφισβήτητο ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνιστούν καίριο στοιχείο του αειφόρου μέλλοντος.

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου 2006 ζήτησε να ηγηθεί η ΕΕ στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κάλεσε την Επιτροπή να διενεργήσει ανάλυση σχετικά με τον τρόπο για την περαιτέρω προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μακροπρόθεσμα, π.χ. με αύξηση του μεριδίου τους στην ακαθάριστη εσωτερική κατανάλωση σε 15% μέχρι το 2015. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, με συντριπτική πλειοψηφία, ζήτησε να καθοριστεί 25% ως στόχος για το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ενέργειας της ΕΕ μέχρι το 2020.

2.2 ΠΟΙΕΣ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ?

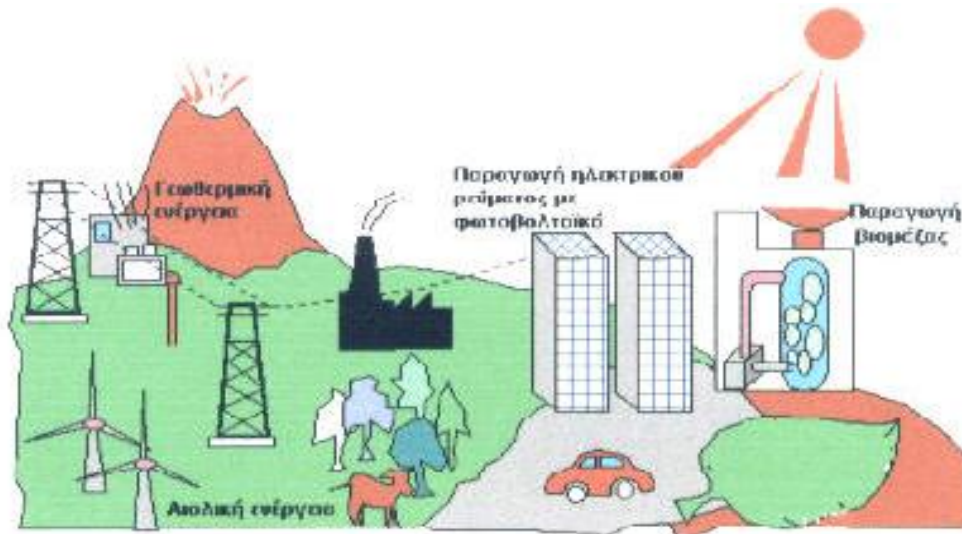
Στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας υπάγονται :

- η ενέργεια του νερού
- η ηλιακή ενέργεια
- η αιολική ενέργεια
- η γεωθερμία και
- η βιομάζα.

✓ Μια πρώτη σημαντική μορφή ενέργειας είναι η *ενέργεια του νερού* όπου είναι δυνατόν να καλύπτουν μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών σε ώρες αιχμής, που το κόστος παραγωγής των σταθμών με καύσιμα είναι μεγαλύτερο, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν και άλλες υπηρεσίες, όπως άρδευση, ύδρευση, αλλά και τη διαχείριση του υδάτινου δυναμικού, που ιδιαίτερα στη χώρα μας είναι άμεση ανάγκη. Περιβαλλοντικά, με κατάλληλη μελέτη, όχι μόνο δεν δημιουργούν αρνητικές επιπτώσεις, αλλά είναι δυνατόν να έχουμε θετικά αποτελέσματα. Σημειώνεται ότι στη χώρα μας, με ολοκληρωμένη ανάπτυξη των υδροηλεκτρικών, μπορούμε να καλύψουμε πάνω από 20% των ήλεκτρο ενεργειακών μας αναγκών.

Σημειώνεται πάντως ότι, επειδή ο χρόνος ζωής των υδροηλεκτρικών είναι μακρύς (πάνω από 50 χρόνια) και αντίστοιχα μακρόχρονη η απόσβεση τους, κανένας κεφαλαιούχος δεν δείχνει προθυμία να τα προτιμήσει.

✓ Η **ηλιακή ενέργεια** είναι μια δεύτερη σημαντική μορφή ΑΠΕ ιδιαίτερα στη χώρα μας, με τη μεγάλη ηλιοφάνεια. Για θερμικές χρήσεις έχει γίνει σχετική αξιοποίηση, όμως υπάρχουν ακόμα, με κατάλληλη πολιτική, σημαντικά περιθώρια ανάπτυξης της. Αντίθετα σήμερα με τις υπάρχουσες γνωστές τεχνολογίες, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι εξαιρετικά αντικοινωνική και δεν είναι λογική η αξιοποίηση της. Στο μέλλον η εξέλιξη της τεχνολογίας μπορεί να μας δώσει τέτοια δυνατότητα.



✓ Μια τρίτη μορφή ΑΠΕ είναι η **αιολική** που παράγει ηλεκτροενέργεια (ανεμογεννήτριες) - Το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από αιολικά είναι περίπου διπλάσιο από το κόστος της ηλεκτροενέργειας, που παράγεται από λιγνίτη, όμως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι μικρότερες από την παραγωγή ηλεκτρισμού από καύσιμα. Στη χώρα μας συμφέρει οικονομικά η αξιοποίηση αιολικών πάρκων στα νησιά, όχι όμως στην Ηπειρωτική Ελλάδα ως τώρα, όπου η κύρια παραγωγή γίνεται από λιγνίτη και υδροηλεκτρικά.

✓ Η **γεωθερμία** είναι μία άλλη μορφή ΑΠΕ, που η δυνατότητα αξιοποίησης της εξαρτάται από τη γεωλογία κάθε περιοχής. Στη χώρα μας υπάρχουν ορισμένες δυνατότητες και για θερμική παραγωγή, αλλά και (λιγότερες) για ηλεκτρική παραγωγή.

✓ Τέλος στις ΑΠΕ περιλαμβάνεται και η **βιομάζα**, που παράγεται είτε από ανάπτυξη ειδικής γεωργικής παραγωγής είτε από παραπροϊόντα ξύλου, απορριμμάτων, κ.λ.π. Οικονομικά είναι εξεταστέα κατά περίπτωση η αξιοποίηση της, ενώ περιβαλλοντικά έχει και αρνητικά (π.χ. καύση και ρύπανση ατμόσφαιρας), αλλά και θετικά (π.χ. διευκόλυνση απόρριψης σκουπιδιών).

2.2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γενικά

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με την σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m/sec, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί αν γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξης της. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν εγκατασταθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στην Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο, και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30MW. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης δείχνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων MW.

Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας

Ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας, τα οποία είναι συνδεδεμένα με ένα περιστρεφόμενο άξονα. Ο άξονας περνάει μέσα σε ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Το κιβώτιο συνδέεται με έναν άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής ο οποίος κινεί μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Αν η ένταση του ανέμου ενισχυθεί πάρα πολύ, η τουρμπίνα έχει ένα φρένο που περιορίζει την υπερβολική αύξηση περιστροφής των πτερυγίων για να περιοριστεί η φθορά της και να αποφευχθεί η καταστροφή της.

Η ταχύτητα του ανέμου πρέπει να είναι περισσότερο από 15Kph για να μπορέσει η μια κοινή τουρμπίνα να παράγει ηλεκτρισμό. Συνήθως παράγουν 50-300KW η κάθε μια. Ένα KW ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να ανάψει 100 λάμπες των 100W.

Καθώς η γεννήτρια περιστρέφεται παράγει ηλεκτρικό ρεύμα τάση 25.000Volt. Το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει πρώτα από έναν Μ/Σ στην ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ο οποίος ανεβάζει την τάση του στα 400.000Volt. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα διανύει μεγάλες αποστάσεις είναι καλύτερα να έχουμε υψηλή τάση. Τα μεγάλα χοντρά σύρματα της μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος είναι κατασκευασμένα από χαλκό ή αλουμίνιο για να υπάρχει μικρότερη αντίσταση στη μεταφορά του ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του σύρματος τόσο πιο πολύ θερμαίνεται. Έτσι κάποιο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας χάνεται επειδή μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Τα σύρματα μεταφοράς καταλήγουν σε ένα υποσταθμό όπου οι Μ/Σ του μετατρέπουν την υψηλή τάση σε χαμηλή για να μπορέσουν να λειτουργήσουν οι ηλεκτρικές συσκευές.

Χρησιμότητα της αιολικής ενέργειας

Η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας θα συμβάλει:

- Στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη.
- Σε σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550KW σε ένα χρόνο, υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου, δηλαδή αποτροπή της εκπομπής 735 περίπου τόνων CO₂ ετησίως καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο MW αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας.

2.2.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γενικά

Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας ημερησίως. Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους. **Θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές.** Η πρώτη είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας για να παραχθεί θερμότητα, κυρίως για τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπίνων. Στη δεύτερη εφαρμογή τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών. Αυτή η τεχνολογία που εμφανίστηκε στις αρχές του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των ΗΠΑ έχει μειώσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού με αυτόν τον τρόπο από \$300 σε \$4 το Watt. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή. Αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητά της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα, την εποχή και τη νεφοκάλυψη. Η έρημος δέχεται περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές.

Όπως ξέρουμε ο ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Ο Ήλιος (εκ του *αβέλιος - αέλιος - ηέλιος = ο ακτινοβολών, ο πυρπολών*) είναι απλανής αστέρας μέσου μεγέθους που λόγω των μεγάλων θερμοκρασιών των στοιχείων που τον συνθέτουν, μεταξύ των οποίων και το υδρογόνο, τα μόρια αλλά και τα άτομά τους βρίσκονται σε μια κατάσταση " νέφους " θετικών και αρνητικών φορτίων ή *κατάσταση πλάσματος*, όπως ονομάστηκε.

Σ' αυτές τις θερμοκρασίες, μερικών εκατομμυρίων °C, οι ταχύτατα κινούμενοι πυρήνες υδρογόνου (H) συσσωματώνονται, υπερνικώντας τις μεταξύ τους απωστικές ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις και δημιουργούν πυρήνες του στοιχείου ηλίου (He). Η πυρηνική αυτή αντίδραση -σύντηξη πυρήνων- είναι εξώθερμη και χαρακτηρίζεται από τη γνωστή μας έκλυση τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας ή θερμότητας ή όπως συνηθίζεται να λέγεται, ηλιακής ενέργειας, που ακτινοβολείται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα.

Αν και αυτό συμβαίνει συνεχώς εδώ και 5 δισεκατομμύρια χρόνια περίπου, ο ήλιος διαθέτει τεράστιες ποσότητες υδρογόνου και δεν αναμένεται να υπάρξει μείωση της ενέργειας που ακτινοβολείται από αυτόν. Στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρα μας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές κυμαινόμενη από 2200 ως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3100 ώρες ετησίως.

2.2.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γενικά

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμό σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμειυτήρας αποθήκευσης του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμειυτήρα που συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους ορίζοντες της γης, θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται στην επιφάνεια είτε με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού όπως προαναφέρθηκε είτε αντλούνται με γεώτρηση και αφού χρησιμοποιηθεί η θερμική τους ενέργεια, γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Έτσι ενισχύεται η μακροβιότητα του ταμειυτήρα και αποφεύγεται η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος.

Τι είναι η γεωθερμική ενέργεια

Είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που πηγάζει από το εσωτερικό της γης. Μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή και με την είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της. Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ζεστό νερό σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 150οC μέχρι περισσότερο από 370οC μεταφέρεται σε γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές δεξαμενές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά διοχετεύονται σε περιφερειακά τμήματα της δεξαμενής για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η πίεση. Αν η δεξαμενή χρησιμοποιηθεί για άμεση χρήση της θερμότητας τα γεωθερμικά ρευστά τροφοδοτούν έναν εναλλακτήρα θερμότητας και να επιστέψουν στη γη. Το ζεστό νερό από την έξοδο του εναλλακτήρα χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων κ.α.

Εφαρμογές

Υπάρχουν δυο κύριες εφαρμογές της γεωθερμική ενέργειας :

- ✓ Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις (θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων). Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκαίζερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή γεώτρηση στον φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης.
- ✓ Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπογείων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανση και ψύξης.

Θερμικές εφαρμογές

Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας σήμερα, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκόσμια, αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στις υδατοκαλλιέργειες, δεδομένου ότι πολλά είδη υδροβίων οργανισμών, όπως χέλια, γαρίδες ή φύκια αναπτύσσονται γρηγορότερα σε αυξημένες θερμοκρασίες(25 έως 30οC).

Άλλη διαδεδομένη χρήση της γεωθερμίας είναι η θέρμανση οικισμών. Η θερμική ενέργεια που δεσμεύεται από τη γεωθερμική πηγή διοχετεύεται προς τους χρήστες με την βοήθεια ενός δικτύου αγωγών (τηλεθέρμανση). Στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, μια άλλη εφαρμογή μπορεί να είναι θερμική αφαλάτωση θαλασσινού νερού, ενώ στις περιπτώσεις γεωθερμικών ρευστών υψηλής θερμοκρασίας (>150oC) μπορεί να γίνει παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με την εκτόνωση ατμού.

Η Ελλάδα διαθέτει μεγάλο αριθμό επιβεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων που είναι διάσπαρτα σε ολόκληρη σχεδόν τη χώρα, όπως στη Ν.Κεσσάνη Ξάνθης, Νιγρίτα Σερρών, Λαγκαδά, Θεσσαλονίκη, Ελαιοχώρα Χαλκιδικής, Στύψη και Άργεννο Λέσβου, Μήλο, Σαντορίνη και Νίσυρο. Η συστηματική εκμετάλλευση τους μπορεί να επιφέρει στη χώρα μας σημαντικά οφέλη.

Χρησιμότητα γεωθερμικής ενέργειας

Η εκμετάλλευση της γεωθερμίας συμβάλει στην:

1. Εξοικονόμηση συναλλάγματος, με μείωση των εισαγωγών πετρελαίου.
2. Εξοικονόμηση φυσικών πόρων, κυρίως με την ελάττωση κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων λιγνίτη.
3. Καθαρότερη ατμόσφαιρα

2.2.4 ΒΙΟΜΑΖΑ

Γενικά

Η βιομάζα αποτέλεσε για σειρά αιώνων την κυριότερη πηγή ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου(χρήση ξύλου). Με την εντατικοποίηση της χρήσης άνθρακα και πετρελαίου περιορίστηκε σημαντικά ή συμμετοχή της βιομάζας στα ενεργειακά ισοζύγια των βιομηχανικά αναπτυγμένων λαών.

Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών, χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Τα φυτά μετασχηματίζουν την ενέργεια του ορατού φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας με μια σειρά σύνθετων διεργασιών. Οι βασικές πρώτες ύλες του εν λόγω μετασχηματισμού είναι το νερό και το CO₂, που αφθονούν στη φύση. Από τη στιγμή που η βιομάζα έχει σχηματιστεί με τη διεργασία που προαναφέρθηκε, αποτελεί μια αξιοποιήσιμη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας, διακρίνονται σε θερμοχημικές (ξηρές) ή σε βιομηχανικές (υγρές). Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται κατά κανόνα από την αναλογία άνθρακα και αζώτου (C/N) στη διαθέσιμη πρώτη ύλη και από την περιεχόμενη υγρασία την ώρα της συλλογής.

Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν οξειδωτικές αντιδράσεις, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης. Οι διεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας με σχέση (C/N) >30 και υγρασία <50%. Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται:

α) Η Πυρόλυση (θέρμανση απουσία αέρα)

β) Η Απευθείας Καύση

γ) Η Αεριοποίηση

δ) Η Υδρογονοδιασπαση

Οι βιοχημικές διεργασίες, που ονομάζονται έτσι επειδή είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης, χρησιμοποιούνται για προϊόντα και υπολείμματα, όπως λαχανικά, κοπριά κ.λ.π., με σχέση C/N<30 και υγρασία >50%. Οι βιοχημικές διεργασίες διακρίνονται στις:

α) Αερόβια Ζύμωση (παρουσία οξυγόνου)

β) Αναερόβια Ζύμωση (απουσία εξωτερικού οξυγόνου).

2.3 ΟΙ ΠΙΟ ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ



Παγκοσμίως εκμεταλλεύσιμες μορφές ΑΠΕ

Πηγή	Τεχνικά Εκμεταλλεύσιμη (TWh/έτος)	Επιλογές ενεργειακών μετατροπών
Ηλιακή Ενέργεια	12.000-14.000	Φωτοβολταϊκά, σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος, ηλιακοί θερμοσίφωνες
Αιολική Ενέργεια	20.000-40.000	Μεγάλης και μικρής κλίμακας σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος, αντλίες νερού
Ενέργεια κυμάτων	2.000-4.000	Μεγάλος αριθμός εφαρμογών
Ενέργεια παλίρροιας	>3.500	Φράγματα, εκμετάλλευση παλιρροιακών κυμάτων
Γεωθερμία	4.000-40.000	Hot dry rock, magma, υδροθερμία, Geopressed
Βιομάζα	8.000-25.000	Καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση, χώνευση, βιοκαύσιμα για παραγωγή θερμότητας-ηλεκτρισμού

2.4 ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, εκπονήθηκε στο πλαίσιο εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής σε σχέση με την διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την Εξοικονόμηση Ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου.

Ειδικότερα για το σύνολο των Κρατών-Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέχρι το 2020, προβλέπεται:

α) 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/ΕΚ,

β) 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ

και γ) 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση.

Η Ελληνική κυβέρνηση στο πλαίσιο υιοθέτησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών, με το Νόμο 3851/2010 προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος και εξειδικεύεται σε 40 % συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20 % σε ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και 10 % στις μεταφορές.

Επιπρόσθετα, σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας η Ελλάδα έχει ήδη καταρτίσει το 1^ο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Αποδοτικότητας όπου προβλέπεται 9% εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το έτος 2016 σύμφωνα και με την Οδηγία 2006/32/ΕΚ, ενώ πρόσφατα και με τον Νόμο 3855/2010, ο οποίος προστίθεται και στον πρόσφατο κανονισμό που αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων- KENAK, προχωρά στην ανάπτυξη μηχανισμών της αγοράς και εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων και πολιτικών που αποσκοπούν στην επίτευξη του συγκεκριμένου εθνικού στόχου για εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι εθνικοί ενεργειακοί στόχοι για το 2020, όπως περιγράφονται από το παρόν σχέδιο δράσης, αλλά και όπως έχουν διαμορφωθεί από τις πρόσφατες νομοθετικές παρεμβάσεις και τα αντίστοιχα εθνικά προγράμματα στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ, διαμορφώνουν ένα ισχυρά αναπτυξιακό επιχειρηματικό πλαίσιο μέσα στο οποίο η Ελλάδα καλείται να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που της προσφέρει το φυσικό δυναμικό που διαθέτει σε τεχνολογίες ΑΠΕ & ΕΞΕ και να διαμορφώσει ένα νέο μοντέλο «πράσινης» ανάπτυξης. Παράλληλα, η επίτευξη αυτών των στόχων θα συνεισφέρει στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, στη βέλτιστη αξιοποίηση των φυσικών πόρων και στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας βασικών κλάδων της Ελληνικής οικονομίας.

Το παρόν σχέδιο δράσης, παρουσιάζει με λεπτομέρεια τα θεσμικά εργαλεία και τις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν ώστε να ικανοποιηθούν αυτοί ακριβώς οι στόχοι. Ειδικότερα, η επίτευξη των στόχων απαιτεί τον συνδυασμό μέτρων και πολιτικών θεσμικού χαρακτήρα ώστε να επιταχυνθούν και να διευκολυνθούν οι επενδυτικές πρωτοβουλίες, να διαμορφωθεί ένα ξεκάθαρο πλαίσιο αναφορικά με τους όρους χρήσης γης και των δυνατοτήτων ενεργειακής τους αξιοποίησης, ενώ παράλληλα καλεί να ληφθούν υπόψη όλες οι τεχνολογικές εφαρμογές οι οποίες μπορούν αθροιστικά να συνεισφέρουν για την επιτυχή εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου πράσινης ανάπτυξης.

Η παρουσίαση του συγκεκριμένου οδικού χάρτη ανάπτυξης των τεχνολογιών ΑΠΕ τόσο στη ηλεκτροπαραγωγή, όσο στη θέρμανση-ψύξη και τις μεταφορές, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενεργειακών μοντέλων ανάλυσης, όπου και αναλύθηκαν διαφορετικά σενάρια εξέλιξης του Ελληνικού ενεργειακού συστήματος πέρα του 2020 μέχρι και το 2030, λαμβάνοντας υπόψη και παραμέτρους οικονομικής και τεχνολογικής ανάπτυξης.

Τα επιμέρους σενάρια που μελετήθηκαν για την τελική επιλογή του επικρατέστερου ως του πιο πιθανού, αποτελούν διαφορετικές προοπτικές εξέλιξης του ενεργειακού τομέα της χώρας και διαχωρίστηκαν σε δύο βασικές κατηγορίες: α) σενάρια αναφοράς, όπου γίνεται η υπόθεση ότι το ενεργειακό σύστημα εξελίσσεται με βάση τις ήδη δρομολογημένες πολιτικές και β) σενάρια όπου θεωρήθηκε η επιτυχής υλοποίηση των στόχων της Ευρωπαϊκής Πολιτικής για την Ελλάδα και στα οποία προσδιορίστηκαν και αξιολογήθηκαν τα εναλλακτικά μέτρα ενεργειακής πολιτικής με τα οποία μπορούν να επιτευχθούν οι Εθνικοί-Ευρωπαϊκοί στόχοι.

Οι βασικές προσδιοριστικές παράμετροι για την κατάρτιση των σεναρίων ήταν η εξέλιξη της οικονομικής δραστηριότητας στη χώρα, η εξέλιξη των διεθνών τιμών καυσίμων, τα εναλλακτικά επίπεδα χρήσης των συμβατικών καυσίμων, η επίδραση των τιμών των τεχνολογιών ΑΠΕ στην διείσδυσή τους και η επίδραση των διασυνδέσεων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και της ανάπτυξης του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Το αποτέλεσμα αυτής της ανάλυσης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η επίτευξη του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (40%) μέχρι το 2020, θα επιτευχθεί μόνο με τη συνδυαστική εφαρμογή θεσμικών, κανονιστικών, οικονομικών και τεχνολογικών μέτρων που έχουν ως βασικό στόχο την αξιοποίηση του οικονομικού δυναμικού ανάπτυξης μεγάλων έργων ΑΠΕ, την ολοκλήρωση των αναγκαίων εργασιών επέκτασης και αναβάθμισης του ηλεκτρικού δικτύου και στη σταδιακή ανάπτυξη ενός διεσπαρμένου τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Προφανώς αυτό απαιτεί την αντιμετώπιση ποικίλων εμποδίων, που έχουν ήδη εντοπιστεί, και σχετίζονται με καθυστερήσεις στην αδειοδότηση έργων ΑΠΕ, σε ασάφειες θεμάτων χωροταξικού σχεδιασμού, καθώς και στην ελλιπή ενημέρωση των πολιτών αναφορικά με τις εφαρμογές έργων ΑΠΕ. Επίσης, η Ελλάδα παρουσιάζει την ιδιομορφία ύπαρξης και ενός μη πλήρους διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού συστήματος, καθώς πολλά νησιά αποτελούν αυτόνομα δίκτυα. Όλα αυτά τα δεδομένα, περιορισμοί και κοινωνικο-οικονομικοί παράμετροι ελήφθησαν υπόψη στην εκπόνηση της παρούσας μελέτης, και στο σχεδιασμό της εξέλιξης συνεισφοράς των διαφόρων τεχνολογιών για ηλεκτροπαραγωγή μέχρι το 2020.

Αντίστοιχα, για την ικανοποίηση των εθνικών στόχων συμμετοχής των ΑΠΕ σε θέρμανση-ψύξη και μεταφορές, προβλέπεται αξιοποίηση όλων των θεσμικών αλλαγών που έχουν ήδη υλοποιηθεί ή δρομολογούνται ώστε να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας μέσω βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και υιοθέτησης πολιτικών ορθολογικής χρήσης ενέργειας σε όλους τους τομείς. Παράλληλα, η ανάπτυξη συγκεκριμένων τεχνολογιών, όπως οι αντλίες θερμότητας, καθώς και η ενίσχυση και περαιτέρω ανάπτυξη εφαρμογών από θερμικά ηλιακά συστήματα και βιομάζα τόσο στον οικιακό και τριτογενή τομέα, όσο και στη βιομηχανία απαιτείται ώστε να μπορέσουν να ικανοποιηθούν οι συγκεκριμένοι εθνικοί στόχοι.

Ειδικά για τα βιοκαύσιμα, η προσπάθεια εντοπίζεται στην αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού για την παραγωγή βιο-ντίζελ μέσω ενεργειακών καλλιέργειών, καθώς και στην ανάπτυξη των απαραίτητων δικτύων διαχείρισης της βιομάζας για ενεργειακή χρήση.

Συγκεκριμένα οι εθνικοί στόχοι για το 2020, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα των ενεργειακών μοντέλων, αναμένεται να ικανοποιηθούν για τη μεν ηλεκτροπαραγωγή με την ανάπτυξη περίπου 13300MW από ΑΠΕ (από περίπου 4000MW σήμερα), όπου συμμετέχουν το σύνολο των τεχνολογιών με προεξέχουσες τα αιολικά πάρα με 7500MW, υδροηλεκτρικά με 3000MW και τα ηλιακά με περίπου

2500MW, ενώ για τη θέρμανση και ψύξη με την ανάπτυξη των αντλιών θερμότητας, των θερμικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και των εφαρμογών βιομάζας.

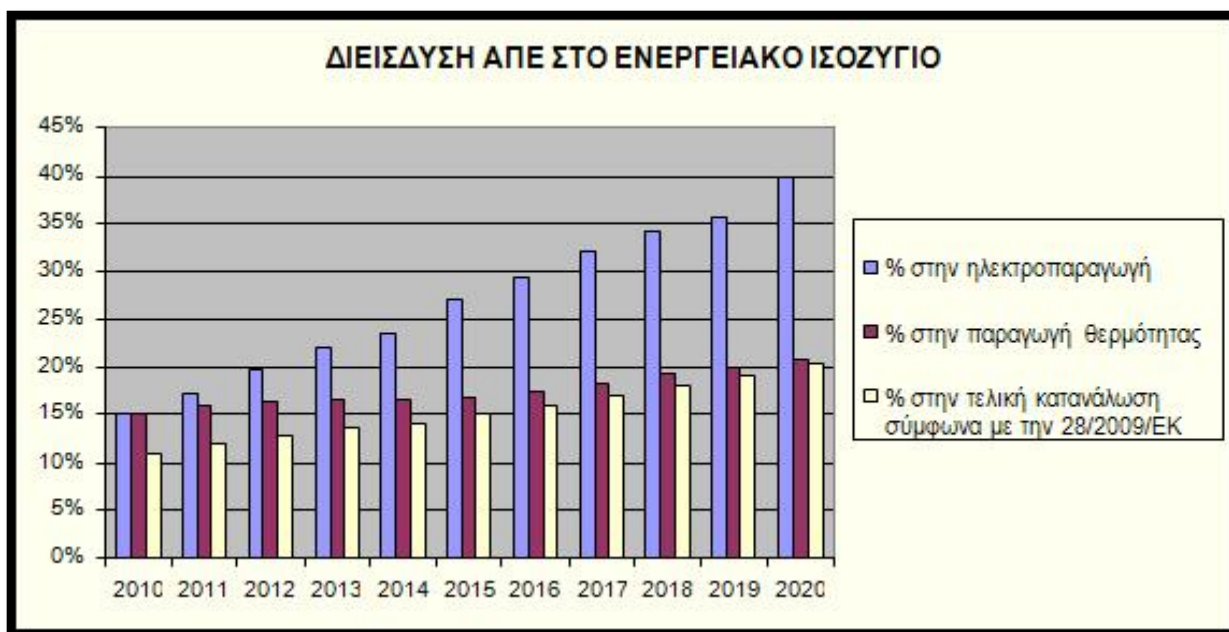
Το σχέδιο δράσης παρουσιάζει με λεπτομέρεια τη χρονική εξέλιξη αναφορικά με τη διείσδυση και συνεισφορά των επιμέρους τεχνολογιών σε ηλεκτροπαραγωγή, θέρμανση-ψύξη και μεταφορές, ενώ συσχετίζει την επίτευξη αυτών των στόχων με συγκεκριμένα μέτρα και πολιτικές που περιγράφονται στις σχετικές ενότητες του σχεδίου δράσης.

Είναι σαφές από τα αποτελέσματα των υπολογισμών, ότι η επίτευξη αυτών των στόχων απαιτεί τον συντονισμό σε δράσεις και μέτρα, την υποστήριξη από τους φορείς της αγοράς καθώς και την έγκαιρη υλοποίηση έργων ανάπτυξης του ηλεκτρικού δικτύου ώστε να υπάρχει η δυνατότητα απορρόφησης της παραγόμενης ενέργειας από τους σταθμούς ΑΠΕ.

Οι σχετικοί στόχοι και συνεισφορά των επιμέρους τεχνολογιών ΑΠΕ, ανάλογα με την εξέλιξη της αγοράς και την έγκαιρη ή όχι αντιμετώπιση ήδη εντοπισμένων προβλημάτων δύναται να τροποποιηθούν (όπως προβλέπεται και από την Οδηγία της ΕΕ) ανά τακτά χρονικά διαστήματα (2-ετία), καθώς θα αναπτυχθεί ένα εθνικό σύστημα παρακολούθησης της πορείας επίτευξης αυτών των στόχων το οποίο θα αναγνωρίζει έγκαιρα τις όποιες αδυναμίες και αστοχίες και θα προτείνει συγκεκριμένες διορθωτικές δράσεις, τεχνολογικού ή θεσμικού χαρακτήρα, ώστε τελικά οι εθνικοί στόχοι που σχετίζονται με τη μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου και περαιτέρω διείσδυσης των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση να επιτευχθούν.

Το εθνικό σχέδιο δράσης για τις ΑΠΕ, πρόκειται ουσιαστικά να διαδραματίσει το ρόλο ενός δυναμικού εργαλείου παρακολούθησης των εθνικών ενεργειακών στόχων, όπου ανάλογα με τα μέτρα και πολιτικές που λαμβάνονται, την ανταπόκριση των φορέων της αγοράς καθώς και την τεχνολογική ωριμότητα των ΑΠΕ θα προσαρμόζεται αντίστοιχα, ώστε να μπορούν να επιτευχθούν οι δεσμευτικοί εθνικοί στόχοι για το 2020, συμβάλλοντας παράλληλα στην επιτυχή ολοκλήρωση του μοντέλου «πράσινης» ανάπτυξης που έχει υιοθετήσει η Ελληνική κυβέρνηση.

Πίνακας 2.4.1: Ενεργειακό Ισοζύγιο



2.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΕ ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ ΤΩΝ ΕΘΝΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ MARKAL, WASP, COST

Η παρούσα ανάλυση εκπονήθηκε με στόχο τη διερεύνηση των δυνατοτήτων εξέλιξης του ενεργειακού συστήματος της χώρας, ενόψει της επερχόμενης εφαρμογής της Νέας Ευρωπαϊκής Πολιτικής σε σχέση με την διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την Εξοικονόμηση Ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Για το σύνολο των Κρατών- Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέχρι το 2020, προβλέπεται: α) 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/ΕΚ β) 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και γ) 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση. Η Ελληνική κυβέρνηση με την ψήφιση του Ν3851/2010 έχει υιοθετήσει στόχο 20% για τις ΑΠΕ που εξειδικεύεται σε 40 % στην ηλεκτροπαραγωγή, 20 % στις θερμικές ΑΠΕ και 10 % στα βιοκαύσιμα. Τέλος σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας η Ελλάδα έχει ήδη καταρτίσει το 1^ο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Αποδοτικότητας όπου προβλέπεται 9% εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το έτος 2016 σύμφωνα με την Οδηγία 2006/32/ΕΚ, ενώ ο στόχος του 20% που έχει τεθεί συνολικά για την Ευρωπαϊκή Ένωση δεν έχει εξειδικευθεί ανά Κράτος - Μέλος.

Τα σενάρια που μελετήθηκαν εδώ αποτελούν διαφορετικές προοπτικές εξέλιξης του ενεργειακού τομέα της χώρας που, στο χρονικό πλαίσιο της μελέτης μέχρι το 2030, θεωρείται ότι είναι δυνατόν να συμβούν. Έτσι, καταρχήν αναλύθηκαν σενάρια αναφοράς, όπου γίνεται η υπόθεση ότι το ενεργειακό σύστημα εξελίσσεται με βάση τις ήδη δρομολογημένες πολιτικές, ενώ στη συνέχεια αναλύθηκαν σενάρια όπου θεωρήθηκε η επιτυχής υλοποίηση των στόχων της Ευρωπαϊκής Πολιτικής για την Ελλάδα. Στα σενάρια αυτά, προσδιορίστηκαν και αξιολογήθηκαν τα εναλλακτικά μέτρα ενεργειακής πολιτικής με τα οποία μπορούν να επιτευχθούν οι Εθνικοί-Ευρωπαϊκοί στόχοι. Οι βασικές προσδιοριστικές παράμετροι για την κατάρτιση των σεναρίων ήταν η εξέλιξη της οικονομικής δραστηριότητας στη χώρα, η εξέλιξη των διεθνών τιμών καυσίμων, τα εναλλακτικά επίπεδα χρήσης του λιγνίτη, η επίδραση των τιμών των τεχνολογιών ΑΠΕ στην διείσδυσή τους και η επίδραση των διασυνδέσεων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

2.5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Έχουν καταρτισθεί δύο ομάδες σεναρίων με κύρια στοιχεία διαφοροποίησης: α) τη χρήση ενεργειακών μοντέλων διαφορετικής φιλοσοφίας (συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται το MARKAL που είναι ένα μοντέλο bottom-up και το ENPEP που είναι ένα υβριδικό μοντέλο έχοντας ξεκινήσει από μία προσέγγιση top-down). β) τα διαφορετικά επίπεδα αξιοποίησης του λιγνίτη στο ηλεκτρικό μίγμα την περίοδο μετά το 2015. Σε κάθε ομάδα σεναρίων έχει διαμορφωθεί ένα σενάριο αναφοράς BaU, με βάση τις υφιστάμενες πολιτικές, και διάφορα σενάρια συμμόρφωσης (Compliance) στη λογική επίτευξης των στόχων που τίθενται από το Ευρωπαϊκό ενεργειακό και κλιματικό πακέτο και τις εξειδικεύσεις που έχουν γίνει για την Ελλάδα.

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι βασικές παραδοχές που χρησιμοποιούνται σε όλα τα σενάρια. Επιμέρους διαφοροποιήσεις παρουσιάζονται στα αντίστοιχα κεφάλαια.

2.6 ΜΑΚΡΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Πίνακας 2.6.1: Δεδομένα για το βασικό σενάριο οικονομικής ανάπτυξης

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Δημογραφικοί Δείκτες						
Πληθυσμός (000)	11316.0	11359.6	11400.5	11438.4	11473.2	11504.9
Ενεργός Πληθυσμός (000) (Ηλικίες 15-64)	7230	7230	7215	7201	7194	7194
Ετήσιος ρυθμός αύξησης ενεργού Πληθυσμού	0.1%	0.0%	-0.2%	-0.2%	-0.1%	0.0%
Οικονομικοί Δείκτες (εκατ. Ευρώ, τιμές του 2005)						
ΑΕΠ (market prices)	204825	199500	201694	205930	210254	215931
Ετήσιος ρυθμός αύξησης	-4.0%	-2.6%	1.1%	2.1%	2.1%	2.7%
Καταναλωτική Δαπάνη	147375	141922	143057	147063	150739	154508
Ετήσιος ρυθμός αύξησης	-4.0%	-3.7%	0.8%	2.8%	2.5%	2.5%
ΑΕΠ κατά κεφαλή (euros per capita)	18101	17562	17692	18003	18326	18769
Προστιθέμενη Αξία (εκατ. Ευρώ του 2005)	174425	171000	172594	175730	178454	182931
Ετήσιος ρυθμός αύξησης	-9.0%	-2.0%	0.9%	1.8%	1.6%	2.5%

	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Δημογραφικοί Δείκτες							
Πληθυσμός (000)	11533	11559	11581	11601	11618	11674	11699
Ενεργός Πληθυσμός (000) (Ηλικίες 15-64)	7172	7158	7151	7144	7129	7058	6946
Ετήσιος ρυθμός αύξησης ενεργού Πληθυσμού	-0.3%	-0.2%	-0.1%	-0.1%	-0.2%	-0.2%	-0.4%
Οικονομικοί Δείκτες (εκατ. Ευρώ, τιμές του 2005)							
ΑΕΠ (market prices)	221545	227306	232988	238813	245738	273178	305754
Ετήσιος ρυθμός αύξησης	2.6%	2.6%	2.5%	2.5%	2.9%	2.2%	1.5%
Καταναλωτική Δαπάνη	158525	162647	166713	170881	175836	195471	210576
Ετήσιος ρυθμός αύξησης	2.6%	2.6%	2.5%	2.5%	2.9%	2.2%	1.5%
ΑΕΠ κατά κεφαλή (euros per capita)	19209	19665	20117	20585	21151	23400	26135
Προστιθέμενη Αξία (εκατ. Ευρώ του 2005)	187687	192567	197381	202316	208183	231429	249314
Ετήσιος ρυθμός αύξησης	2.6%	2.6%	2.5%	2.5%	2.9%	2.2%	1.5%

Πίνακας 2.6.2: : Δεδομένα για το σενάριο οικονομικής επιτάχυνσης

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
ΑΕΠ (€'05 εκ.)	2048	1995	2016	2059	2119	2209	2303	2400	2500	2603	2711	3229	3829
% μεταβολής	-	-	1.1%	2.1%	2.9%	4.3	4.2%	4.2%	4.2	4.1%	4.1%	3.6	3.5
Ακαθάριστη	174,	171,	172,	175,	180,1	187,	195,	204,	212,	221,	230,4	274,	325,
% μεταβολής	-	-	0.9%	1.8%	2.5%	4.3	4.2%	4.2%	4.2	4.1%	4.1%	3.6	3.5

2.7 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΤΙΜΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Οι διεθνείς τιμές των καυσίμων προέρχονται από το σενάριο αναφοράς του "World Energy Outlook, 2009 Edition" που δημοσιεύτηκε από το Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA) το Νοέμβριο του 2009.

Πίνακας 2.7.1 : Διεθνείς τιμές καυσίμων (Πηγή: WEO 2009, IEA)

		2008	2010	2015	2020	2025	2030
Άνθρακας	(2008\$)/ton	120.59	105.82	91.05	104.16	107.12	109.40
Φυσικό Αέριο	(2008\$)/GJ	9.78	9.84	9.91	11.47	12.41	13.29
Αργό	(2008\$)/bbl	97.19	91.94	86.68	100.00	107.50	115.00

Το κόστος των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο σύστημα ETS λαμβάνεται ίσο με **20€/ton**.

2.8 ΤΕΧΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Πίνακας 2.8.1: Κόστος επένδυσης τεχνολογιών Η/Π

2005€/kW	2010	2015	2020	2025	2030
Συνδυασμένος Κύκλος Φυσικού Αερίου* ⁴	700	700	700	700	700
Αεριοστρόβιλος Φυσικού Αερίου* ⁴	450	450	450	450	450
Αντλητικά Υ/Η* ³	1900	1900	1900	1900	1900
Μικρά Υ/Η* ³	1500	1500	1500	1500	1500
Φ/Β συστήματα οικιακός τομέας* ¹	3300	2740	2180	1815	1450
Φ/Β συστήματα εμπορικός τομέας* ¹	3000	2410	1820	1515	1210
Φ/Β συστήματα τομέας ηλεκτροπαραγωγής* ¹	2800	2125	1450	1210	970
Θερμικά Ηλιακά Συστ. Ηλεκτροπαραγωγής	4800	4580	4360	4150	3930
Ανεμογεννήτριες Διασυνδεδεμένο	1300	1300	1300	1300	1300
Ανεμογεννήτριες σε Νησιά	1500	1500	1500	1500	1500
Ανεμογεννήτριες σε Υπεράκτια Πάρκα* ²	2800	2800	2800	2800	2800
Γεωθερμία* ³	2200	2200	2200	2200	2200
Λιγνιτικός Σταθμός* ⁴	2000	2000	2000	2000	2000
Συμπαγωγή με Βιοαέριο* ³	3700	3700	3700	3700	3700
Συμπαγωγή με Στερεά Βιομάζα* ³	3300	3300	3300	3300	3300

2.9 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΕΝΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΥΡΣΕΙΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Οι πίνακες 3.5.1 και 3.5.3 παρουσιάζουν τις προγραμματισμένες αποσύρσεις και εντάξεις μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς. Ο Πίνακας 3.5.2 παρουσιάζει τις αδειοδοτημένες μονάδες.

Πίνακας 2.9.1: Εντάξεις Μονάδων στο ΕΔΣΜ

ΕΝΤΑΞΕΙΣ ΜΟΝΑΔΩΝ	Αποδιδόμενη Ισχύς MW	Όνομα Μονάδας	Παρατηρήσεις	Τεχνολογία
2010	425	Terna (Ηρών II)	Ήδη σε commissioning	ΣΚΦΑ
2011	421	Elpedison (Θίσβη)	Ήδη σε commissioning	
2011	412	Endesa II (Αγ. Νικόλαος)	Ολοκληρώνεται η κατασκευή	
2012	417	Αλιβέρι V	Κατασκευάζεται	
2012	437	Μότορ Όιλ - Μυτιληναίος (Αγ. Θεόδωροι)	Κατασκευάζεται	
2013	800	Μεγαλόπολη V	Εξαρτάται από την πρόοδο του ΚΥΤ Μεγαλόπολης	Λιγνιτική
2017	600	Πτολεμαίδα V	Εγκρίθηκε από το ΔΣ ΔΕΗ	
2018	450	Μελίτη II	Σε συνάρτηση με τα ορυχεία της Βεύης	ΥΗΣ
2012	153	Ιλαρίωνας		
2012	29	Μετσοβίτικο		
2013	160	Μεσοχώρα		
2019	880	Καστράκι 2	Αντλητικό Υ/Η (στο σενάριο εξοικονόμησης)	
2025	600	Νέα λιγνιτική (Αγ. Δημητριος 6)		Λιγνιτική

Πίνακας 2.9.2 : Αδειοδοτημένες Θερμοηλεκτρικές Μονάδες.

Θερμοηλεκτρικές Μονάδες						
A/A	Παραγωγός	Ονομασία	Θέση	Ισχύς (MW)	Πηγή Ενέργειας	Παρατηρήσεις
1	BLUE AEGEAN ENERGY A.E.	ΘΗΣ "Αιγαίον"	Αγ. Θεόδωροι Κορινθίας	147,9	ΦΑ	Έχει δοθεί προσφορά σύνδεσης (ΔΕΣΜΗΕ/7028/14.10.09).
2	EDF-HE&D-ΒΦΛ	ΘΗΣ Καβάλας	Ν. Καρβάλη Καβάλας	440	ΦΑ	Έχει δοθεί προσφορά σύνδεσης (ΔΕΣΜΗΕ/969/7.3.03).

3	ENDESA HELLAS A.E.	ΘΗΣ Αγ. Νικολάου	Άγ. Νικόλαος Βοιωτίας	412	ΦΑ	Εγκατάσταση παραπλεύρως του συγκροτήματος της Αλουμίνιον της Ελλάδος ΒΕΑΕ, σε χώρο ιδιοκτησίας της. Έχει δοθεί προσφορά σύνδεσης (ΔΕΣΜΗΕ/6372/4.10.05).
4		ΘΗΣ Βόλου	Διμηνιό Μαγνησίας	436,6	ΦΑ	Έχει δοθεί προσφορά σύνδεσης για 400 MW (ΔΕΣΜΗΕ/4262/10.12.02).
5	ENELCO A.E.	ΘΗΣ ENELCO Βοιωτίας	Άγ. Βλάσιος Χαιρωνείας Λιβαδειάς Βοιωτίας	447	ΦΑ	Έχει δοθεί προσφορά σύνδεσης (ΔΕΣΜΗΕ/1937/17.7.02, ΔΕΣΜΗΕ/588/2.2.07).
6			Τ ραϊανούπολη Έβρου	447	ΦΑ	
7	A.E. ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ TITAN		Καμάρι Βοιωτίας	120	ΦΑ	
8	AΘΗΝΑ ΑΕΤΒ & ΤΕ		Νεοχωράκιο Βοιωτίας	100	ΦΑ	Μεταβίβαση της άδειας παραγωγής της εταιρείας ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΩΣΗ Α.Ε.
9	ΑΛΦΑ ΑΛΦΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΕΣ Α.Ε.		Λημάρια Αγ. Θωμά Θηβών Βοιωτίας	400	ΦΑ	
10	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΝ Α.Ε.	ΘΗΣ Αλουμινίου	Άγ. Νικόλαος Βοιωτίας	334	ΦΑ	Η μονάδα είναι σε δοκιμαστική λειτουργία
11		Αλιβέρι V	ΑΗΣ Αλιβερίου	360-400	ΦΑ	
12		Μεγαλόπολη V	ΑΗΣ Μεγαλόπολης II	850	ΦΑ	
13	ΔΕΗ Α.Ε.	H/Z Μεγαλόπολης	ΑΗΣ Μεγαλόπολης I	60	Ελαφρύ diesel	H/Z για την ενίσχυση της εφεδρείας του Νοτίου Συστήματος κατά το θέρος των ετών 2007 έως και 2010. Τα H/Z είναι εγκατεστημένα και έτοιμα για λειτουργία.
14	ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ Α.Ε.		Πέραμα Μεγάρων	390	ΦΑ	
15	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ Α.Ε.		Οινόφυτα Βοιωτίας	40	ΦΑ	
16	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ Α.Ε.	ΘΗΣ Θίβης	ΒΙΠΕ Θίβης Βοιωτίας	421,6	ΦΑ	Μεταβίβαση της άδειας παραγωγής της εταιρείας ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΙΣΒΗΣ Α.Ε.. Έχει υπογραφεί σύμβαση σύνδεσης.
17	ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ Α.Ε.			187,462	ΦΑ	Είναι ήδη σε λειτουργία 3 αεριοστροβιλικές μονάδες συνολικής ισχύος 147,762 MW. Έχει δοθεί προσφορά σύνδεσης για ατμοστροβιλική μονάδα ισχύος 39,7 MW (ΔΕΣΜΗΕ/239/16.1.07).
18	ΗΡΩΝ II ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΟΙΩΤΙΑΣ Α.Ε.	ΘΗΣ ΗΡΩΝ	Χαραϊντίνι Θηβών Βοιωτίας	435	ΦΑ	Έχει υπογραφεί σύμβαση σύνδεσης

19	ΗΡΩΝ ΣΥΜΜΕΤΟΧΩΝ Α.Ε.	ΘΗΣ Βεγόρας	Βεγόρα Δ. Φιλώτα Φλώρινας	460	Λιγνίτη ς	
20	ΚΟΡΙΝΘΟΣ POWER Α.Ε.	ΘΗΣ Αγ. Θεοδώρων	Αγ. Θεόδωροι Κορινθίας	436,6	ΦΑ	Έχει δοθεί προσφορά σύνδεσης (ΔΕΣΜΗΕ/7203/23.10.09).
21	ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.	ΘΗΣ Χαλυβουργικής	Ελευσίνα Αττικής	880	ΦΑ	Έχει δοθεί προσφορά σύνδεσης (ΔΕΣΜΗΕ/3135/7.5.09).
22	ASTAKOS POWER PLANT CONSORTIUM.	ΘΗΣ Αστακού	ΝΑΒΙΠΕ Αστακού Αιτωλοακαρνανία	1100	LPG	

Πίνακας 2.9.3: Αδειοδοτημένες Υδροηλεκτρικές Μονάδες

Υδροηλεκτρικές Μονάδες					
A/A	Παραγωγός	Ονομασία	Θέση	Ισχύς (^W)	Παρατηρήσεις
1	ΔΕΗ Α.Ε.	ΥΗΣ	Πευκόφυτο	2 x 80	
2	ΔΕΗ Α.Ε.	ΥΗΣ Συκιάς	Συκιά Καρδίτσας	2x60+6,5	Ο τρόπος σύνδεσης έχει καθορισθεί με τη ΜΑΣΜ 1999- 2003.
3	ΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε.	ΥΗΣ Αγίου Νικολάου	Αγ. Νικόλαος Αράχθου Άρτας	93	Έχει δοθεί προσφορά σύνδεσης (ΔΕΣΜΗΕ/2054/18.04.07).
4	ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΒΕΤΕ Α.Ε.	ΥΗΣ Αυλακίου	Αυλάκι Αχελώου Αιτωλοακαρνανίας	60	

Πίνακας 2.9.4 : Αποσύρσεις Μονάδων στο ΕΔΣΜ

ΑΠΟΣΥΡΣΕΙΣ ΜΟΝΑΔΩΝ	αποδιδόμενη ισχύς	Μονάδα	Παρατηρήσεις	
Έτος απόσυρσης (η μονάδα δεν θα λειτουργεί το έτος	MW			
2011	64	Πτολεμαίδα 1		Λιγνιτικές
2011	113	Μεγαλόπολη 1		
2011	113	Μεγαλόπολη 2		
2012	117	Πτολεμαίδα 2		
2012	33	Λιπτόλ		
2013	144	Αλιβέρι 3		Μαζούτ
2013	145	Αλιβέρι 4		
2014	145	Λαύριο Ι		
2014	285	Λαύριο 2		

2014	173	Λαύριο 3		Φ.Α
2014	117	Πτολεμαίδα 3		Λιγνιτική
2015	153	Αγ.Γεωρ.8		Φ.Α
2015	185	Αγ.Γεωρ.9		
2015	276	Πτολεμαίδα 4		
2019	275	Καρδιά 1	Πρόβλημα με εκπομπές θείου	
2019	275	Καρδιά 2	Πρόβλημα με εκπομπές θείου	
2019	300	Καρδιά 3	Πρόβλημα με εκπομπές θείου	
2019	275	Καρδιά 4	Πρόβλημα με εκπομπές θείου	
2019	273	Αμύνταιο 1	Πρόβλημα με εκπομπές θείου	
2019	273	Αμύνταιο 2	Πρόβλημα με εκπομπές θείου	Λιγνιτικές
2022	274	Αγ. Δημητριος 1	Πρόβλημα με εκπομπές θείου	
2022	274	Αγ. Δημητριος 2	Πρόβλημα με εκπομπές θείου	
2022	283	Αγ. Δημητριος 3	Πρόβλημα με εκπομπές θείου	
2022	283	Αγ. Δημητριος		
2024	260	Μεγαλόπολη 4		
2024	270	Μεγαλόπολη 3		

2.10 ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΣΔΕΑ)

Στα σενάρια εκπλήρωσης των στόχων που παρουσιάζονται παρακάτω λαμβάνονται υπ'όψη τα μέτρα του ΣΔΕΑ όπως παρουσιάζονται στο Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 1.5.4: Μέτρα για τον Τομέα Κατανάλωσης Ενέργειας για την επίτευξη του Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Αποδοτικότητας.

Διατομεακά Μέτρα

- Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων
- Περαιτέρω προώθηση ένταξης Φυσικού Αερίου (Φ.Α.) & Υγραερίου (LPG)
- Ενεργειακή σήμανση συσκευών και απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης
- Εφαρμογή Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης (ΣΕΔ) στον τριτογενή και δημόσιο τομέα
- Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων μέσω Χρηματοδοτήσεων Από Τρίτους (ΧΑΤ), Συμβάσεων Ενεργειακής Απόδοσης (ΣΕΑ) και Συμπράξεων Δημόσιου Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ)
- Εγκατάσταση ηλεκτρονικών και έξυπνων μετρητών στους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου
- Προώθηση συστημάτων Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) και τηλεθέρμανσης

Οικιακός Τομέας

- Ενεργειακή αναβάθμιση κτιριακού κελύφους κατοικίας
- Οικονομική ενίσχυση για την αναβάθμιση συστημάτων λεβήτων/καυστήρων θέρμανσης σε υφιστάμενα κτίρια
- Υποχρεωτική εγκατάσταση κεντρικών θερμικών ηλιακών συστημάτων σε νέα κτίρια κατοικίας και οικονομικά κίνητρα για περαιτέρω διεύθυνση των (ΘΗΣ) μικρής κλίμακας σε κτίρια κατοικίας.
- Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων κοινωνικής κατοικίας

Τριτογενής Τομέας

- Ιδιωτικός Τομέας
Υποχρεωτική εγκατάσταση κεντρικών θερμικών ηλιακών συστημάτων στον τριτογενή τομέα σε κτίρια άνω των 1000m²
- Προώθηση εθελοντικών συμφωνιών για επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης σε κτίρια του τριτογενή τομέα Δημόσιος Τομέας
- Υποχρεωτική εγκατάσταση κεντρικών θερμικών ηλιακών συστημάτων για την κάλυψη ζεστού νερού χρήσης
- Υποχρεωτικές διαδικασίες προμηθειών (για ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες και τεχνολογίες ΑΠΕ - green procurement) στα δημόσια κτίρια Ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός δήμων
- Υποχρεωτική αντικατάσταση όλων των φωτιστικών σωμάτων χαμηλής ενεργειακής απόδοσης στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα

Βιομηχανία

- Κίνητρα για υποχρεωτική εφαρμογή Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης (ΣΕΔ) στη βιομηχανία
- Δημιουργία Κέντρων Ενεργειακής και Περιβαλλοντικής Διαχείρισης στις ΒΙ.ΠΕ.
- Πρόγραμμα Εθελοντικών Συμφωνιών στην βιομηχανία
Ενεργειακές Υπηρεσίες για Εξοικονόμηση Ενέργειας

Μεταφορές

- Αναμόρφωση του συστήματος των ΜΜΜ
- Έργα υποδομών στον τομέα των μεταφορών
- Ανάπτυξη σχεδίων αστικής κινητικότητας (urban mobility plans)
- Προώθηση της Οικονομικής, Οικολογικής και Ασφαλούς Οδήγησης
- Κίνητρα αντικατάστασης παλαιών μεσαίων και βαρέων οχημάτων (άνω 3,5 tn και άνω 10ετίας)
- Κίνητρα αντικατάστασης Ι.Χ. οχημάτων και προώθησης ενεργειακά αποδοτικών οχημάτων (Φ.Α., βιοκαύσιμα, υβριδικά)
- Οικολογική Σήμανση - Ενεργειακή Ετικέτα στα Επιβατικά Οχήματα
- Υποχρεωτική ποσόστωση με ενεργειακά αποδοτικότερα οχήματα στις δημόσιες υπηρεσίες ή οργανισμούς
- Σύνδεση φορολογίας οχημάτων με την ενεργειακή απόδοση και τις εκπομπές CO₂

2.11 ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ MARKAL , WASP, COST

Η ποσοτική ανάλυση της ομάδας σεναρίων γίνεται με την βοήθεια των μαθηματικών μοντέλων MARKAL, WASP IV και COST.

Το μοντέλο MARKAL είναι ένα bottom-up, demand-driven ενεργειακό μοντέλο βελτιστοποίησης που περιγράφει το σύνολο του ενεργειακού τομέα της χώρας και, με δεδομένες υποθέσεις για την εξέλιξη των μακροοικονομικών στοιχείων της χώρας, των διεθνών τιμών της ενέργειας, και των διαθέσιμων ενεργειακών τεχνολογιών, προσδιορίζει το συνδυασμό ελαχίστου κόστους τεχνολογιών και καυσίμων που εξυπηρετεί την ζήτηση δεδομένης ωφέλιμης ενέργειας υπό περιορισμούς, όπως είναι για παράδειγμα το επίπεδο διείσδυσης των ΑΠΕ, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον ενεργειακό τομέα, κλπ. Έτσι, είναι τελικά δυνατή η ταυτόχρονη αξιολόγηση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών πολιτικών στους τομείς προσφοράς και ζήτησης ενέργειας.

Για την λεπτομερέστερη ανάλυση του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής, χρησιμοποιείται το μοντέλο WASP. Με το μοντέλο WASP προσδιορίζεται το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής ελαχίστου κόστους που εξυπηρετεί την αναμενόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος και που ταυτόχρονα εξασφαλίζει την οικονομική βιωσιμότητα των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος, χρησιμοποιείται το μοντέλο COST για την χρονολογική προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής. Με το μοντέλο αυτό, προσδιορίζεται η φόρτιση των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή συνεργασία των σταθμών ΑΠΕ με τους θερμικούς σταθμούς.

2.11.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

2.11.1.1 Σενάριο Αναφοράς

- ☒ Η ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας προκύπτει από τα μακρο-οικονομικά στοιχεία της παραγράφου 1.1.
- ☒ Οι διεθνείς τιμές καυσίμων είναι αυτές που παρουσιάζονται στην παράγραφο 1.2
- ☒ Οι εντάξεις και αποσύρσεις των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στο Διασυνδεδεμένο σύστημα είναι αυτές που παρουσιάζονται στην παράγραφο 1.4
- ☒ Δεν υπάρχουν επιπλέον μέτρα σχετικά με την προώθηση των ΑΠΕ και της εξοικονόμησης ενέργειας.

2.11.1.2 Σενάριο Εκπλήρωσης των Στόχων

- ☒ Η ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας προκύπτει από τα μακρο-οικονομικά στοιχεία της παραγράφου 1.1.
- ☒ Οι διεθνείς τιμές καυσίμων είναι αυτές που παρουσιάζονται στην παράγραφο 1.2
- ☒ Οι εντάξεις και αποσύρσεις των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στο Διασυνδεδεμένο σύστημα είναι αυτές που παρουσιάζονται στην παράγραφο 3.5
- ☒ Σύγκραση βιομάζας σε ποσοστό 5% κατά μάζα στο ΘΗΣ Φλώρινα 1
- ☒ Εφαρμόζονται τα μέτρα που προβλέπονται στο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Αποδοτικότητας και επιτυγχάνεται η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας.
- ☒ Εφαρμόζονται τα μέτρα με στόχο την επίτευξη των στόχων για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

2.11.1.3 Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης

- ☒ Η ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας προκύπτει από τα μακρο-οικονομικά στοιχεία του σεναρίου οικονομικής επιτάχυνσης του Πίνακα 3.2.2
- ☒ Όλες οι υπόλοιπες παραδοχές είναι σύμφωνα με το Σενάριο Εκπλήρωσης των Στόχων

Παρακάτω, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τα σενάρια αυτά, αναφορικά με την εξέλιξη συνεισφοράς των διαφόρων τεχνολογιών και ενεργειακών προϊόντων. Σύμφωνα με το σενάριο αναφοράς η τελική συνεισφορά των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται σε 14,17% με μη επίτευξη του δεσμευτικού εθνικού στόχου σύμφωνα με την 2009/28/ΕΚ. Η εκτίμηση διείσδυσης σύμφωνα με το σενάριο εκπλήρωσης των στόχων οδηγεί σε τελική συνεισφορά 20,4% των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας (40% στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε θέρμανση και ψύξη και 10% στις μεταφορές) και ικανοποιεί τόσο τον εθνικό στόχο όσο και τον δεσμευτικό σύμφωνα με την 28/2009/ΕΚ.

2.12 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Πίνακας 2.12.1: Συνοπτική Παρουσίαση ΑΠΕ στο Σενάριο Αναφοράς

Σενάριο Αναφοράς	2010	2015	2020	2025	2030
Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα (Mtoe)	32.29	33.49	34.74	37.08	37.86
εκ των οποίων ΑΠΕ					
Υ/Η	0.43	0.48	0.55	0.55	0.55
Βιομάζα	1.16	1.16	1.29	1.36	1.41
Αιολικά	0.27	0.74	1.24	1.46	1.68
Ηλιακά	0.24	0.29	0.35	0.41	0.48
Γεωθερμία	0.04	0.12	0.20	0.22	0.43
<i>% ΑΠΕ στην Συνολική Διάθεση στη Χώρα</i>	7%	8%	10%	11%	12%
Ηλεκτροπαραγωγή (TWh)	58.86	64.13	72.18	87.73	87.88
εκ των οποίων ΑΠΕ					
Υ/Η	4.21	4.79	4.67	4.67	4.67
Βιομάζα/Βιοαέριο	0.25	0.20	0.20	0.54	0.76
Αιολικά	3.13	8.63	14.38	16.97	19.56
Ηλιακά	0.24	0.54	0.92	1.27	1.62
Γεωθερμία	0.00	0.00	0.05	0.05	1.23
Σύνολο Ηλεκτρισμού από ΑΠΕ	7.84	14.16	20.23	23.50	27.85
<i>% ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή</i>	13%	22%	28%	27%	32%
Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ (GW)	4.11	7.13	9.91	11.38	13.01
εκ των οποίων					
Βιομάζα/Βιοαέριο	0.06	0.05	0.05	0.13	0.18
Υ/Η (εκτός άντλησης)	2.54	2.89	2.91	2.91	2.91
Αιολικά	1.33	3.78	6.25	7.38	8.50
Ηλιακά	0.18	0.41	0.70	0.97	1.23

<i>Γεωθερμία</i>	0.00	0.00	0.01	0.01	0.20
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (Mtoe)	21.53	22.20	24.19	26.22	27.27
<i>Τελική Κατανάλωση για Παραγωγή Θερμότητας</i>	8.64	8.72	9.58	9.74	10.28
<i>Τελική Κατανάλωση Ενέργειας στις Μεταφορές</i>	8.33	8.73	9.33	9.98	10.48
<i>Τελική Κατανάλωση Ενέργειας στις Μεταφορές σύμφωνα με παρ. 3(4)α</i>	6.53	6.86	7.26	7.71	8.05
<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>					
<i>Βιομάζα/Βιοαέριο</i>	1.01	0.88	0.93	0.93	0.94
<i>Ηλιακή Θερμότητα</i>	0.22	0.24	0.27	0.30	0.34
<i>Γεωθερμία</i>	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Θερμότητα Περιβάλλοντος</i>	0.02	0.12	0.19	0.21	0.22
<i>Βιοκαύσιμα στις Μεταφορές</i>	0.11	0.28	0.41	0.44	0.46
<i>ΑΠΕ Ηλεκτρισμός στις Οδικές Μεταφορές</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>ΑΠΕ Ηλεκτρισμός στις Σιδηροδρομικές Μεταφορές</i>	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
<i>% Στην παραγωγή Θερμότητας</i>	15%	14%	15%	15%	15%
<i>% Στις μεταφορές συνολικά</i>	1.3%	3.2%	4.4%	4.4%	4.4%
<i>% Στις μεταφορές σύμφωνα με παρ. 3(4)</i>	1.7%	4.2%	5.9%	5.9%	5.9%
<i>% Στην Τελική Κατανάλωση σύμφωνα με την Νέα Οδηγία</i>	9.1%	11.9%	14.0%	14.2%	15.2%

Πίνακας 2.12.2: Συνολική Διάθεση ενέργειας στη χώρα για το Σενάριο Αναφοράς

Συνολική Διάθεση στη Χώρα (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Στερεά καύσιμα	8628	6990	5518	4213	4122
Υγρά καύσιμα	17527	18851	19225	19670	20132
ΑΠΕ	2131	2790	3623	4005	4552
Φυσικό αέριο	3766	4855	6374	9191	9051
Ηλεκτρισμός	239	0	0	0	0
Σύνολο	32292	33486	34739	37080	37856

Πίνακας 2.12.3: Τελική Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα δραστηριότητας και ενεργειακό προϊόν για το Σενάριο Αναφοράς

Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Αγροτικός	1065	1045	1033	1044	1051
Βιομηχανία	4300	4192	4486	4936	4729
Μεταφορές	8355	8757	9368	10018	10521
Οικιακός	5753	6009	6865	7544	8089
Τριτογενής	2059	2193	2436	2680	2884
Σύνολο	21532	22195	24187	26222	27274

Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Στερεά Καύσιμα	453	291	306	306	306
Πετρελαϊκά Προϊόντα	14148	14486	15289	15760	16375
Φ. Αέριο	938	1078	1430	1667	2016
Ηλεκτρισμός	4555	4749	5274	6508	6515
Βιομάζα-Βιοκαύσιμα	1120	1162	1347	1374	1398
Θερμότητα	62	62	81	93	108
Ηλιακά	216	241	270	304	336
Γεωθερμία	24	0	0	0	0
Θερμότητα Περιβάλλοντος	17	125	191	208	220
Σύνολο	21532	22195	24187	26222	27274

Πίνακας 2.12.4 : Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας και ποσοστό ΑΠΕ σε αυτή για το Σενάριο Αναφοράς

Ακαθάριστη Κατανάλωση για τις ανάγκες της οδήγησης (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Ακαθάριστη Κατ. Ενέργειας	22418	23160	25273	27542	28596
ΑΠΕ στην Τ.Κ.Ε.	9%	12%	14%	14%	15%

Πίνακας 2.12.5: Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρισμού και εισαγωγές για το Σενάριο Αναφοράς

Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρισμού (GWh) από:	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	29021	24005	20278	16022	15676
Πετρελαϊκά Προϊόντα	8362	4529	2054	1976	1240
Φ. Αέριο	12861	20655	27894	44497	43454
Βιομάζα/Βιοαέριο	255	205	205	538	761
Υ/Η	4989	5563	6399	6409	6412
Αιολικά	3129	8632	14384	16973	19563
Φ/Β	242	540	920	1270	1621
Γεωθερμία	0	0	49	49	1226
Καθαρές Εισαγωγές	2778	0	0	0	0
Σύνολο	61636	64129	72183	87734	89953

Πίνακας 2.12.6: Εγκατεστημένη Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής για το Σενάριο Αναφοράς

Εγκ. Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής (MW)	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	4826	3992	3362	2295	2295
Πετρελαϊκά Προϊόντα	2146	1310	1268	1280	1280
Φ. Αέριο	3456	6085	7610	11874	11895
Βιομάζα/Βιοαέριο	60	50	50	125	175

Υ/Η	3237	3589	4486	4486	4486
Αιολικά	1327	3781	6250	7375	8500
Φ/Β	184	411	700	967	1233
Γεωθερμία	0	0	8	8	200
Σύνολο	15230	19217	23734	28409	30064

Πίνακας 2.12.7: Εκπομπές CO2 από τον Ενεργειακό Τομέα και τις διεργασίες της βιομηχανίας τσιμέντων στο σενάριο αναφοράς.

Mtons CO2	2010	2015	2020	2025	2030
Ηλεκτροπαραγωγή	51	43	36	34	32
Ενέργεια	105	102	99	100	100
Συνολικά Ενέργεια και Βιομ. Τσιμέντων	113	111	108	109	109

Πίνακας 2.12.8 : Επενδύσεις Ηλεκτροπαραγωγής στο Σενάριο Αναφοράς

Εκ. Ευρώ (2005)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Σύνολο 2010-2020
Λιγνιτικά	0	0	0	0	0	0	0	1200	900	0	0	2100
Φ. Αερίου	298	626	896	584	6	2	177	5	4	419	335	3353
Πετρελαίου	10	9	9	18	10	10	22	28	28	28	28	200
Μεγάλα Υ/Η	0	346	304	0	0	0	0	0	0	0	0	650
Μικρά Υ/Η	30	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	55
Αντλητικά Υ/Η	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1672	0	1672
Φ/Β	356	191	179	168	156	144	139	133	127	121	116	1830
Αιολικά	180	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	5476
Γεωθερμία	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18
Βιομάζα/Βιοαέριο	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Σύνολο	898	1701	1918	1299	701	686	868	1921	1589	2770	1026	15378
εκ των οποίων ΑΠΕ	561	1066	1013	697	686	674	668	663	657	2323	663	9670

2.13 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ ΤΩΝ ΣΤΟΧΩΝ

Πίνακας 2.13.1: Συνοπτική Παρουσίαση ΑΠΕ για το Σενάριο Εκπλήρωσης των Στόχων

Σενάριο Στόχων	2010	2015	2020	2025	2030
Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα (Mtoe)	32.29	31.56	31.89	32.56	33.20
εκ των οποίων ΑΠΕ					
Υ/Η	0.43	0.49	0.57	0.57	0.57
Βιομάζα	1.16	1.58	1.99	2.44	2.58
Αιολικά	0.27	0.83	1.44	1.69	1.93
Ηλιακά	0.24	0.42	0.67	0.93	1.12
Γεωθερμία	0.04	0.17	0.46	0.81	0.92
% ΑΠΕ στην Συνολική Διάθεση στη Χώρα	7%	11%	16%	20%	21%
Ηλεκτροπαραγωγή (TWh)	58.86	61.47	68.46	75.11	80.13
εκ των οποίων ΑΠΕ					
Υ/Η	4.21	4.91	4.87	4.87	4.87
Βιομάζα/Βιοαέριο	0.25	0.50	1.26	1.53	1.34
Αιολικά	3.13	9.67	16.80	19.60	22.40
Ηλιακά - Φ/Β	0.24	1.67	2.89	4.16	5.04
Ηλιακά - Θερμικά	0.00	0.09	0.71	1.09	1.46
Γεωθερμία	0.00	0.12	0.74	2.08	2.38
Σύνολο Ηλεκτρισμού από ΑΠΕ	7.84	16.97	27.27	33.33	37.48
% ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή	13%	28%	40%	44%	47%
Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ (GW)	4.11	8.66	13.27	15.96	18.19
εκ των οποίων					
Βιομάζα/Βιοαέριο	0.06	0.12	0.25	0.37	0.50
Υ/Η (εκτός άντλησης)	2.54	2.92	2.95	2.95	2.95
Αιολικά	1.33	4.30	7.50	8.75	10.00
Ηλιακά - Φ/Β	0.18	1.27	2.20	3.17	3.83
Ηλιακά - Θερμικά	0.00	0.03	0.25	0.38	0.51
Γεωθερμία	0.00	0.02	0.12	0.34	0.40
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (Mtoe)	21.53	21.33	23.08	24.13	25.10
Τελική Κατανάλωση για Παραγωγή Θερμότητας	8.64	8.66	9.67	10.07	10.34
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας στις Μεταφορές	8.33	8.12	8.40	8.55	8.84
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας στις Μεταφορές σύμφωνα με αρ. 3(4)α	6.53	6.25	6.34	6.29	6.42
εκ των οποίων ΑΠΕ					
Βιομάζα/Βιοαέριο	1.01	1.13	1.22	1.36	1.54
Ηλιακή Θερμότητα	0.22	0.27	0.36	0.48	0.56
Γεωθερμία	0.02	0.02	0.05	0.07	0.08
Θερμότητα Περιβάλλοντος	0.02	0.13	0.28	0.38	0.43
Βιοκαύσιμα στις Μεταφορές	0.11	0.39	0.62	0.92	0.93
ΑΠΕ Ηλεκτρισμός στις Οδικές Μεταφορές	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
ΑΠΕ Ηλεκτρισμός στις Σιδηροδρομικές Μεταφορές	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
% Στην παραγωγή Θερμότητας	15%	18%	20%	23%	25%

% Στις μεταφορές συνολικά	1%	5%	7%	11%	11%
% Στις μεταφορές σύμφωνα με παρ. 3(4)	2%	6%	10%	15%	15%
% Στην Τελική Κατανάλωση σύμφωνα με την Νέα Οδηγία	9%	15%	20%	24%	26%

Πίνακας 2.13.2 : Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα για το Σενάριο Εκπλήρωσης των Στόχων

Συνολική Διάθεση Στη Χώρα (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Στερεά καύσιμα	8628	6249	4540	3620	3425
Υγρά καύσιμα	17527	16976	16558	16021	16055
ΑΠΕ	2131	3496	5119	6436	7108
Φυσικό αέριο	3766	4843	5674	6480	6609
Ηλεκτρισμός	239	0	0	0	0
Σύνολο	32292	31563	31891	32558	33197

Πίνακας 2.13.3: Τελική Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα δραστηριότητας και ενεργειακό προϊόν για το Σενάριο Εκπλήρωσης των Στόχων

Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Αγροτικός	1065	990	1004	1025	1038
Βιομηχανία	4300	4274	4834	4989	5133
Μεταφορές	8355	8147	8447	8599	8889
Οικιακός	5753	5793	6415	6957	7307
Τριτογενής	2059	2122	2384	2564	2736
Σύνολο	21532	21326	23084	24135	25102

Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Στερεά Καύσιμα	453	291	306	306	306
Πετρελαϊκά Προϊόντα	14148	12928	12899	12608	12669
Φ. Αέριο	938	1539	2237	2376	2509
Ηλεκτρισμός	4555	4550	5008	5518	5927
Βιομάζα-Βιοκαύσιμα	1120	1514	1839	2283	2479
Θερμότητα	62	84	109	115	143
Ηλιακά	216	271	355	478	563
Γεωθερμία	24	23	51	67	75
Θερμότητα Περιβάλλοντος	17	127	279	384	431
Σύνολο	21532	21326	23084	24135	25102

Πίνακας 2.13.4 : Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση ενέργειας και ποσοστό ΑΠΕ σε αυτή για το Σενάριο Εκπλήρωσης των Στόχων

Ακαθάριστη Κατανάλωση για τις ανάγκες της οδήγησης (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Ακαθάριστη Κατ. Ενέργειας	22418	22251	24114	25265	26308
ΑΠΕ στην Τ.Κ.Ε.	9%	15%	20%	24%	26%

Πίνακας 2.13.5: Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρισμού και εισαγωγές για το Σενάριο Εκπλήρωσης των Στόχων

Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρισμού (GWh) από:	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	29021	21364	16329	13801	13091
Πετρελαϊκά Προϊόντα	8362	3641	1545	687	893
Φ. Αέριο	12861	18721	21618	25552	26932
Βιομάζα/Βιοαέριο	255	505	1258	1527	1337
Υ/Η	4989	5685	6575	6609	6602
Αιολικά	3129	9674	16797	19597	22397
Φ/Β	242	1668	2891	4161	5037
Θερμικά Ηλιακά	0	86	714	1086	1458
Γεωθερμία	0	123	736	2085	2381
Καθαρές Εισαγωγές	2778	0	0	0	0
Σύνολο	61636	61467	68464	75106	80127

Πίνακας 2.13.6: Εγκατεστημένη Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής για το Σενάριο Εκπλήρωσης των Στόχων

Εγκ. Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής (^W)	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	4826	3992	3362	2295	2295
Πετρελαϊκά Προϊόντα	2146	1381	1378	1378	1325
Φ. Αέριο	3456	5909	7312	8412	9259
Βιομάζα/Βιοαέριο	60	120	250	370	500
Υ/Η	3237	3615	4531	4531	4531
Αιολικά	1327	4303	7500	8750	10000
Φ/Β	184	1270	2200	3167	3833
Θερμικά Ηλιακά	0	30	250	380	510
Γεωθερμία	0	20	120	340	400
Σύνολο	15236	20640	26903	29623	32653

Πίνακας 2.13.7: Εκπομπές CO₂ από τον Ενεργειακό Τομέα και τις διεργασίες της βιομηχανίας τσιμέντων στο σενάριο εκπλήρωσης στόχων

Mtons	2010	2015	2020	2025	2030
Ηλεκτροπαραγωγή	51	38	27	23	23
Ενέργεια	105	93	84	79	78
Συνολικά Ενέργεια και Τσιμέντα	113	102	93	88	87

Πίνακας 2.13.8: Ετήσιες Επενδύσεις Ηλεκτροπαραγωγής στο Σενάριο επίτευξης των στόχων

Εκ. Ευρώ (2005)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Σύνολο 2010-2020
Λιγνιτικά	0	0	0	0	0	0	0	1200	900	0	0	2100
Φ. Αερίου	298	626	815	605	51	36	208	16	6	250	400	3311
Πετρελαίου	10	13	14	14	15	16	31	33	35	34	34	249
Μεγάλα Υ/Η	0	0	346	304	0	0	0	0	0	0	0	650
Μικρά Υ/Η	30	11	11	4	18	11	11	11	0	22	11	137
Αντλητικά Υ/Η	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1672	0	1672
Φ/Β	356	573	539	714	664	615	447	428	409	391	372	5508
Θερμικά Ηλιακά	0	0	0	0	0	137	363	135	134	220	131	1120
Αιολικά	180	626	626	626	626	611	630	660	660	660	810	6710
Γεωθερμία	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	220	264
Βιομάζα/Βιοαέριο	25	0	25	25	50	50	70	60	60	60	105	530
Σύνολο	898	1848	2376	2291	1467	1476	1758	2542	2204	3308	2083	22252
<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>	561	1198	1536	1668	1384	1413	1509	1282	1262	3003	1638	16455

2.14 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ

Πίνακας 2.14.1: Συνοπτική Παρουσίαση ΑΠΕ για το Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης

Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	2010	2015	2020	2025	2030
Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα (Mtoe)	32.29	32.03	34.00	36.75	40.61
εκ των οποίων ΑΠΕ					
Υ/Η	0.43	0.49	0.57	0.57	0.57
Βιομάζα	1.16	1.59	2.04	2.67	2.97
Αιολικά	0.27	0.92	1.59	1.79	1.99
Ηλιακά	0.24	0.40	0.80	1.18	1.50
Γεωθερμία	0.04	0.26	0.55	0.91	1.09
% ΑΠΕ στην Συνολική Διάθεση στη Χώρα	7%	11%	16%	19%	20%
Ηλεκτροπαραγωγή (TWh)	58.86	62.09	72.48	80.94	89.76
<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>					
Υ/Η	4.21	4.91	4.87	4.87	4.87
Βιομάζα/Βιοαέριο	0.25	0.50	1.13	1.54	1.54
Αιολικά	3.13	10.65	18.48	20.81	23.14

Ηλιακά - Φ/Β	0.24	1.98	3.81	5.26	6.57
Ηλιακά - Θερμικά	0.00	0.09	0.71	1.09	1.46
Γεωθερμία	0.00	0.12	0.74	2.08	2.45
Σύνολο Ηλεκτρισμού από ΑΠΕ	7.84	18.26	29.74	35.64	40.03
% ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή	13%	29%	41%	44%	45%
Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ (GW)	4.11	9.33	14.72	17.33	19.69
Εκ των οποίων					
Βιομάζα/Βιοαέριο	0.06	0.12	0.25	0.37	0.50
Υ/Η (εκτός άντλησης)	2.54	2.91	2.95	2.95	2.95
Αιολικά	1.33	4.74	8.25	9.29	10.33
Ηλιακά - Φ/Β	0.18	1.51	2.90	4.00	5.00
Ηλιακά - Θερμικά	0.00	0.03	0.25	0.38	0.51
Γεωθερμία	0.00	0.02	0.12	0.34	0.40
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (Μτοε)	21.53	21.56	24.64	27.33	30.82
Τελική Κατανάλωση για Παραγωγή Θερμότητας	8.64	8.69	10.19	11.48	13.01
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας στις Μεταφορές	8.33	8.27	9.17	9.89	11.15
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας στις Μεταφορές σύμφωνα με αρ. 3(4)α	6.53	6.36	6.90	7.25	8.07
Εκ των οποίων ΑΠΕ					
Βιομάζα/Βιοαέριο	1.01	1.13	1.29	1.37	1.50
Ηλιακή Θερμότητα	0.22	0.22	0.41	0.63	0.81
Γεωθερμία	0.02	0.03	0.06	0.08	0.10
Θερμότητα Περιβάλλοντος	0.02	0.21	0.36	0.47	0.57
Βιοκαύσιμα στις Μεταφορές	0.11	0.39	0.69	1.17	1.35
ΑΠΕ Ηλεκτρισμός στις Οδικές Μεταφορές	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
ΑΠΕ Ηλεκτρισμός στις Σιδηροδρομικές Μεταφορές	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
% Στην παραγωγή Θερμότητας	15%	18%	21%	22%	23%
% Στις μεταφορές συνολικά	1%	5%	8%	12%	12%
% Στις μεταφορές σύμφωνα με παρ. 3(4)	2%	6%	10%	16%	17%
% Στην Τελική Κατανάλωση σύμφωνα με την Νέα Οδηγία	9%	16%	21%	24%	24%

Πίνακας 2.14.2: Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα για το Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης

Συνολική Διάθεση Στη Χώρα (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Στερεά καύσιμα	8628	6865	4709	4161	4164
Υγρά καύσιμα	17527	17274	17852	18598	20715
ΑΠΕ	2131	3650	5553	7113	8117
Φυσικό αέριο	3766	4241	5883	6882	7617
Ηλεκτρισμός	239	0	0	0	0
Σύνολο	32292	32031	33997	36754	40613

Πίνακας 2.14.3 : Τελική Κατανάλωση Ενέργειας ανά τομέα δραστηριότητας και ενεργειακό προϊόν για το Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης

Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Αγροτικός	1065	1003	1048	1104	1151
Βιομηχανία	4300	4308	4840	5158	5684
Μεταφορές	8355	8301	9214	9943	11206
Οικιακός	5753	5769	7006	8212	9478
Τριτογενής	2059	2176	2536	2909	3296
Σύνολο	21532	21557	24643	27326	30816

Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Στερεά Καύσιμα	453	291	306	306	306
Πετρελαϊκά Προϊόντα	14148	13115	14170	14908	16907
Φ. Αέριο	938	1495	1949	2319	2482
Ηλεκτρισμός	4555	4593	5290	5958	6657
Βιομάζα-Βιοκαύσιμα	1120	1520	1981	2536	2846
Θερμότητα	62	84	109	115	143
Ηλιακά	216	224	413	631	809
Γεωθερμία	24	25	61	83	98
Θερμότητα Περιβάλλοντος	17	209	364	471	568
Σύνολο	21532	21557	24643	27326	30816

Πίνακας 2.14.4 : Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας και ποσοστό ΑΠΕ σε αυτή για το Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης

Ακαθάριστη Κατανάλωση για τις ανάγκες της οδήγίας (ktoe)	2010	2015	2020	2025	2030
Ακαθάριστη Κατ. Ενέργειας	22418	22491	25734	28544	32167
ΑΠΕ στην Τ.Κ.Ε.	9%	16%	21%	24%	24%

Πίνακας 2.14.5 : Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρισμού και εισαγωγές για το Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης

Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρισμού (GWh) από:	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	29021	23575	16972	15782	15783
Πετρελαϊκά Προϊόντα	8362	4197	1326	1130	1209
Φ. Αέριο	12861	15293	22720	26646	31016
Βιομάζα/Βιοαέριο	255	505	1133	1541	1541
Υ/Η	4989	5681	6589	6603	6595
Αιολικά	3129	10653	18478	20808	23138
Φ/Β	242	1982	3811	5256	6570
Θερμικά Ηλιακά	0	86	714	1086	1458

Γεωθερμία	0	123	736	2085	2453
Καθαρές Εισαγωγές	2778	0	0	0	0
Σύνολο	61636	62093	72478	80937	89762

Πίνακας 2.14.6 : Εγκατεστημένη Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής για το Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης

Εγκ. Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής (MW)	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	4826	3992	3362	2295	2295
Πετρελαϊκά Προϊόντα	2146	1409	1400	1400	1322
Φ. Αέριο	3456	5810	7040	9239	10640
Βιομάζα/Βιοαέριο	60	120	250	370	500
Υ/Η	3237	3613	4529	4529	4529
Αιολικά	1327	4738	8250	9290	10331
Φ/Β	184	1509	2900	4000	5000
Θερμικά Ηλιακά	0	30	250	380	510
Γεωθερμία	0	20	120	340	400
Σύνολο	15236	21241	28101	31843	35526

Πίνακας 2.14.7 : Εκπομπές CO2 από τον Ενεργειακό Τομέα και τις διεργασίες της βιομηχανίας τσιμέντων στο σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης

Mtons	2010	2015	2020	2025	2030
Ηλεκτροπαραγωγή	51	40	29	27	28
Ενέργεια	105	96	89	91	98
Συνολικά Ενέργεια και Τσιμέντα	113	104	99	100	107

Πίνακας 2.14.8 : Ετήσιες Επενδύσεις Ηλεκτροπαραγωγής στο Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης

Εκ. Ευρώ (2005)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Σύνολο 2010-2020
Λιγνιτικά	0	0	0	0	0	0	0	1200	900	0	0	2100
Φ. Αερίου	298	664	816	597	27	23	198	13	19	173	339	3167
Πετρελαίου	10	14	14	16	15	16	30	30	34	34	34	246
Μεγάλα Υ/Η	0	0	342	304	0	0	0	0	0	0	0	646
Μικρά Υ/Η	30	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	137
Αντλητικά Υ/Η	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1672	0	1672
Φ/Β	356	435	924	865	805	746	668	640	612	584	557	7192
Θερμικά Ηλιακά	0	0	0	0	0	137	363	135	134	220	131	1120
Αιολικά	180	706	706	706	706	743	743	743	743	743	743	7461
Γεωθερμία	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	220	264
Βιομάζα/Βιοαέριο	25	0	25	25	50	50	70	60	60	60	105	530
Σύνολο	898	1829	2838	2523	1657	1726	2083	2832	2513	3497	2139	24536
<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>	561	1140	1997	1900	1605	1676	1844	1578	1549	3280	1756	18885

3 ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

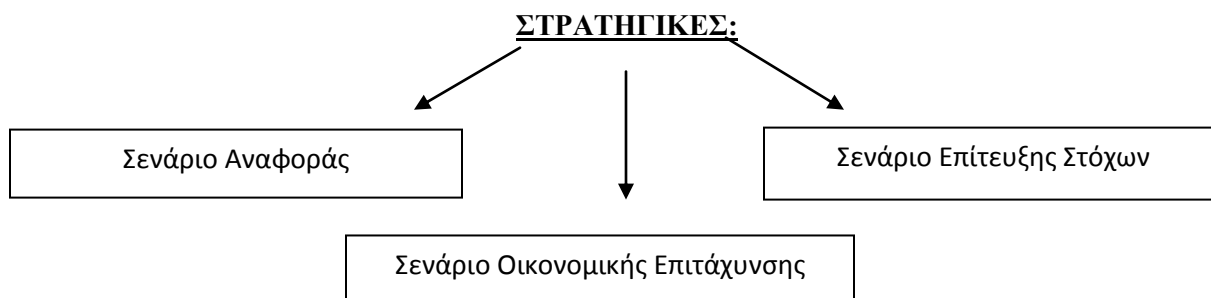
Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκε πως τέθηκε σε εφαρμογή το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Ένα σχέδιο που εκπονήθηκε στο πλαίσιο εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής σε σχέση με την διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την Εξοικονόμηση Ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου.

Η παρουσίαση του συγκεκριμένου οδικού χάρτη ανάπτυξης των τεχνολογιών ΑΠΕ, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενεργειακών μοντέλων ανάλυσης, όπου και αναλύθηκαν διαφορετικά σενάρια εξέλιξης του Ελληνικού ενεργειακού συστήματος πέρα του 2015 μέχρι και το 2030, λαμβάνοντας υπόψη και παραμέτρους οικονομικής και τεχνολογικής ανάπτυξης.

Τα επιμέρους σενάρια που μελετήθηκαν για την τελική επιλογή του επικρατέστερου ως του πιο πιθανού, αποτελούν διαφορετικές προοπτικές εξέλιξης του ενεργειακού τομέα της χώρας.

Ποιο όμως σενάριο μας δίνει τη μέγιστη ωφέλεια?

Αν δούμε τα σενάρια αυτά ως στρατηγικές σε ένα παίγνιο με παίκτες την Ελλάδα με στρατηγικές της τα σενάρια εξέλιξης του Ελληνικού Ενεργειακού συστήματος σε σύγκρουση με την εξέλιξη της στο χρόνο.



α) σενάρια αναφοράς, όπου γίνεται η υπόθεση ότι το ενεργειακό σύστημα εξελίσσεται με βάση τις ήδη δρομολογημένες πολιτικές

β) σενάρια όπου θεωρήθηκε η επιτυχής υλοποίηση των στόχων της Ευρωπαϊκής Πολιτικής για την Ελλάδα και στα οποία προσδιορίστηκαν και αξιολογήθηκαν τα εναλλακτικά μέτρα ενεργειακής πολιτικής με τα οποία μπορούν να επιτευχθούν οι Εθνικοί-Ευρωπαϊκοί στόχοι.

γ) Σενάρια Οικονομικής Επιτάχυνσης, όπου Εφαρμόζονται τα μέτρα που προβλέπονται στο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Αποδοτικότητας και επιτυγχάνεται η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας. Εφαρμόζονται τα μέτρα με στόχο την επίτευξη των στόχων για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

3.1 ΑΝΑΖΗΤΩΝΤΑΣ ΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΟΝΑΔΙΚΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΠΕ.

Πίνακας 3.1.1: Ποσοτική ανάλυση της ομάδας σεναρίων, με την βοήθεια των μαθηματικών μοντέλων MARKAL, WASP IV και COST

Σενάριο Αναφοράς						Σενάριο Στόχων						Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης					
Σενάριο Αναφοράς	2010	2015	2020	2025	2030	Σενάριο Στόχων	2010	2015	2020	2025	2030	Σενάριο Οικ.Επιτ.	2010	2015	2020	2025	2030
Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα (Μτοε)	32,29	33,49	34,74	37,08	37,86	Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα (Μτοε)	32,29	31,56	31,89	32,56	33,20	Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα (Μτοε)	32,29	32,03	34,00	36,75	40,61
<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>						<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>						<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>					
Y/H	0,43	0,48	0,55	0,55	0,55	Y/H	0,43	0,49	0,57	0,57	0,57	Y/H	0,43	0,49	0,57	0,57	0,57
Βιομάζα	1,16	1,16	1,29	1,36	1,41	Βιομάζα	1,16	1,58	1,99	2,44	2,58	Βιομάζα	1,16	1,59	2,04	2,67	2,97
Αιολικά	0,27	0,74	1,24	1,46	1,68	Αιολικά	0,27	0,83	1,44	1,69	1,93	Αιολικά	0,27	0,92	1,59	1,79	1,99
Ηλιακά	0,24	0,29	0,35	0,41	0,48	Ηλιακά	0,24	0,42	0,67	0,93	1,12	Ηλιακά	0,24	0,40	0,80	1,18	1,50
Γεωθερμία	0,04	0,12	0,20	0,22	0,43	Γεωθερμία	0,04	0,17	0,46	0,81	0,92	Γεωθερμία	0,04	0,26	0,55	0,91	1,09
% ΑΠΕ στην Συνολική Διάθεση στη Χώρα	7%	8%	10%	11%	12%	% ΑΠΕ στην Συνολική Διάθεση στη Χώρα	7%	11%	16%	20%	21%	% ΑΠΕ στην Συνολική Διάθεση στη Χώρα	7%	11%	16%	19%	20%
Ηλεκτροπαραγωγή (TWh)	58,86	64,13	72,18	87,73	87,88	Ηλεκτροπαραγωγή (TWh)	58,86	61,47	68,46	75,11	80,13	Ηλεκτροπαραγωγή (TWh)	58,86	62,09	72,48	80,94	89,76
<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>						<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>						<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>					
Y/H	4,21	4,79	4,67	4,67	4,67	Y/H	4,21	4,91	4,87	4,87	4,87	Y/H	4,21	4,91	4,87	4,87	4,87
Βιομάζα/Βιοαέριο	0,25	0,20	0,20	0,54	0,76	Βιομάζα/Βιοαέριο	0,25	0,50	1,26	1,53	1,34	Βιομάζα/Βιοαέριο	0,25	0,50	1,13	1,54	1,54
Αιολικά	3,13	8,63	14,38	16,97	19,56	Αιολικά	3,13	9,67	16,80	19,60	22,40	Αιολικά	3,13	10,65	18,48	20,81	23,14
Ηλιακά	0,24	0,54	0,92	1,27	1,62	Ηλιακά - Φ/Β	0,24	1,67	2,89	4,16	5,04	Ηλιακά - Φ/Β	0,24	1,98	3,81	5,26	6,57
Γεωθερμία	0,00	0,00	0,05	0,05	1,23	Ηλιακά - Θερμικά	0,00	0,09	0,71	1,09	1,46	Ηλιακά - Θερμικά	0,00	0,09	0,71	1,09	1,46
Γεωθερμία	0,00	0,00	0,05	0,05	1,23	Γεωθερμία	0,00	0,12	0,74	2,08	2,38	Γεωθερμία	0,00	0,12	0,74	2,08	2,45
Σύνολο Ηλεκτρισμού από ΑΠΕ	7,84	14,16	20,23	23,50	27,85	Σύνολο Ηλεκτρισμού από ΑΠΕ	7,84	16,97	27,27	33,33	37,48	Σύνολο Ηλεκτρισμού από ΑΠΕ	7,84	18,26	29,74	35,64	40,03
% ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή	13%	22%	28%	27%	32%	% ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή	13%	28%	40%	44%	47%	% ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή	13%	29%	41%	44%	45%
Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ (GW)	4,11	7,13	9,91	11,38	13,01	Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ (GW)	4,11	8,66	13,27	15,96	18,19	Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ (GW)	4,11	9,33	14,72	17,33	19,69
<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>						<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>						<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>					
Βιομάζα/Βιοαέριο	0,06	0,05	0,05	0,13	0,18	Βιομάζα/Βιοαέριο	0,06	0,12	0,25	0,37	0,5	Βιομάζα/Βιοαέριο	0,06	0,12	0,25	0,37	0,50
Y/H (εκτός άντλησης)	2,54	2,89	2,91	2,91	2,91	Y/H (εκτός άντλησης)	2,54	2,92	2,95	2,95	2,95	Y/H (εκτός άντλησης)	2,54	2,91	2,95	2,95	2,95
Αιολικά	1,33	3,78	6,25	7,38	8,50	Αιολικά	1,33	4,3	7,5	8,75	10	Αιολικά	1,33	4,74	8,25	9,29	10,33
Ηλιακά	0,18	0,41	0,70	0,97	1,23	Ηλιακά - Φ/Β	0,18	1,27	2,2	3,17	3,83	Ηλιακά - Φ/Β	0,18	1,51	2,90	4,00	5,00
Γεωθερμία	0,00	0,00	0,01	0,01	0,20	Ηλιακά - Θερμικά	0	0,03	0,25	0,38	0,51	Ηλιακά - Θερμικά	0,00	0,03	0,25	0,38	0,51
Γεωθερμία	0,00	0,00	0,01	0,01	0,20	Γεωθερμία	0	0,02	0,12	0,34	0,4	Γεωθερμία	0,00	0,02	0,12	0,34	0,40
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (Μτοε)	21,53	22,2	24,19	26,22	27,27	Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (Μτοε)	21,53	21,33	23,08	24,13	25,1	Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (Μτοε)	21,53	21,56	24,64	27,33	30,82

Στη προηγούμενη σελίδα είδαμε τις ποσοτικές αποδόσεις των σεναρίων μας, περιορισμένα ως προς τα πεδία ενδιαφέροντος μας:

- ↻ Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα
- ↻ Ηλεκτροπαραγωγή
- ↻ Εγκατεστημένη Ισχύς από ΑΠΕ

Οι πίνακες, των οποίων τα δεδομένα χρησιμοποιούμε και παραθέτουμε παραπάνω έχουν επέλθει από τη ποσοτική ανάλυση της ομάδας σεναρίων, που πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια των μαθηματικών μοντέλων MARKAL, WASP IV και COST

3.2 ΤΑ ΠΑΙΓΝΙΑ ΜΑΣ ΕΙΝΑΙ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Οι παίκτες επιλέγουν ταυτόχρονα στρατηγική χωρίς να επικοινωνούν μεταξύ τους, χωρίς συνεργασία και χωρίς να έχουν ενημερωθεί εκ των προτέρων για την επιλογή του αντιπάλου τους.

Η Ελλάδα –κράτος είναι μια αυτόνομη μονάδα λήψης απόφασης. Προσπαθεί να βελτιστοποιήσει της δική της ευημερία, βασισόμενη στους κανόνες, στους πόρους και στις πληροφορίες που έχει στη διάθεσή της.

Είναι ορθολογιστής.

- Τα στοιχεία των παρακάτω πινάκων αντιπροσωπεύουν κέρδος υπό την ευρεία έννοια.

Με τη στρατηγική maximin και minimax, προκύπτουν τα σημεία ισορροπίας για κάθε παίγνιο. Η τιμή του παιγνίου V (value of the game) που είναι το μεγαλύτερο στη στήλη του και το μικρότερο στη σειρά του. (Σαγματικό σημείο). Οι δυο άριστες – αμιγείς – στρατηγικές συνθέτουν τη λύση των παρακάτω παιγνίων.

3.2.1 Βέλτιστες λύσεις όσον αφορά τη Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα

Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα (Mtoe)

3.2.1.1 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Y/H	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,48	0,55	0,55	0,55	0,48
Σ.Στόχων	0,49	0,57	0,57	0,57	0,49
Σ.Οικ.Επιτ.	0,49	0,57	0,57	0,57	0,49
max	0,49	0,57	0,57	0,57	0,49 maxmin
	0,49 minmax				

Υ/Η	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,48	0,55	0,55	0,55	0,48
Σ.Στόχων	0,49	0,57	0,57	0,57	0,49
Σ.Οικ.Επιτ.	0,49	0,57	0,57	0,57	0,49
max	0,49	0,57	0,57	0,57	0,49
	0,49	minmax			V=0,49

3.2.1.2 Βιομάζα

Βιομάζα	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	1,16	1,29	1,36	1,41	1,16
Σ.Στόχων	1,58	1,99	2,44	2,58	1,58
Σ.Οικ.Επιτ.	1,59	2,04	2,67	2,97	1,59
max	1,59	2,04	2,67	2,97	1,59
	1,59	minmax			

Βιομάζα	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	1,16	1,29	1,36	1,41	1,16
Σ.Στόχων	1,58	1,99	2,44	2,58	1,58
Σ.Οικ.Επιτ.	1,59	2,04	2,67	2,97	1,59
max	1,59	2,04	2,67	2,97	1,59
	1,59	minmax			V=1,59

3.2.1.3 Αιολικά πάρκα

Αιολικά	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,74	1,24	1,46	1,68	0,74
Σ.Στόχων	0,83	1,44	1,69	1,93	0,83
Σ.Οικ.Επιτ.	0,92	1,59	1,79	1,99	0,92
max	0,92	1,59	1,79	1,99	0,92
	0,92	minmax			

<i>Αιολικά</i>	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,74	1,24	1,46	1,68	0,74
Σ.Στόχων	0,83	1,44	1,69	1,93	0,83
Σ.Οικ.Επιτ.	0,92	1,59	1,79	1,99	0,92
max	0,92	1,59	1,79	1,99	0,92 maxmin
	0,92 minmax				V=0,92

3.2.1.4 Ηλιακή ενέργεια

<i>Ηλιακά</i>	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,29	0,35	0,41	0,48	0,29
Σ.Στόχων	0,42	0,67	0,93	1,12	0,42
Σ.Οικ.Επιτ.	0,40	0,80	1,18	1,50	0,40
max	0,42	0,80	1,18	1,50	0,42 maxmin
	0,42 minmax				

<i>Ηλιακά</i>	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,29	0,35	0,41	0,48	0,29
Σ.Στόχων	0,42	0,67	0,93	1,12	0,42
Σ.Οικ.Επιτ.	0,40	0,80	1,18	1,50	0,40
max	0,42	0,80	1,18	1,50	0,42 maxmin
	0,42 minmax				V=0,42

3.2.1.5 Γεωθερμία

<i>Γεωθερμία</i>	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,12	0,2	0,22	0,43	0,12
Σ.Στόχων	0,17	0,46	0,81	0,92	0,17
Σ.Οικ.Επιτ.	0,26	0,55	0,91	1,09	0,26
max	0,26	0,55	0,91	1,09	0,26 maxmin
	0,26 minmax				

Γεωθερμία	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,12	0,2	0,22	0,43	0,12
Σ.Στόχων	0,17	0,46	0,81	0,92	0,17
Σ.Οικ.Επιτ.	0,26	0,55	0,91	1,09	0,26
max	0,26	0,55	0,91	1,09	0,26
	0,26	minmax			V=0,26
					maxmin

3.2.1.6 Συγκεντρωτική Απεικόνιση Αποτελεσμάτων σε βάθος 15ετίας

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει η συγκεντρωτική απεικόνιση των αποδόσεων σε βάθος 15ετίας (2012-2030) :

Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα (Μtoe) εκ των οποίων ΑΠΕ	Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία
Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0
Σενάριο Στόχων	1	0	0	1	0
Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	1	1	1	0	1

Συμπέρασμα:

Η βέλτιστη επιχειρησιακή Στρατηγική όσον αφορά τη Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα από ΑΠΕ μας δίνει σε ποσοστό 75% το Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης.

3.2.2 Βέλτιστες λύσεις όσον αφορά τη Ηλεκτροπαραγωγή

Ηλεκτροπαραγωγή (TWh)

3.2.2.1 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Υ/Η	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	4,79	4,67	4,67	4,67	4,67
Σ.Στόχων	4,91	4,87	4,87	4,87	4,87
Σ.Οικ.Επιτ.	4,91	4,87	4,87	4,87	4,87
max	4,91	4,87	4,87	4,87	4,87
	4,87	minmax			maxmin

Υ/Η	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	4,79	4,67	4,67	4,67	4,67
Σ.Στόχων	4,91	4,87	4,87	4,87	4,87
Σ.Οικ.Επιτ.	4,91	4,87	4,87	4,87	4,87
max	4,91	4,87	4,87	4,87	4,87
	4,87	minmax			maxmin
					V=4,87

3.2.2.2 Βιομάζα

Βιομάζα	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,2	0,2	0,54	0,76	0,20
Σ.Στόχων	0,5	1,26	1,53	1,34	0,50
Σ.Οικ.Επιτ.	0,5	1,13	1,54	1,54	0,50
max	0,5	1,26	1,54	1,54	0,50
	0,50	minmax			maxmin

Βιομάζα	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,20	0,20	0,54	0,76	0,20
Σ.Στόχων	0,50	1,26	1,53	1,34	0,50
Σ.Οικ.Επιτ.	0,50	1,13	1,54	1,54	0,50
max	0,50	1,26	1,54	1,54	0,50
	0,50	minmax			maxmin
					V=0,50

3.2.2.3 Αιολικά πάρκα

Αιολικά	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	8,63	14,38	16,97	19,56	8,63
Σ.Στόχων	9,67	16,80	19,60	22,40	9,67
Σ.Οικ.Επιτ.	10,65	18,48	20,81	23,14	10,65
max	10,65	18,48	20,81	23,14	10,65
	10,65	minmax			maxmin

Αιολικά	2015	2020	2025	2030	min	
Σ.Αναφοράς	8,63	14,38	16,97	19,56	8,63	
Σ.Στόχων	9,67	16,80	19,60	22,40	9,67	
Σ.Οικ.Επιτ.	10,65	18,48	20,81	23,14	10,65	
max	10,65	18,48	20,81	23,14	10,65	maxmin
	10,65	minmax			V=10,65	

3.2.2.4 Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακά	2015	2020	2025	2030	min	
Σ.Αναφοράς	0,54	0,92	1,27	1,62	0,54	
Σ.Στόχων	1,67	2,89	4,16	5,04	1,67	
Σ.Οικ.Επιτ.	1,98	3,81	5,26	6,57	1,98	
max	1,98	3,81	5,26	6,57	1,98	maxmin
	1,98	minmax				

Ηλιακά	2015	2020	2025	2030	min	
Σ.Αναφοράς	0,54	0,92	1,27	1,62	0,54	
Σ.Στόχων	1,67	2,89	4,16	5,04	1,67	
Σ.Οικ.Επιτ.	1,98	3,81	5,26	6,57	1,98	
max	1,98	3,81	5,26	6,57	1,98	maxmin
	1,98	minmax			V=1,98	

3.2.2.5 Γεωθερμία

Γεωθερμία	2015	2020	2025	2030	min	
Σ.Αναφοράς	0,00	0,05	0,05	1,23	0,00	
Σ.Στόχων	0,12	0,74	2,08	2,38	0,12	
Σ.Οικ.Επιτ.	0,12	0,74	2,08	2,45	0,12	
max	0,12	0,74	2,08	2,45	0,12	maxmin
	0,12	minmax				

Γεωθερμία	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,00	0,05	0,05	1,23	0,00
Σ.Στόχων	0,12	0,74	2,08	2,38	0,12
Σ.Οικ.Επιτ.	0,12	0,74	2,08	2,45	0,12
max	0,12	0,74	2,08	2,45	0,12 maxmin
	0,12	minmax			V=0,12

3.2.2.6 Συγκεντρωτική Απεικόνιση αποδόσεων σε βάθος χρόνου 15ετίας

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει η συγκεντρωτική απεικόνιση των αποδόσεων σε βάθος 15ετίας (2015-2030) :

Best Scenario

Ηλεκτροπαραγωγή (TWh) εκ των οποίων ΑΠΕ	Υ/Η	Βιομάζα	Λιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία
Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0
Σενάριο Στόχων	1	1	0	0	0
Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	1	1	1	1	1

Συμπέρασμα:

Η βέλτιστη επιχειρησιακή Στρατηγική όσον αφορά τη Ηλεκτροπαραγωγή στη χώρα από ΑΠΕ μας δίνει σε ποσοστό 100% το Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης.

3.2.3 Βέλτιστες λύσεις όσον αφορά τη Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ

Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ (GW)

3.2.3.1 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Υ/Η	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	2,89	2,91	2,91	2,91	2,89
Σ.Στόχων	2,92	2,95	2,95	2,95	2,92
Σ.Οικ.Επιτ.	2,91	2,95	2,95	2,95	2,91
max	2,92	2,95	2,95	2,95	2,92 maxmin
	2,92	minmax			

Υ/Η	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	2,89	2,91	2,91	2,91	2,89
Σ.Στόχων	2,92	2,95	2,95	2,95	2,92
Σ.Οικ.Επιτ.	2,91	2,95	2,95	2,95	2,91
max	2,92	2,95	2,95	2,95	2,92
	2,92	minmax			maxmin
					V=2,92

3.2.3.2 Βιομάζα

Βιομάζα	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,05	0,05	0,13	0,18	0,05
Σ.Στόχων	0,12	0,25	0,37	0,5	0,12
Σ.Οικ.Επιτ.	0,12	0,25	0,37	0,5	0,12
max	0,12	0,25	0,37	0,5	0,12
	0,12	minmax			maxmin

Βιομάζα	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,05	0,05	0,13	0,18	0,05
Σ.Στόχων	0,12	0,25	0,37	0,5	0,12
Σ.Οικ.Επιτ.	0,12	0,25	0,37	0,5	0,12
max	0,12	0,25	0,37	0,5	0,12
	0,12	minmax			maxmin
					V=0,12

3.2.3.3 Αιολικά πάρκα

Αιολικά	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	3,78	6,25	7,38	8,50	3,78
Σ.Στόχων	4,30	7,50	8,75	10,00	4,30
Σ.Οικ.Επιτ.	4,74	8,25	9,29	10,33	4,74
max	4,74	8,25	9,29	10,33	4,74
	4,74	minmax			maxmin

Αιολικά	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	3,78	6,25	7,38	8,50	3,78
Σ.Στόχων	4,30	7,50	8,75	10,00	4,30
Σ.Οικ.Επιτ.	4,74	8,25	9,29	10,33	4,74
max	4,74	8,25	9,29	10,33	4,74
	4,74	minmax			maxmin
					V=4,74

3.2.3.4 Ηλιακή ενέργεια

Ηλιακά	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,41	0,70	0,97	1,23	0,41
Σ.Στόχων	1,27	2,20	3,17	3,83	1,27
Σ.Οικ.Επιτ.	1,51	2,90	4,00	5,00	1,51
max	1,51	2,90	4,00	5,00	1,51
	1,51	minmax			maxmin

Ηλιακά	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,41	0,70	0,97	1,23	0,41
Σ.Στόχων	1,27	2,20	3,17	3,83	1,27
Σ.Οικ.Επιτ.	1,51	2,90	4,00	5,00	1,51
max	1,51	2,90	4,00	5,00	1,51
	1,51	minmax			maxmin
					V=1,51

3.2.3.5 Γεωθερμία

Γεωθερμία	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,00	0,01	0,01	0,20	0,00
Σ.Στόχων	0,02	0,12	0,34	0,40	0,02
Σ.Οικ.Επιτ.	0,02	0,12	0,34	0,40	0,02
max	0,02	0,12	0,34	0,40	0,02
	0,02	minmax			maxmin

Γεωθερμία	2015	2020	2025	2030	min
Σ.Αναφοράς	0,00	0,01	0,01	0,20	0,00
Σ.Στόχων	0,02	0,12	0,34	0,40	0,02
Σ.Οικ.Επιτ.	0,02	0,12	0,34	0,40	0,02
max	0,02	0,12	0,34	0,40	0,02
	0,02	minmax			V=0,02

3.2.3.6 Συγκεντρωτική Απεικόνιση αποδόσεων σε βάθος 15ετίας

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει η συγκεντρωτική απεικόνιση των αποδόσεων σε βάθος 15ετίας (2015-2030) :

Best Scenario

Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ (GW)	Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία
Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0
Σενάριο Στόχων	1	1	0	0	1
Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	1	1	1	1

Συμπέρασμα:

Η βέλτιστη επιχειρησιακή Στρατηγική όσον αφορά την Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π στη χώρα από ΑΠΕ μας δίνει σε ποσοστό 75% το Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης.

3.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ ΑΝΑ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑ

Παίρνοντας ως δεδομένα τις βέλτιστες λύσεις παραπάνω πίνακες απεικονίζουν, για κάθε ΑΠΕ ξεχωριστά και αντίστοιχα για κάθε σενάριο σε βάθος 15ετίας, μπορούμε να προβούμε σε μια σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους συνολικά για τις ΑΠΕ ανά πενταετία και να βρούμε τις βέλτιστες τιμές και να αποφασίσουμε για κάθε 5ετία ποιο σενάριο ευνοεί περισσότερο την ανάπτυξη των ΑΠΕ συνολικά.



Περιορίζοντας τα αποτελέσματα μας σε απεικόνιση ανά πενταετία προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες:

3.3.1 Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα



Συνολική Διάθεση Ενέργειας στη χώρα (Mtoe) εκ των οποίων ΑΠΕ											
2015						2020					
Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία		Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία	
Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0	Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0
Σενάριο Στόχων	1	0	0	1	0	Σενάριο Στόχων	0	0	0	0	0
Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	1	1	1	0	1	Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	0	0	0	0
2025						2030					
Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία		Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία	
Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0	Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0
Σενάριο Στόχων	0	0	0	0	0	Σενάριο Στόχων	0	0	0	0	0
Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	0	0	0	0	Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	0	0	0	0

3.3.2 Ηλεκτροπαραγωγή



Ηλεκτροπαραγωγή (TWh) εκ των οποίων ΑΠΕ											
2015						2020					
Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία		Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία	
Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0	Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0
Σενάριο Στόχων	0	1	0	0	1	Σενάριο Στόχων	1	0	0	0	0
Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	1	1	1	1	Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	1	0	0	0	0
2025						2030					
Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία		Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία	
Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0	Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0
Σενάριο Στόχων	0	0	0	0	0	Σενάριο Στόχων	0	0	0	0	0
Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	0	0	0	0	Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	0	0	0	0

3.3.3 Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ



Εγκατεστημένη Ισχύς Η/Π από ΑΠΕ (GW)											
2015						2020					
Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία		Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία	
Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0	Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0
Σενάριο Στόχων	1	1	0	0	1	Σενάριο Στόχων	0	0	0	0	0
Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	1	1	1	1	Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	0	0	0	0
2025						2030					
Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία		Υ/Η	Βιομάζα	Αιολικά	Ηλιακά	Γεωθερμία	
Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0	Σενάριο Αναφοράς	0	0	0	0	0
Σενάριο Στόχων	0	0	0	0	0	Σενάριο Στόχων	0	0	0	0	0
Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	0	0	0	0	Σενάριο Οικονομικής Επιτάχυνσης	0	0	0	0	0

3.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει πως σε βραχυπρόθεσμο επίπεδο, το να εστιάσουμε στο σενάριο με τη μέγιστη ωφέλεια είναι και αυτό που αποδίδει καλύτερες απολαβές. Σε μακροπρόθεσμο στάδιο, όπως προκύπτει με τα δεδομένα που έχουμε υπ'οψιν μας δεν έχει πολύ μεγάλη σημασία το σενάριο στρατηγικής μας. Το παίγνιο μας θα πρέπει να επαναληφθεί με διαφορετικές αποφάσεις από τους παίκτες μας.

4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Θεωρία Παιγνίων:

- ✓ *Στοιχεία Μαθηματικού Προγραμματισμού, Αντ.Χ.Παναγιωτόπουλου, εκδόσεις Σταμούλη*
- ✓ *Σύγχρονη Μικροοικονομική Ανάλυση, Στυλιανού Σαραντίδη, εκδόσεις Επτάλοφος ΑΕΒΕ*
- ✓ *“Some interesting properties of maximin strategies”, June 2010, Vitaly Pruzhansky, Springer-Verlag Int J Game Theory*
- ✓ *“The pareto-stability concept for discrete matching markets with indifferencees “, October 2010, Marilda Sotomayor, Springer-Verlag Int J Game Theory*
- ✓ *“Nash equilibrium in compact-continuous games with a potential”, October 2010, Nikolai S.Kukushkin, Springer-Verlag Int J Game Theory*
- ✓ *“Does Strategy research need Game Theory?”, Colin F.Lamerer, Strategic Management Journal, Vol.12 (1991)*
- ✓ *Mansour Yishay(2003), Computational Learning Theory, Lecture 1:March 2*
- ✓ *[http://users.auth.gr/~kehagiat/Game theory](http://users.auth.gr/~kehagiat/Game%20theory)*
- ✓ *<http://www.gametheory.net>*
- ✓ *Mansour Yishay(2003), Computational Learning Theory, Lecture 1:March 2 [20]*
<http://arielrubinstein.tau.ac.il/99/gt100.html#g1>
- ✓ *Hargreaves Heap P.Shaun and Varoufakis Yanis(1995), Game theory: A critical Introduction, London, Routledge*
- ✓ *<http://giggle.ws>*
- ✓ *http://el.wikipedia.org/wiki/θεωρία_παιγνίων*
- ✓ *en.wikipedia.org/wiki/Game_theory*
- ✓ *<http://gerasimos-politis.blogspot.gr/2011/12/nash.html>*
- ✓ *http://mathbooksgr.files.wordpress.com/2011/08/gt_simiwseis.pdf*
- ✓ *<http://pericles.ee.duth.gr/courses/2012-13/AlgCom/DraftSlides/LecAP02-Game%20Theory%20Basics.pdf>*
- ✓ *<http://ai.uom.gr/Courses/GameTheory/Slides/GameTheory.pdf>*
- ✓ *http://users.uoi.gr/alapatin/files/Lec%207_Game%20Theory.pdf*

- ✓ <http://www.corelab.ece.ntua.gr/courses/gametheory/slides/Introduction.pdf>
- ✓ http://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/13803/1/Vlachopoulou_Msc2010.pdf
- ✓ http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=13&sqi=2&ved=0CG0QFjAM&url=http%3A%2F%2Fiee.duth.gr%2Ffiles%2FXanthiLec12.ppt&ei=XIU0UuGDM8Og4gTJ8IDwBQ&usg=AFQjCNGJ6pVwp1oVXF_XKtyHNyyEo2_uhA
- ✓ <http://www.lygeros.org/articles?n=683&l=gr>
- ✓ http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3568/3/koutelidakisk_armycamp.pdf

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:

- ✓ *Tom Tietenberg, (μετάφραση Παύλος Γρεβενίτης), Οικονομική του Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων Α & Β Τόμος, Δικαιούχος έκδοσης Γ.Δαρδάνος*
- ✓ http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82_%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82
- ✓ *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Επ. Καθηγητής Παύλος Σ. Γεωργιάκης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα μηχανικών και Παραγωγής και Διοίκησης*
- ✓ <http://www.ypeka.gr/?tabid=285>
- ✓ <http://www.cres.gr/kape/index.htm>
- ✓ http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlenergy_gr/dmlenergy_gr
- ✓ http://www.rae.gr/old/SUB2/2_4.htm
- ✓ http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlenergy_gr/dmlenergy_gr Χ. Κολοβός, «Η θέση του Αιγνίτη στο Ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας»- Διημερίδα Σωματείου «Η Ένωση» Κοζάνη 2010
- ✓ <http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/PROSTASIA%20PERIBALONTOS/Ananeosimes%20Piges%20Energias.htm>
- ✓ <http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>
- ✓ http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlenergy_gr/dmlenergy_gr
- ✓ http://ec.europa.eu/energy/index_en.htm
- ✓ http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/index_el.htm

- ✓ <http://www.ewea.org/>
- ✓ <http://www.wwindea.org/home/index.php>
- ✓ <http://www.irena.org/home/index.aspx?PriMenuID=12&mnu=Pri>
- ✓ <http://1gym-ag-parask.att.sch.gr/environment/iliako/energy/aioliki/>
- ✓ http://www.eunice-group.com/index.php?option=com_content&view=article&id=155&Itemid=169&lang=el
- ✓ <http://www.anemogennitria.gr/>
- ✓ http://europeangreencities.com/pdf/TrainingTools/65.%20SOLAR%20ENERGY_GR.pdf