

ΟΜΙΛΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΤΟΥ ΠΡΟΕΔΡΟΥ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΛΟΥΚΑ Γ. ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΥ

Θέμα: ΕΝΕΡΓΕΙΑ

12 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2021, 18:00

1. Πρόλογος
2. Η ενέργεια είναι βασικό στοιχείο του φυσικού κόσμου
3. Η ενέργεια είναι βασικό στοιχείο του πολιτισμού
4. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι βασικό στοιχείο του σύγχρονου πολιτισμού
5. Πηγές ενέργειας
6. Ενέργεια και φτώχεια – Η ηθική διάσταση της ενέργειας
7. Συνθήκες για έναν βιώσιμο σύγχρονο πολιτισμό
8. Εξοικονόμηση ενέργειας και ενεργειακή αποδοτικότητα
9. Αναδυόμενες ενεργειακές τάσεις και προκλήσεις παγκοσμίως
10. Αναδυόμενες ενεργειακές τάσεις και προκλήσεις στην Ελλάδα
11. Επίλογος – Πρωτοβουλίες της Προεδρίας το 2021

Κυρίες και κύριοι Ακαδημαϊκοί, αξιότιμοι προσκεκλημένοι,
Θέμα της ομιλίας μου είναι η «Ενέργεια».

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Πρώτος ο Αριστοτέλης εισήγαγε τη λέξη *ενέργεια* τον 4ο π.Χ. αιώνα [1]. Ωστόσο η λέξη *ενέργεια* δεν υπεισήλθε στην επιστήμη παρά τον 19ο αιώνα [2, 3] από τον Thomas Young. Έκτοτε η έννοια και η σημασία της ενέργειας αναγνωρίστηκαν σταδιακά, όπως και οι διάφορες μορφές της ενέργειας (λ.χ. κινητική, δυναμική, θερμική, ηλεκτρική). Όλα τα φαινόμενα που σχετίζονται με την εκτέλεση έργου συνδέονται μέσω της ενέργειας. Ταυτίστηκε έτσι η ενέργεια με την ικανότητα ενός συστήματος να εκτελεί έργον.

Από τον 19ο αιώνα άρχισε να αναγνωρίζεται η ενέργεια υπό τη σημερινή της έννοια, αν και οι νόμοι πάνω στους οποίους στηριζόταν τροποποιήθηκαν στα μέσα του 19ου αιώνα, όταν ανακαλύφθηκε ότι η μάζα είναι μία μορφή ενέργειας. Έκτοτε η κοινωνία στράφηκε προς την επιστήμη και την τεχνολογία της ενέργειας, και αυτή η στροφή άλλαξε ριζικά τη σχέση του ανθρώπου με την ενέργεια. Νέοι τρόποι μετασχηματισμού της ενέργειας από μια μορφή σε άλλη ανακαλύφθηκαν και νέες μηχανές εφευρέθηκαν για τις χρήσεις των νέων μορφών ενέργειας. Η επιστήμη και η τεχνολογία της ενέργειας συνεχίζουν έκτοτε ακατάπαυστα.

2. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΙΝΑΙ ΒΑΣΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΟΣΜΟΥ

Η ενέργεια επικρατεί στο σύμπαν από την αρχή του χρόνου. Η αρχή του χρόνου και του χώρου είναι και η αρχή της ενέργειας και της αλλαγής. Από την πρωταρχική ενέργεια προήλθε το καθετί που υπάρχει σήμερα – ο κόσμος, η Γη, η ζωή, εμείς. Ολόκληρο το φυσικό σύμπαν συνίσταται από τις διάφορες μορφές της ενέργειας, οι πλείστες των οποίων είναι ακόμη άγνωστες.

Όλες οι γνωστές μορφές ενέργειας είναι αναγκαίες για τη ζωή. Εμείς και η υπόλοιπη ζωή χρειαζόμαστε ενέργεια για ό,τι κάνουμε, και ό,τι κάνουμε συνδέεται με κάποιο μετασχηματισμό και ροή της ενέργειας. Στον φυσικό κόσμο της αλλαγής και της αποσύνθεσης που ζούμε, υπάρχει ταυτόχρονα και αύξηση της πολυπλοκότητας, της τάξης και της οργάνωσης. Η φυσική τάση αύξησης της εντροπίας (της αταξίας και της τελικής αποσύνθεσης) αντιστρέφεται με παροχή ενέργειας στον οργανισμό και ελάττωση της εντροπίας του (αύξηση της αρνητικής εντροπίας, negentropy [4]). Η ροή της ενέργειας σε ένα σύστημα δρα και οργανώνει το σύστημα, και η ζωή διατηρείται με παροχή και δαπάνη ενέργειας.

Τι γνωρίζουμε, λοιπόν, επιστημονικά για την ενέργεια; Γνωρίζουμε ότι στην αρχή του σύμπαντος όλα ήταν ενέργεια· ότι η ενέργεια υπάρχει σε πολλές μορφές· ότι οι μετασχηματισμοί της ενέργειας μεταξύ των μορφών της είναι οι φορείς της αέναης αλλαγής. Γνωρίζουμε ακόμη ότι η τάξη και η οργάνωση οδηγούν σε νέες μοριακές δομές, που διατηρούνται όταν παρέχεται ενέργεια στο σύστημα και κάνει δυνατή την κίνησή του ενάντια στην αύξηση της εντροπίας· γνωρίζουμε ότι οι ενεργειακοί μετασχηματισμοί οι οποίοι υποστηρίζουν τη ζωή συνιστούν απειροελάχιστο ποσοστό των ασύλληπτων ποσοτήτων ενέργειας στο Σύμπαν.

Προφανώς, υπάρχουν μορφές της ενέργειας που τα σημερινά όργανα της επιστήμης δεν μπορούν να ανιχνεύσουν. Και ίσως υπάρχουν, ακόμη, άλλες μορφές ενέργειας που σχετίζονται με τους ζώντες οργανισμούς για τις οποίες η επιστήμη δεν ομιλεί.

Κάθε μετασχηματισμός της ενέργειας απαιτεί ενέργεια. Για να πάρει κανείς την ενέργεια που επιθυμεί από ένα σύστημα, λ.χ. ηλεκτρική ενέργεια από ένα εργοστάσιο που καίει κάρβουνο, απαιτείται να δαπανήσει περισσότερη ενέργεια υπό μορφή χημικής ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στο κάρβουνο, από την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει. Για τη συγκεκριμένη μορφή ενέργειας που επιθυμεί κανείς να έχει, πληρώνει με άλλη μορφή ενέργειας. Το κατάλοιπο όλων των μετασχηματισμών της ενέργειας είναι «χαμηλής ποιότητας» ενέργεια, συνήθως υπό μορφή θερμότητας.

Σήμερα, σε κάθε χώρα, η ενέργεια είναι η βάση της επιστημονικής τεχνολογίας. Ιδιαίτερα η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διαμορφωθεί καταλλήλως, ώστε να πάρει διάφορες ειδικά εξελιγμένες μορφές που απαιτούνται για τη λειτουργία σύγχρονων τεχνολογιών, για παράδειγμα, στους παλμικούς λέιζερ, στους υπολογιστές, στις επιστήμες της πληροφορικής και του διαδικτύου. Κάθε τεχνολογία βασίζεται στη διαθεσιμότητα ενέργειας ειδικής μορφής, και κάθε τεχνολογία που δύναται να επιτευχθεί θα επιτευχθεί *εφόσον υπάρχει ενέργεια στην κατάλληλη μορφή που απαιτείται.*

3. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΙΝΑΙ ΒΑΣΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Η ενέργεια έχει διαδραματίσει βασικό ρόλο στην εξέλιξη της κοινωνίας και την ανάπτυξη του πολιτισμού [5]. Ο άνθρωπος χρησιμοποίησε κάθε πηγή ενέργειας που ανακάλυψε, και ο σύγχρονος πολιτισμός ιδιαίτερα στηρίζεται στην ενέργεια. Μερικά από τα πλέον διακριτά χαρακτηριστικά του, όπως η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της Γης και του πληθυσμού των πόλεων, η υψηλή κατανάλωση ενέργειας, η ανθρωπογενής επίδραση στο περιβάλλον και το κλίμα, η κοινωνική πολυπλοκότητα και το χάσμα μεταξύ των πλούσιων και των φτωχών περιοχών του κόσμου, σχετίζονται όλα άμεσα με την ενέργεια [5, 6].

Η εξέλιξη της κοινωνίας και του πολιτισμού προσομοιάζουν την ικανότητα του ανθρώπου να ανακαλύψει και να χρησιμοποιήσει προς όφελός του νέες πηγές ενέργειας. Στο μέλλον ο πολιτισμός θα εξαρτάται ακόμη περισσότερο από την ενέργεια. Η αποκλίνουσα ανάγκη της κοινωνίας για περισσότερη ενέργεια δεν είναι εύκολο να ικανοποιηθεί. *Βιώσιμος πολιτισμός χρειάζεται βιώσιμη ανάπτυξη και βιώσιμη ανάπτυξη χρειάζεται βιώσιμες ενεργειακές πηγές — πηγές ενέργειας οι οποίες είναι περιβαλλοντικά φιλικές, οικονομικά προσιτές, επεκτείνονται στο μέλλον και στηρίζουν τη ζωή σε βάθος χρόνου.*

Είναι γεγονός ότι οι κύριες ενεργειακές πηγές στη διάθεση του ανθρώπου σήμερα —το κάρβουνο, το πετρέλαιο, το Φυσικό Αέριο (ΦΑ) και το ουράνιο— παρουσιάζουν σοβαρά περιβαλλοντικά και άλλα προβλήματα. Εντούτοις η χρήση των πηγών αυτών προβλέπεται να συνεχίσει στο μέλλον, λόγω κυρίως των ενεργειακών αναγκών των αναπτυσσόμενων χωρών. Το βασικό ερώτημα, επομένως, παραμένει οξύ: *πώς θα μπορέσει η ανθρωπότητα να ικανοποιήσει τις τεράστιες ενεργειακές της ανάγκες χωρίς να τεθεί σε κίνδυνο η υγεία του Πλανήτη; Πώς πρέπει να ενεργήσει ώστε η κλιματική αλλαγή να μην εξελιχθεί σε κλιματική κρίση;*

Είναι, κατά συνέπεια, προφανές ότι το μέλλον του πολιτισμού θα εξαρτηθεί όχι μόνον από τα συνολικά ποσά ενέργειας που θα έχει στη διάθεσή της η ανθρωπότητα, αλλά και από το πώς θα κατανέμεται αυτή η ενέργεια μεταξύ των λαών της Γης και από το πώς θα χρησιμοποιείται από αυτούς – η δεύτερη μάλιστα παράμετρος ίσως είναι σπουδαιότερη από την πρώτη. *Η πρόσβαση στην ενέργεια θα αναγνωρισθεί σταδιακά ως ανθρώπινο δικαίωμα και ως ηθική υποχρέωση του πολιτισμού.*

Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν [7] ότι όσο περισσότερη ενέργεια έχει στη διάθεσή της και χρησιμοποιεί μια κοινωνία, τόσο πιο πολύπλοκη είναι. Επομένως, όταν η ποσότητα της ενέργειας που έχει στη διάθεσή της και χρησιμοποιεί μια κοινωνία ελαττωθεί, ή όταν η ποσότητα της ενέργειας που διαθέτει σταματήσει να αυξάνεται, ενώ οι ενεργειακές της ανάγκες εντείνονται, αυτή η κοινωνία θα βρεθεί σε κίνδυνο εάν αποτύχει να εξασφαλίσει νέες πηγές ενέργειας, ή εάν δεν κατορθώσει να χρησιμοποιήσει πιο αποδοτικά την ενέργεια που διαθέτει.

Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα του σύγχρονου πολιτισμού τον καθιστά εύθραυστο και λειτουργικά ευπρόσβλητο. Η λειτουργικότητά του εξαρτάται απολύτως από την ομαλή λειτουργία μιας πληθώρας σύνθετων/πολυδιάστατων και διασυνδεδεμένων συστημάτων που τον υποστηρίζουν και που όλα βασίζονται στην ενέργεια. Αρκεί η απενεργοποίηση μερικών από αυτά για να καταστραφεί η λειτουργία του όλου συστήματος. *Εύλογα, επομένως, συνάγεται το συμπέρασμα ότι η βιωσιμότητα του σύγχρονου πολιτισμού κινδυνεύει χωρίς νέες, τεράστιες ποσότητες ενέργειας.*

4. Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΙΝΑΙ ΒΑΣΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Όπως ήδη ανέφερα, πάνω από κάθε άλλη μορφή ενέργειας βρίσκεται η ηλεκτρική, η οποία αποτελεί το θεμέλιο του σύγχρονου πολιτισμού. Κυρίως κατά τα τελευταία 70 χρόνια, υπάρχει σαφής και μονοσήμαντη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ) μιας χώρας. Το ΑΕΠ μιας χώρας αυξάνεται ανάλογα με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τη χώρα αυτή. Η συσχέτιση είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακή για τις ΗΠΑ [8, 9]. Κατά συνέπεια, σήμερα η παγκόσμια κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου πέντε (5) φορές μεγαλύτερη από ό,τι ήταν πριν από περίπου 70 χρόνια.

Σήμερα όλες οι χώρες αναζητούν συνεχώς περισσότερη ενέργεια, κυρίως ηλεκτρική. Αυτό απαιτεί η διατήρηση και η επέκταση του πολιτισμού. Ανάλογα με το είδος των ενεργειακών πηγών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η παραγωγή της είναι *συνεχής* (από πηγές πάντοτε διαθέσιμες, όπως στην περίπτωση των ορυκτών και των πυρηνικών καυσίμων), *ελαστική* (από πηγές διαθέσιμες κατ' επιλογήν, όπως στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ΥΗΣ), και *δισεπαρμένη και στοχαστική* όταν παράγεται από ηλιακά και κυρίως από αιολικά συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Για τις στοχαστικές ΑΠΕ χρειάζεται αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας και έξυπνα δίκτυα, ώστε πάντοτε να παράγεται ενέργεια και να μεταφέρεται όπου χρειάζεται. Η αποθήκευση

ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις αυτές καθίσταται βασική προϋπόθεση *αποτελεσματικής* χρήσης ΑΠΕ μεγάλης στοχαστικότητας. Μεγάλο ποσοστό στοχαστικής ηλεκτρικής ενέργειας (20%-30%) στο δίκτυο προκαλεί αστάθεια και περιορίζει το ποσοστό των ΑΠΕ στο δίκτυο. Η εκμετάλλευση και η επικράτηση των ΑΠΕ προϋποθέτει αξιόπιστες και οικονομικά προσιτές λύσεις στο πρόβλημα του συγχρονισμού της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από διεσπαρμένες και ασυνεχείς πηγές με τη μεταβλητή κατανάλωση.

Υπάρχουν πολλές επιλογές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων συμβατικών μπαταριών και υδροηλεκτρικών έργων με αντλησιοταμίευση. Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση υδροηλεκτρικών έργων με αντλησιοταμίευση είναι σήμερα η επικρατέστερη παγκοσμίως.

Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί χωρίς μεγάλο κόστος ως θερμότητα, και η αφαλάτωση μπορεί να αποτελέσει έναν ακόμη τρόπο αποθήκευσης ενέργειας. *Ίσως η μέγιστη πρόκληση στις ΑΠΕ αφορά τη χρήση τους για παραγωγή αποθηκεύσιμων καυσίμων.* Ελπίζουμε ότι μέχρι το 2050 οι ΑΠΕ θα είναι οι επικρατέστερες πηγές ενέργειας σε μεγάλο μέρος του κόσμου. Αυτό ωστόσο δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη δυνατότητα αποτελεσματικής αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια από τις ΑΠΕ, αντί να απορρίπτεται, μπορεί να μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας για αποθήκευση και ακολούθως να μετατραπεί πάλι σε ηλεκτρική ενέργεια για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων, λ.χ. αμμωνίας, μεθανίου κ.ά.

Συνάγεται έτσι το συμπέρασμα ότι ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας πρέπει να αποτελέσει αναπόσπαστο στοιχείο κάθε συστήματος ΑΠΕ.

5. ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η καθαρή, ασφαλής και οικονομικά προσιτή ενέργεια είναι μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις για τη σημερινή κοινωνία. Κάθε πρωτογενής πηγή ενέργειας σήμερα –ορυκτά καύσιμα, ΑΠΕ, πυρηνικά καύσιμα– και κάθε αναδυόμενο ενεργειακό μείγμα των πηγών αυτών έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Η κάθε μορφή πρωτογενούς ενέργειας έχει το κόστος και την επικινδυνότητά της. Η δυνατή συνεισφορά τους στις ενεργειακές ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας και οι αντίστοιχες περιβαλλοντικές/κλιματικές επιπτώσεις τους διαφέρουν. Όλες όμως παράγουν ανεπιθύμητα υποπροϊόντα και όλες στηρίζονται στη χρήση κατάλληλων υλικών για να γίνουν πιο αποτελεσματικές και λιγότερο επιβλαβείς. Η επιστημονική/τεχνολογική πρόκληση για την ανθρωπότητα είναι, επομένως, να εφεύρει τρόπους μείωσης των επιβλαβών υποπροϊόντων τους και, ακόμη, να τα χρησιμοποιήσει για να παραγάγει κάτι χρήσιμο.

Ορυκτά καύσιμα (κυρίως κάρβουνο, πετρέλαιο και ΦΑ): Το πλέον κρίσιμο στοιχείο σχετικά με τα ορυκτά καύσιμα σήμερα είναι το γεγονός ότι περίπου 80% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών προέρχεται από τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Η καύση των ορυκτών καυσίμων, κυρίως του κάρβουνου, είναι η πλέον επιβλαβής για το περιβάλλον και την υγεία. Εντούτοις η χρήση του κάρβουνου αναμένεται να συνεχιστεί, και μάλιστα ίσως και να αυξηθεί, λόγω της παγκόσμιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και λόγω των τεράστιων αποθεμάτων και του χαμηλού κόστους του κάρβουνου σε σύγκριση με άλλα καύσιμα. *Η σημαντική χρήση του κάρβουνου στο μέλλον δεν συνάδει με τις προσπάθειες σταθεροποίησης των συγκεντρώσεων του CO₂ και των άλλων αερίων*

του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, και εγκυμονεί μη αποδεκτούς κινδύνους για την κλιματική αλλαγή.

Είναι προφανές ότι απαιτούνται νέες, πιο αποτελεσματικές και πιο καθαρές τεχνολογίες για την καλύτερη καύση ορυκτών καυσίμων, αποτελεσματική σύλληψη, αποθήκευση και χρήση του CO₂, καθώς και αντικατάσταση του πετρελαίου με άλλες πηγές ενέργειας.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) (κυρίως τα υδροηλεκτρικά, τα ηλιακά, τα αιολικά, τα γεωθερμικά συστήματα και η βιομάζα): Οι πηγές αυτές είναι πιο καθαρές από τα ορυκτά καύσιμα, είναι όμως περισσότερο διεσπαρμένες και μερικές ιδιαίτερα στοχαστικές. Πρέπει να επεκταθούν σε μαζική κλίμακα διεθνώς, και αυτό απαιτεί οικονομικά εφικτούς τρόπους αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα, και συχνά την αποτελεσματική μεταφορά της σε μεγάλες αποστάσεις. Τα Υ/Η έργα είναι η πλέον ουσιώδης ΑΠΕ και συνεισφέρει σήμερα ~ 16% της συνολικής παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας.

Το ενεργειακό μείγμα διαφέρει από χώρα σε χώρα και επίσης διαφέρει το ποσοστό των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα, καθώς και η ανάγκη αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση των ΑΠΕ έχει ως αποτέλεσμα η οικονομία μιας χώρας να εξαρτάται ολοένα και περισσότερο από την ηλεκτρική ενέργεια, με τα ορυκτά καύσιμα να περνούν σε δεύτερη μοίρα. Η ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια σταδιακά αντικαθιστά τα υγρά και τα αέρια καύσιμα στις μεταφορές.

Η μεγαλύτερη όμως πρόκληση στις ΑΠΕ παραμένει η παραγωγή αποθηκεύσιμων καυσίμων.

Υπογραμμίζεται ότι οι μεγάλες αιολικές εγκαταστάσεις έχουν εξαιρετικά υψηλές ανάγκες χώρου, η βιομάζα είναι χαμηλής αποδοτικότητας ΑΠΕ, παρά το ότι τα βιοκαύσιμα είναι σημαντικά στη σύγχρονη κοινωνία, κυρίως στις μεταφορές, η γεωθερμική ενέργεια είναι σημαντική και συνεχώς διαθέσιμη ΑΠΕ, και το φως του ήλιου είναι η σημαντικότερη πηγή ενέργειας ελεύθερη από άνθρακα, στην οποία στηρίζονται πολλές τεχνολογίες ΑΠΕ.

Πυρηνική ενέργεια από την πυρηνική σχάση: Η ηλεκτρική ενέργεια από τους πυρηνικούς αντιδραστήρες προέρχεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τη σχάση του πυρήνα του ουρανίου, και ένα πολύ μικρό ποσοστό από τη χρήση του πλουτωνίου και του θορίου Th₂₃₂. Το 2010 τα πυρηνικά εργοστάσια παρήγαγαν 13% της συνολικής παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας, ποσοστό χαμηλότερο από το 18% το 1996.

Η ηλεκτρική ενέργεια από την πυρηνική σχάση είναι μέρος του ενεργειακού μείγματος πολλών χωρών· είναι σημαντική και λόγω της χαμηλής εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την πυρηνική σχάση **όμως** δεν έγινε ευρύτερα αποδεκτή από την κοινωνία, της οποίας οι κύριοι φόβοι συνδέονται με την ασφάλεια των πυρηνικών αντιδραστήρων, την ασφαλή διαχείριση των πυρηνικών καταλοίπων, και τον κίνδυνο διασποράς πυρηνικών υλικών και όπλων.

Δέον να σημειωθεί ότι η ασφάλεια της τελευταίας γενιάς πυρηνικών αντιδραστήρων βελτιώθηκε σημαντικά, ο διεθνής έλεγχος όλων των πυρηνικών αντιδραστήρων ισχύος έχει αυξηθεί και η διαχείριση των πυρηνικών καταλοίπων έγινε καλύτερη· παραμένει όμως το

πρόβλημα της μόνιμης εναπόθεσης των πυρηνικών αποβλήτων. Επίσης, μελετώνται εναλλακτικά πυρηνικά καύσιμα για τη μείωση της παραγωγής πλουτωνίου, επί παραδείγματι με αναγεννητικούς πυρηνικούς αντιδραστήρες που χρησιμοποιούν φυσικό μη σχάσιμο θόριο Th^{232} . Δεκάδες νέοι πυρηνικοί αντιδραστήρες είναι υπό κατασκευή σε διάφορες χώρες του κόσμου (λ.χ. στην Ινδία, την Κίνα και τη Ρωσία) [10].

Δεν υπάρχουν σε λειτουργία σήμερα αναγεννητικοί αντιδραστήρες σε καμία χώρα.

Πυρηνική ενέργεια από πυρηνική σύντηξη. Δυστυχώς, *ελεγχόμενη* πυρηνική σύντηξη ως χρήσιμη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν έχει ακόμη επιτευχθεί. Η πυρηνική ενέργεια από τη σύντηξη ισοτόπων του ατόμου του υδρογόνου, για παράδειγμα του δευτερίου και του τρίτιου, είναι πρακτικά ανεξάντλητη. Παρά τις τεχνολογικές δυσκολίες [5], πιστεύεται ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ελεγχόμενη πυρηνική σύνταξη θα καταστεί πραγματικότητα μια μέρα και ενέχει όλα τα χαρακτηριστικά μιας βιώσιμης πηγής ενέργειας, ικανής να ανταποκριθεί στις ενεργειακές ανάγκες της διευρυνόμενης παγκόσμιας βιομηχανικής βάσης του σύγχρονου πολιτισμού.

Πέραν από τις σημερινές πηγές ενέργειας: Στο μέλλον, η ανθρωπότητα ίσως ανακαλύψει νέες μορφές ενέργειας και νέες πηγές ενέργειας, νέες πηγές των γνωστών μορφών ενέργειας, και νέες τεχνολογίες πρόσβασης στις υπάρχουσες μορφές ενέργειας.

Πολλοί έχουν υποστηρίξει ότι στο μέλλον οι έρημες περιοχές της Γης ίσως αντικαταστήσουν τις πετρελαιοπηγές της ανθρωπότητας. Ίσως ακόμη η ανθρωπότητα επιχειρήσει να διαχειριστεί την ηλιακή ακτινοβολία στο διάστημα πριν φθάσει στην επιφάνεια της Γης [11], και ίσως, επί πλέον, επιχειρήσει να αναπτύξει άλλου είδους ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [12], καλλιεργώντας, π.χ., βιομάζα σε άγονες περιοχές με την αξιοποίηση θαλασσινού νερού. Και ο ωκεανός παραμένει μια τεράστια δεξαμενή ενέργειας. Όντως, ποιος θα μπορούσε να αποκλείσει την ανακάλυψη νέων μορφών και πηγών ενέργειας, ή νέων τεχνολογιών αποτελεσματικότερης χρήσης της ενέργειας;

Όσο ο πολιτισμός εξελίσσεται, τόσο θα στηρίζεται στην ενέργεια και θα εξαρτάται σε κρίσιμο βαθμό από τη λειτουργικότητα της βιομηχανικής του βάσης. Πιστεύω, λοιπόν, ότι στο μέλλον η αντίληψή μας για την ενέργεια θα είναι πολύ διαφορετική από ό,τι σήμερα. Θα μάθουμε να καταναλώνουμε ενέργεια φειδωλά και διαφορετικά, να ταξιδεύουμε διαφορετικά, να παράγουμε τρόφιμα διαφορετικά, να σχεδιάζουμε τις οικονομίες μας διαφορετικά, να κτίζουμε τις πόλεις μας διαφορετικά, να μεταφέρουμε και να διανέμουμε την ηλεκτρική ενέργεια διαφορετικά, κατά τρόπο ανάλογο εκείνου του Διαδικτύου, και να έχουμε διαφορετική αντίληψη για το μέγεθος του πληθυσμού της Γης και τις καταναλωτικές ανάγκες του.

Στο μέλλον, κυρίες και κύριοι, η ισορροπία μεταξύ των ενεργειακών αναγκών της κοινωνίας και της υπεύθυνης διαχείρισης των συνεπειών της παραγωγής και της χρήσης της ενέργειας θα καταστεί πολυδιάστατη κοινή ευθύνη.

6. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΦΤΩΧΕΙΑ – Η ΗΘΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η διεύρυνση του χάσματος μεταξύ των πλούσιων και των φτωχών περιοχών της Γης αντανακλά τη μεταξύ τους υφιστάμενη διαφορά κατανάλωσης ενέργειας και την έλλειψη πρόσβασης από τους λαούς των φτωχών περιοχών της Γης σε σύγχρονες μορφές ενεργειακών υπηρεσιών και μορφών ενέργειας, ιδιαίτερα ηλεκτρικής ενέργειας. *Η φτώχεια των ανθρώπων στις φτωχές περιοχές της Γης είναι βασικά ενεργειακή φτώχεια.*

Σχεδόν όλα τα προβλήματα των φτωχών περιοχών της Γης σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με την ενέργεια. Για την εξαφάνιση της ενεργειακής φτώχειας και την εξασφάλιση αξιοπρεπούς ζωής για δισεκατομμύρια συνανθρώπους μας, πρέπει να εξαλείψουμε την ενεργειακή τους ανέχεια – και αυτό απαιτεί περισσότερη κατανάλωση ενέργειας.

Σήμερα υπολογίζεται [13] ότι 1,5 δισεκατομμύριο άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια και περίπου 2,5 δισεκατομμύρια στηρίζονται στην παραδοσιακή βιομάζα για μαγείρεμα και θέρμανση και έχουν εισοδήματα χαμηλότερα από \$2 τη μέρα. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών όρισε το έτος 2012 ως «Διεθνές Έτος για Βιώσιμη Ενέργεια για Όλους» (as the “International Year of Sustainable Energy for All” [14]) και άλλοι διεθνείς οργανισμοί, μεταξύ των οποίων η EU και η World Bank, εστίασαν την προσοχή τους στην ενεργειακή φτώχεια.

Η παροχή ηλεκτρισμού στις ενεργειακά φτωχές περιοχές της Γης είναι βασική πρόκληση του σύγχρονου πολιτισμού.

Πέρα από εκεί όπου φθάνουν τα συνηθισμένα ηλεκτρικά δίκτυα, υπάρχουν ευκαιρίες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (με μικρά υδροηλεκτρικά, αιολικά, γεωθερμιά, βιομάζα, και ιδιαίτερα ηλιακά συστήματα) και τη μεταφορά της με μικρά, αυτόνομα τοπικά δίκτυα. Οι μικρής κλίμακας ΑΠΕ συνιστούν την καλύτερη ευκαιρία για την εξάλειψη της ενεργειακής φτώχειας με την παροχή καθαρής ενέργειας απαλλαγμένης από αέρια του θερμοκηπίου.

Είναι, επομένως, μέγιστης σημασίας να μειωθεί το κόστος των Φωτοβολταϊκών (Φ/Β), των θερμικών ηλιακών, των ανεμογεννητριών και να αναπτυχθούν καλύτερες και οικονομικότερες τεχνολογίες παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας. Το Πρόγραμμα «Εξυπνα Χωριά» (“The Smart Villages Initiative”) σε περιοχές της Αφρικής, της Λατινικής Αμερικής και της Ασίας αποβλέπει στη δυνατότητα μικρών και απομακρυσμένων «έξυπνων» χωριών (Smart Villages), όπου οι άνθρωποι αγωνίζονται να έχουν πρόσβαση σε οικονομικά προσιτές, ασφαλείς και σύγχρονες μορφές και πηγές ενέργειας *για όλους* [15].

Η βασική πρόκληση, επομένως, είναι να εξασφαλιστεί οικονομικά προσιτή πρόσβαση σε αξιόπιστες σύγχρονες μορφές ενέργειας για όλους τους λαούς, και να επιτευχθεί αυτό σ' έναν κόσμο μεγάλης και αυξανόμενης κατανάλωσης ενέργειας και υψηλού κόστους. Η φτώχεια, κυρίες και κύριοι, στερεί από τον άνθρωπο την ελπίδα – και ο άνθρωπος πρέπει να έχει ελπίδα για να ζήσει ειρηνικά με τον συνάνθρωπό του.

7. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΕΝΑΝ ΒΙΩΣΙΜΟ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟ

Η ευημερία μιας κοινωνίας στο μέλλον θα εξαρτηθεί κατά κύριο λόγο από το πόσο επιτυχώς αντιμετωπίζει σήμερα δύο κεντρικές προκλήσεις:

- α) τη διασφάλιση του εφοδιασμού με αξιόπιστες και οικονομικά προσιτές πηγές ενέργειας, και*
- β) την επιτάχυνση σε ενεργειακά μείγματα χαμηλής περιεκτικότητας άνθρακα.*

Στο μέλλον, ο άνθρωπος θα χρειαστεί σοφία και θάρρος για να επιτύχει την πολύτιμη ισορροπία μεταξύ των περιορισμών που θα του επιβάλλει η κοινωνία προκειμένου να του εξασφαλίζει επαρκή ποσότητα ενέργειας. Θα χρειαστεί, επίσης, να επιδείξει σοφία και θάρρος και η Πολιτεία προκειμένου να σεβαστεί τα ανθρώπινα δικαιώματα, κυρίως την ελευθερία του ανθρώπου, χωρίς την οποία δεν νοείται πολιτισμός.

Ο σύγχρονος πολιτισμός, επομένως, πρέπει να αλλάξει για να επιζήσει. Δύο βασικά στοιχεία αυτής της αλλαγής είναι:

- α) η αποτελεσματική χρήση της επιστήμης και της τεχνολογίας για να ικανοποιηθούν οι ενεργειακές ανάγκες της κοινωνίας, και*
- β) η καθοδήγηση από τις πανανθρώπινες αξίες, για να διασφαλισθεί η ειρηνική συμβίωση των λαών της Γης κάτω από συνθήκες περιορισμένων πηγών ενέργειας.*

8. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

Πρέπει, ακόμη, να δώσουμε τη δέουσα προσοχή στην αύξηση της εξοικονόμησης ενέργειας και της ενεργειακής αποδοτικότητας. Είναι ανάγκη να βρούμε νέους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας.

Κυρίες και κύριοι, ***υπάρχει ενέργεια!*** Το πρόβλημα είναι ***πώς θα την μετατρέψουμε σε χρήσιμες μορφές.*** Η μετατροπή αυτή καθαυτήν χρειάζεται ενέργεια και γνώση. Χρειαζόμαστε:

- ***νέους, καλύτερους ενεργειακούς φορείς, λ.χ., εκτός από τα ηλεκτρόνια, φωτόνια, υδρογόνο, κυψέλες καυσίμων, κ.ά.,***
- ***νέες μορφές ενέργειας, η χρήση των οποίων να παράγει προϊόντα υψηλής αξίας,***
- ***νέες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων εκείνων από τη χρήση των αποβλήτων και της χαμηλής ποιότητας/«άχρηστης θερμότητας», και***
- ***νέα υλικά και νέες τεχνολογίες για αποτελεσματικότερη εξοικονόμηση ενέργειας και ενεργειακή αποδοτικότητα.***

9. ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ

Η ανθρωπότητα σήμερα εστιάζει τις προσπάθειές της στην «*απανθρακοποίηση*» των πηγών ενέργειας και επικεντρώνεται στη μετάβαση σε «*καθαρή ενέργεια*». Η πρόκληση αυτή είναι αδιάρρηκτα συνδεδεμένη με τη μείωση της επίδρασης της παραγωγής και της χρήσης της ενέργειας στο κλίμα και την ενεργειακή φτώχεια.

Η συνολική χρήση της ενέργειας παγκοσμίως αυξάνεται και *το παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα συνεχώς αλλάζει. Τα αποκεντρωμένα ηλεκτρικά συστήματα χαρακτηρίζονται σταδιακά από διεσπαρμένες μονάδες ΑΠΕ.*

Ο ηλεκτρισμός και το ΦΑ θα επηρεαστούν από τις προκλήσεις στον τομέα των μεταφορών.

Ανεξαρτήτως από αυτές τις αλλαγές στο παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα, στις επόμενες δεκαετίες *θα συνεχιστεί η χρήση των ορυκτών καυσίμων κάρβουνου, πετρελαίου και ΦΑ, και εδώ ακριβώς έγκεινται το πρόβλημα και οι προκλήσεις.*

10. ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι κύριες ενεργειακές πηγές της Ελλάδος σήμερα είναι ο λιγνίτης, οι ΑΠΕ και η εξοικονόμηση ενέργειας. Στο ενεργειακό μείγμα της Ελλάδος, η χρήση του λιγνίτη ελαττώνεται, εκείνη των ΑΠΕ και του ΦΑ αυξάνεται, και του εισαγόμενου πετρελαίου συνεχίζει σε υψηλά επίπεδα.

Το ενεργειακό μείγμα της Ελλάδος αλλάζει: Απανθρακοποιείται. Ως εκ τούτου, αυξάνονται οι ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα *και γίνεται αποτελεσματική χρήση του ενεργειακού τομέα για να αποκτήσει η Ελλάδα τις αναγκαίες υποδομές*, όπως την αποθήκευση ενέργειας και τα έξυπνα δίκτυα.

Μεγάλες ποσότητες καυσαερίων εκπέμπονται στο περιβάλλον, λόγω κυρίως της χρήσης ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές, και αυτό απαιτεί χρήση εναλλακτικών καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στις μεταφορές.

Η χώρα μας πρέπει ακόμη να μειώσει σημαντικά το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι περίπου δύο φορές υψηλότερο του μέσου όρου του κόστους των χωρών μελών της ΕΕ.

Η χώρα μας, κυρίες και κύριοι, έχει, επίσης, καθήκον να καταβάλει κάθε δυνατή προσπάθεια να αξιοποιήσει υπεύθυνα και δυναμικά τα δικά της πλούσια κοιτάσματα Υ/Α, κυρίως του ΦΑ.

11. ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟΕΔΡΙΑΣ ΤΟ 2021

Κλείνοντας, επιθυμώ να αναφέρω τα εξής:

1. Η Επιτροπή Ενέργειας της Ακαδημίας Αθηνών, εδώ και 17 χρόνια, ασχολείται συστηματικά, εντατικά και ανιδιοτελώς με τα ενεργειακά θέματα της Ελλάδος και πληροφορεί τον Έλληνα πολίτη και την Ηγεσία της χώρας για πλήθος ενεργειακών ζητημάτων και αναγκών της χώρας μας. Πρόσφατα, η Επιτροπή Ενέργειας δημοσιοποίησε τις απόψεις και τις θέσεις της για την απολιγνιτοποίηση της Ελλάδος, έργο για το οποίο η Ακαδημία την ευχαριστεί ιδιαίτερα.
2. Σε ό,τι αφορά τα θεμελιακά επιστημονικά ερωτήματα που σχετίζονται με την ενέργεια, όπως περίληπτικά τα εξέθεσα στην αρχή της ομιλίας μου, αυτά αναμφισβήτητα θα συνεχίσουν να υφίστανται. Ίσως μάλιστα να επεκταθούν και πέραν του φυσικού κόσμου της ενέργειας, σε ερωτήματα που σχετίζονται με την ενέργεια, στα οποία όμως η επαγωγική μέθοδος της Φυσικής επιστήμης αδυνατεί προς το παρόν να ανταποκριθεί ικανοποιητικά.

3. Μερικές από τις Πρωτοβουλίες της Προεδρίας το 2021

1. Ημερίδες

- «Ενεργειακή Αυτοδυναμία της Ελλάδος».
- «Απόδημος Ελληνισμός (Η ιστορία, το έργο και η προσφορά του στην Ελλάδα)».
- «Διάλογοι μεταξύ των Θετικών και των Ανθρωπιστικών Επιστημών και της Κοινωνίας».
- «Θέματα Δημόσιας Υγείας (Μαθήματα από την πανδημία του COVID-19)».

2. Άνοιγμα της Ακαδημίας προς την Ελληνική Κοινωνία

- *Ενεργός συμμετοχή της Ακαδημίας σε κοινωνικά θέματα.*
- *Εορτασμός για τα 200 χρόνια από την έναρξη της Ελληνικής Επανάστασης.*
- *Επιαναφορά των «Διαλέξεων της Τρίτης».*

3. Σεβασμός στην εφαρμογή των νόμων, των κανονισμών και του έθους της Ακαδημίας

4. Πρωταρχικό καθήκον ΟΛΩΝ: η εξομάλυνση της λειτουργίας της Ακαδημίας και η προβολή του έργου του Ανώτατου Πνευματικού Ιδρύματος της Ελλάδος

Κυρίες και κύριοι Συνάδελφοι,

Έχουμε όλοι καθήκον να εργαστούμε μαζί, ενωμένοι, και να συνεργαστούμε παρά τις όποιες τυχόν διαφορές μας. Αυτό ζητά από όλους μας το Ανώτατο Πνευματικό Ίδρυμα της Ελλάδος.

Σας ευχαριστώ.

12. ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ ΚΑΙ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- [1] Άπαντα Αριστοτέλους, *Ηθικά Νικομάχεια*, Εκδόσεις Ωφελίμου Βιβλίου, Αθήνα 1979, Α, 425-442. Aristotle.
- [2] The concept of energy in its modern sense was introduced into science by Thomas Young in 1807.
www.energy-fundamentals.eu/01.htm
[http://www.eoht.info/page/Thomas+ Young](http://www.eoht.info/page/Thomas+Young)
- [3] SMITH, C., *The Science of Energy. A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain*, The University of Chicago Press, Chicago 1998, 8.
- [4] SCHRÖDINGER, E., *What is Life?*, Cambridge University Press, Cambridge 1967, 70-73.
- [5] CHRISTOPHOROU, L. G., *Energy and Civilization*, The Academy of Athens, Athens 2011.
- [6] ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΥ, Α. Γ., *Ενέργεια και Πολιτισμός, Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών*, 85 Α', Αθήνα 2010, 205-228.
- [7] SMIL, V., *Energy in World History*, Westview Press, Boulder, CO 1994; DEBEIR, J.-C. – DELÉAGE, J.-P. – HÉMERY, D., *In the Servitude of Power: Energy and Civilization Through the Ages* (translated by J. Barzman), Zed Books, London 1991.
- [8] ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΥ, Α. Γ., *Βήματα στην Επιστήμη και τη Ζωή*, Σύλλογος προς Διάδοσιν Ωφελίμων Βιβλίων, Αθήνα 2009, 45.
- [9] GIBBONS, J. H. – BLAIR, P. D, US Energy Transition: On Getting from Here to There, *Physics Today*, 44, 7, July 1991, 20-30.
- [10] CHRISTOPHOROU, L. G., *Energy and Civilization*, Academy of Athens, Athens 2011.
Επιτροπή Ενέργειας της Ακαδημίας Αθηνών, *Πυρηνική Ενέργεια και Ενεργειακές Ανάγκες της Ελλάδος*, Αθήνα 2009.
International Atomic Energy Agency, *Energy, Electricity, and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2020*, Reference Data Series 1, July 2002.
- [11] The Royal Society, *Geoengineering the Climate*, September 2009.
- [12] SMITH, K. K., *Powering our Future*, Alternative Energy Institute, iUniverse, Inc., New York 2005.
- [13] SAGHIR, J., *Energy and Poverty: Myths, Links, and Policy Issues*, Energy Working Notes, 4, May 2008; International Energy Agency, *Energy Poverty. How to make modern energy access universal?*, OECD/IEA, September 2010.
- [14] International Year of Sustainable Energy for All, 2012, Report of the Secretary General, United Nations General Assembly, 16 August 2012; BIROL, F. – BREW-HAMMOND, A., *Sustainable Energy for All*, Technical Report of Task Force 1, United Nations, April 2012.
- [15] HEAP, B., *Smart Villages: New thinking for off-grid communities worldwide*, Banson, Cambridge 2015.