

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ**



**Όνομα: ΝΤΙΛΑΒΕΡ  
Επώνυμο: ΜΠΕΚΗΡ ΟΥΣΤΑ  
ΑΜ:42756**

**Επιβλέπων καθηγητής: ΤΣΟΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ**



## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Τσολάκη Αντώνιο για όλα την υποστήριξη που μου παρείχε καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για όλη την υποστήριξη που μου παρείχαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

## Πρόλογος

Στην παρούσα εργασία μελετάται η εξέλιξη των υβριδικών αυτοκινήτων, καθώς και πως γιατί και από που ξεκίνησε η ανάπτυξη τους.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εκτενείς αναφορά στην προϊστορία των αυτοκινήτων και πως αυτά επηρέασαν τις μελλοντικές εξελίξεις.

Στο κεφάλαιο δύο παρουσιάζονται αναλυτικά οι τύποι των υβριδικών αυτοκινήτων, η διαμόρφωση του κινητήριου συστήματος, η οδική ασφάλεια για πεζούς και ποδηλάτες καθώς και τα περιβαντολλογικά θέματα που υπάρχουν.

Στο κεφάλαιο τρία παρουσιάζονται οι μηχανισμοί ζεύξης που συναντάμε στα υβριδικά αυτοκίνητα και αναλύονται αναλυτικά ποιοί είναι και πως λειτουργούν.

Στο κεφάλαιο τέσσερα γίνεται εκτενείς αναφορά σε ένα από τα πιο σημαντικά και αμφισβητούμενα μέρη ενός υβριδικού αυτοκινήτου που είναι οι μπαταρίες που φέρει. Αναφέρονται διάφορες μπαταρίες, γίνεται λόγος για την ασφάλεια σε αυτές και συζητείται αν οι μπαταρίες Lion είναι το μέλλον.

Στο κεφάλαιο πέμπτο γίνεται αναφορά για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που κυριαρχούν στην Ευρώπη. Τα 10 πιο εμπορικά ηλεκτρικά-υβριδικά αυτοκίνητα στον κόσμο και επίσης γίνεται αναφορά η ελληνική αγορά. Παρουσιάζονται επίσης η αγορά των υβριδικών αυτοκινήτων στις ΗΠΑ και στην Ασία.

Στο κεφάλαιο έκτο παρουσιάζονται οι επιπτώσεις των υβριδικών-ηλεκτρικών στο περιβάλλον. Αναλύονται τα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα, η ατμοσφαιρική ρύπανση σε διάφορες χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής.

Στο κεφάλαιο έβδομο γίνεται μελέτη για το μέλλον των υβριδικών αυτοκινήτων και της τεχνολογίας αυτής.

Τέλος στο κεφάλαιο όγδοο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εργασία και η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της.

## **Abstract**

In this thesis we study the development of hybrid cars, as well as why and from which their development began.

In the first chapter there is an extensive reference to the prehistory of cars and how these have influenced future developments.

In chapter two are presented the types of hybrid cars, the configuration of the drive system, the road safety for pedestrians and cyclists well as the environmental issues that exist.

In chapter three we present the coupling mechanisms we encounter in hybrid cars and analyze in detail who they are and how they work.

Chapter four makes extensive reference to one of the most important and controversial parts of a hybrid car that is the batteries it carries. Several batteries are mentioned, there is talk about safety in them and it is discussed whether the Lion batteries are the future.

In chapter five there is a reference to the electric machines that dominate Europe. The 10 most commercial electric-hybrid cars in the world and also refers to the Greek market. There is also a market for hybrid cars in America and Asia.

Chapter six presents the effects of hybrid-electric on the environment. We analyze the merits, atmospheric pollution in various countries in Europe and America.

In the seventh chapter there is a study on the future of hybrid cars and this technology.

Finally, chapter eight presents the conclusions that have emerged from the work and the bibliography used to implement it.

Εικόνα 1: Ένα υβριδικό λεωφορείο στο Μόντρεαλ του Καναδά.....	11
Εικόνα 2: Bus Rapid Transit του Metz, ένα υβριδικό σύστημα κίνησης ντίζελ-ηλεκτρικό από τον Van Hool.....	12
Εικόνα 3: Ανατολική Ιαπωνία Εταιρεία Σιδηροδρόμων HB-E300 σειρά.....	14
Εικόνα 4: GMC Yukon υβριδική έκδοση.....	15
Εικόνα 5: Hybrid Optare Solo.....	18
Εικόνα 6: Ford Escape Plug-in Hybrid με ευέλικτη ικανότητα καυσίμου για λειτουργία με E85 (αιθανόλη).....	20
Εικόνα 7: Chrysler minivan, petro-hydraulic hybrid.....	21
Εικόνα 8: Peugeot 2008 HYbrid air/hydraulic concept car.....	23
Εικόνα 9: Peugeot 2008 Hybrid air/hydraulic cutaway.....	24
Εικόνα 10: Honda Insight, Mild Parallel Hybrid.....	25
Εικόνα 11: Toyota Prius, series-parallel hybrid.....	25
Εικόνα 12: Honda Insight, Mild Parallel Hybrid.....	26
Εικόνα 13: Ford Escape Hybrid, a series-parallel drivetrain.....	27
Εικόνα 14: Το Toyota Prius Prime διαθέτει μια ηλεκτρική σειρά 25 χιλιομέτρων (40 χιλιομέτρων).....	29
Εικόνα 15: Υβριδικό είναι ένα όχημα με δύο πηγές κινητήριας δύναμης.....	32
Εικόνα 16: Δομή ενός υβριδικού οχήματος σειράς.....	34
Εικόνα 17: Σχεδιάγραμμα ενός υβριδικού οχήματος σειράς.....	34
Εικόνα 18: Δομή ενός παράλληλου υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος.....	36
Εικόνα 19: Σχεδιάγραμμα ενός υβριδικού οχήματος σε παράλληλη λειτουργία.....	36
Εικόνα 20: Υβριδική κίνηση διαχωρισμού ισχύος.....	37
Εικόνα 21: Ηλεκτρικό σύστημα ενσωματωμένο στο σύστημα μετάδοσης κίνησης του οχήματος.....	38
Εικόνα 22: Το ηλεκτροκίνητο Fiesta της Ford.....	39
Εικόνα 23: Τομή ηλεκτρικού τροχού.....	40
Εικόνα 24: Σχηματική διάταξη εξαρτημάτων και πλεονεκτήματα του οχήματος.....	41
Εικόνα 25: Μπαταρία νικελίου-μετάλλου-υδριδίου ενός υβριδικού αυτοκινήτου της Toyota.....	42
Εικόνα 26: Πυκνότητες ενέργειας των κοινών χημικών συστοιχιών των μπαταριών.....	44
Εικόνα 27: Σύγκριση μπαταριών όσον αφορά την ειδική ενέργεια, ειδική ισχύ, ασφάλεια, απόδοση, διάρκεια ζωής και το κόστος.....	47
Εικόνα 28: Καθαρές θερμιδικές τιμές καυσίμων με αποδοτικότητα μετατροπής.....	50
Εικόνα 29: Υβριδικό αυτοκίνητο της Toyota.....	51
Εικόνα 30: Nissan Leaf.....	54
Εικόνα 31: Toyota hybrid.....	55
Εικόνα 32: Chevrolet Bolt.....	55
Εικόνα 33: SAIC.....	56
Εικόνα 34: Lynk & Co.....	57
Εικόνα 35: Volkswagen.....	58
Εικόνα 36: Tesla.....	58
Εικόνα 37: BMWi.....	59
Εικόνα 38: BAIC.....	60
Εικόνα 39: BYD.....	60
Εικόνα 40: Mitsubishi Space Star.....	63
Εικόνα 41: Honda Jazz.....	64
Εικόνα 42: Toyota Yaris HSD.....	65
Εικόνα 43: Honda Insight.....	65
Εικόνα 44: Toyota Prius.....	66
Εικόνα 45: Ιστορική εξέλιξη των πωλήσεων των υβριδικών αυτοκινήτων στις ΗΠΑ.....	68

Εικόνα 46: Γεωγραφική κατανομή πωλήσεων υβριδικών αυτοκινήτων στις ΗΠΑ.....	69
Εικόνα 47: Το ποσό που έχουν δαπανηθεί στην Ασία σε δισεκατομμύρια δολάρια από το 2016 και γίνεται εκτίμηση μέχρι το 2023.....	71
Εικόνα 48: Καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την πηγή ενέργειας.....	76
Εικόνα 49: Η αλλαγή από το 2009 στο 2012 το ποσοστό των Αμερικανών που ζουν σε περιοχές όπου τροφοδοτείται ένα ηλεκτρικό όχημα.....	80
Εικόνα 50: Το τουριστικό αυτοκίνητο Lohner-Porsche "Mixte" από το 1903.....	87
Εικόνα 51: Υβριδικό αυτοκίνητο.....	88
Εικόνα 52: Το ύψος της ιπποδύναμης που απαιτείται για την οδήγηση με σταθερή ταχύτητα και την επιτάχυνση.....	90

Πίνακας 1: Σύγκριση ενέργειας και κόστους πρωτογενών αλκαλικών κυττάρων.....	46
Πίνακας 2: Σύγκριση ενέργειας και κόστους με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες.....	46
Πίνακας 3: Πωλήσεις που είχαν για το 2018 κάθε χώρα μέρος της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	70
Πίνακας 4: Οι πωλήσεις που έγιναν σε Κορέα και Ιαπωνία σε υβριδικά αυτοκίνητα για το έτος 2017.....	72
Πίνακας 5: Σύγκριση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.....	76
Πίνακας 6: Τα βασικά αποτελέσματα για τέσσερις τεχνολογίες κινητήρα.....	83

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 .....	10
Εισαγωγή .....	10
1.1 Τύποι Οχημάτων .....	10
1.2 Βαρέα οχήματα .....	11
1.3 Σιδηροδρομικές μεταφορές .....	12
1.4 Οδικές μεταφορές, εμπορικά οχήματα .....	14
Κεφάλαιο 2 .....	17
2.1 Τύποι Μηχανών : Υβριδικά οχήματα με ηλεκτρικό πετρέλαιο .....	17
2.1.1 Συνεχής εξωτερικό φορτισμένο ηλεκτρικό όχημα (COREV) .....	18
2.2 Υβριδικό καύσιμο (διπλής λειτουργίας) .....	19
2.3 Fluid power hybrid .....	20
2.4 Petro-air hybrid .....	20
2.5 Petro-hydraulic hybrid .....	21
2.6 Διαμόρφωση κινητήριου συστήματος υβριδικού οχήματος .....	24
2.6.1 Παράλληλο υβρίδιο .....	24
2.6.2 Ήπιο παράλληλο υβρίδιο .....	25
2.7 Power-split or series-parallel hybrid .....	26
2.7.1 Σειρά υβριδίων .....	27
2.7.2 Plug-in υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (PHEV) .....	28
2.8 Οδική ασφάλεια για τους ποδηλάτες, τους πεζούς .....	29
2.9 Περιβαλλοντικά ζητήματα .....	30
2.9.1 Υβριδικές εκπομπές οχημάτων .....	31
Κεφάλαιο 3 Μηχανισμοί ζεύξης υβριδικών Αυτοκινήτων .....	32
3.1 Είδη και βασικές αρχές λειτουργίας συστημάτων μετάδοσης κίνησης. ....	32
3.3.1 Είδη και βασικές αρχές λειτουργίας συστημάτων μετάδοσης κίνησης .....	32
3.2 Σύστημα σε σειρά .....	33
3.3 Σύστημα σε παράλληλη λειτουργία .....	35
3.4 Υβριδικά διαχωρισμού ισχύος ή σε σειρά – Παράλληλα .....	36
3.5 Τεχνολογίες συστημάτων μετάδοσης κίνησης .....	37
Κεφάλαιο 4 Μπαταρίες .....	42
4.1 Ποια είναι η καλύτερη μπαταρία για το υβριδικό αυτοκίνητο; .....	42
4.2 Μπαταρίες κατά ορυκτών καυσίμων .....	45
4.3 Ισχύς από τις πρωτογενείς μπαταρίες .....	45
4.3.1 Ισχύς από δευτερεύουσες μπαταρίες .....	46
4.4 Είναι η Li-ion η λύση για το ηλεκτρικό-υβριδικό όχημα; .....	47
4.4.1 Ασφάλεια .....	48
4.5 Το μέλλον των μπαταριών .....	50



Κεφάλαιο 5 Τα υβριδικά αυτοκίνητα ανά τον κόσμο.....	51
5.1 Υβριδικά και ηλεκτρικά μοντέλα κυριαρχούν στην Ευρώπη.....	51
5.2 Τα 10 πιο εμπορικά ηλεκτρικά-υβριδικά αυτοκίνητα στον κόσμο σήμερα .....	53
5.3 Ελληνική αγορά των υβριδικών αυτοκινήτων και η τάση του κόσμου προς αυτά .....	61
5.4 Τιμές υβριδικών αυτοκινήτων.....	61
5.4.1 Τα 5 πιο οικονομικά υβριδικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα .....	62
5.5 Υβριδικά αυτοκίνητα στις ΗΠΑ.....	67
5.6 Υβριδικά αυτοκίνητα στην Ευρώπη.....	69
5.7 Υβριδικά αυτοκίνητα την Ασία .....	71
.....	72
Κεφάλαιο 6 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα ηλεκτρικού αυτοκινήτου .....	73
6.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	73
6.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε διάφορες χώρες .....	74
6.2.1 ΗΠΑ .....	75
6.2.2 Ηνωμένο Βασίλειο .....	80
6.2.3 Γερμανία.....	81
6.3.3 Γαλλία και το Βέλγιο .....	81
6.3 Πόσο ανακυκλώσιμα είναι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα; .....	84
Κεφάλαιο 7 Το μέλλον των υβριδικών αυτοκινήτων .....	87
7.1 Εισαγωγή.....	87
7.2 Το μέλλον των υβριδικών κινητήρων.....	89
Κεφάλαιο 8 Συμπεράσματα .....	91
Βιβλιογραφία .....	92

## Κεφάλαιο 1

### Εισαγωγή

Ένα υβριδικό όχημα χρησιμοποιεί δύο ή περισσότερους διαφορετικούς τύπους ισχύος, όπως κινητήρα εσωτερικής καύσης, για να οδηγήσει μια ηλεκτρική γεννήτρια που τροφοδοτεί έναν ηλεκτροκινητήρα, [1] π.χ. σε ντίζελ-ηλεκτρικά τρένα που χρησιμοποιούν κινητήρες ντίζελ για να οδηγήσουν μια ηλεκτρική γεννήτρια που τροφοδοτεί έναν ηλεκτροκινητήρα. Άλλα μέσα αποθήκευσης ενέργειας περιλαμβάνουν το υπό πίεση ρευστό σε υδραυλικά υβρίδια.

Η βασική αρχή με τα υβριδικά οχήματα είναι ότι οι διαφορετικοί κινητήρες λειτουργούν καλύτερα σε διαφορετικές ταχύτητες. Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι πιο αποδοτικός στην παραγωγή ροπής ή στην περιστροφή και η μηχανή καύσης είναι καλύτερη για τη διατήρηση της υψηλής ταχύτητας (καλύτερη από την τυπική ηλεκτρική μηχανή). Η μετάβαση από την μία στην άλλη στην κατάλληλη στιγμή, ενώ επιταχύνεται, αποφέρει κέρδος από την άποψη της ενεργειακής απόδοσης, γεγονός που μεταφράζεται σε μεγαλύτερη απόδοση καυσίμου, για παράδειγμα.

### 1.1 Τύποι Οχημάτων

Τα μοτοποδήλατα, τα ηλεκτρικά ποδήλατα και ακόμη και τα ηλεκτρικά σκούτερ είναι μια απλή μορφή υβριδικού, που τροφοδοτείται από κινητήρα εσωτερικής καύσης ή ηλεκτρικό μοτέρ και από τους μύς του αναβάτη. Οι πρώτες πρωτότυπες μοτοσυκλέτες στα τέλη του 19ου αιώνα χρησιμοποίησαν την ίδια αρχή.

Σε ένα παράλληλο υβριδικό ποδήλατο οι ροπές του ανθρώπου και του κινητήρα συνδέονται μηχανικά στο πεντάλ ή σε έναν από τους τροχούς, π.χ. χρησιμοποιώντας έναν κινητήρα πλήμνης, έναν κύλινδρο που πιέζει επάνω σε ένα ελαστικό ή μια σύνδεση με έναν τροχό χρησιμοποιώντας ένα στοιχείο μετάδοσης. Τα περισσότερα μοτοποδήλατα είναι αυτού του τύπου. [2]

Σε μια σειρά υβριδικών ποδηλάτων SHB (ένα είδος αλυσοπρίονου ποδηλάτου) ο χρήστης πεντάρει μια γεννήτρια, φορτίζει μια μπαταρία ή τροφοδοτεί τον κινητήρα, ο οποίος παρέχει όλη τη ροπή που απαιτείται. Είναι εμπορικά διαθέσιμα, είναι απλά στη θεωρία και την κατασκευή. [3]

Το πρώτο δημοσιευμένο πρωτότυπο ενός SHB είναι από τον Augustus Kinzel (US Patent 3'884'317) το 1975. Το 1994, ο Bernie Macdonalds συνέλαβε το Electrillite [4] SHB με ηλεκτρονικά ισχύος, επιτρέποντας την αναδρομική πέδηση και πετάλιση ενώ στάθηκε. Το 1995 ο Thomas Muller σχεδίασε και δημιούργησε ένα "Fahrrad mit elektromagnetischem Antrieb" για τη διπλωματική του εργασία. Το 1996 οι Jürg Blatter και Andreas Fuchs του Πανεπιστημίου Εφαρμοσμένων Επιστημών της Βέρνης δημιούργησαν ένα SHB και το 1998 τροποποίησαν ένα τρίκυκλο Leitra (Ευρωπαϊκό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας EP 1165188). Μέχρι το 2005 έχτισαν αρκετά πρωτότυπα TP και τρίκυκλα. [5] Το 1999 ο Harald Kutzke περιγράφει ένα "ενεργό ποδήλατο": ο στόχος είναι να προσεγγίσουμε το ιδανικό ποδήλατο που δεν ζυγίζει τίποτα και δεν έχει έλξη με ηλεκτρονική αντιστάθμιση.

Ένα υβριδικό ηλεκτρικό πετρελαιοκίνητο ποδήλατο (SHEPB) τροφοδοτείται από πεντάλ, μπαταρίες, γεννήτρια βενζίνης ή φορτιστή με βύσμα παρέχοντας ευελιξία και βελτιώσεις της εμβέλειας σε ποδήλατα μόνο ηλεκτρικά.

Ένα πρωτότυπο SHEPB που έγινε από τον David Kitson στην Αυστραλία [6] το 2014 χρησιμοποίησε έναν ελαφρύ ηλεκτροκινητήρα DC χωρίς ψήκτρες από έναν ηλεκτροκίνητο κινητήρα εσωτερικής καύσης και ένα τρισδιάστατο σύστημα κίνησης και ένα ελαφρύ περίβλημα που ζυγίζει λιγότερο από 4,5 κιλά. Η ενεργή ψύξη διατηρεί τα πλαστικά μέρη μαλακτικά. Το πρωτότυπο χρησιμοποιεί μια κανονική θύρα φόρτισης ηλεκτρικού ποδηλάτου.



Εικόνα 1: Ένα υβριδικό λεωφορείο βιοντίζελ στο Μόντρεαλ του Καναδά

## 1.2 Βαρέα οχήματα

Οι υβριδικές αμαξοστοιχίες χρησιμοποιούν ντίζελ-ηλεκτρικά ή στροβιλο-ηλεκτρικά για να τροφοδοτούν σιδηροδρομικές ατμομηχανές, λεωφορεία, βαρέα φορτηγά οχήματα, κινητά υδραυλικά μηχανήματα και πλοία. Ένας κινητήρας ντίζελ / στροβίλου οδηγεί μια ηλεκτρική γεννήτρια ή μια υδραυλική αντλία, η οποία τροφοδοτεί ηλεκτρικό / υδραυλικό κινητήρα (-ες) αυστηρά ένα ηλεκτρικό / υδραυλικό κιβώτιο (όχι ένα υβριδικό), εκτός αν μπορεί να δεχτεί ενέργεια από το εξωτερικό.

Με τα μεγάλα οχήματα μειώνονται οι απώλειες μετατροπής και τα πλεονεκτήματα στην κατανομή της ισχύος μέσω συρμάτων ή σωλήνων και όχι μηχανικών στοιχείων γίνονται πιο εμφανή, ειδικά όταν τροφοδοτούνται πολλαπλοί δίσκοι π.χ. που κινούνται με τροχούς ή έλικες. Μέχρι πρόσφατα τα περισσότερα βαρέα οχήματα είχαν μικρή αποθήκευση δευτερογενούς ενέργειας, π.χ. μπαταρίες / υδραυλικοί συσσωρευτές εξαιρουμένων των μη πυρηνικών υποβρυχίων, ένα από τα παλαιότερα υβρίδια παραγωγής, τα οποία κινούνται με πετρελαιοκίνητες όταν βγαίνουν στην επιφάνεια και οι μπαταρίες όταν βυθίζονται. Τόσο οι σειρές όσο και οι παράλληλες ρυθμίσεις χρησιμοποιήθηκαν σε υποβρύχια WW2.



*Εικόνα 2: Bus Rapid Transit του Metz, ένα υβριδικό σύστημα κίνησης ντίζελ-ηλεκτρικό από τον Van Hool*

### 1.3 Σιδηροδρομικές μεταφορές

Η νέα Autorail à grande capacité (AGC ή αυτοκινητάμαξα μεγάλης χωρητικότητας) που κατασκευάστηκε από την канаδική εταιρεία Bombardier για την εξυπηρέτηση στη Γαλλία είναι κινητήρες ντίζελ / ηλεκτροκινητήρες, που χρησιμοποιούν 1500 ή 25000 V σε διαφορετικά σιδηροδρομικά συστήματα [8]. Δοκιμάστηκε στο Ρότερνταμ, στις Κάτω Χώρες με την Railfeeding, μια εταιρεία Genessee και Wyoming.

#### **Κίνα**

Το πρώτο υβριδικό σύστημα αξιολόγησης της ατμομηχανής σχεδιάστηκε από το σιδηροδρομικό ερευνητικό κέντρο MATRAI το 1999 και κατασκευάστηκε το 2000. Πρόκειται για μια ατμομηχανή G12 αναβαθμισμένη με μπαταρίες, μια γεννήτρια ντίζελ 200 kW και τέσσερις κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος.

#### **Ιαπωνία**

Το πρώτο υβριδικό τρένο της Ιαπωνίας με σημαντική ενεργειακή αποθήκευση είναι το KiHa E200, με μπαταρίες ιόντων λιθίου οροφής [9].

## **Ινδία**

Ο Ινδικός σιδηρόδρομος ξεκίνησε ένα από τα υβριδικά του τρένα CNG-Diesel τον Ιανουάριο του 2015. Το τρένο διαθέτει κινητήρα 1400 ίππων, ο οποίος χρησιμοποιεί τεχνολογία υποκαπνισμού. Το πρώτο από αυτά τα τρένα πρόκειται να κυκλοφορήσει στη διαδρομή Rewari-Rohtak των 81 χλμ. [10] Το CNG είναι λιγότερο ρυπογόνο εναλλακτική λύση για το ντίζελ και τη βενζίνη και είναι δημοφιλής ως εναλλακτικό καύσιμο στην Ινδία. Ήδη πολλά οχήματα μεταφοράς, όπως auto-rickshaws και λεωφορεία τρέχουν σε καύσιμα CNG.

## **Βόρεια Αμερική**

Στις ΗΠΑ, η General Electric έφτιαξε μια ατμομηχανή με αποθήκευση μπαταριών χλωριούχου νατρίου-νικελίου (Na-NiCl<sub>2</sub>). Περιμένουν οικονομία καυσίμου  $\geq 10\%$ . [11]

Οι παραλλαγές ηλεκτρικών κινητήρων ντίζελ συμπεριλαμβάνουν τους κινητήρες εναλλαγής καυσίμων Green Gid (Green Goat) και Green Kid (GK) που κατασκευάστηκαν από την Railpower Technologies του Καναδά με μπαταρίες μολύβδου (Pba) και ηλεκτρικούς κινητήρες 1000 έως 2000 hp και ένα νέο καθαρό καύσιμο περίπου 160 hp γεννήτρια ντίζελ. Κανένα καύσιμο δεν σπαταλιέται για ρελαντί κατά 60-85% του χρόνου για αυτές τις μηχανές τύπων. Δεν είναι σαφές εάν χρησιμοποιείται αναγεννητική πέδηση. Αλλά κατ'αρχήν χρησιμοποιείται εύκολα.

Δεδομένου ότι αυτοί οι κινητήρες χρειάζονται συνήθως επιπλέον βάρος για σκοπούς έλξης οπωσδήποτε το βάρος της μπαταρίας είναι μια αμελητέα ποινή. Η γεννήτρια ντίζελ και οι μπαταρίες είναι κανονικά χτισμένες σε ένα υπάρχον πλαίσιο "ατμόσφαιρας" της ατμομηχανής. Οι υπάρχοντες κινητήρες και τα εργαλεία κίνησης είναι όλα ξαναχτισμένα και επαναχρησιμοποιούνται. Η εξοικονόμηση καυσίμου κατά 40-60% και μέχρι 80% μείωση της ρύπανσης απαιτούνται σε μια "τυπική" παλαιότερη μηχανή μεταγωγής / αυλής. Τα πλεονεκτήματα των υβριδικών αυτοκινήτων έχουν για συχνές εκκινήσεις και στάσεις και περιόδους αδράνειας ισχύουν για την τυπική χρήση ναυπηγείων μεταγωγής. [12] Οι ατμομηχανές "Green Goat" έχουν αγοραστεί από τον Καναδικό Ειρηνικό Σιδηρόδρομο, τον Σιδηρόδρομο BNSF, τον Νότιο Σιδηρόδρομο του Κάνσας Σίτι και τον Union Pacific Railroad μεταξύ άλλων.



Εικόνα 3: Ανατολική Ιαπωνία Εταιρεία Σιδηροδρόμων HB-E300 σειρά

## Γερανοί

Οι μηχανικοί της Railpower Technologies που συνεργάζονται με την ΤΠΔ Τερματικών Συστημάτων δοκιμάζουν μια υβριδική μονάδα ηλεκτροκίνησης ντίζελ με αποθήκευση μπαταριών για χρήση σε γερανούς Gantry Gantry (RTG). Οι γερανοί RTG χρησιμοποιούνται συνήθως για τη φόρτωση και εκφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων σε αμαξοστοιχίες ή φορτηγά σε λιμάνια και σε αυλές αποθήκευσης εμπορευματοκιβωτίων. Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την ανύψωση των δοχείων μπορεί να ανακτηθεί εν μέρει όταν χαμηλώσουν. Τα καύσιμα ντίζελ και οι μειώσεις των εκπομπών κατά 50-70% προβλέπονται από τους μηχανικούς της Railpower. [13] Τα πρώτα συστήματα αναμένεται να είναι λειτουργικά το 2007. [14]

### 1.4 Οδικές μεταφορές, εμπορικά οχήματα

Τα υβριδικά συστήματα χρησιμοποιούνται για φορτηγά, λεωφορεία και άλλα βαριά οδικά οχήματα. Τα μικρά μεγέθη του στόλου και το κόστος εγκατάστασης αντισταθμίζονται από την εξοικονόμηση καυσίμου [15]. Με πρόοδο, όπως μεγαλύτερη χωρητικότητα, χαμηλό κόστος μπαταρίας κλπ. Toyota, Ford, GM και άλλοι εισάγουν υβριδικές pickups και SUVs. Η Kenworth Truck Company εισήγαγε πρόσφατα την Kenworth T270 Class 6 που για την πόλη φαίνεται να είναι ανταγωνιστική. [16][17] Η FedEx και άλλοι επενδύουν σε υβριδικά οχήματα παράδοσης ειδικά για χρήση στην πόλη όπου η υβριδική τεχνολογία μπορεί να εξοφλήσει πρώτα [18]. Από τον Δεκέμβριο του 2013 η FedEx δοκιμάζει δύο φορτηγά μεταφοράς με ηλεκτροκινητήρες Wrightspeed και γεννήτριες ντίζελ. Τα κιτ εκσυγχρονισμού ισχυρίζονται ότι πληρώνουν για τον εαυτό τους σε λίγα χρόνια. Οι κινητήρες ντίζελ λειτουργούν σε σταθερές στροφές για μέγιστη απόδοση. [19]

Το 1978 οι φοιτητές στη Minneapolis, το Κέντρο Επαγγελματικής Τεχνικής Hennepin της Μινεσότα, μετέτρεψαν ένα Beetle Volkswagen σε ένα πέτρο υδραυλικό υβρίδιο με τα εξαρτήματα από το ράφι. Ένα αυτοκίνητο με ονομαστική απόδοση 32 mpg

επέστρεψε 75 mpg και ο κινητήρας 60 hp αντικαταστάθηκε από κινητήρα 16 hp και έφθασε στα 70 mph [20]. Στη δεκαετία του 1990, οι μηχανικοί του Εργαστηρίου Εθνικού Οχήματος και Εκπομπών καυσίμων της EPA ανέπτυξαν πετροχημικό κινητήρα για ένα τυπικό αμερικανικό sedan αυτοκίνητο. Το δοκιμαστικό αυτοκίνητο πέτυχε πάνω από 80 mpg σε συνδυασμένους κύκλους οδήγησης πόλης / αυτοκινητόδρομου EPA. Η επιτάχυνση ήταν 0-60 μίλια / ώρα σε 8 δευτερόλεπτα, χρησιμοποιώντας κινητήρα ντίζελ 1,9 λίτρων. Δεν χρησιμοποιήθηκαν ελαφρά υλικά. Η EPA υπολόγισε ότι παράγεται σε μεγάλους όγκους τα υδραυλικά εξαρτήματα θα προσθέτουν μόνο \$ 700 στο κόστος. [21] Σύμφωνα με τις δοκιμές EPA, μια υβριδική Ford Expedition επέστρεψε 32 mpg (7.4 L / 100 km) City, και 22 mpg (11 L / 100 km) εθνική οδό. Η UPS διαθέτει δύο φορτηγά σε λειτουργία με αυτή την τεχνολογία. [23]



Εικόνα 4: GMC Yukon υβριδική έκδοση

### **Στρατιωτικά οχήματα εκτός δρόμου**

Από το 1985, ο αμερικανικός στρατός δοκιμάζει σειριακούς υβριδικούς Humvees [24] [25] και τους έχει βρει να επιτύχουν ταχύτερη επιτάχυνση, τρόπο κρυφής με χαμηλή θερμική υπογραφή, σχεδόν αθόρυβη λειτουργία και μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου.

### **Πλοία**

Τα πλοία με ιστιοφόρα ιστία και ατμομηχανές ήταν μια πρόωρη μορφή υβριδικού οχήματος. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το ντίζελ-ηλεκτρικό υποβρύχιο. Αυτό λειτουργεί με μπαταρίες όταν βυθίζεται και οι μπαταρίες μπορούν να επαναφορτιστούν από τον κινητήρα ντίζελ όταν το σκάφος βρίσκεται στην επιφάνεια.

Τα νεότερα συστήματα υβριδικών πλοίων περιλαμβάνουν μεγάλους χάρτες ρυμούλκησης που κατασκευάζονται από εταιρείες όπως το SkySails. Οι χαρταετούς ρυμούλκησης μπορούν να πετάξουν σε ύψους αρκετές φορές υψηλότερους από τους υψηλότερους ιστούς πλοίων, συλλαμβάνοντας ισχυρότερους και σταθερότερους ανέμους.

## **Αεροσκάφος**

Το αεροπλάνο επίδειξης κυψελών καυσίμου της Boeing διαθέτει ένα υβριδικό σύστημα κυψελών καυσίμου με μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων (PEM) για να τροφοδοτήσει έναν ηλεκτρικό κινητήρα, ο οποίος συνδέεται με μια συμβατική έλικα. Η κυψέλη καυσίμου παρέχει όλη την ισχύ για τη φάση της κρουαζιέρας της πτήσης. Κατά τη διάρκεια της απογείωσης και της ανόδου, το τμήμα πτήσης που απαιτεί τη μεγαλύτερη ισχύ, το σύστημα βασίζεται σε ελαφρές μπαταρίες ιόντων λιθίου.

Το αεροσκάφος επίδειξης είναι αεροπλάνο με κινητήρα Dimona, το οποίο κατασκευάστηκε από την Diamond Aircraft Industries of Austria, η οποία πραγματοποίησε επίσης κατασκευαστικές τροποποιήσεις στο αεροσκάφος. Με ένα άνοιγμα πτέρυγας 16,3 μέτρων (53 πόδια), το αεροπλάνο θα είναι σε θέση να ταξιδέψει με ταχύτητα περίπου 100 km / h (62 mph) με ισχύ από την κυψέλη καυσίμου. [26]

Τα υβριδικά ανεμιστήρες FanWings έχουν σχεδιαστεί. Ένα FanWing δημιουργείται από δύο κινητήρες με την ικανότητα να αυτοεξοπλίζονται και να προσγειώνονται σαν ένα ελικόπτερο. [27]



## Κεφάλαιο 2

### 2.1 Τύποι Μηχανών : Υβριδικά οχήματα με ηλεκτρικό πετρέλαιο

Όταν χρησιμοποιείται ο όρος υβριδικό όχημα, αναφέρεται συχνότερα σε ένα υβριδικό ηλεκτρικό όχημα. Αυτά περιλαμβάνουν οχήματα όπως το Saturn Vue, Toyota Prius, Toyota Yaris, Toyota Camry Hybrid, Ford Escape Hybrid, Toyota Highlander Hybrid, Honda Insight, Honda Civic Hybrid, Lexus RX 400h και 450h, Hyundai Ioniq κ.α. Ένα πετρέλαιο-ηλεκτρικό υβριδικό συνήθως χρησιμοποιεί κινητήρες εσωτερικής καύσης (χρησιμοποιώντας μια ποικιλία καυσίμων, γενικά βενζινοκινητήρες ή κινητήρες Diesel) και ηλεκτρικούς κινητήρες για την τροφοδοσία του οχήματος. Η ενέργεια αποθηκεύεται στο καύσιμο της μηχανής εσωτερικής καύσης και σε μια ηλεκτρική μπαταρία. Υπάρχουν πολλοί τύποι πετρελαιοηλεκτρικών υβριδικών κινητήρων, από το πλήρες υβριδικό έως το ήπιο υβρίδιο, το οποίο προσφέρει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. [28]

Ο William H. Patton υπέβαλε αίτηση χορήγησης διπλώματος ευρεσιτεχνίας για σύστημα προώθησης υβριδικών κιβωτίων βενζινοκίνητου ηλεκτρικού αυτοκινήτου στις αρχές του 1889 και για παρόμοιο σύστημα πρόωσης υβριδικών σκαφών στα μέσα του 1889. [29] [30] Δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι το υβριδικό του σκάφος συναντήθηκε με οποιαδήποτε επιτυχία, αλλά έχτισε ένα πρωτότυπο υβριδικό τραμ και πουλούσε μια μικρή υβριδική ατμομηχανή. [31]

Το 1899, ο Henri Pieper ανέπτυξε το πρώτο υβριδικό πετρελαιοκίνητο αυτοκίνητο παγκοσμίως. Το 1900, ο Ferdinand Porsche ανέπτυξε ένα υβριδικό σύστημα σειράς χρησιμοποιώντας δύο διατάξεις διανομών κινητήρα σε τροχό με ένα σύνολο γεννήτριας εσωτερικής καύσης που παρέχει την ηλεκτρική ενέργεια. Τα υβριδικά υγρών καυσίμων / ηλεκτρικών υβριδίων χρονολογούνται από τα τέλη του 19ου αιώνα, το αναγεννητικό υβριδικό φρενάρισμα επινοήθηκε από τον David Arthurs, ηλεκτρολόγο μηχανικό από το Springdale, Arkansas το 1978-79. Το σπίτι του μετατραπεί Opel GT αναφέρθηκε να επιστρέψει όσο το 75 mpg με τα σχέδια που πωλούνται ακόμα σε αυτό το πρωτότυπο σχέδιο, και η "Mother Earth News" τροποποιημένη έκδοση στην ιστοσελίδα τους. [33]

Το ηλεκτρικό όχημα plug-in (PEV) γίνεται ολοένα και πιο συνηθισμένο. Έχει το φάσμα που απαιτείται σε χώρους όπου υπάρχουν μεγάλα κενά χωρίς υπηρεσίες. Οι μπαταρίες μπορούν να συνδεθούν σε ηλεκτρικό ρεύμα για την φόρτιση και να φορτιστούν όσο λειτουργεί ο κινητήρας.



Εικόνα 5: Hybrid Optare Solo

### 2.1.1 Συνεχής εξωτερικό φορτισμένο ηλεκτρικό όχημα (COREV)

Ορισμένα ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (BEV) μπορούν να φορτιστούν ενώ ο χρήστης οδηγεί. Ένα τέτοιο όχημα δημιουργεί επαφή με ηλεκτροφόρο σιδηροτροχιά, πλάκα ή εναέρια σύρματα στον αυτοκινητόδρομο μέσω ενός προσαρτημένου αγωγού ή άλλου παρόμοιου μηχανισμού (βλ Συλλογή ρεύματος αγωγού). Οι μπαταρίες του BEV επαναφορτίζονται από αυτή τη διαδικασία στην εθνική οδό και στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν κανονικά σε άλλους δρόμους μέχρι να αποφορτιστεί η μπαταρία. Για παράδειγμα, μερικές από τις ηλεκτροκίνητες μηχανές που χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση συρμών στο υπόγειο του Λονδίνου είναι ικανές για αυτόν τον τρόπο λειτουργίας.

Η ανάπτυξη μιας υποδομής BEV θα προσφέρει το πλεονέκτημα της ουσιαστικά απεριόριστης κλίμακας αυτοκινητοδρόμων. Δεδομένου ότι πολλοί προορισμοί βρίσκονται σε απόσταση 100 χιλιομέτρων από μια μεγάλη εθνική οδό, η τεχνολογία BEV θα μπορούσε να μειώσει την ανάγκη για δαπανηρά συστήματα μπαταριών. Δυστυχώς, η ιδιωτική χρήση του υφιστάμενου ηλεκτρικού συστήματος απαγορεύεται σχεδόν καθολικά. Εκτός αυτού, η τεχνολογία για τέτοιες ηλεκτρικές υποδομές είναι σε μεγάλο βαθμό ξεπερασμένη και εκτός ορισμένων πόλεων δεν είναι ευρέως διαδεδομένη (βλ. Συλλογή ρεύματος, τραμ, ηλεκτρικά σιδηροδρομικά, καρτσάκια, τρίτο σιδηρόδρομο). Η επικαιροποίηση του απαιτούμενου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας και υποδομής θα μπορούσε ενδεχομένως να χρηματοδοτηθεί από τα έσοδα από τα διόδια ή από ειδικούς φόρους μεταφοράς.

## 2.2 Υβριδικό καύσιμο (διπλής λειτουργίας)

Εκτός από τα οχήματα που χρησιμοποιούν δύο ή περισσότερες διαφορετικές συσκευές πρόωσης, ορισμένοι θεωρούν ότι τα οχήματα που χρησιμοποιούν διαφορετικές πηγές ενέργειας ή τύπους εισροών («καύσιμα») χρησιμοποιούν τον ίδιο κινητήρα ως υβρίδια, αν και για να αποφευχθεί η σύγχυση με υβρίδια όπως περιγράφηκε παραπάνω χρησιμοποιήστε σωστά τους όρους, ίσως πιο σωστά περιγράφονται ως οχήματα διπλής λειτουργίας:

- ✓ Ορισμένα ηλεκτρικά τρόλεϊ μπορούν να αλλάξουν μεταξύ ενός πετρελαιοκινητήρα και της εναέριας ηλεκτρικής ισχύος ανάλογα με τις συνθήκες (βλ. Διαύλου διπλής λειτουργίας). Κατ' αρχήν, αυτό θα μπορούσε να συνδυαστεί με ένα υποσύστημα μπαταριών για τη δημιουργία ενός πραγματικού plug-in υβριδικού τρόλεϊ, αν και από το 2006, δεν φαίνεται να έχει ανακοινωθεί τέτοιο σχέδιο.
- ✓ Τα οχήματα ευέλικτου καυσίμου μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα μείγμα καυσίμων εισόδου αναμεμιγμένα σε μία δεξαμενή συνήθως βενζίνη και αιθανόλη, μεθανόλη ή βιοβουτανόλη.
- ✓ Οχήματος με δύο καύσιμα: Το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου και το φυσικό αέριο διαφέρουν πολύ από το πετρέλαιο ή το ντίζελ και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις ίδιες δεξαμενές, οπότε θα ήταν αδύνατο να κατασκευαστεί ένα ευέλικτο σύστημα καυσίμου (LPG ή NG). Αντ' αυτού, τα οχήματα κατασκευάζονται με δύο, παράλληλα, συστήματα καυσίμων που τροφοδοτούν έναν κινητήρα. Για παράδειγμα, μερικά Chevrolet Silverado 2500 HDs μπορούν εύκολα να εναλλάσσονται μεταξύ πετρελαίου και φυσικού αερίου, προσφέροντας μια σειρά πάνω από 1000 χλμ. [34] Ενώ οι διπλές δεξαμενές κοστίζουν χώρο σε ορισμένες εφαρμογές, το αυξημένο εύρος, το μειωμένο κόστος καυσίμων και η ευελιξία όταν η υποδομή LPG ή CNG είναι ελλιπής μπορεί να αποτελέσει σημαντικό κίνητρο για αγορά. Ενώ η αμερικανική υποδομή φυσικού αερίου είναι μερικώς ατελής, αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς και ήδη διαθέτει 2600 σταθμούς CNG [35]. Με μια αυξανόμενη υποδομή σταθμών τροφοδοσίας, θα μπορούσε να δει στο άμεσο μέλλον μια μεγάλη κλίμακα υιοθέτησης αυτών των οχημάτων με δύο καύσιμα. Η άνοδος των τιμών του φυσικού αερίου μπορεί επίσης να ωθήσει τους καταναλωτές να αγοράσουν αυτά τα οχήματα. Όταν οι τιμές του φυσικού αερίου διαπραγματεύονται γύρω στα 4,00 δολάρια, η τιμή ανά MMBTU βενζίνης είναι 28,00 δολάρια, σε σύγκριση με τα 4,00 δολάρια ανά φυσικό αέριο ανά MMBTU [36]. Σε μια συγκριτική βάση ανά μονάδα ενέργειας, αυτό κάνει το φυσικό αέριο πολύ φθηνότερο από τη βενζίνη. Όλοι αυτοί οι παράγοντες καθιστούν τα οχήματα δύο καυσίμων CNG-βενζίνης πολύ ελκυστικά.
- ✓ Ορισμένα οχήματα τροποποιήθηκαν για να χρησιμοποιήσουν άλλη πηγή καυσίμου εάν είναι διαθέσιμη, όπως τα αυτοκίνητα που τροποποιήθηκαν για να λειτουργούν με αυτόματο καύσιμο (LPG) και τους πετρελαιοκινητήρες που έχουν τροποποιηθεί ώστε να κυκλοφορούν σε απόβλητα φυτικά έλαια που δεν έχουν μεταποιηθεί σε βιοντίζελ.

Παρέχονται επίσης μηχανισμοί υποβοήθησης των ποδηλάτων και άλλων οχημάτων που κινούνται με τον άνθρωπο (βλ. Μηχανοκίνητο ποδήλατο).



Εικόνα 6: Ford Escape Plug-in Hybrid με ευέλικτη ικανότητα καυσίμου για λειτουργία με E85 (αιθανόλη)

### 2.3 Fluid power hybrid

Το γαλλικό υβριδικό αυτοκίνητο υβριδικών πετροχημικών MDI αναπτύχθηκε με την Tata.

Υδραυλικά υβριδικά και πνευματικά υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν έναν κινητήρα για τη φόρτιση ενός συσσωρευτή πίεσης για την οδήγηση των τροχών μέσω μονάδων κίνησης υδραυλικών (υγρών) ή πνευματικών (πεπιεσμένου αέρα). Στις περισσότερες περιπτώσεις ο κινητήρας αποσπάται από το σύστημα κίνησης και χρησιμεύει αποκλειστικά για τη φόρτιση του συσσωρευτή ενέργειας. Η μετάδοση είναι απρόσκοπτη. Η αναγεννητική πέδηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανακτήσει μέρος της παρεχόμενης ενέργειας κίνησης πίσω στο συσσωρευτή.

### 2.4 Petro-air hybrid

Μια γαλλική εταιρεία, MDI, έχει σχεδιάσει και διαθέτει μοντέλα πετρελαϊκού υβριδικού κινητήρα. Το σύστημα δεν χρησιμοποιεί κινητήρες αέρα για την οδήγηση του οχήματος, οδηγούμενος απευθείας από έναν υβριδικό κινητήρα. Ο κινητήρας χρησιμοποιεί ένα μίγμα πεπιεσμένου αέρα και βενζίνης που εγχύεται στους κυλίνδρους [37]. Μια βασική πτυχή του υβριδικού κινητήρα είναι ο "ενεργός θάλαμος", ο οποίος είναι ένας θάλαμος θέρμανσης διαμέσου του καυσίμου, ο οποίος διπλασιάζει την απόδοση ενέργειας. [38] Η Tata Motors της Ινδίας αξιολόγησε τη φάση σχεδιασμού προς την πλήρη παραγωγή για την ινδική αγορά και μεταφέρθηκε σε "ολοκλήρωση της λεπτομερούς ανάπτυξης του κινητήρα πεπιεσμένου αέρα σε συγκεκριμένες εφαρμογές οχημάτων και στατικών". [39]



Εικόνα 7: Chrysler minivan, petro-hydraulic hybrid

## 2.5 Petro-hydraulic hybrid

Οι πέτρο υδραυλικές διαμορφώσεις υπήρξαν κοινές σε τρένα και βαρέα οχήματα εδώ και δεκαετίες. Η αυτοκινητοβιομηχανία επικεντρώθηκε πρόσφατα σε αυτήν την υβριδική διαμόρφωση, καθώς τώρα δείχνει την υπόσχεσή της για εισαγωγή σε μικρότερα οχήματα.

Στα πέτρο-υδραυλικά υβρίδια, ο ρυθμός ανάκτησης ενέργειας είναι υψηλός και επομένως το σύστημα είναι πιο αποδοτικό από τα υβριδικά φορτισμένα με ηλεκτρική μπαταρία, χρησιμοποιώντας την τρέχουσα τεχνολογία ηλεκτρικών μπαταριών, επιδεικνύοντας αύξηση της ενεργειακής οικονομίας κατά 60% έως 70% στην Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) [41]. Ο κινητήρας φόρτισης πρέπει να έχει μέγεθος μόνο για μέση χρήση με εκρήξεις επιτάχυνσης χρησιμοποιώντας την αποθηκευμένη ενέργεια στον υδραυλικό συσσωρευτή, ο οποίος φορτίζεται όταν λειτουργεί με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Ο κινητήρας φόρτισης λειτουργεί με τη βέλτιστη ταχύτητα και φορτίο για απόδοση και μακροζωία. Σύμφωνα με τις δοκιμές που έγιναν από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (EPA), η υβριδική Ford Expedition επέστρεψε 32 μίλια ανά γαλόνι ΗΠΑ (7.4 L / 100 χλμ., 38 mpg-imp) και 22 μίλια ανά γαλόνι ΗΠΑ (11 L / · 26 mpg-imp) αυτοκινητόδρομος. [21] [22] Η UPS διαθέτει δύο φορτηγά σε λειτουργία με αυτή την τεχνολογία. [23]

Αν και η πέτρο υδραυλική υβριδική τεχνολογία είναι γνωστή εδώ και δεκαετίες και χρησιμοποιείται σε αμαξοστοιχίες και πολύ μεγάλα οχήματα κατασκευής, το υψηλό κόστος του εξοπλισμού απέκλειε τα συστήματα από τα ελαφρύτερα φορτηγά και τα αυτοκίνητα. Με τη σύγχρονη έννοια, ένα πείραμα απέδειξε τη βιωσιμότητα μικρών πέτρο υδραυλικών υβριδικών οδικών οχημάτων το 1978. Μια ομάδα φοιτητών στο Minneapolis, στο Κέντρο Επαγγελματικής Τεχνικής Hennepin της Μινεσότα,

μετέτρεψε ένα αυτοκίνητο Beetle της Volkswagen για να λειτουργήσει ως πέτρο υδραυλικό υβρίδιο χρησιμοποιώντας εξαρτήματα ράφι. Ένα αυτοκίνητο που βαθμολογούσε στα 32 mpg-US (7,4 L / 100 km · 38 mpg-imp) επέστρεψε 75 mpg-US (3,1 L / 100 km · 90 mpg-imp) με κινητήρα 60 hp αντικαταστάθηκε από κινητήρα 16 hp. Το πειραματικό αυτοκίνητο έφτασε στα 110 χ.α.ω. [20]

Στη δεκαετία του 1990, μια ομάδα μηχανικών που εργάζονταν στο Εργαστήριο Εθνικών Οχημάτων και Εκπομπών καυσίμων της EPA κατάφερε να αναπτύξει έναν επαναστατικό τύπο πέτρο υδραυλικού υβριδικού κινητήρα που θα προωθούσε ένα τυπικό αμερικανικό (sedan) αυτοκίνητο. Το δοκιμαστικό αυτοκίνητο πέτυχε πάνω από 80 mpg σε συνδυασμένους κύκλους οδήγησης πόλης / αυτοκινητόδρομου EPA. Η επιτάχυνση ήταν 0-60 μίλια / ώρα σε 8 δευτερόλεπτα, χρησιμοποιώντας κινητήρα νίζελ 1,9 λίτρων. Δεν χρησιμοποιήθηκαν ελαφρά υλικά. Η EPA υπολόγισε ότι παράγεται σε μεγάλους όγκους τα υδραυλικά εξαρτήματα θα προσθέτουν μόνο \$ 700 στο βασικό κόστος του οχήματος. [21]

Το πέτρο υδραυλικό υβριδικό σύστημα έχει ταχύτερους και αποτελεσματικότερους κύκλους φόρτισης / εκφόρτισης από τα πέτρο-ηλεκτρικά υβρίδια και είναι επίσης φθηνότερο να κατασκευαστεί. Το μέγεθος του δοχείου συσσωρευτή καθορίζει τη συνολική χωρητικότητα αποθήκευσης ενέργειας και μπορεί να απαιτεί περισσότερο χώρο από ένα σύνολο ηλεκτρικών μπαταριών. Οποιοσδήποτε χώρος οχήματος που καταναλώνεται από ένα μεγαλύτερο μέγεθος δοχείου συσσωρευτή μπορεί να αντισταθμιστεί από την ανάγκη για μικρότερο μέγεθος μηχανισμού φόρτισης, στην HP και το φυσικό μέγεθος.

Έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη σε μεγάλες εταιρείες και μικρές εταιρείες. Η εστίαση έχει πλέον στραφεί σε μικρότερα οχήματα. Τα εξαρτήματα του συστήματος ήταν ακριβά και αποκλείουν την εγκατάσταση σε μικρότερα φορτηγά και αυτοκίνητα. Ένα μειονέκτημα ήταν ότι οι κινητήρες οδήγησης ισχύος δεν ήταν αρκετά αποδοτικοί στο φορτίο μέρος. Μια βρετανική εταιρεία (Artemis Intelligent Power) έκανε μια σημαντική ανακάλυψη με την εισαγωγή ενός ηλεκτρονικά ελεγχόμενου υδραυλικού κινητήρα / αντλίας, του κινητήρα / αντλίας Digital Displacement®. Η αντλία είναι εξαιρετικά αποδοτική σε όλες τις κλίμακες ταχύτητας και φορτία, προσφέροντας δυνατότητα εφαρμογής σε μικρές εφαρμογές πετροχημικών υβριδίων [42].

Η εταιρεία μετέτρεψε ένα αυτοκίνητο BMW ως δοκιμαστικό κρεβάτι για να αποδείξει βιωσιμότητα. Η BMW 530i, έδωσε διπλό mpg στην οδήγηση σε πόλη σε σύγκριση με το standard αυτοκίνητο. Αυτή η δοκιμή χρησιμοποίησε τον τυποποιημένο κινητήρα 3.000 cc, ενώ με μικρότερο κινητήρα τα στοιχεία θα ήταν πιο εντυπωσιακά. Ο σχεδιασμός των πέτρο υδραυλικών υβριδίων με τη χρήση σωστού μεγέθους συσσωρευτών επιτρέπει τη μείωση του μεγέθους μιας μηχανής στη μέση κατανάλωση ενέργειας, όχι τη μέγιστη κατανάλωση ενέργειας. Η μέγιστη ισχύς παρέχεται από την ενέργεια που αποθηκεύεται στον συσσωρευτή. Μία μικρότερη πιο αποτελεσματική μηχανή σταθερής ταχύτητας μειώνει το βάρος και ελευθερώνει χώρο για μεγαλύτερο συσσωρευτή. [43]

Τα τρέχοντα σώματα του οχήματος σχεδιάζονται γύρω από τις μηχανές των υφιστάμενων διατάξεων κινητήρα / κιβωτίου ταχυτήτων. Είναι περιοριστικό και δεν

είναι ιδανικό για την εγκατάσταση πέτρο-υδραυλικών μηχανημάτων σε υπάρχοντα σώματα που δεν έχουν σχεδιαστεί για υδραυλικές εγκαταστάσεις. Ένας στόχος του ερευνητικού έργου είναι να δημιουργηθεί ένα κενό χαρτί για το νέο αυτοκίνητο, ώστε να μεγιστοποιηθεί η συσκευασία πέτρο υδραυλικών υβριδικών εξαρτημάτων στο όχημα. Όλα τα ογκώδη υδραυλικά εξαρτήματα είναι ενσωματωμένα στο πλαίσιο του αυτοκινήτου.

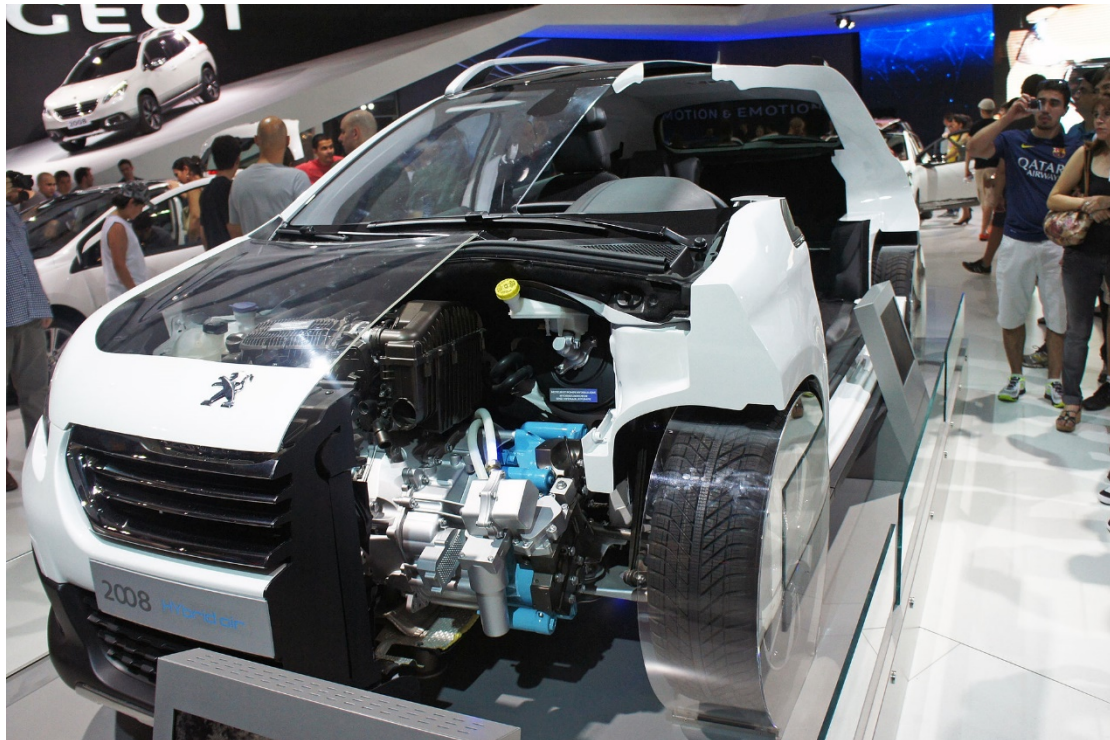
Ένας σχεδιασμός έχει ισχυριστεί ότι επιστρέφει 130 mrg σε δοκιμές χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο υδραυλικό συσσωρευτή που είναι επίσης το δομικό πλαίσιο του αυτοκινήτου. Οι μικρές υδραυλικές κινητήριες μηχανές κίνησης ενσωματώνονται μέσα στους ομφαλούς των τροχών που οδηγούν τους τροχούς και αναστρέφοντας την κινητική ενέργεια φρεναρίσματος. Οι κινητήρες των ομφαλών εξαλείφουν την ανάγκη για φρένα τριβής, μηχανικά κιβώτια, άξονες κίνησης και αρμούς U, μειώνοντας το κόστος και το βάρος. Η υδροστατική κίνηση χωρίς φρένα τριβής χρησιμοποιείται σε βιομηχανικά οχήματα. [44] Ο στόχος είναι 170 mrg σε μέσες συνθήκες οδήγησης. Ενέργεια που δημιουργείται από απορρόφηση κραδασμών.

### **Υβριδικό όχημα ηλεκτρικής-ανθρώπινης δύναμης**

Μια άλλη μορφή υβριδικού οχήματος είναι τα ηλεκτρικά οχήματα ανθρώπινης ισχύος. Αυτά περιλαμβάνουν οχήματα όπως τα Sinclair C5, Twike, ηλεκτρικά ποδήλατα και ηλεκτρικά skateboard.



*Εικόνα 8: Peugeot 2008 HYbrid air/hydraulic concept car*



Εικόνα 9: Peugeot 2008 HYbrid air/hydraulic cutaway

## 2.6 Διαμόρφωση κινητήριου συστήματος υβριδικού οχήματος

### 2.6.1 Παράλληλο υβρίδιο

Σε ένα παράλληλο υβριδικό όχημα, ένας ηλεκτροκινητήρας και ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης συνδέονται έτσι ώστε να μπορούν να τροφοδοτούν το όχημα είτε μεμονωμένα είτε μαζί. Συχνότερα ο κινητήρας εσωτερικής καύσης, ο ηλεκτροκινητήρας και το κιβώτιο ταχυτήτων συνδέονται με αυτόματα ελεγχόμενους συμπλέκτες. Για την ηλεκτρική οδήγηση ο συμπλέκτης μεταξύ της μηχανής εσωτερικής καύσης είναι ανοιχτός ενώ ο συμπλέκτης στο κιβώτιο ταχυτήτων είναι ενεργοποιημένος.

Το πρώτο παράλληλο υβρίδιο παραγωγής μαζικής παραγωγής εκτός Ιαπωνίας ήταν η 1η γενιά Honda Insight.





*Εικόνα 10: Honda Insight, Mild Parallel Hybrid*

#### 2.6.2 Ήπιο παράλληλο υβρίδιο

Αυτοί οι τύποι χρησιμοποιούν ένα γενικά συμπαγές ηλεκτρικό κινητήρα (συνήθως <math><20\text{ kW}</math>) για να παρέχουν χαρακτηριστικά αυτόματης διακοπής / εκκίνησης και να παρέχουν πρόσθετη υποβοήθηση [55]. Κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης και να παράγουν στη φάση επιβράδυνσης (γνωστός και ως αναγεννητική πέδηση).

Στα παραδείγματα επί της οδού περιλαμβάνονται τα Honda Civic Hybrid, η Honda Insight 2ης γενιάς, η Honda CR-Z, η Honda Accord Hybrid, η Mercedes Benz S400 BlueHYBRID, τα υβριδικά μοντέλα BMW 7, η General Motors BAS Hybrids, η Suzuki S-Cross, η Suzuki Wagon R και η Smart fortwo μικροϋπολογιστή.



*Εικόνα 11: Toyota Prius, series-parallel hybrid*



Εικόνα 12: Honda Insight, Mild Parallel Hybrid

## 2.7 Power-split or series-parallel hybrid

Σε ένα υβριδικό ηλεκτρικό κινητήριο τραίνο που διαθέτει ηλεκτρική ισχύ, υπάρχουν δύο κινητήρες: ένας ηλεκτρικός κινητήρας έλξης και ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης. Η ισχύς από τους δύο αυτούς κινητήρες μπορεί να μοιραστεί για να οδηγήσει τους τροχούς μέσω μιας διάταξης ισχύος, η οποία είναι ένα απλό πλανητικό κιβώτιο ταχυτήτων. Ο λόγος μπορεί να είναι από 100% για τον κινητήρα καύσης έως 100% για τον ηλεκτροκινητήρα έλξης ή οτιδήποτε μεταξύ τους, όπως το 40% για τον ηλεκτροκινητήρα και το 60% για τον κινητήρα καύσης. Ο κινητήρας καύσης μπορεί να λειτουργήσει ως γεννήτρια που φορτίζει τις μπαταρίες.

Στις σύγχρονες εκδόσεις, όπως το Toyota Hybrid Synergy Drive, υπάρχει ένας δεύτερος ηλεκτροκινητήρας / γεννήτρια συνδεδεμένος με τον πλανητικό γρανάζι. Σε συνεργασία με τον κινητήρα / γεννήτρια έλξης και τη συσκευή διαχωρισμού ισχύος, αυτό παρέχει ένα μεταβλητό κιβώτιο ταχυτήτων.

Στον ανοιχτό δρόμο, η κύρια πηγή ενέργειας είναι η μηχανή εσωτερικής καύσης. Όταν απαιτείται μέγιστη ισχύς, για παράδειγμα για την προσπέραση, ο ηλεκτροκινητήρας έλξης χρησιμοποιείται για να βοηθήσει. Αυτό αυξάνει τη διαθέσιμη ισχύ για μια σύντομη περίοδο, δίνοντας το αποτέλεσμα της ύπαρξης ενός μεγαλύτερου κινητήρα από ό, τι πραγματικά εγκατασταθεί. Στις περισσότερες εφαρμογές, ο κινητήρας καύσης σβήνει όταν το αυτοκίνητο είναι αργό ή ακίνητο, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές.

Οι εγκαταστάσεις επιβατικών αυτοκινήτων περιλαμβάνουν τα Toyota Prius, Ford Escape και Fusion, καθώς και τα Lexus RX400h, RX450h, GS450h, LS600h και CT200h.



Εικόνα 13: Ford Escape Hybrid, a series-parallel drivetrain

### 2.7.1 Σειρά υβριδίων

Ένα υβριδικό όχημα σειράς κινείται από έναν ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος λειτουργεί ως ηλεκτρικό όχημα, ενώ επαρκεί η τροφοδοσία της συστοιχίας μπαταριών, ενώ ένας κινητήρας συντονίζεται για να λειτουργεί ως γεννήτρια όταν η μπαταρία είναι ανεπαρκής. Συνήθως δεν υπάρχει μηχανική σύνδεση μεταξύ του κινητήρα και των τροχών και ο πρωταρχικός σκοπός του προεκτατικού εύρους είναι να φορτίζει την μπαταρία. Τα υβριδικά συστήματα σειράς έχουν επίσης αναφερθεί ως ηλεκτρικό όχημα ευρείας εμβέλειας, ηλεκτρικό όχημα εκτεταμένης εμβέλειας ή ηλεκτρικό όχημα εκτεταμένο (EREV / REEV / EVER).

Η BMW i3 με Range Extender είναι μια υβριδική σειρά παραγωγής. Λειτουργεί ως ηλεκτρικό όχημα έως την φόρτιση της μπαταρίας είναι χαμηλή και στη συνέχεια ενεργοποιεί μια γεννήτρια που λειτουργεί με κινητήρα για να διατηρήσει τη δύναμή της και είναι επίσης διαθέσιμη χωρίς την επέκταση της εμβέλειας. Το Fisker Karma ήταν το πρώτο όχημα παραγωγής υβριδίων σειράς.

Κατά την περιγραφή των αυτοκινήτων, η μπαταρία ενός υβριδίου σειράς φορτίζεται συνήθως με το να συνδέεται, αλλά ένα υβριδικό σύστημα σειράς μπορεί επίσης να επιτρέψει σε μια μπαταρία να λειτουργεί μόνο ως ρυθμιστικό (και για σκοπούς αναγέννησης) και για την ηλεκτρική ισχύ του κινητήρα να τροφοδοτείται συνεχώς από μια υποστηρικτική μηχανή. Οι ρυθμίσεις σειράς είναι κοινές στις ντίζελ-ηλεκτρικές μηχανές και στα πλοία. Ο Ferdinand Porsche εφευρέθηκε αποτελεσματικά αυτή τη ρύθμιση σε ταχύπλοα αγωνιστικά αυτοκίνητα στις αρχές του 20ου αιώνα, όπως το Lohner-Porsche Mixte Hybrid. Η Porsche ονόμασε τη διάταξη "System Mixt" και ήταν σχεδιασμός μοτέρ τροχού, όπου κάθε ένας από τους δύο μπροστινούς τροχούς τροφοδοτείται από ένα ξεχωριστό μοτέρ. Αυτή η διάταξη αναφέρεται μερικές φορές

ως ηλεκτρική μετάδοση, καθώς η ηλεκτρική γεννήτρια και ο κινητήρας οδήγησης αντικαθιστούν ένα μηχανικό κιβώτιο ταχυτήτων. Το όχημα δεν μπορούσε να κινηθεί εκτός εάν ο κινητήρας εσωτερικής καύσης ήταν σε λειτουργία.

Το 1997 η Toyota κυκλοφόρησε το πρώτο υβριδικό λεωφορείο σειράς που πωλείται στην Ιαπωνία. [56] Η GM εισήγαγε το 2010 το έξυπνο υβριδικό σύστημα Chevy Volt, με στόχο την πλήρη ηλεκτρική σειρά των 64 χλμ. [57], αν και αυτό το αυτοκίνητο έχει επίσης μηχανική σύνδεση μεταξύ του κινητήρα και του συστήματος μετάδοσης κίνησης.[58] Οι υπερπαραγωγοί σε συνδυασμό με μια τράπεζα μπαταριών ιόντων λιθίου έχουν χρησιμοποιηθεί από την AFS Trinity σε ένα μετατρεμμένο όχημα SUV της Saturn Vue. Χρησιμοποιώντας υπερκαταναλωτές υποστηρίζουν μέχρι 150 mpg σε μια σειρά υβριδική ρύθμιση. [59]

### 2.7.2 Plug-in υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (PHEV)

Ένας άλλος υποτύπος των υβριδικών οχημάτων είναι το ηλεκτρικό όχημα plug-in (PHEV). Το υβριδικό βύσμα είναι συνήθως ένα γενικό καύσιμο-ηλεκτρικό (παράλληλο ή σειριακό) υβρίδιο με αυξημένη χωρητικότητα αποθήκευσης ενέργειας, συνήθως μέσω μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου, το οποίο επιτρέπει στο όχημα να οδηγεί σε ηλεκτρική λειτουργία σε απόσταση που εξαρτάται από την μπαταρία το μέγεθος και τη μηχανική διάταξη (σειρά ή παράλληλη). Μπορεί να συνδεθεί με τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος στο τέλος της διαδρομής για να αποφευχθεί η φόρτιση χρησιμοποιώντας τον ενσωματωμένο κινητήρα εσωτερικής καύσης. [60] [61]

Αυτή η ιδέα είναι ελκυστική για όσους επιδιώκουν να ελαχιστοποιήσουν τις οδικές εκπομπές αποφεύγοντας ή τουλάχιστον ελαχιστοποιώντας τη χρήση του ICE κατά την καθημερινή οδήγηση. Όπως συμβαίνει και με τα καθαρά ηλεκτρικά οχήματα, η συνολική εξοικονόμηση εκπομπών, για παράδειγμα σε όρους CO<sub>2</sub>, εξαρτάται από την πηγή ενέργειας της εταιρείας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Για ορισμένους χρήστες, αυτός ο τύπος οχήματος μπορεί επίσης να είναι οικονομικά ελκυστικός εφόσον η χρησιμοποιούμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι φθηνότερη από τη βενζίνη / ντίζελ που θα χρησιμοποιούσαν αλλιώς. Τα τρέχοντα φορολογικά συστήματα σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιούν τη φορολογία ορυκτών πετρελαίων ως σημαντική πηγή εισοδήματος. Αυτό δεν συμβαίνει γενικά για την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία φορολογείται ομοιόμορφα για τον εγχώριο πελάτη, ωστόσο το χρησιμοποιεί αυτό. Ορισμένοι προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας προσφέρουν επίσης οφέλη στις τιμές για τους χρήστες εκτός νύχτας, οι οποίοι ενδέχεται να αυξήσουν περαιτέρω την ελκυστικότητα της προσθήκης plug-in για τους μετακινούμενους και τους αστικούς οδηγούς.



Εικόνα 14: Το Toyota Prius Prime διαθέτει μια ηλεκτρική σειρά 25 χιλιομέτρων (40 χιλιομέτρων).

## 2.8 Οδική ασφάλεια για τους ποδηλάτες, τους πεζούς

Το Nissan Leaf ήταν το πρώτο ηλεκτρικό αυτοκίνητο που ήταν εφοδιασμένο με τον ήχο οχημάτων Nissan για πεζούς.

Η έκθεση της Εθνικής Υπηρεσίας Ασφάλειας της Οδικής Κυκλοφορίας για το 2009 εξέτασε τα ατυχήματα με υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα που αφορούσαν πεζούς και ποδηλάτες και τα συνέκρινε με ατυχήματα που αφορούσαν οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICEV). Τα ευρήματα έδειξαν ότι, σε ορισμένες οδικές καταστάσεις, τα HEV είναι πιο επικίνδυνα για τα άτομα με τα πόδια ή το ποδήλατο. Για τα ατυχήματα που επιβραδύνουν ή σταματούν το όχημα, η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας, η είσοδος ή η έξοδος χώρου στάθμευσης (όταν η διαφορά ήχου μεταξύ HEVs και ICEVs είναι πιο έντονη), οι HEV είχαν διπλάσια πιθανότητα να εμπλακούν σε σύγκρουση πεζών από ό, τι τα ICEVs. Για συντριβές που αφορούσαν ποδηλάτες ή πεζούς, υπήρχε υψηλότερο ποσοστό περιστατικών για HEV από ό, τι τα ICEV όταν ένα όχημα περιστρέφει μια γωνία. Αλλά δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τύπων οχημάτων όταν οδηγούσαν ευθεία. [62]

Ορισμένοι κατασκευαστές αυτοκινητοβιομηχανιών ανέπτυξαν προειδοποιητικούς ήχους ηλεκτρικών οχημάτων σχεδιασμένους να προειδοποιούν τους πεζούς σχετικά με την παρουσία ηλεκτρικών οχημάτων όπως το υβριδικό ηλεκτρικό όχημα, τα υβριδικά ηλεκτροκίνητα οχήματα και τα ηλεκτρικά οχήματα (EVs) που ταξιδεύουν με χαμηλές ταχύτητες. Σκοπός τους είναι να κάνουν τους πεζούς, τους ποδηλάτες, τους τυφλούς και άλλους ενήμεροι για την παρουσία του οχήματος ενώ λειτουργούν σε ηλεκτρική κατάσταση. [63] [64] [65] [66]

Τα οχήματα που κυκλοφορούν στην αγορά με αυτές τις συσκευές ασφαλείας περιλαμβάνουν το Nissan Leaf, το Chevrolet Volt, το Fisker Karma, το Honda FCX Clarity, το Nissan Fuga Hybrid / Infiniti M35, το Hyundai ix35 FCEV, το Hyundai Sonata Hybrid, το 2012 Honda Fit EV, το 2012 Toyota Camry Hybrid 2012 Lexus CT200h και όλα τα αυτοκίνητα της οικογένειας Prius που παρουσιάστηκαν πρόσφατα, συμπεριλαμβανομένου του πρότυπου μοντέλου 2012 Prius, της Toyota Prius v και του Toyota Prius Plug-in Hybrid.

## 2.9 Περιβαλλοντικά ζητήματα

### Κατανάλωση καυσίμου και μείωση εκπομπών

Το υβριδικό όχημα επιτυγχάνει συνήθως μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου και χαμηλότερες εκπομπές από τα συμβατικά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICEVs), με αποτέλεσμα την παραγωγή λιγότερων εκπομπών. Αυτές οι εξοικονομήσεις επιτυγχάνονται κυρίως από τρία στοιχεία ενός τυπικού υβριδικού σχεδιασμού:

- 1 Στρηιζόμενη τόσο στον κινητήρα όσο και στους ηλεκτρικούς κινητήρες για τις ανάγκες μέγιστης ισχύος, με αποτέλεσμα μικρότερο μέγεθος κινητήρα να είναι περισσότερο για τη μέση χρήση παρά για τη μέγιστη κατανάλωση ενέργειας. Ένας μικρότερος κινητήρας μπορεί να έχει λιγότερες εσωτερικές απώλειες και μικρότερο βάρος.
- 2 Έχοντας σημαντική χωρητικότητα αποθήκευσης μπαταριών για την αποθήκευση και επαναχρησιμοποίηση της ανακτημένης ενέργειας, ειδικά στην κυκλοφορία stop-and-go χαρακτηριστική του κύκλου οδήγησης της πόλης.
- 3 Ανάκτηση σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας κατά τη διάρκεια της πέδησης, οι οποίες κανονικά απορρίπτονται ως θερμότητα. Αυτή η αναδρομική πέδηση μειώνει την ταχύτητα του οχήματος μετατρέποντας μέρος της κινητικής του ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια, ανάλογα με την ονομαστική ισχύ του κινητήρα / γεννήτριας.

Άλλες τεχνικές που δεν είναι απαραίτητα «υβριδικά» χαρακτηριστικά, αλλά που συχνά απαντώνται σε υβριδικά οχήματα περιλαμβάνουν:

- 1 Χρησιμοποιώντας κινητήρες κύκλων Atkinson αντί για κινητήρες κύκλου Otto για βελτιωμένη οικονομία καυσίμου.
- 2 Ο τερματισμός του κινητήρα κατά τη διακοπή της κυκλοφορίας ή κατά την παραμονή ή κατά τη διάρκεια άλλων περιόδων αναμονής.
- 3 Βελτίωση της αεροδυναμικής. (ένα μέρος του λόγου για το οποίο τα SUVs έχουν τόσο κακή οικονομία καυσίμου είναι η έλξη στο αυτοκίνητο). Ένα κιβώτιο σε σχήμα αυτοκινήτου ή φορτηγό πρέπει να ασκήσει περισσότερη δύναμη για να κινηθεί μέσα στον αέρα προκαλώντας περισσότερη πίεση στον κινητήρα καθιστώντας τη δουλειά σκληρότερη. Η βελτίωση του σχήματος και της αεροδυναμικής ενός αυτοκινήτου είναι ένας καλός τρόπος για να βελτιωθεί η οικονομία καυσίμου και ταυτόχρονα να βελτιωθεί ο χειρισμός του οχήματος.
- 4 Χρησιμοποιώντας ελαστικά χαμηλής αντίστασης κύλισης (τα ελαστικά ήταν συχνά κατασκευασμένα για να παρέχουν μια ήσυχη, ομαλή οδήγηση, υψηλή πρόσφυση κλπ., αλλά η απόδοση ήταν χαμηλότερη προτεραιότητα). Τα ελαστικά προκαλούν μηχανική οπισθέλκουσα, καθιστώντας και πάλι σκληρότερη τη μηχανή, καταναλώνοντας περισσότερα καύσιμα. Τα υβριδικά αυτοκίνητα μπορούν να

χρησιμοποιούν ειδικά ελαστικά που είναι πιο φουσκωμένα από τα κανονικά ελαστικά και σκληρότερα ή με επιλογή δομής σκελετού και καουτσούκ έχουν χαμηλή αντίσταση κύλισης διατηρώντας αποδεκτή πρόσφυση και βελτιώνοντας έτσι την οικονομία καυσίμου ανεξάρτητα από την πηγή ενέργειας.

- 5 Ενεργοποιώντας ηλεκτρικά το κλιματιστικό, το υδραυλικό τιμόνι και άλλες βοηθητικές αντλίες; αυτό μειώνει τις μηχανικές απώλειες σε σύγκριση με την οδήγηση τους συνεχώς με τους παραδοσιακούς ιμάντες κινητήρα.

Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν ένα υβριδικό όχημα ιδιαίτερα αποτελεσματικό για την κυκλοφορία στην πόλη όπου υπάρχουν συχνές στάσεις, περιόδους περιπάτου και ρελαντί. Επιπλέον, μειώνονται οι εκπομπές θορύβου, ιδιαίτερα σε περιστροφικές και χαμηλές ταχύτητες λειτουργίας, σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα με κινητήρα. Για συνεχή χρήση αυτοκινητοδρόμων υψηλής ταχύτητας, αυτά τα χαρακτηριστικά είναι πολύ λιγότερο χρήσιμα στη μείωση των εκπομπών.

### 2.9.1 Υβριδικές εκπομπές οχημάτων

Οι εκπομπές υβριδικών οχημάτων σήμερα πλησιάζουν ή και είναι χαμηλότερες από το συνιστώμενο επίπεδο που καθορίζει η EPA (Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος). Τα συνιστώμενα επίπεδα που προτείνουν για ένα τυπικό επιβατικό όχημα θα πρέπει να ισοδυναμούν με 5,5 μετρικούς τόνους CO<sub>2</sub>. Τα τρία πιο δημοφιλή υβριδικά οχήματα, η Honda Civic, η Honda Insight και η Toyota Prius, καθόρισαν τα πρότυπα ακόμη υψηλότερα, παράγοντας 4.1, 3.5 και 3.5 τόνους που δείχνουν σημαντική βελτίωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Τα υβριδικά οχήματα μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές ρύπων που σχηματίζουν νέφος κατά 90% και να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά το ήμισυ [67].

Περισσότερα ορυκτά καύσιμα χρειάζονται για την κατασκευή υβριδικών οχημάτων από τα συμβατικά αυτοκίνητα, αλλά οι μειωμένες εκπομπές κατά τη λειτουργία του οχήματος υπερβαίνουν περισσότερο από αυτό. [68]

## Κεφάλαιο 3 Μηχανισμοί ζεύξης υβριδικών αυτοκινήτων

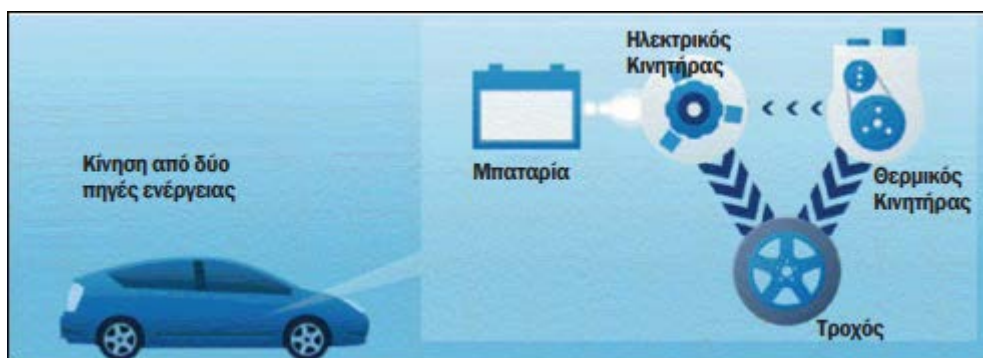
### 3.1 Είδη και βασικές αρχές λειτουργίας συστημάτων μετάδοσης κίνησης.

Τα υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν για την κίνησή τους περισσότερες από μία πηγές ενέργειας. Οι πηγές αυτές τροφοδοτούνται από διάφορες επιλογές αποθήκευσης. Στην παρούσα χρήση ο όρος «υβριδικό όχημα» αναφέρεται στον συνδυασμό ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης με ένα ηλεκτρικό μοτέρ, ή περισσότερα, και τους αντίστοιχους συσσωρευτές ενέργειας (ρεζερβουάρ καυσίμου και μπαταρία). Οι χρησιμοποιούμενοι τύποι μετάδοσης ισχύος σήμερα είναι τρεις: το σύστημα σε σειρά, το παράλληλο σύστημα και το σε σειρά-παράλληλο (μεικτό).

#### 3.3.1 Είδη και βασικές αρχές λειτουργίας συστημάτων μετάδοσης κίνησης

Τα υβριδικά οχήματα είναι οχήματα που χρησιμοποιούν για την κίνησή τους περισσότερες από μία πηγές ενέργειας. Οι πηγές αυτές τροφοδοτούνται από διάφορες επιλογές αποθήκευσης. Στην εποχή μας ο όρος «υβριδικό όχημα» αναφέρεται στον συνδυασμό ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης με ένα ηλεκτρικό μοτέρ ή περισσότερα και στους αντίστοιχους συσσωρευτές ενέργειας (ρεζερβουάρ καυσίμου και μπαταρία).

Μια άλλη μορφή υβριδικής μετάδοσης κίνησης θα μπορούσε να είναι, για παράδειγμα, ο συνδυασμός μιας κυψέλης καυσίμου και ενός ηλεκτρικού μοτέρ. Οι υβριδικές μεταδόσεις της κίνησης καθιστούν δυνατή την κατάργηση των αδυναμιών που εμπεριέχονται στη σχεδίαση των φιλοσοφιών των αμιγώς ηλεκτρικών ή συστημάτων μετάδοσης κίνησης που χρησιμοποιούνται σε κινητήρες εσωτερικής καύσης.



Εικόνα 15: Υβριδικό είναι ένα όχημα με δύο πηγές κινητήριας δύναμης.

Μέχρι σήμερα όσον αφορά την Toyota και τους περισσότερους κατασκευαστές, η διάταξη περιλαμβάνει ένα ηλεκτρικό μοτέρ και έναν κινητήρα καύσης βενζίνης. Όμως υπάρχουν υβριδικά πετρελαιοκίνητα-ηλεκτροκίνητα και καθώς εξελίσσονται οι νέες τεχνολογίες, θα δούμε περισσότερες παραλλαγές, όπως είναι η τεχνολογία κυψέλης καυσίμου υδρογόνου, και φυσικά περισσότερα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα.

#### Υπάρχουν τρεις τύποι μετάδοσης ισχύος:

- 1 το σύστημα σε σειρά,
- 2 το παράλληλο σύστημα και
- 3 το σε σειρά-παράλληλο (μεικτό)



### 3.2 Σύστημα σε σειρά

Τα υβριδικά συστήματα σειράς αναφέρονται επίσης ως ηλεκτρικά οχήματα εκτεταμένης εμβέλειας (EREV) ή ηλεκτροκίνητα οχήματα εκτεταμένης εμβέλειας (REEV). (Τα υβριδικά σειριακά μοντέλα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ταξινομούνται ως ηλεκτροκίνητο όχημα με μπαταρία BEVx από την California Air Resources Board ).

Η μετάδοση ηλεκτρικού ρεύματος είναι διαθέσιμη ως εναλλακτική λύση στα συμβατικά μηχανικά κιβώτια από το 1903. Τυπικά μηχανικά κιβώτια επιβάλλουν πολλές ποινές, συμπεριλαμβανομένου του βάρους, του όγκου, του θορύβου, του κόστους, της πολυπλοκότητας και της αποστράγγισης στην ισχύ του κινητήρα με κάθε αλλαγή ταχυτήτων, είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα. Σε αντίθεση με τους ICE, οι ηλεκτροκίνητες δεν απαιτούν μετάδοση.

Στην πραγματικότητα ολόκληρη η μηχανική μετάδοση μεταξύ του ICE και των τροχών έχει αφαιρεθεί και αντικατασταθεί από μια ηλεκτρική γεννήτρια, μερικά καλώδια και χειριστήρια και ηλεκτρικούς κινητήρες έλξης, με το πλεονέκτημα ότι το ICE δεν συνδέεται πλέον άμεσα με τη ζήτηση.

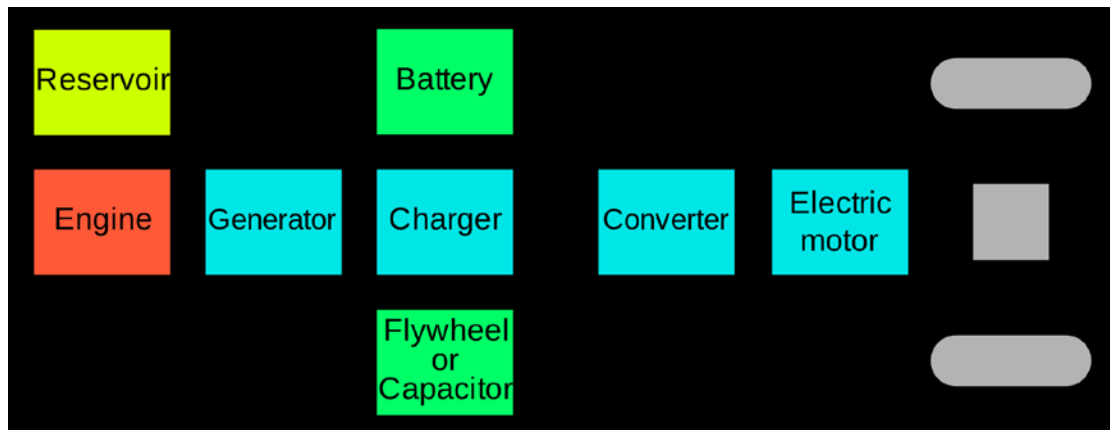
Πρόκειται για μια σειρά υβριδικών ρυθμίσεων και είναι κοινή στις ντίζελ-ηλεκτρικές ατμομηχανές και τα πλοία (το ρωσικό ποτάμι Vandal, το οποίο ξεκίνησε το 1903, ήταν το πρώτο ντίζελ με κινητήρα ντίζελ και πετρελαιοκίνητο) και ο Ferdinand Porsche χρησιμοποίησε επιτυχώς αυτή τη ρύθμιση στις αρχές του 20ου αιώνα σε αγωνιστικά αυτοκίνητα, συμπεριλαμβανομένου του Lohner-Porsche Mixte Hybrid. Η Porsche ονομάστηκε το σύστημα System Mixte, το οποίο είχε διάταξη μοτέρ τροχού, με κινητήρα σε κάθε έναν από τους δύο μπροστινούς τροχούς, ρυθμίζοντας τα αρχεία ταχύτητας.

Τα επιχειρήματα μεγαλύτερης ευελιξίας, υψηλότερης απόδοσης και λιγότερων εκπομπών στο σημείο χρήσης επιτυγχάνονται σε ένα σύστημα υβριδικών σειρών για οδικά οχήματα όταν μια ενδιάμεση ηλεκτρική μπαταρία, ενεργώντας ως ρυθμιστής ενέργειας, κάθεται μεταξύ της ηλεκτρικής γεννήτριας και των ηλεκτρικών κινητήρων έλξης.

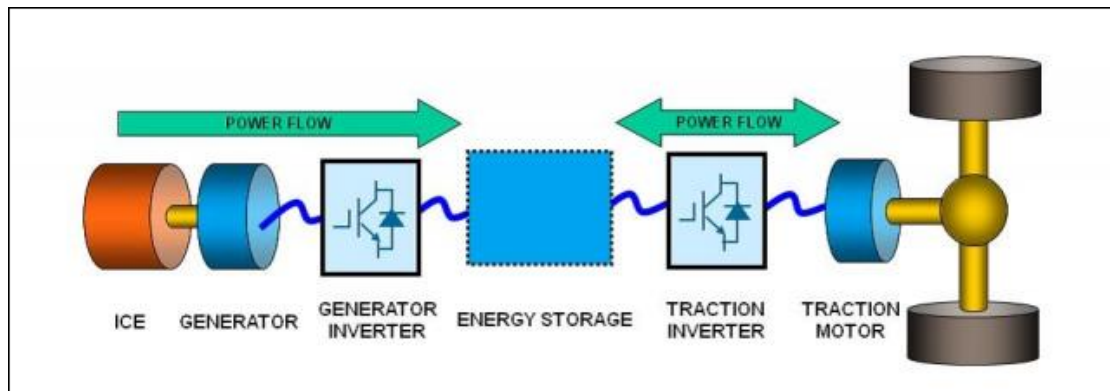
Το ICE μετατρέπει μια γεννήτρια και δεν συνδέεται μηχανικά με τους κινητήριους τροχούς. Αυτό απομονώνει τον κινητήρα από τη ζήτηση, επιτρέποντάς του να λειτουργήσει με συνέπεια στην πιο αποτελεσματική ταχύτητά του. Δεδομένου ότι η κύρια κινητήρια δύναμη παράγεται από την μπαταρία, μπορεί να τοποθετηθεί μια μικρότερη γεννήτρια / κινητήρας σε σύγκριση με μια συμβατική μηχανή άμεσης κίνησης.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες έλξης μπορούν να λάβουν ηλεκτρική ενέργεια από την μπαταρία ή απευθείας από τον κινητήρα / γεννήτρια ή και από τα δύο. Οι κινητήρες έλξης τροφοδοτούνται συχνά μόνο από την ηλεκτρική μπαταρία, η οποία μπορεί να φορτιστεί από εξωτερικές πηγές όπως το ηλεκτρικό δίκτυο.

Αυτό επιτρέπει σε ένα όχημα με κινητήρα / γεννήτρια που λειτουργεί μόνο όταν χρειάζεται, όπως όταν εξαντληθεί η μπαταρία ή για να φορτιστούν οι μπαταρίες.



Εικόνα 16: Δομή ενός υβριδικού οχήματος σειράς



Εικόνα 17: Σχεδιάγραμμα ενός υβριδικού οχήματος σειράς

### Πλεονεκτήματα

Η ανάγκη για ένα περίπλοκο κιβώτιο ταχυτήτων και συμπλέκτη πολλαπλών ταχυτήτων εξαλείφεται σε σειρά υβριδίων, αφού μόνο ο ηλεκτροκινητήρας οδηγεί απευθείας το κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο μπορεί να έχει μία ταχύτητα.

Οι βενζινοκινητήρες σε σειρά υβριδίων τείνουν να είναι μικρότεροι και πιο αποδοτικοί, δεδομένου ότι δεν τροφοδοτούν άμεσα το όχημα και δεν υπόκεινται στις εξαιρετικά μεταβαλλόμενες απαιτήσεις ισχύος της οδήγησης stop-and-go. Αυτά τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού κάνουν τα υβριδικά μοντέλα ιδανικό αυτοκίνητο για αστικές και προασιακές συνθήκες οδήγησης. Ο μικρότερος, αποδοτικότερος κινητήρας και η μεγαλύτερη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών επιβλαβών αερίων σε υβρίδια σειράς.

## Μειονεκτήματα

Το υβριδικό μοντέλο απαιτεί μια μεγαλύτερη, πιο περίπλοκη μπαταρία και κινητήρα για να καλύψει τις ανάγκες του σε ενέργεια. Η μεγαλύτερη μπαταρία και ο κινητήρας και η προσθήκη μιας γεννήτριας καθιστούν συχνά το υβριδικό σε σειρά πιο δαπανηρό από ένα παράλληλο υβρίδιο.

Τα υβριδικά συστήματα σειράς δεν είναι εξίσου αποτελεσματικά με τα παράλληλα υβρίδια για την οδήγηση αυτοκινητόδρομου, καθώς ο κινητήρας δεν είναι απευθείας συνδεδεμένος με τους τροχούς.

Τα υβριδικά μοντέλα plug-in είναι διαθέσιμα τόσο σε σειρές όσο και παράλληλα, που επιτρέπουν μόνο ηλεκτρική λειτουργία και μηδενικές εκπομπές από την εξαγωγή σε μικρές αποστάσεις. Ωστόσο, το χαρακτηριστικό plug-in προσθέτει επίσης το κόστος.

### 3.3 Σύστημα σε παράλληλη λειτουργία

Τα παράλληλα υβριδικά συστήματα διαθέτουν τόσο κινητήρα εσωτερικής καύσης όσο και ηλεκτρικό μοτέρ που μπορεί να οδηγήσει μεμονωμένα το αυτοκίνητο ή και τα δύο συζευγμένα προς τα πάνω, δίνοντας από κοινού κίνηση. Αυτό είναι το πιο κοινό υβριδικό σύστημα από το 2016.

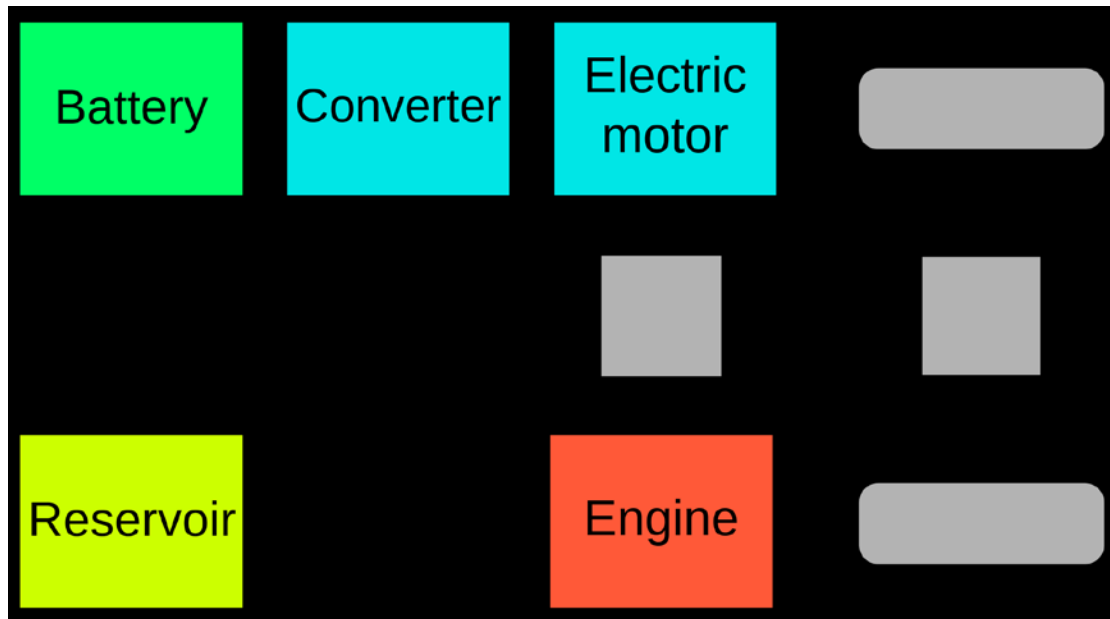
Εάν συνδέονται σε έναν άξονα (παράλληλα), οι ταχύτητες σε αυτόν τον άξονα πρέπει να είναι ίδιες και οι παρεχόμενες ροπές στρέψης να προστίθενται μαζί. (Τα περισσότερα ηλεκτρικά ποδήλατα είναι αυτού του τύπου.) Όταν χρησιμοποιείται μόνο μία από τις δύο πηγές, η άλλη πρέπει είτε να περιστρέφεται (σε αδράνεια) είτε να συνδέεται με έναν μονόδρομο συμπλέκτη ή ελεύθερο τροχό.

Με τα αυτοκίνητα οι δύο πηγές μπορούν να εφαρμοστούν στον ίδιο άξονα (για παράδειγμα με τον ηλεκτροκινητήρα που συνδέεται μεταξύ του κινητήρα και του κιβωτίου ταχυτήτων), μεταβάλλοντας τις ίδιες ταχύτητες και τις ροπές που συσσωρεύονται με τον ηλεκτρικό κινητήρα προσθέτοντας ή αφαιρώντας ροπή στο σύστημα, όπως είναι απαραίτητο. (Το Honda Insight χρησιμοποιεί αυτό το σύστημα.)

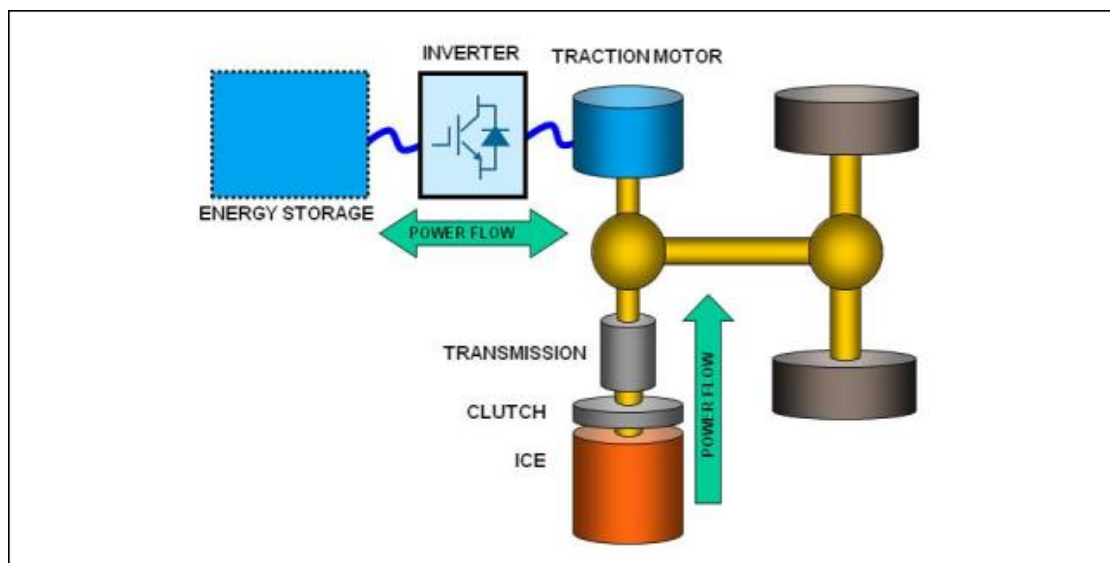
Τα παράλληλα υβρίδια μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω από την ισορροπία μεταξύ των διαφορετικών κινητήρων που παρέχουν κινητήρια δύναμη: ο ICE μπορεί να κυριαρχεί (εμπλέκοντας τον ηλεκτροκινητήρα μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες) ή το αντίστροφο. Ενώ σε άλλες μπορεί να τρέξει μόνο στο ηλεκτρικό σύστημα, αλλά επειδή τα τρέχοντα παράλληλα υβρίδια δεν μπορούν να παράσχουν μόνο ηλεκτρικούς τρόπους ή μόνο με εσωτερική καύση, κατηγοριοποιούνται συχνά ως ήπια υβρίδια.

Τα παράλληλα υβριδικά εξαρτώνται περισσότερο από την αναγεννητική πέδηση και το ICE μπορεί επίσης να λειτουργεί ως γεννήτρια για συμπληρωματική επαναφόρτιση. Αυτό τους καθιστά πιο αποτελεσματικούς στις αστικές συνθήκες «σταματήματος και μετάβασης». Χρησιμοποιούν μικρότερο πακέτο μπαταριών από άλλα υβρίδια. Τα υβρίδια Insight, Civic και Accord της Honda είναι παραδείγματα παράλληλων υβριδίων παραγωγής. Τα υβριδικά φορτηγά Parallel Hybrid Truck (PHT) της General Motors και τα υβριδικά BAS όπως τα υβρίδια Saturn VUE και

Aura Greenline και Chevrolet Malibu χρησιμοποιούν επίσης μια παράλληλη υβριδική αρχιτεκτονική.



Εικόνα 18: Δομή ενός παράλληλου υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος



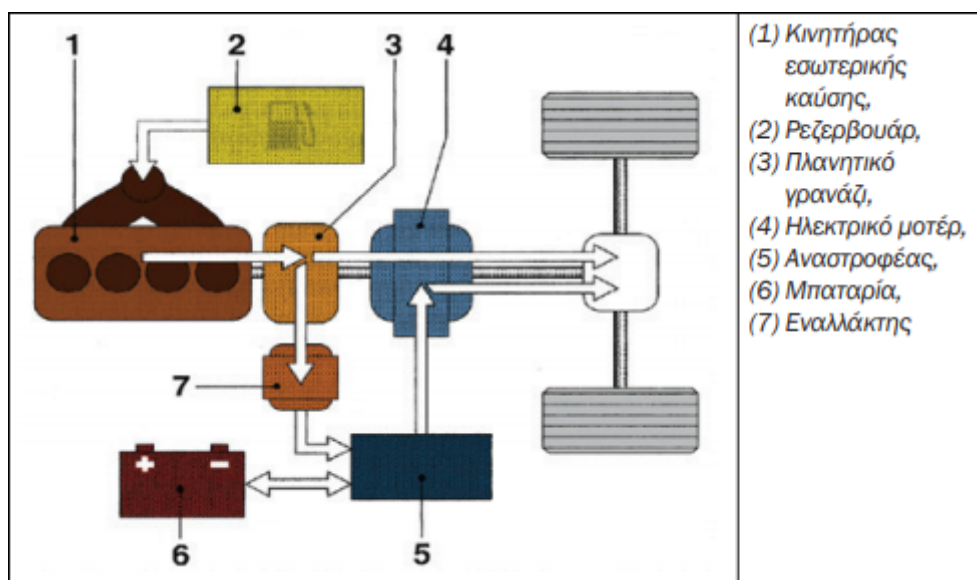
Εικόνα 19: Σχεδιάγραμμα ενός υβριδικού οχήματος σε παράλληλη λειτουργία

### 3.4 Υβριδικά διαχωρισμού ισχύος ή σε Σειρά – Παράλληλα

Στη διάταξη «υβριδικό διαχωρισμού ισχύος» οι δύο αρχές που αναφέρθηκαν παραπάνω συνδυάζονται για να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα και των δύο συστημάτων. Αυτή είναι μια σύνθετη δυνατότητα εφαρμογής υβριδικών μεταδόσεων κίνησης.

Σε μια υβριδική ηλεκτρική μετάδοση κίνησης με διαχωρισμό ισχύος υπάρχουν δύο κινητήρες: ένα ηλεκτρικό μοτέρ και ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης. Η ισχύς από τους δύο κινητήρες μπορεί να μοιραστεί, για να κινήσει τους τροχούς μέσω του διαχωριστή ισχύος, ο οποίος είναι ένα απλό σετ πλανητικών γραναζιών. Η σχέση μπορεί να είναι από 0-100% για τον κινητήρα εσωτερικής καύσης ή από 0-100% για το ηλεκτρικό μοτέρ ή οτιδήποτε άλλο μεταξύ αυτών, όπως 40% για το ηλεκτρικό μοτέρ και 60% για τον κινητήρα καύσης.

Το ηλεκτρικό μοτέρ μπορεί να ενεργήσει ως γεννήτρια για να φορτίσει τις μπαταρίες. Στον ανοιχτό δρόμο η πρωτεύουσα πηγή ισχύος είναι ο κινητήρας εσωτερικής καύσης. Όταν απαιτείται η μέγιστη ισχύς, για παράδειγμα σε προσπέραση, χρησιμοποιείται το ηλεκτρικό μοτέρ για να βοηθήσει, μεγιστοποιώντας τη διαθέσιμη ισχύ για σύντομη χρονική περίοδο, δίνοντας την εντύπωση ότι υπάρχει ένας μεγαλύτερος κινητήρας από αυτόν που πραγματικά βρίσκεται τοποθετημένος. Στις περισσότερες εφαρμογές, ο κινητήρας σβήνει όταν το αυτοκίνητο είναι σταματημένο, μειώνοντας τις εκπομπές στις πλευρές των πεζοδρομίων.



Εικόνα 20: Υβριδική κίνηση διαχωρισμού ισχύος

### 3.5 Τεχνολογίες συστημάτων μετάδοσης κίνησης

Η καινοτομία και οι στρατηγικές επιχειρηματικές συνεργασίες έχουν δώσει στην παγκόσμια αγορά οικονομικές και αποδοτικές λύσεις για την ηλεκτροκίνηση. Τα ηλεκτρικά συστήματα μετάδοσης κίνησης τυποποιούνται από διάφορους κατασκευαστές και προωθούνται μαζικά στην αγορά κατασκευαστών μικρών και μεγάλων οχημάτων.

Οι τεχνολογίες αυτές κυρίως αφορούν:

- ✓ Ηλεκτρικά συστήματα ανεξάρτητα
- ✓ Ηλεκτρικά συστήματα ενσωματωμένα στο σύστημα μετάδοσης κίνησης του οχήματος
- ✓ Ηλεκτρικά συστήματα ενσωματωμένα στους τροχούς κίνησης του οχήματος

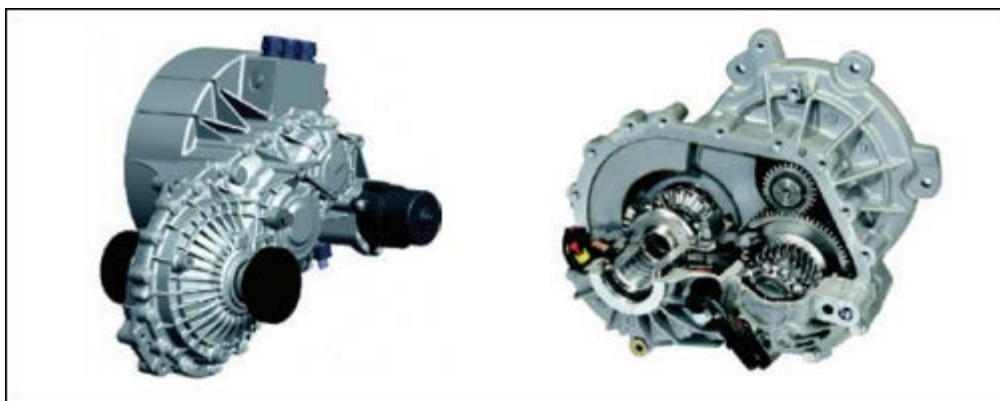
- ✓ α) Ηλεκτρικά συστήματα ανεξάρτητα αποτελούν ανεξάρτητα συστήματα ηλεκτρικών κινητήρων-γεννητριών με τα υπόλοιπα συστήματα του οχήματος και χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγάλα οχήματα.
- ✓ β) Ηλεκτρικά συστήματα ενσωματωμένα στο σύστημα μετάδοσης κίνησης του οχήματος

Αποτελούν συστήματα ηλεκτρικών κινητήρων-γεννητριών ενσωματωμένα στο σύστημα μετάδοσης κίνησης του οχήματος και χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρά οχήματα. Η εταιρεία GKN Driveline, η οποία ασχολείται με συστήματα για EVs και HEVs, αναφέρει μια σημαντική αύξηση των συστημάτων αυτών στην παγκόσμια αγορά ηλεκτροκινητήρων οχημάτων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο προϊόντα της εταιρείας για την κίνηση ηλεκτρικών οχημάτων του συστήματος eAxle και του eTransmission. Τα συστήματα αυτά έχουν εγκατασταθεί ήδη σε περισσότερους από 250.000 κινητήρες. Το eAxle είναι ένα συμπαγές και ελαφρύ σύστημα που μπορεί να παρέχει ηλεκτρική κίνηση σε ένα όχημα εξοπλισμένο με κινητήρα εσωτερικής καύσης και να το μετατρέπει σε υβριδικό.

Έχει χαμηλό συντελεστή θορύβου NVH και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και χρησιμοποιείται από μεγάλους κατασκευαστές οχημάτων, συμπεριλαμβανομένης της Nissan, της PSA Peugeot και Citroën, με την τελευταία να το χρησιμοποιεί στο HYbrid4 diesel-electric hybrid.

Επίσης, το ίδιο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να δώσει κίνηση σε όλους τους τροχούς του υβριδικού οχήματος, επικουρούμενο από ένα ξεχωριστό σύστημα συμπλέκτη ηλεκτρονικά ελεγχόμενου. Το eTransmission, συμπαγές, ελαφρύ για μετάδοση της κίνησης, έχει σχεδιαστεί για χρήση σε ηλεκτρικά οχήματα EVs και μπορεί να μεταδώσει μέχρι 300 kW στους κινητήριους τροχούς. [67]



*Εικόνα 21: Ηλεκτρικό σύστημα ενσωματωμένο στο σύστημα μετάδοσης κίνησης του οχήματος.*

Μια αρθρωτή σχεδίαση επιτρέπει στο σύστημα να χρησιμοποιηθεί με e-κινητήρες από διαφορετικούς προμηθευτές και με πρόσθετα χαρακτηριστικά, όπως ένα ηλεκτρικό χειρόφρενο ή ένα διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης, που μπορούν να ενσωματωθούν έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα ιδιαίτερο προϊόν για κάθε κατασκευαστή.

## Πλεονεκτήματα ηλεκτρικών κινητήρων-γεννητριών και συστημάτων μετάδοσης κίνησης:

- Τεχνολογία αξονικής ροής για μεγαλύτερη ισχύ και ροπή.
- Μέγιστη ισχύς μεγαλύτερη των 5 kW/kg σε απότομες απαιτήσεις (ονομαστική ισχύς 2,5 kW/kg).
- Μέγιστη ροπή 16,5 N · m/kg σε απότομες απαιτήσεις (ονομαστική ροπή 6 N · m/kg). Προσαρμογή και ρύθμιση για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.
- Υβριδικά και ηλεκτρικά συστήματα κίνησης για τα ελαφρά και βαρέα οχήματα
- Νέα τεχνολογία Range extenders.
- Ενσωματωμένη μίζα και γεννήτρια.

Ηλεκτρικά συστήματα ενσωματωμένα στους τροχούς κίνησης του οχήματος. Τα ηλεκτρικά συστήματα αυτά είναι ενσωματωμένα στους τροχούς κίνησης του οχήματος και συνήθως αναφέρονται και ως «ηλεκτρικός τροχός». Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο ηλεκτρικός τροχός της εταιρείας Schaeffler, ο οποίος αποτελεί καινοτομία της εταιρείας.

Οι Schaeffler και Ford παρουσίασαν τον νέο ηλεκτρικό κινητήρα-τροχό δεύτερης γενιάς, στο ηλεκτροκίνητο Fiesta, με την ονομασία «e-wheel drive». Η δεύτερη φάση δοκιμών της Schaeffler στους ηλεκτροκίνητους τροχούς, που ανέπτυξε σε συνεργασία με τη Ford του Ευρωπαϊκού Κέντρου Έρευνας και Μηχανικής στο Άαχεν της Γερμανίας και παρουσιάστηκε την άνοιξη του 2013, έχει να επιδείξει σημαντική εξοικονόμηση βάρους, αύξηση ισχύος και ροπής, καθώς και καλύτερες επιδόσεις σε καιρικές συνθήκες κρύου, συγκριτικά με το σύστημα πρώτης γενιάς που παρουσίασε το 2010.



Εικόνα 22: Το ηλεκτροκίνητο Fiesta της Ford.

Το σύστημα είναι τοποθετημένο σε ένα Ford Fiesta με την ονομασία «Fiesta E-Wheel Drive».

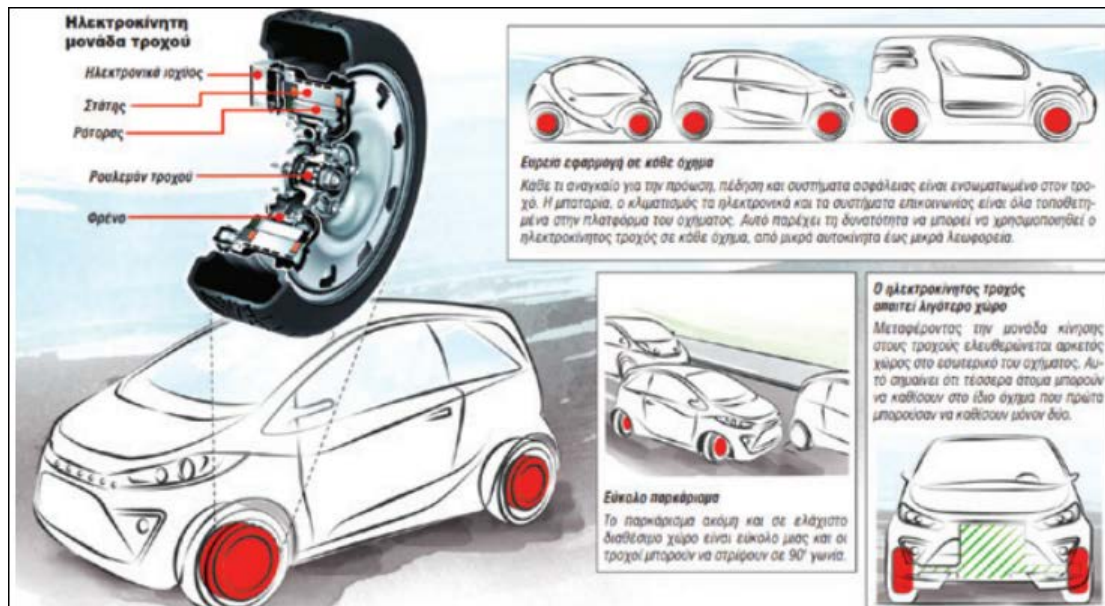


*Εικόνα 23: Τομή ηλεκτρικού τροχού.*

Σε σύγκριση με τη μονάδα κίνησης πρώτης γενιάς, η νέα μονάδα E-Wheel Drive έχει αύξηση της ισχύος εξόδου σε ποσοστό 33% και αύξηση της ροπής σε ποσοστό 75%. Σε κάθε τροχό έχουν ενσωματωθεί το ψυκτικό υγρό, τα ηλεκτρονικά ισχύος και η μονάδα ελέγχου, γεγονός που σημαίνει ότι η συμφόρηση καλωδίων στο όχημα μπορεί να αποτραπεί.

Η υδρόψυκτη μονάδα κίνησης (ηλεκτροκινητήρας, ηλεκτρονικά ισχύος, φρένα, μονάδα ελέγχου, σύστημα ψύξης) είναι τοποθετημένη εγκάρσια σε καθέναν από τους οπίσθιους τροχούς. Η ενσωμάτωση όλων αυτών των συστημάτων στον τροχό σημαίνει ότι η συμφόρηση καλωδίων στο όχημα μπορεί να αποτραπεί. Συνδυαστικά, ηλεκτρική μονάδα κίνησης και τροχός (τροχός 16in) ζυγίζει 45-53 κιλά περίπου περισσότερα από τις συμβατικές ρόδες, συμπεριλαμβανομένων των ρουλεμάν και των φρένων. [52]





Εικόνα 24: Σχηματική διάταξη εξαρτημάτων και πλεονεκτήματα του οχήματος.

Το E-Wheel διαθέτει επίσης ένα δυναμικό σύστημα διαφοροποίησης της ροπής ανά τροχό. Το σύστημα είναι ανάλογο με αυτό που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα με κίνηση στους 4 τροχούς και σκοπός του είναι να παρέχει διαφορετική ροπή σε κάθε τροχό ξεχωριστά, ανάλογα με τις ανάγκες του αυτοκινήτου.

## Κεφάλαιο 4 Μπαταρίες

### 4.1 Ποια είναι η καλύτερη μπαταρία για το υβριδικό αυτοκίνητο;

Τα πρώτα μοντέλα HEV χρησιμοποίησαν μπαταρίες μολύβδου οξέος επειδή δεν υπήρχε εναλλακτική λύση. Σήμερα, η Honda και η Toyota χρησιμοποιούν υδρίδιο νικελίου-μετάλλου (NiMH). Αυτή η χημεία είναι ελαφρύτερη και πιο φιλική προς το περιβάλλον από τα συστήματα με βάση το μόλυβδο. Η μπαταρία αποτελείται από κυλινδρικές κυψέλες που συνδέονται εν σειρά ώστε να επιτυγχάνουν αρκετές εκατοντάδες βολτ. Οι στοιχειοσειρές κυττάρων αιωρούνται στο μέσο του αέρα για να επιτρέψουν την ψύξη του αέρα. Η εικόνα 25 δείχνει ένα πακέτο επίδειξης μιας πρώιμης μπαταρίας υβριδικών αυτοκινήτων της Toyota. [32]



*Εικόνα 25: Μπαταρία νικελίου-μετάλλου-υδριδίου ενός υβριδικού αυτοκινήτου της Toyota.*

Μία από τις κρίσιμες απαιτήσεις μπαταρίας για υβριδικές εφαρμογές είναι η μακροζωία. Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες για καταναλωτικά προϊόντα τυπικά διαρκούν από δύο έως τρία χρόνια. Αυτή η σύντομη διάρκεια ζωής δεν αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα για τα κινητά τηλέφωνα, τους φορητούς υπολογιστές και τις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, επειδή οι συσκευές ξεπερνούν γρήγορα. Από 2.000 έως 3.000 δολάρια ανά πακέτο μπαταριών, το κόστος αντικατάστασης μιας μπαταρίας HEV θα αποτελούσε σημαντική δαπάνη.

Οι περισσότερες μπαταρίες για HEV είναι εγγυημένες για οκτώ χρόνια. Για να καλύψουν αυτή τη μεγάλη διάρκεια ζωής, τα κελιά βελτιστοποιούνται για μακροζωία και όχι μέγεθος και βάρος, όπως συμβαίνει με τις φορητές εφαρμογές. Δεδομένου ότι η μπαταρία τρέχει σε τροχούς, το αυξημένο βάρος και το μέγεθος δεν είναι πολύ κρίσιμο.

Ένα NiMH για HEV μπορεί να φορτιστεί και να αποφορτιστεί 1.000 φορές εάν γίνει σε ένα βάθος εκφόρτισης 80%. Σε ένα υβριδικό όχημα, μια πλήρης εκφόρτιση συμβαίνει σπάνια, εκτός εάν ο ιδιοκτήτης ζει σε ένα βουνό και απαιτεί όλη την διαθέσιμη ισχύ μπαταρίας για να μετακινηθεί στο σπίτι. Μια τέτοια ρουτίνα θα έδινε

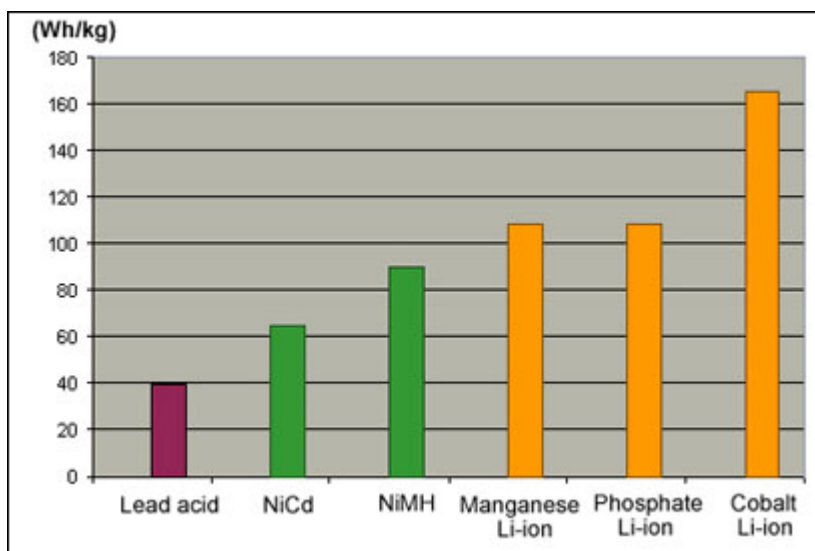
πίεση στην μπαταρία και η ζωή θα μειωνόταν. Στις περισσότερες άλλες εφαρμογές, το υβριδικό αυτοκίνητο χρησιμοποιεί μόνο το 10% της ονομαστικής χωρητικότητας της μπαταρίας. Αυτό επιτρέπει χιλιάδες κύκλους φόρτισης / εκκένωσης. Οι μπαταρίες σε δορυφόρους χρησιμοποιούν ένα παρόμοιο σύστημα στο οποίο η μπαταρία εκφορτίζεται λιγότερο από 10% κατά τη διάρκεια μιας δορυφορικής νύχτας. Η NASA επιτυγχάνει αυτό με την υπερβολική μεγέθυνση της μπαταρίας. [71]

Ένας από τους περιορισμούς του NiMH είναι η μέτρια απόδοση μετατροπής ενέργειας. Αυτό μεταφράζεται στην μπαταρία που ζεσταίνει με φόρτιση και εκφόρτιση. Η απόδοση του φορτίου είναι καλύτερη σε 50-70% κατάσταση φόρτισης. Πάνω από το 70%, η μπαταρία δεν μπορεί να απορροφήσει το φορτίο καλά και μεγάλο μέρος της ενέργειας φόρτισης χάνεται στη θερμότητα. Η λειτουργία μιας μπαταρίας με μερική φόρτιση απαιτεί μεγαλύτερη μάζα που μειώνει την αναλογία ενέργειας και βάρους και την αποδοτικότητα.

Οι ιαπωνικοί κατασκευαστές αυτοκινήτων έχουν δοκιμάσει πολλές χημικές ουσίες μπαταριών, συμπεριλαμβανομένης της επιστροφής στο μόλυβδο οξύ. Σήμερα, η εστίαση είναι στο ιόν λιθίου. Το ιόν λιθίου με βάση το κοβάλτιο είναι μία από τις πρώτες χημικές ουσίες της οικογένειας λιθίου και προσφέρει πολύ υψηλή πυκνότητα ενέργειας. Δυστυχώς, αυτό το σύστημα μπαταριών δεν μπορεί να παρέχει υψηλά ρεύματα και περιορίζεται σε φορητές εφαρμογές.

Οι κατασκευαστές HEV πειραματίζονται με εκδόσεις μαγγανίου (σπινελίου) και φωσφορικών. Αυτά τα συστήματα ιόντων λιθίου προσφέρουν εξαιρετικά χαμηλή εσωτερική αντίσταση, δίνουν υψηλά ρεύματα φορτίου και δέχονται γρήγορη φόρτιση. Σε αντίθεση με την έκδοση κοβαλτίου, η αντίσταση παραμένει χαμηλή καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

Για να επαληθευτεί το χαρακτηριστικό του ιόντος λιθίου με βάση το μαγγάνιο, ένα ερευνητικό εργαστήριο εφάρμοσε 30.000 κύκλους εκφόρτισης / φόρτισης για περίοδο επτά ετών. Αν και η χωρητικότητα μειώθηκε από 100% σε 20%, η κυψέλη διατήρησε τη χαμηλή εσωτερική της αντίσταση. Το μειονέκτημα του μαγγανίου και του φωσφορικού είναι η χαμηλότερη πυκνότητα ενέργειας, αλλά αυτά τα συστήματα παρέχουν κατά 20% περισσότερη χωρητικότητα ανά βάρος από το NiMH και τρεις φορές περισσότερο από το μόλυβδο οξύ. Η εικόνα 26 απεικονίζει τις πυκνότητες ενέργειας των συστημάτων μολύβδου, νικελίου και ιόντων λιθίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα συστήματα ιόντων λιθίου έχουν τη δυνατότητα μεγαλύτερης πυκνότητας ενέργειας, αλλά με κόστος χαμηλότερης ασφάλειας και μείωσης της διάρκειας ζωής του κύκλου. [62]



Εικόνα 26: Πυκνότητες ενέργειας των κοινών χημικών συστοιχιών των μπαταριών.

Τα συστήματα ιόντων λιθίου υποσχόμαστε υποψήφιους τόσο για HEV όσο και για plug-in HEV, αλλά απαιτούν περισσότερη έρευνα. Ακολουθούν ορισμένα που πρέπει να καταργηθούν:

**Ανθεκτικότητα:** Ο αγοραστής ζητά εγγύηση δέκα ετών και άνω. Επί του παρόντος, ο κατασκευαστής μπαταριών για υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα μπορεί να δώσει οκτώ χρόνια σε NiMH. Η μακροζωία του ιόντος λιθίου δεν έχει ακόμη αποδειχθεί και η τιμή των οκτώ ετών θα αποτελέσει πρόκληση.

**Κόστος:** Εάν το κόστος αντικατάστασης 2 000 έως 3 000 δολ. για πακέτο νικελίου-μετάλλου-υδριδίου είναι απαγορευτικό, το ιόν λιθίου θα είναι υψηλότερο. Αυτά τα συστήματα είναι πιο ακριβά από ό, τι τα περισσότερα άλλα χημεία, αλλά έχουν τη δυνατότητα μείωσης των τιμών μέσω βελτιωμένων μεθόδων κατασκευής. Το NiMH έχει φτάσει στο χαμηλό κόστος και δεν μπορεί να μειωθεί περαιτέρω λόγω των υψηλών τιμών του νικελίου.

**Ασφάλεια:** Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου με μαγγάνιο και φωσφορικό άλας είναι εγγενώς ασφαλέστερες από το κοβάλτιο. Το κοβάλτιο είναι θερμικά ασταθές σε μέτρια θερμοκρασία 150 °C (300 °F). Τα κύτταρα μαγγανίου και φωσφορικών μπορούν να φθάσουν στους 250 °C (480 °F) πριν γίνουν επικίνδυνα. Παρά την αυξημένη θερμική σταθερότητα, η μπαταρία απαιτεί δαπανηρά κυκλώματα προστασίας για να εποπτεύει τις τάσεις των κυψελών και να περιορίζει το ρεύμα σε συνθήκες αποτυχίας. Το κύκλωμα ασφαλείας θα χρειαστεί επίσης να αντισταθμίσει την αναντιστοιχία κυττάρων που συμβαίνει φυσικά με την ηλικία. Τα πρόσφατα προβλήματα αξιοπιστίας με μπαταρίες ιόντων λιθίου σε φορητές συσκευές ενδέχεται να καθυστερήσουν την είσοδο στην αγορά HEV. [12]

**Διαθεσιμότητα:** Οι κατασκευαστές κυψελών μαγγανίου και φωσφορικών αλάτων δύσκολα μπορούν να ανταποκριθούν στη ζήτηση. Μια ταχεία αύξηση του λιθίου για τις μπαταρίες HEV θα έδινε μια συμπίεση στην παραγωγή μπαταριών. Με 7 κιλά (15 lb) λιθίου ανά μπαταρία, γίνεται λόγος για έλλειψη πρώτων υλών. Οι περισσότερες από τις γνωστές προμήθειες λιθίου είναι στη Νότια Αμερική, την Αργεντινή, τη Χιλή και τη Βολιβία.

## 4.2 Μπαταρίες κατά ορυκτών καυσίμων

Η ανύψωση σε ένα μεγάλο αεροπλάνο είναι πάντα συναρπαστική. Με βάρος σχεδόν 400 τόνων, το Boeing 747 απαιτεί 90 megawatts ισχύος για να πάρει αερομεταφερόμενα. Η απογείωση είναι το πιο απαιτητικό μέρος του ταξιδιού και όταν το αεροπλάνο φτάσει σε υψόμετρο πλεύσης, η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται στο μισό.

Ισχυροί κινητήρες χρησιμοποιήθηκαν επίσης όταν ξεκίνησε το ισχυρό Queen Mary το 1934. Η ωκεάνια δεξαμενή βάρους 81.000 τόνων μήκους 300 μέτρων προωθήθηκε από τέσσερις ατμοστρόβιλους που παράγουν συνολική ισχύ 160.000hp (120 megawatts). Ενώ ήταν σε υπηρεσία, το πλοίο μετέφερε 3.000 ψυχές και ταξίδεψε με ταχύτητα 28,5 κόμβων (52 χλμ. / Ώρα). Η βασίλισσα Μαρία είναι πλέον συνταξιούχος στο Long Beach της Καλιφόρνια.

Τα μεγάλα συστήματα πρόωσης είναι πρακτικά μόνο με κινητήρες εσωτερικής καύσης και τα ορυκτά καύσιμα χρησιμεύουν ως φθηνή και εύκολα διαθέσιμη πηγή ενέργειας. Η χαμηλή αναλογία ενέργειας προς βάρους σε σχέση με την καθαρή θερμογόνο δύναμη (NCV), καθώς και μια σχετικά μικρή διάρκεια ζωής καθιστά τις μπαταρίες ακατάλληλες πέρα από μια δεδομένη εφαρμογή. Ενώ τα ορυκτά καύσιμα αποδίδουν ένα NCV 12.000Wh / kg, μια μπαταρία ιόντων λιθίου τύπου μαγγανίου προσφέρει 120Wh / kg, που είναι εκατό φορές λιγότερο ανά βάρος. Ακόμη και με χαμηλή απόδοση 25 τοις εκατό, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης ξεπερνά την καλύτερη μπαταρία σε σχέση με την αναλογία ενέργειας προς το βάρος. Η χωρητικότητα μιας μπαταρίας θα πρέπει να αυξηθεί είκοσι φορές, ώστε να μπορεί να ανταγωνιστεί το κεφάλι με το κεφάλι με ορυκτά καύσιμα.

Ένας άλλος περιορισμός της προωθήσεως της μπαταρίας από ορυκτά καύσιμα είναι το καύσιμο κατά βάρος. Ενώ το βάρος μειώνεται καθώς καταναλώνεται, η μπαταρία έχει το ίδιο νεκρό βάρος είτε είναι πλήρως φορτισμένο είτε άδειο. Αυτό θέτει περιορισμούς στην απόσταση οδήγησης EV και θα καθιστούσε το ηλεκτρικό αεροπλάνο μη πρακτικό. Επιπλέον, ο κινητήρας καύσης παρέχει πλήρη ισχύ σε θερμοκρασίες ψύξης και συνεχίζει να λειτουργεί καλά με την πρόοδο της ηλικίας, ένα χαρακτηριστικό που δεν είναι εφικτό με την μπαταρία. Μια μπαταρία ηλικίας λίγων ετών μπορεί να προσφέρει μόνο το ήμισυ της ονομαστικής χωρητικότητας. [54]

## 4.3 Ισχύς από τις πρωτογενείς μπαταρίες

Η ενέργεια από τις μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες είναι το πιο ακριβό από άποψη κόστους ανά κιλοβατώρα (kWh). Οι πρωτογενείς μπαταρίες χρησιμοποιούνται για εφαρμογές χαμηλής κατανάλωσης, όπως ρολόγια χειρός, τηλεχειριστήρια, ηλεκτρικά κλειδιά και παιδικά παιχνίδια. Στρατιωτικά σε μάχες, φάρους φωτός και απομακρυσμένους σταθμούς επαναλήψεως χρησιμοποιούν επίσης πρωτεύουσες επειδή η χρέωση δεν είναι πρακτική. Ο Πίνακας 1 εκτιμά την ικανότητα αποθήκευσης και το κόστος ανά kWh των πρωτογενών μπαταριών.

	AAA Cell	AA Cell	C Cell	D Cell	9 Volt
Capacity (alkaline)	1,100mAh	2,500mAh	7,000mAh	14,000mAh	600mAh
Energy (single cell)	1.4Wh	3Wh	9Wh	18Wh	4.2Wh
Cost per cell (US\$)	\$1.25	\$1.00	\$1.60	\$1.60	\$3.10
Cost per kWh (US\$)	\$890	\$330	\$180	\$90	\$730

Πίνακας 1: Σύγκριση ενέργειας και κόστους πρωτογενών αλκαλικών κυττάρων

#### 4.3.1 Ισχύς από δευτερεύουσες μπαταρίες

Οι βελτιωμένες ώρες λειτουργίας, η χαμηλότερη τιμή μονάδας και η ευκολία επαναφόρτισης έχουν μετακινήσει πολλές φορητές εφαρμογές που προορίζονταν προηγουμένως για πρωτογενείς μπαταρίες σε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Ο Πίνακας 2 συγκρίνει το κόστος τροφοδοσίας με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Το κόστος βασίζεται στην τιμή της μπαταρίας και στον αριθμό των πιθανών κύκλων εκφόρτισης / φόρτισης. Η ανάλυση δεν περιλαμβάνει την ηλεκτρική ενέργεια για τη χρέωση ή το κόστος αγοράς και συντήρησης του εξοπλισμού χρέωσης. Ο πίνακας συγκρίνει εμπορικές πακέτες μπαταριών που χρησιμοποιούνται για επικοινωνίες, υπολογιστές ή ιατρικές συσκευές. [24]

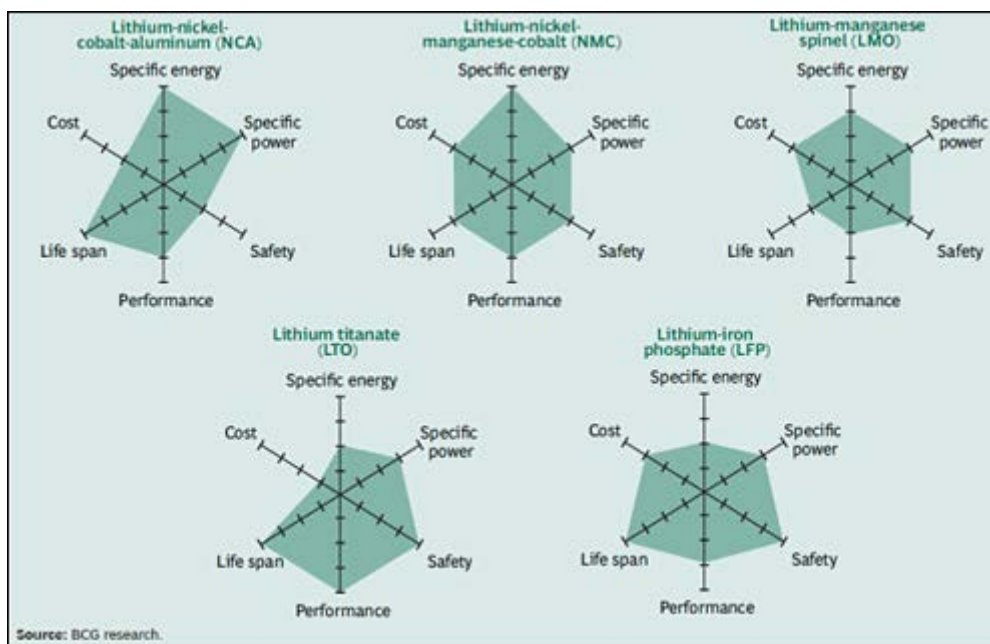
	Lead Acid	NiCd	NiMH	Li-ion
Capacity	2,000mAh	600mAh	1,000mAh	1,200mAh
Battery voltage	12V	7.2V	7.2V	7.2V
Energy per cycle	24Wh	4.5Wh	7.5Wh	8.6Wh
Number of cycles	250	1,000*	500	500
Battery cost (est.)	\$50	\$50	\$70	\$100
Cost per kWh (\$US)	\$8.50	\$11.00	\$18.50	\$24.00

Πίνακας 2: Σύγκριση ενέργειας και κόστους με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες

#### 4.4 Είναι η Li-ion η λύση για το ηλεκτρικό-υβριδικό όχημα;

Οι κατασκευαστές μπαταριών εργάζονται για το ηλεκτρικό όχημα, αλλά τι θα συμβεί αν αποτύχει; Θα μπορούσαν να υπάρξει μια μείωση της κατανάλωσης καυσίμων στη δεκαετία του 1990, ή τα βιοκαύσιμα κατά την τελευταία δεκαετία; Το Υπουργείο Ενέργειας της ΗΠΑ (DOE) έχει αναγνωρίσει ότι δεν πληρούνται ορισμένες κρίσιμες παραμέτρους του Li-ion. Οι νεώτερες μπαταρίες NiMH, οι οποίες είναι και οι φτηνότερες και ασφαλέστερες από το Li-ion, είναι επίσης κατάλληλες για τον ηλεκτρικό κινητήρα, αλλά αυτά τα μαλακά συστήματα συχνά αποκλείονται από κρατικές επιχορηγήσεις για έρευνα.

Δεν υπάρχουν ιδανικοί ανταγωνιστές για τον ηλεκτρικό κινητήρα, ενώ το ιόν λιθίου παραμένει μια καλή επιλογή. Από τους πέντε υποψηφίους που απεικονίζονται στην εικόνα 27, το Li-νικελίου-μαγγανίου-κοβαλτίου (NMC), το Li-phosphate και το Li-mangan ξεχωρίζουν ως ανώτεροι. Το δημοφιλές Li-κοβάλτιο (που δεν παρατίθεται) που χρησιμοποιείται στα καταναλωτικά προϊόντα θεωρείται ότι δεν είναι αρκετά ανθεκτικό. Ωστόσο, αυτή η υψηλή ενεργειακή πυκνή "μπαταρία υπολογιστή" εξουσιοδοτεί τους Tesla Roadster και Smart Fortwo ED.



Εικόνα 27: Σύγκριση μπαταριών όσον αφορά την ειδική ενέργεια, ειδική ισχύ, ασφάλεια, απόδοση, διάρκεια ζωής και το κόστος

Οι συμβιβασμοί αφορούν την ασφάλεια, την ενεργειακή πυκνότητα, τις επιδόσεις κόστους και θερμοκρασίας.

Ο παραπάνω πίνακας συγκρίνει τις μπαταρίες όσον αφορά την ασφάλεια. Συγκεκριμένη ενέργεια, γνωστή και ως πυκνότητα ή χωρητικότητα ενέργειας. Συγκεκριμένη ισχύ, ή την ικανότητα να παράγει υψηλό ρεύμα κατόπιν ζήτησης. Την απόδοση, την ικανότητα να λειτουργεί σε ζεστές και χαμηλές θερμοκρασίες. Διάρκεια ζωής, η οποία περιλαμβάνει τον αριθμό των παραδιδόμενων κύκλων καθώς και τη ζωή του ημερολογίου και τελικά κοστίζει. Ο αριθμός δεν αναφέρει τους χρόνους φόρτισης. Όλες οι μπαταρίες που προσφέρονται για ηλεκτροκίνητες EV μπορούν

να φορτιστούν αρκετά γρήγορα αν υπάρχει διαθέσιμη κατάλληλη πρίζα. Ένας χρόνος φόρτισης μερικών ωρών είναι αποδεκτός για τους περισσότερους χρήστες και η εξαιρετικά γρήγορη φόρτιση είναι η εξαίρεση. Ούτε ο πίνακας αποκαλύπτει την αυτοεκφόρτιση, ένα άλλο χαρακτηριστικό της μπαταρίας που χρειάζεται έλεγχο. Γενικά, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν χαμηλή αυτοεκφόρτιση και αυτή η παράμετρος μπορεί να αγνοηθεί όταν η μπαταρία είναι καινούργια. Ωστόσο, η γήρανση όταν εκτίθεται σε θύλακες θερμότητας μπορεί να αυξήσει την αυτοεκφόρτιση των επηρεαζόμενων κυττάρων και να προκαλέσει προβλήματα διαχείρισης. Μεταξύ των υποψηφίων μπαταριών EV, το Li-phosphate εμφανίζει υψηλότερη αυτοεκφόρτιση από τα άλλα συστήματα.

Κανένας από τους πέντε υποψήφιους συσσωρευτές δεν παρουσιάζει σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των άλλων και το μέγεθος των πεδίων αράχνης είναι παρόμοιο σε όγκο, αν και έχει διαφορετικό σχήμα. Η εστίαση σε ένα ισχυρό χαρακτηριστικό αναπόφευκτα εκπτώσει άλλο. Η NCA, για παράδειγμα, έχει μεγάλη χωρητικότητα αλλά παρουσιάζει πρόκληση ασφάλειας, ενώ το Li-phosphate είναι ένα ασφαλέστερο σύστημα αλλά έχει χαμηλότερη χωρητικότητα. Ελλείψει σαφούς νικητή, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων περιλαμβάνουν περιφερειακά για να αντισταθμίσουν τις ελλείψεις. Οι κατασκευαστές μπαταριών με τη σειρά τους βοηθούν με το σχεδιασμό των κυττάρων για να ενισχύσουν τα σημαντικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για την εφαρμογή. Ακολουθεί μια σύντομη περίληψη των πιο σημαντικών χαρακτηριστικών μιας μπαταρίας για τον ηλεκτρικό κινητήρα. [55]

#### 4.4.1 Ασφάλεια

Η ασφάλεια είναι μία από τις πιο σημαντικές πτυχές κατά την επιλογή μιας μπαταρίας για το EV. Ένα και μοναδικό περιστατικό που εκπέμπεται από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης θα μπορούσε να μετατρέψει το κοινό σε ένα τέτοιο όχημα. Παρόμοιες ανησυχίες συνέβησαν πριν από 100 χρόνια όταν οι ατμομηχανές εξερράγησαν και οι δεξαμενές βενζίνης πυροδοτήθηκαν. Το κύριο μέλημα είναι η θερμική διαφυγή της μπαταρίας. Τα προσεκτικά σχεδιασμένα κυκλώματα ασφαλείας με εύρωστα περιβλήματα θα πρέπει ουσιαστικά να το εξαλείψουν, αλλά υπάρχει πιθανότητα σοβαρού ατυχήματος. Μια μπαταρία πρέπει επίσης να είναι ασφαλής όταν εκτίθεται σε κακή χρήση και στην πρόοδο της ηλικίας.

**Η διάρκεια ζωής** αντανάκλα τον αριθμό κύκλων και τη μακροζωία. Οι περισσότερες μπαταρίες EV είναι εγγυημένες για 8-10 χρόνια ή 160.000 χλμ. (100.000 μίλια). Η απώλεια χωρητικότητας μέσω της γήρανσης είναι μια πρόκληση, ειδικά σε καυτά κλίματα. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων δεν έχουν πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο ηλικίας των μπαταριών υπό διαφορετικές συνθήκες χρήσης και κλίμακα. Για να αντισταθμιστεί η απώλεια χωρητικότητας, οι κατασκευαστές αυξάνουν το μέγεθος των μπαταριών για να επιτρέψουν κάποια υποβάθμιση μέσα στην εγγυημένη διάρκεια ζωής.

**Η απόδοση** αντανάκλα την κατάσταση της μπαταρίας κατά την οδήγηση του EV σε θερμότητα καλοκαιριού και θερμοκρασίες κατάψυξης. Σε αντίθεση με έναν κινητήρα IC που λειτουργεί σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, οι μπαταρίες είναι ευαίσθητες στο κρύο και τη θερμότητα και απαιτούν κάποιο έλεγχο του κλίματος. Στα οχήματα που κινούνται αποκλειστικά με μπαταρία, η ενέργεια για να μετριάζεται η θερμοκρασία της μπαταρίας, καθώς και για τη θέρμανση και την ψύξη της καμπίνας, προέρχεται από την μπαταρία.

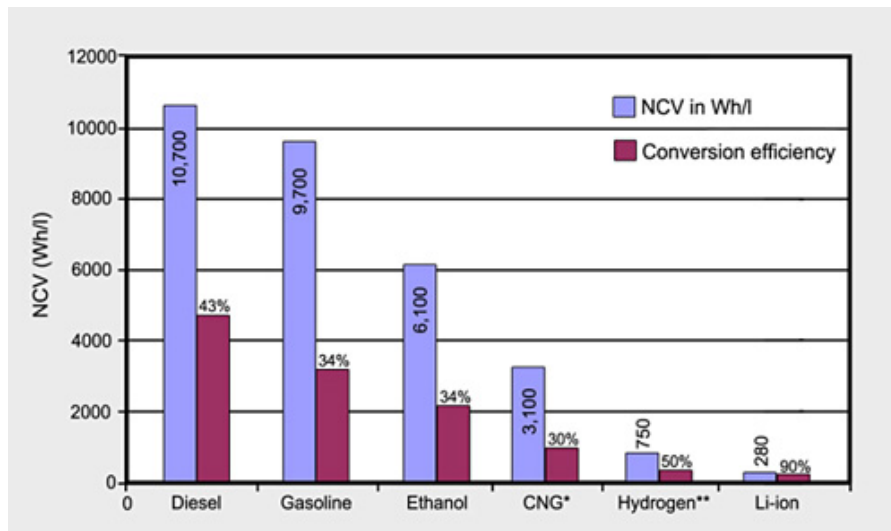


**Η ειδική ενέργεια** δείχνει πόση ενέργεια μπορεί να έχει μια μπαταρία σε βάρος, η οποία αντικατοπτρίζει την εμβέλεια οδήγησης. Είναι απογοητευτικό να συνειδητοποιήσουμε ότι από την άποψη της απόδοσης ανά βάρος, μια μπαταρία παράγει μόνο ένα τοις εκατό την ενέργεια των ορυκτών καυσίμων. Ένα λίτρο βενζίνης (1kg) παράγει περίπου 12kW ενέργειας, ενώ μια μπαταρία 1kg παρέχει περίπου 120 watts. Πρέπει να έχουμε κατά νου ότι ο ηλεκτροκινητήρας είναι καλύτερος από το 90 τοις εκατό αποδοτικό, ενώ ο κινητήρας IC εισέρχεται σε μόλις περίπου 30 τοις εκατό. Παρά τη διαφορά αυτή, η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας μιας μπαταρίας θα πρέπει να διπλασιαστεί και να τετραπλασιαστεί προτού να μπορέσει να ανταγωνιστεί το κεφάλι με το κεφάλι με τον κινητήρα IC.

**Η ειδική ισχύς** δείχνει την επιτάχυνση και οι περισσότερες μπαταρίες EV ανταποκρίνονται καλά. Ένας ηλεκτροκινητήρας με την ίδια ιπποδύναμη έχει καλύτερη σχέση ροπής από έναν κινητήρα IC.

**Το κόστος** παρουσιάζει ένα σημαντικό μειονέκτημα. Δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι η τιμή στόχου της μπαταρίας των 250-400 δολαρίων ανά kWh, την οποία προβλέπει η BCG, μπορεί να επιτευχθεί. Τα απαιτούμενα κυκλώματα προστασίας για την ασφάλεια, η διαχείριση μπαταριών για την κατάσταση, ο έλεγχος κλίματος για τη μακροζωία και η εγγύηση 8-10 ετών προσθέτουν αυτή την πρόκληση. Η τιμή της μπαταρίας είναι μόνο η αξία ενός οχήματος με κινητήρα IC, ουσιαστικά διπλασιάζοντας την τιμή του EV. [11]

Για να μειωθεί η ρύπανση και να εξοικονομηθούν ορυκτά καύσιμα, οι κυβερνήσεις προωθούν το ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Αυτό γίνεται με καλή πίστη, αλλά κοιτάζοντας την εικόνα 28 μπορεί να συνειδητοποιήσουμε ότι αυτό μπορεί να μην είναι δυνατό με την παρούσα τεχνολογία. Πολλοί αναγνώστες θα συμφωνήσουν ότι η επιτυχία του αυτοκινήτου έγινε δυνατή με πολύ χαμηλές τιμές καυσίμων από την άποψη της καθαρής θερμιδικής αξίας. Η ιδέα της οδήγησης ενός μεγάλου οχήματος για μεγάλες αποστάσεις μπορεί να μην είναι μεταβιβάσιμη σε πρόωση μπαταρίας, ακόμη και με κρατικές επιδοτήσεις. Η μπαταρία είναι ένας αδύναμος υποψήφιος για το ντίζελ και τη βενζίνη, και αυτό είναι ορατό στο διάγραμμα. Το Li-ion, η επιλογή της μπαταρίας για το ηλεκτρικό όχημα, είναι ελάχιστα ορατό στον ορίζοντα και η αποδοτικότητα 90% του ηλεκτροκινητήρα δεν αντισταθμίζει την χαμηλή κατώτερη θερμογόνο δύναμη.



Εικόνα 28: Καθαρές θερμιδικές τιμές καυσίμων με αποδοτικότητα μετατροπής

NCV του πετρελαίου και της βενζίνης ξεπερνούν το υδρογόνο και το Li-ion. Η αποδοτικότητα μετατροπής αναφέρεται στην έξοδο της μονάδας και δεν περιλαμβάνει παράγοντες έλξης.

- Το CNG (συμπιεσμένο φυσικό αέριο) είναι στα 250 bar (3.625 psi)
- Το υδρογόνο είναι στα 350 bar (5.000 psi)

#### 4.5 Το μέλλον των μπαταριών

Πόσα έχει βελτιωθεί η μπαταρία τα τελευταία 150 χρόνια; Σε σύγκριση με άλλες προόδους, η πρόοδος ήταν συγκρατημένη. Μια μπαταρία έχει σχετικά μικρή ισχύ, είναι ογκώδης, βαρύ και έχει μικρή διάρκεια ζωής. Η ισχύς της μπαταρίας είναι επίσης πολύ ακριβή. Όσο μικρότερη είναι η μπαταρία, τόσο υψηλότερο γίνεται το κόστος ανά ρεύμα. Ωστόσο, η ανθρωπότητα εξαρτάται από την μπαταρία ως μια σημαντική φορητή πηγή ενέργειας.

Η ταχύτητα με την οποία η φορητότητα και η κινητικότητα προχωράει εξαρτάται πολύ από την μπαταρία. Τόσο σημαντική είναι αυτή η πηγή ενέργειας που οι μηχανικοί σχεδιάζουν φορητές συσκευές γύρω από την μπαταρία, και όχι το αντίστροφο. Με κάθε βελτιωμένη βελτίωση της μπαταρίας, οι πόρτες ανοίγουν για νέα προϊόντα και βελτιωμένες εφαρμογές. Είναι η αρετή της μπαταρίας που μας παρέχει την ελευθερία να αποσυνδεθεί από το σπίτι και το γραφείο. Όσο καλύτερη γίνεται η μπαταρία, τόσο μεγαλύτερη είναι η κινητικότητα και η ελευθερία μας.

Ο βελτιωμένος χρόνος εκτέλεσης των νέων φορητών συσκευών δεν πιστώνεται στις μπαταρίες υψηλότερης κατανάλωσης ενέργειας μόνο. Πολύ βελτιώθηκε η μείωση της κατανάλωσης ισχύος των φορητών συσκευών. Ορισμένες από αυτές τις εξελίξεις αντιμετωπίζονται, εντούτοις, με την απαίτηση για ταχύτερο χρόνο επεξεργασίας φορητών υπολογιστών και ταχύτερη μετάδοση δεδομένων κυψελοειδών τηλεφώνων.

Το ηλεκτρικό όχημα δεν κατάφερε να γίνει ο αποδεκτός τρόπος μεταφοράς λόγω της μπαταρίας. Οι μικρές αποστάσεις μεταξύ της επαναφόρτισης και της περιορισμένης διάρκειας ζωής της μπαταρίας είναι φταίξιμες. Οι καταναλωτές απαιτούν μια

μπαταρία που θα διαρκέσει για τη ζωή του οχήματος, αλλά οι κατασκευαστές μπαταριών διστάζουν να παρέχουν την υποχρεωτική εγγύηση 8 έως 10 ετών. [19]

Η έρευνα για τις μπαταρίες συνεχίζεται με σταθερό ρυθμό. Η μέση ετήσια αύξηση της παραγωγικής ικανότητας είναι συνήθως 6%. Σε σύγκριση, η μικροηλεκτρονική έχει κάνει πολύ καλύτερα.

Ο Gordon Moore έκανε την περίφημη παρατήρησή του το 1965, όταν προέβλεψε ότι η αύξηση του αριθμού των τρανζίστορ ανά ολοκληρωμένο κύκλωμα θα διπλασίαζε κάθε δύο χρόνια. Μέσω της αδιάκοπης τεχνολογικής προόδου της Intel, ο Νόμος του Moore διατηρείται και μεταφέρεται στον 21ο αιώνα. Τέτοιες πρόοδοι θα συρρικνούσαν μια μπαταρία αυτοκινήτου βαρέως τύπου στο μέγεθος ενός νομίσματος, αν αυτό ήταν δυνατό για τις μπαταρίες.

## Κεφάλαιο 5 Τα υβριδικά αυτοκίνητα ανά τον κόσμο

### 5.1 Υβριδικά και ηλεκτρικά μοντέλα κυριαρχούν στην Ευρώπη



*Εικόνα 29: Υβριδικό αυτοκίνητο της Toyota*

Δεκαπέντε μοντέλα με υβριδικό ή ηλεκτρικό σύστημα κίνησης και πολύ καλές πωλήσεις στην ήπειρό μας, διακρίνονται για την τεχνολογία και την εμπιστοσύνη που τους δείχνουν οι αγοραστές.

Σήμερα, τα ηλεκτρικά και τα υβριδικά αυτοκίνητα είναι πιο διαδεδομένα από ποτέ και σύντομα θα έρθει η απόλυτη κυριαρχία τους, αφού ήδη έχουν γίνει τεράστια άλματα στην τεχνολογία τους. Στην Ελλάδα, έχουμε αρκετές πωλήσεις υβριδικών, λιγότερες των Plug-In Hybrid (επαναφορτιζόμενα υβριδικά από εξωτερική πηγή) και ελάχιστες λιγότερες από 40 πέρυσι στα αμιγώς ηλεκτρικά μοντέλα.

Ποιο είναι όμως το προφίλ των κορυφαίων, από πλευράς πωλήσεων, μοντέλων αυτών των κατηγοριών στην Ευρώπη; Η Jato Dynamics, μας δίνει στοιχεία για τα πέντε δημοφιλέστερα αυτοκίνητα της κατηγορίας των υβριδικών, των επαναφορτιζόμενων υβριδικών και των ηλεκτρικών, για να έχουμε μια σαφή εικόνα. Η κατάταξη, καθώς και ο αριθμός πωλήσεων, αφορά τον Φλεβάρη του 2018 σε όλες τις χώρες μέλη της ΕΕ συνολικά. [80]

### **Συμβατικά υβριδικά, που δεν φορτίζουν από εξωτερική πηγή**

Τα συμβατικά υβριδικά είναι βενζινοκίνητα μοντέλα που έχουν έναν υποστηρικτικό ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος αναλαμβάνει την κίνηση του οχήματος για μικρά χρονικά διαστήματα, σε χαλαρούς ρυθμούς κίνησης. Παράλληλα, βοηθάει στην πλήρη επιτάχυνση και το σύστημα προσφέρει αξιοσημείωτα χαμηλή κατανάλωση καυσίμου, χωρίς άγχος για την φόρτιση των μπαταριών κλπ. Βλέπουμε, πως απόλυτος κυρίαρχος σε αυτή την κατηγορία είναι η Toyota, καθώς τα τέσσερα κορυφαία μοντέλα, από τα πέντε, είναι δικά της.

1) Toyota	Yaris	Hybrid	(7.111	μονάδες)
2) Toyota	C-HR	Hybrid	(5.436	μονάδες)
3) Toyota	Auris	Hybrid	(4.408	μονάδες)
4) Toyota	RAV4	Hybrid	(3.326	μονάδες)
5) Kia	Niro	Hybrid	(1.853	μονάδες)

### **Plug-In Hybrid, υβριδικά που φορτίζουν από εξωτερική πηγή**

Για πολλούς, τα Plug-In Hybrid είναι τα ιδανικά μοντέλα αυτή τη στιγμή στην αγορά καθώς συνδυάζουν την πραγματική οικονομία του ηλεκτροκινητήρα με τη σιγουριά που προσφέρει ένα μοτέρ εσωτερικής καύσης, ως προς την αυτονομία και την ευκολία ανεφοδιασμού. Οι ηλεκτροκινητήρες τους μπορούν να κινήσουν και ανεξάρτητα το όχημα, συνήθως για περίπου 50-60 χιλιόμετρα ανά φόρτιση χωρίς να χρειαστεί να πάρει μπρος το συμβατικό μοτέρ και παράλληλα, όταν το σύστημα υβριδικής κίνησης ρυθμίζει εκείνο το ποσοστό χρήσης του κάθε κινητήρα, είναι πολύ οικονομικά και σε κατανάλωση βενζίνης. Εδώ, οι πωλήσεις είναι ισορροπημένες. [37]

- 1) Volkswagen Passat GTE (1.034 μονάδες)
- 2) Volvo XC60 T8 (976 μονάδες)
- 3) Mitsubishi Outlander (924 μονάδες)
- 4) BMW Σειρά 2 Active Tourer (692 μονάδες)
- 5) Volkswagen Golf GTE (665 μονάδες)

### **Αμιγώς ηλεκτροκίνητα, που δεν χρησιμοποιούν μοτέρ εσωτερικής καύσης**

Τα αμιγώς ηλεκτροκίνητα έχουν «εκτοξευθεί» στις πωλήσεις τους τα τελευταία χρόνια και βλέπουμε πως ολοένα και περισσότεροι κατασκευαστές δίνουν βαρύτητα στην εξέλιξη της τεχνολογίας τους, καθώς είναι κοινώς αποδεκτό πως θα είναι το μέλλον της αυτοκίνησης.

Ήδη βλέπουμε πως τα κορυφαία μοντέλα της κατηγορίας έχουν καλύτερες πωλήσεις από τα Plug-In Hybrid, γεγονός που «μαρτυρά» ότι υπάρχει μεγάλη προοπτική για τα επόμενα χρόνια, όταν βελτιωθούν τα δύο τους βασικά μειονεκτήματα, που δεν είναι άλλα από το χρόνο φόρτισης και την αυτονομία τους.

1) Renault	Zoe	(2.177	μονάδες)
2) Nissan	Leaf	(1.508	μονάδες)
3) Volkswagen	e-Golf	(1.403	μονάδες)
4) BMM	i3	(1.130	μονάδες)
5) Smart	ForTwo Electric Drive	(741	μονάδες)

## 5.2 Τα 10 πιο εμπορικά ηλεκτρικά-υβριδικά αυτοκίνητα στον κόσμο σήμερα

Μπορεί ο Elon Musk με την Tesla να μονοπωλεί τα φώτα της δημοσιότητας, όμως υπάρχουν αρκετοί κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων στον κόσμο, αρκετοί από τους οποίους μάλιστα έχουν καλύτερες πωλήσεις από την Αμερικανική εταιρεία.

Μέσα στη λίστα των 10 πιο εμπορικών αυτοκινήτων στον κόσμο, βρίσκουμε μερικά γνωστά ονόματα αλλά και μερικές μάρκες που είναι εντελώς άγνωστες στην Ευρώπη και οι πωλήσεις τους οφείλονται στις υπηρεσίες ταξί που προσφέρουν στις Ασιατικές πόλεις.

### 10η θέση: Nissan Leaf

Παρόλο που το Nissan Leaf είναι το δημοφιλέστερο ηλεκτρικό αυτοκίνητο στον κόσμο, οι 52.000 πωλήσεις του περασμένου έτους ήταν αρκετές μόνο για τη κατάληψη της 10ης θέσης. Ωστόσο, φέτος, μια νέα έκδοση του Leaf κυκλοφορεί στην αγορά και στην Nissan ελπίζουν πως θα ανέβουν πάλι στην κατάταξη.



*Εικόνα 30: Nissan Leaf*

#### **9η θέση: Toyota hybrid**

Η Toyota αύξησε τις πωλήσεις ηλεκτρονικών οχημάτων κατά περισσότερο από 90% κατά το τελευταίο έτος. Ακόμη και τα ημι-ηλεκτρικά υβριδικά plug-in καταμετρούνται στα επίσημα στατιστικά στοιχεία και η εταιρεία κατέγραψε πέρυσι 54.000 πωλήσεις.



*Εικόνα 31: Toyota hybrid*

#### **8η θέση: Chevrolet Bolt**

Η General Motors ήταν από τους πρώτους κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων και το Chevrolet Bolt ήταν από τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα ενός όγκου στην αγορά. Το 2017 οι αμερικανικές πωλήσεις του Bolt το έφεραν στην 8η θέση με 54.000 αυτοκίνητα.



*Εικόνα 32: Chevrolet Bolt*

## 7η θέση: SAIC

Η μεγαλύτερη αυτοκινητοβιομηχανία της Κίνας SAIC, το 2017 είχε πωλήσεις που το 2017 δεν ξεπέρασαν τα 56.000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα, και συνεπώς δεν κατάφερε να φτάσει παραπάνω από την 7η θέση. Υπάρχουν άλλες κινεζικές εταιρείες αρκετά πιο ψηλά σε αυτή τη λίστα, ενώ πρόσφατα η Infineon ανακοίνωσε την έναρξη κοινών επιχειρήσεων με την εταιρεία κάτι που ίσως αλλάξει την θέση της στην κατάταξη το 2018.



Εικόνα 33: SAIC



### **6η θέση: Lynk & Co**

Η Geely που αποτελεί και μέτοχο της Daimler έχει ωφεληθεί από την ηλεκτρική έκρηξη στην Κίνα, με το 2017 να τη βρίσκει να έχει πουλήσει 67.000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα, συμπεριλαμβανόμενης την νέας της μάρκας Lynk & Co.



*Εικόνα 34: Lynk & Co*

### **5η θέση: Volkswagen**

Η VW κατέχει την 5η θέση της σχετικής λίστας με 70.000 να κυλάνε αθόρυβα τις ηλεκτρικές τους ρόδες από το εργοστάσιο στο Wolfsburg. Τα μοναδικά μέχρι στιγμής μοντέλα της VW είναι το E-Golf το e-UP και μερικά υβριδικά που δεν έχουν καταφέρει να κάνουν τη διαφορά.



*Εικόνα 35: Volkswagen*

#### **4η θέση: Tesla**

Η πιο διαφημισμένη εταιρεία ηλεκτρικών οχημάτων στον κόσμο δεν καταφέρνει να βρεθεί πιο πάνω από την 4η θέση, με πωλήσεις 101.000 ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Μπορεί η ζήτηση να είναι μεγαλύτερη αλλά τα προβλήματα στην γραμμή παραγωγής και τις παραδόσεις δεν έχουν επιτρέψει καλύτερες επιδόσεις.



*Εικόνα 36: Tesla*

### 3η θέση: BMW

Το χάλκινο μετάλλιο σε αυτή την λίστα πηγαίνει στην BMW. Η εταιρεία από το Μόναχο ενίσχυσε για άλλη μια χρονιά τις πωλήσεις της και το 2017 πούλησε 102.000 ηλεκτρικά/υβριδικά αυτοκίνητα. Τα "καθαρόαιμα" ηλεκτρικά αυτοκίνητα της εταιρείας, πωλούνται κάτω από την επωνυμία BMWi.



*Εικόνα 37: BMWi*

### 2η θέση: BAIC

Η αυτοκινητοβιομηχανία του Πεκίνου (BAIC) είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστη στην Ευρώπη, αλλά είναι η πέμπτη μεγαλύτερη αυτοκινητοβιομηχανία στην Κίνα. Με την θυγατρική BJEV, οι Κινέζοι πωλούν καθαρά ηλεκτρικά οχήματα και επίσης θέλουν να βοηθήσουν τη Daimler με την ηλεκτρική επέκτασή της στην Κίνα. Το 2017, η BAIC κατάφερε να διπλασιάσει τις περσινές πωλήσεις των ηλεκτρικών μοντέλων σε 104.000 οχήματα.



Εικόνα 38: BAIC

### 1η θέση: BYD

Με μια μικρή αύξηση στις πωλήσεις από 102.000 σε 114.000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα, η κινεζική κοινοπραξία BYD έρχεται και πάλι στην πρώτη θέση όπως και την προηγούμενη χρονιά. Το BYDe6 είναι ένα ηλεκτρικό SUV που χρησιμοποιείται στην Ασία κυρίως σε στόλους ταξί.



Εικόνα 39: BYD

### 5.3 Ελληνική αγορά των υβριδικών αυτοκινήτων και η τάση του κόσμου προς αυτά

Μεγάλη αύξηση στις πωλήσεις υβριδικών αυτοκινήτων σημειώθηκε στην Ελλάδα. Αυτό τουλάχιστον δείχνουν τα πρώτα στοιχεία των πωλήσεων καθώς στη χώρα μας υπήρξε αύξηση 216,7% στις πωλήσεις των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και 419,4% στις πωλήσεις των υβριδικών αυτοκινήτων.

Στη χώρα μας πουλήθηκαν συνολικά 161 ηλεκτρικά αυτοκίνητα το 2017, όταν ένα χρόνο νωρίτερα είχαν πουληθεί μόνο 31. [16]

Τα πράγματα είναι καλύτερα στα υβριδικά-ηλεκτρικά, καθώς πουλήθηκαν συνολικά 199 αυτοκίνητα σε σχέση με τα 43 που είχαν πουληθεί το 2016. Φυσικά αυτή είναι η αρχή και οι επικεφαλής των αντιπροσωπειών κάνουν λόγο νέα τάση πωλήσεων των συγκεκριμένων κατηγοριών και πως τα επόμενα χρόνια θα υπάρξει κατακόρυφη άνοδος.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι συνολικά το 2017 στην Ευρωπαϊκή Ένωση πουλήθηκαν 331.971 οχήματα εναλλακτικών καυσίμων (ηλεκτρικά-υβριδικά) αυξημένα κατά 54,8% σε σύγκριση με το 2016. Τη χρονιά που μας πέρασε πουλήθηκαν συνολικά 115.405 ηλεκτρικά αυτοκίνητα και 216.566 υβριδικά οχήματα σε όλη την ΕΕ.

Όσον αφορά τα ηλεκτρικά οχήματα τη μεγαλύτερη αύξηση σημείωσε η Βουλγαρία (+1.260%) όπου πωλήθηκαν 68 συνολικά αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα και ακολούθησε η Ουγγαρία με 749 οχήματα (+335,5%), η Πολωνία με 439 οχήματα (+306,5%) και η Σλοβακία με 209 οχήματα (+254,2%).

Αντίθετα μείωση του συνόλου των πωλήσεων είχε η Δανία (-46,8% με 698 οχήματα), η Εσθονία (-25,7% με 26 οχήματα) και η Λιθουανία (-18,8% με 52 οχήματα).

Μεγαλύτερες αγορές παρέμειναν, για άλλη μια χρονιά, η Γερμανία με 25.056 πωλήσεις και αύξηση 119,6%, η Γαλλία με 24.910 οχήματα και αύξηση 14,5% και η Μ. Βρετανία με 13.597 οχήματα και αύξηση 32,5%.

Στα υβριδικά-ηλεκτρικά αυτοκίνητα εκτός από την Ελλάδα που είχε την μεγαλύτερη αύξηση σε όλη την ΕΕ (419,4%) ακολούθησε η Βουλγαρία με αύξηση 375% και (38 οχήματα), η Σλοβενία με αύξηση 258,7% (165 οχήματα) και η Ουγγαρία με αύξηση 159,1% (443 οχήματα).

Σε αυτή την κατηγορία των αυτοκινήτων η Μ. Βρετανία σημείωσε τον μεγαλύτερο όγκο πωλήσεων, καθώς πούλησε συνολικά 31.154 οχήματα (+25,1%), και ακολούθησαν η Γερμανία με 29.439 οχήματα (+114,1%), η Σουηδία με 15.447 οχήματα (+50%), η Γαλλία με 11.868 οχήματα (+59,8%) και το Βέλγιο με 11.287 οχήματα (+69,2%) αναφέρει το Αθηναϊκό Πρακτορείο Ειδήσεων.

Ο μέσος όρος των πωλήσεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση στα υβριδικά-ηλεκτρικά οχήματα το 2017 ήταν 28,9% με 115.405 συνολικές πωλήσεις.

### 5.4 Τιμές υβριδικών αυτοκινήτων

Η βενζίνη αγγίζει τα 1,62 ευρώ/λίτρο και τα υβριδικά αυτοκίνητα μετατρέπονται στους πρωταγωνιστές των λεωφόρων του εξωτερικού. «Όχι» μόνο κινούνται οικονομικά λόγω του ηλεκτρικού μοτέρ που διαθέτουν, αλλά παράλληλα προχωρούν με

«πράσινη» φιλοσοφία και μειωμένες εκπομπές CO<sub>2</sub>. Πρόκειται για μια αξιόπιστη λύση που υπόσχεται εξοικονόμηση καυσίμων εντός της πόλης, λιγότερο καυσαέριο στην ατμόσφαιρα, με μοντέλα που δεν υστερούν σε επιδόσεις, τεχνολογία και πολυτέλεια! Παρακάτω θα βρείτε τα «ατού» των υβριδικών αυτοκινήτων και τα 5 πιο φθηνά και οικολογικά αμάξια που κυκλοφορούν στην αγορά της Ελλάδας.

#### **Τα «ατού» των οικολογικών μοντέλων**

- Μειωμένη κατανάλωση: Σε αντίθεση με ένα συμβατικό αυτοκίνητο, το υβριδικό διαθέτει, όχι μόνο συμβατικό κινητήρα εσωτερικής καύσης, αλλά και ηλεκτρικό μοτέρ. Ωστόσο, η κατανάλωση επηρεάζεται και από τον τρόπο οδήγησης, καθώς οι απότομες επιταχύνσεις και η βιαστική οδήγηση «κοστίζει» το ίδιο ή και περισσότερο σε σχέση με ένα συμβατικό.
- Μειωμένες εκπομπές ρύπων: Λόγω και της ηλεκτρικής κίνησης, το υβριδικό εκπέμπει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα, στοιχείο που θεωρείται υπεύθυνο κατά κύριο λόγο για το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και την αλλαγή του κλίματος.
- Κίνητρα στα τέλη κυκλοφορίας: Τα τέλη κυκλοφορίας των υβριδικών αυτοκινήτων για το 2014 εξαρτώνται από την ημερομηνία έκδοσης της πρώτης άδειας κυκλοφορίας. Όσα έχουν κυβισμό κινητήρα έως 1.929 κ.εκ. και έχουν ταξινομηθεί στην Ελλάδα έως την 31.10.2010, απαλλάσσονται από τα τέλη κυκλοφορίας. Ωστόσο, όσα διαθέτουν κυβισμό άνω των 1.929 κ.εκ. πληρώνουν το 50% των τελών των αντίστοιχων συμβατικών οχημάτων. Όσα έχουν ταξινομηθεί μετά την 01.11.2010 πληρώνουν τέλη κυκλοφορίας βάσει των εκπομπών ρύπων CO<sub>2</sub>.
- Ελεύθερη πρόσβαση στο δακτύλιο του κέντρου και δωρεάν parking στις δημοτικές εγκαταστάσεις. [21]

#### **5.4.1 Τα 5 πιο οικονομικά υβριδικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα**

##### **Mitsubishi Space Star**

Το νέο μικρό της Mitsubishi με χαμηλό βάρος (από 845 kg) έρχεται για να πάρει τη θέση του Colt. Το Space Star, όχι μόνο έχει υπερβολικά χαμηλά επίπεδα κατανάλωσης (4,0 λίτρα/100 χλμ) και εκπομπών CO<sub>2</sub> (92 γραμ/χλμ), αλλά διαθέτει και κινητήρες υψηλής απόδοσης.

Το «ατού» του είναι η κορυφαία αεροδυναμική με συντελεστή οπισθέλκουσας (cd:0,27) που παίζει καθοριστικό ρόλο στη χαμηλή κατανάλωση του μοντέλου. Πάντως, στα crash tests το Mitsubishi Space Star κέρδισε 4 αστέρια, με τους ειδικούς να μιλούν για ένα οικονομικό και «πράσινο» αυτοκίνητο που έχει βγει στην αγορά της Ελλάδας από το Νοέμβριο 2013. Κυκλοφορεί στην έκδοση 1.2 lt /80 HP Intense με πλήρη εξοπλισμό και στην ανταγωνιστική τιμή των €10,990 με απόσυρση.



*Εικόνα 40: Mitsubishi Space Star*

### **Honda Jazz**

Ένα «πράσινο» αυτοκίνητο από τη Honda, με τον κινητήρα βενζίνης να έχει χωρητικότητα 1,3 λίτρα, και το ηλεκτρικό μοτέρ να οδηγεί στην εξοικονόμηση χρημάτων.

Το υβριδικό μοντέλο Honda Jazz φτάνει τους 98 ίππους και χρειάζεται μόλις 4,5 λίτρα καυσίμου για να διανύσει μια απόσταση 100 χλμ με μέτρια κίνηση. Οι επιδόσεις του είναι άκρως ανταγωνιστικές (0-100 χλμ./ώρα σε 12,2 δευτερόλεπτα) και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φτάνουν τα 104 γρ./χλμ. Στην Ελλάδα, οι τιμές του ξεκινούν από τα 17.400 ευρώ, καθιστώντας το ένα από τα πιο οικονομικά υβριδικά αμάξια του πλανήτη.



*Εικόνα 41: Honda Jazz*

### **Toyota Yaris HSD**

Πρόκειται για την τέλεια υβριδική πρόταση της Toyota που κινείται με τη βοήθεια του βενζινοκινητήρα και ενός ηλεκτρικού μοτέρ με μέγιστη ισχύ τους 100 ίππους.

Η κίνηση μεταδίδεται στους μπροστινούς τροχούς, ενώ το αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων βοηθά στην εξοικονόμηση καυσίμου, έτσι ώστε η μέση κατανάλωση καυσίμου να ανέρχεται στα 3,5 λίτρα/100 χλμ.

Παράλληλα, οι μπαταρίες νικελίου μετάλλου καθιστούν εύκολη την αποκλειστική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φτάνουν στα 79 γρ./χλμ. Αποτέλεσμα δεν είναι άλλο, από ένα Toyota Yaris HSD ιδιαίτερα οικολογικό. Οι τιμές του ξεκινούν από τα 17.500 ευρώ.





*Εικόνα 42: Toyota Yaris HSD*

### **Honda Insight**

Με την κατανάλωση καυσίμου του Honda Insight να ορίζεται στα 4,6 λίτρα ανά 100 χλμ, το Honda Insight κοστίζει 22.990 ευρώ και αποτελεί μια οικολογική πρόταση για τους δρόμους της Αθήνας.

Πρόκειται για ένα hatchback μεσαίων διαστάσεων που διαθέτει ατμοσφαιρικό κινητήρα βενζίνης 1.3 λίτρων και έχει απόδοση 88 ίππους. Το ηλεκτρικό μοτέρ του έχει ισχύ 14 ίππων και οι εκπομπές του αγγίζουν τα 100 γρ. ανά χιλιόμετρο. Χάρη στο αυτόματο κιβώτιο και τους συσσωρευτές ενέργειας, το Honda Insight μπορεί να πιάσει τα 100 χλμ σε 12,5 δευτερόλεπτα. Χωρίς ιδιαίτερη κατανάλωση καυσίμων.



*Εικόνα 43: Honda Insight*

## Toyota Prius

Πολλοί μιλούν για το πιο πετυχημένο υβριδικό παγκοσμίως καθώς διαθέτει, όχι μόνο βενζινοκινητήρα χωρητικότητας 1,8 λίτρων, αλλά παράλληλα «κλέβει» τις εντυπώσεις με το ηλεκτρικό μοτέρ 60 kW.

Το Toyota Prius δεν θεωρείται ένα κλασσικό μοντέλο, αλλά παρά τις μεσαίες διαστάσεις του. Είναι ικανό να εξοικονομήσει καύσιμα στο μέγιστο. Χάρη στο αυτόματο κιβώτιο και τις μπαταρίες νικελίου μετάλλου οδηγεί στην κατανάλωση καυσίμου στα 3,9 λίτρα/100 χλμ., ενώ παράλληλα περιορίζει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στα 89 γρ./χλμ.

Πέρα από τη δυνατότητα επαναφόρτισης των μπαταριών ιόντων λιθίου από την πρίζα, διαθέτει αυτονομία 25 χλμ και κοστίζει 28.360 ευρώ.



*Εικόνα 44: Toyota Prius*

## 5.5 Υβριδικά αυτοκίνητα στις ΗΠΑ

Ο στόλος των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες, με πάνω από 4 εκατομμύρια μονάδες που πωλήθηκαν μέχρι τον Απρίλιο του 2016, είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος στον κόσμο μετά την Ιαπωνία (πάνω από 5 εκατομμύρια). Οι αμερικανικές πωλήσεις υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων αντιπροσωπεύουν περίπου το 36% των άνω των 11 εκατομμυρίων υβριδίων που πωλούνται παγκοσμίως μέχρι τον Απρίλιο του 2016.

Από την ίδρυσή τους το 1999, συνολικά 4.058.258 υβριδικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα και αθλητικά οχήματα επαγγελματικής χρήσης έχουν πωληθεί στη χώρα μέχρι τον Μάιο του 2016. Οι πωλήσεις υβριδικών οχημάτων στις Η.Π.Α. άρχισαν να μειώνονται μετά την οικονομική κρίση του 2007-08 και μετά από σύντομη ανάκαμψη, άρχισαν να μειώνονται και πάλι το 2014 λόγω των χαμηλών τιμών βενζίνης.

Οι πωλήσεις υβριδικών προϊόντων στην αμερικανική αγορά πέτυχαν το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς τους το 2013, καταγράφοντας το 3,19% των πωλήσεων των καινούργιων αυτοκινήτων το έτος αυτό και μειώθηκαν κάτω από 2% μέχρι τον Απρίλιο του 2016.

Το κορυφαίο υβριδικό ηλεκτρικό όχημα στη χώρα είναι το συμβατικό Toyota Prius, το οποίο έχει πουλήσει 1.643.000 μονάδες από το 2000 μέχρι τον Απρίλιο του 2016, αντιπροσωπεύοντας ένα μερίδιο αγοράς 40,8% όλων των υβριδίων που πωλούνται στις ΗΠΑ από το 1999.

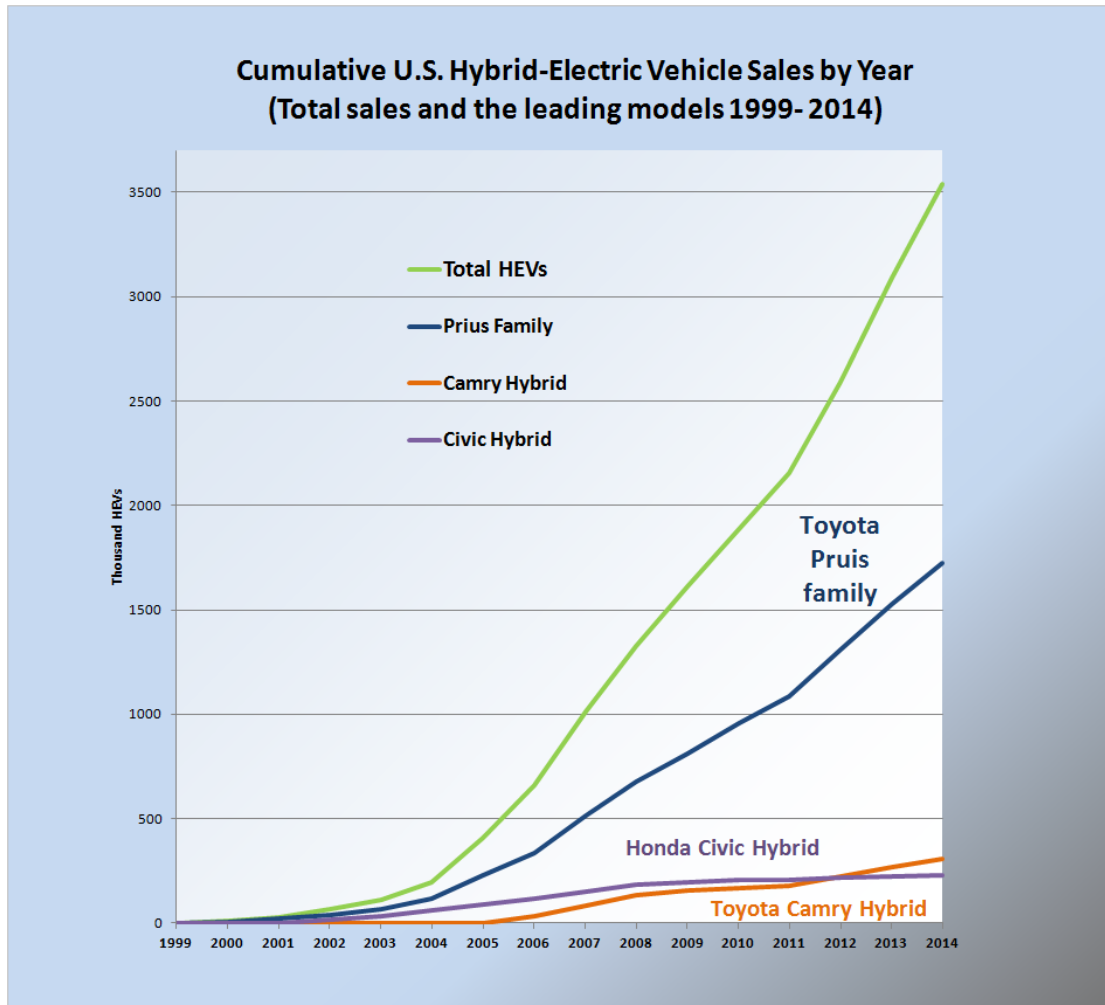
Οι σωρευτικές πωλήσεις της πινακίδας Prius ανήλθαν συνολικά σε 1.932.805 μονάδες που παραδόθηκαν τον Απρίλιο του 2016, αντιπροσωπεύοντας το μερίδιο αγοράς 48,0% των συνολικών πωλήσεων υβριδίων στις Η.Π.Α.

Από τον Απρίλιο του 2016, το συμβατικό Prius ακολουθείται από το Toyota Camry Hybrid, με 345.640 μονάδες που πωλήθηκαν από το 2006, το Honda Civic Hybrid, με συνολικές πωλήσεις 234.610 οχημάτων από το 2002, το Ford Fusion Hybrid με 166.341 μονάδες από το 2009, Prius c με 165.075 μονάδες από το 2012. [68]

Η Καλιφόρνια ήταν η κυρίαρχη αγορά υβριδικών πωλήσεων στις ΗΠΑ με 55.553 οχήματα που πωλήθηκαν το 2009, [9] 74.932 το 2008, και 91.417 το 2007. Το 2009 ακολουθήθηκε από τη Νέα Υόρκη (15.438) και τη Φλόριδα (14.949).

Όσον αφορά τα νέα υβρίδια που πωλούνται κατά κεφαλή, η περιοχή της Κολούμπια ήταν ηγέτης το 2009 με 3,79 υβρίδια ανά 1000 κατοίκους, ακολουθούμενη από την Καλιφόρνια (1,54) και την Ουάσινγκτον (1,53).

Οι κορυφαίες αγορές μητρικής πόλης των Ηνωμένων Πολιτιών για πωλήσεις υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων το 2009 ήταν το Λος Άντζελες (26.677), η Νέα Υόρκη (21.193), το Σαν Φρανσίσκο (15.799), η Ουάσινγκτον, η DC (11.595) και το Σικάγο (8.990). Από τον Ιανουάριο μέχρι τον Ιούλιο του 2013, οι τρεις πόλεις με τις υψηλότερες εγγραφές ηλεκτρικών αυτοκινήτων, συμπεριλαμβανομένων των υβριδικών, ηλεκτρικών αυτοκινήτων και των υβριδίων plug-in, βρισκόταν στην Καλιφόρνια: Atherton (19,4%) και Los Altos (16,1%) Silicon Valley, ακολουθούμενη από την Santa Monica (15,0%), που βρίσκεται στο Λος Άντζελες.



*Εικόνα 45: Ιστορική εξέλιξη των πωλήσεων των υβριδικών αυτοκινήτων στις ΗΠΑ*

Στην παρακάτω εικόνα 46 καταγράφεται η γεωγραφική κατανομή των πωλήσεων των υβριδικών αυτοκινήτων στις ΗΠΑ.

Top U.S. metropolitan markets for hybrid electric vehicles in 2008-2009 <sup>[9][29]</sup>					
Rank 2009	Metropolitan Area	New registered hybrids per 1000 households (2009)	Rank 2008	Metropolitan Area	New registered hybrids per 1000 households (2008)
1	Portland, OR	8.8	1	Portland, OR	12.17
2	Helena, MT	6.7	2	San Francisco, CA	8.84
3	San Francisco, CA	6.7	3	Monterey, CA	7.16
4	Washington, DC	5.1	4	Santa Barbara, CA	6.94
5	Los Angeles, CA	4.8	5	San Diego, CA	6.57
6	San Diego, CA	4.7	6	Los Angeles, CA	6.08
7	Seattle, WA	4.7	7	Charlottesville, VA	5.42
8	Juneau, AK	4.6	8	Seattle, WA	4.90
9	Santa Barbara, CA	4.4	9	Washington, DC	4.85
10	Monterey, CA	4.3	10	Sacramento, CA	4.85
<i>U.S. metropolitan area average</i>		1.8	<i>U.S. metropolitan area average</i>		2.18

Εικόνα 46:Γεωγραφική κατανομή πωλήσεων υβριδικών αυτοκινήτων στις ΗΠΑ

## 5.6 Υβριδικά αυτοκίνητα στην Ευρώπη

Κατά το πρώτο εξάμηνο του 2018, η Νορβηγία ήταν η μεγαλύτερη αγορά ηλεκτρικών-υβριδικών αυτοκινήτων στην Ευρώπη, ακολουθούμενη από τη Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο.

Κατά το πρώτο εξάμηνο του 2018, η Νορβηγία παρέμεινε η κορυφαία αγορά ηλεκτρικών-υβριδικών αυτοκινήτων στην Ευρώπη. Η Γερμανία καλωσορίζει γρήγορα και ξεπερνά τη Βρετανία ως τη δεύτερη μεγαλύτερη αγορά ηλεκτρικά φορτισμένων οχημάτων.

Η Νορβηγία παρέμεινε ο ξεκάθαρος ηγέτης για τα υβριδικά οχήματα με μπαταρίες, ενώ η Γερμανία προχώρησε στη Γαλλία. Η Βρετανία παρέμεινε ηγέτης στα plug-in υβρίδια ενώ η Γερμανία ξεπέρασε τη Νορβηγία ως τη δεύτερη μεγαλύτερη αγορά plug-in υβριδικών αυτοκινήτων στην Ευρώπη. Η Γαλλία ήταν η μεγαλύτερη αγορά για υβριδικά οχήματα στην Ευρώπη κατά το πρώτο εξάμηνο του 2018, ακολουθούμενη από τη Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο. [49]

Στον παρακάτω πίνακα 3 φαίνονται η πωλήσεις που είχαν για το 2018 κάθε χώρα μέλος της ευρωπαϊκής ένωσης.

	Q2/2018	Q2/2017	% Change	HY 2018	HY2017	% Change
AUSTRIA	595	427	39.3	1,248	707	76.5
BELGIUM	2,899	3,506	-17.3	5,966	5,859	1.8
BULGARIA	8	11	-27.3	15	13	15.4
CZECH REPUBLIC <sup>2</sup>	83	-	#DIV/0!	165	-	#DIV/0!
DENMARK	803	53	1,415.1	1,652	101	1,535.6
ESTONIA	6	6	0.0	12	10	20.0
FINLAND	1,567	537	191.8	2,876	1,013	183.9
FRANCE	3,523	2,958	19.1	7,109	4,901	45.1
GERMANY	8,236	7,002	17.6	16,683	12,266	36.0
GREECE	76	37	105.4	126	70	80.0
HUNGARY	240	108	122.2	410	173	137.0
IRELAND	142	24	491.7	433	161	168.9
ITALY	1,198	788	52.0	2,127	1,320	61.1
LATVIA	5	4	25.0	15	12	25.0
LITHUANIA <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-
NETHERLANDS	550	277	98.6	1,106	615	79.8
POLAND	200	156	28.2	393	249	57.8
PORTUGAL	1,010	546	85.0	1,803	935	92.8
ROMANIA <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-
SLOVAKIA <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-
SLOVENIA	47	39	20.5	114	55	107.3
SPAIN	1,712	802	113.5	2,758	1,222	125.7
SWEDEN	5,411	3,101	74.5	10,371	5,863	76.9
UNITED KINGDOM	11,655	7,693	51.5	21,922	15,703	39.6
EUROPEAN UNION	39,966	28,075	42.4	77,304	51,248	50.8
EU15	39,377	27,751	41.9	76,180	50,736	50.1
EU (New Members)	589	324	81.8	1,124	512	119.5
NORWAY	9,156	5,901	55.2	15,644	12,397	26.2
SWITZERLAND	1,127	857	31.5	2,051	1,459	40.6
EFTA	10,283	6,758	52.2	17,695	13,856	27.7
EU + EFTA	50,249	34,833	44.3	94,999	65,104	45.9

Πίνακας 3

## 5.7 Υβριδικά αυτοκίνητα την Ασία

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες της Ιαπωνίας και της Νότιας Κορέας πώλησαν ρεκόρ 2 εκατομμυρίων υβριδικών και plug-in υβριδικών οχημάτων το 2017, αυξημένα κατά 14% σε σχέση με το προηγούμενο έτος, με την Toyota να είναι και πάλι ο κορυφαίος παραγωγός της βιομηχανίας 20 χρόνια και μετρώντας.

Τα αποτελέσματα, μολονότι ήταν θετικά, δεν κατέληξαν στο συμπέρασμα για τις πιο μακροπρόθεσμες προοπτικές των υβριδικών, καθώς η κίνηση της βιομηχανίας προς τα πλήρη ηλεκτρικά οχήματα συγκεντρώνει δυναμικά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι πωλήσεις υβριδικών προϊόντων, όταν εκτελούνται από την Toyota, είναι μικρές, κάτω του 3%, σε όλες τις μεγάλες αγορές εκτός από την Ιαπωνία.

Ακόμη και στη Νότια Κορέα, το σπίτι των Hyundai και Kia, τα υβρίδια αντιπροσώπευαν μόλις το 3,5% της ζήτησης νέων αυτοκινήτων το 2017.

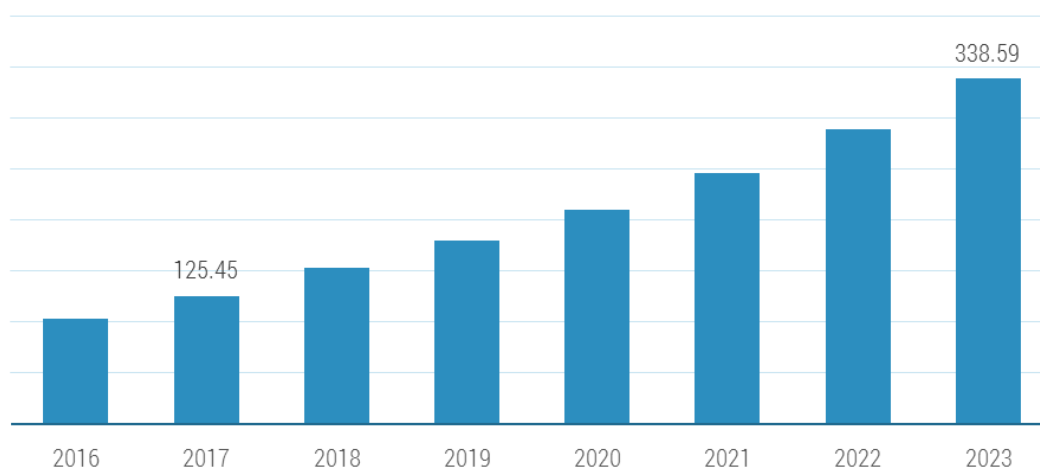
Τούτου δοθέντος, οι δύο κορυφαίοι κατασκευαστές της Ιαπωνίας, η Toyota και η Honda, δεσμεύονται μακροπρόθεσμα σε υβρίδια. Έτσι είναι και η Hyundai και η Kia, αν και μόνο η Toyota έχει θέσει σαφείς στόχους πωλήσεων: 4,5 εκατομμύρια μονάδες το 2030, σχεδόν το 45% του συνολικού συνόλου.

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα και τα αυτοκίνητα με κυψέλες υδρογόνου το 2030 θα αντιπροσωπεύουν περίπου 1 εκατομμύριο μονάδες ή το 10% των παγκόσμιων πωλήσεων, σύμφωνα με το επιχειρηματικό σχέδιο της Toyota.

Από το σύνολο 2017, η Toyota πώλησε 1,5 εκατομμύρια υβρίδια σε όλες τις αγορές, αυξημένα κατά 8,4% και αντιπροσωπεύοντας τρία από τα τέσσερα πωλούμενα υβριδικά οχήματα της Ιαπωνίας και της Κορέας. Δεν πωλούσε ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία.

Στην παρακάτω εικόνα 47 φαίνεται τα ποσά που έχουν δαπανηθεί στην Ασία σε δισεκατομμύρια δολάρια από το 2016 και γίνεται εκτίμηση μέχρι το 2023. [65]

Hybrid Vehicles Market Revenue, in USD Billion, Asia-Pacific, 2016-2023



Εικόνα 47

Στον πίνακα 4 φαίνονται οι πωλήσεις που έγιναν σε Κορέα και Ιαπωνία σε υβριδικά αυτοκίνητα για το έτος 2017.

<b>JAPANESE AND KOREAN HYBRID VEHICLE SALES IN 2017</b> (in units)		
<b>JAPANESE OEMS</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
Toyota	1,400,643	1,518,500
Honda	218,142	255,439
Nissan (est.)	30,000	31,700
Mitsubishi	28,380	25,613
Mazda	1,034	636
Subaru	1,590	548
Daihatsu	191	194
<b>Subtotal (2)</b>	<b>1,681,991</b>	<b>1,833,994</b> <b>(+9.0%)</b>
<b>SOUTH KOREAN OEMS</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
Hyundai	55,540	88,535
Kia	52,949	118,574
<b>Subtotal</b>	<b>108,489</b>	<b>207,018</b> <b>(+90.8%)</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1,790,480</b>	<b>2,041,012</b> <b>(+14.0%)</b>

Source: Companies, Japan Automobile Dealers Assn. and Wards Intelligence

Πίνακας 4



## Κεφάλαιο 6 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (επίσης γνωστά ως ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπαταρίας) έχουν πολλά περιβαλλοντικά οφέλη σε σύγκριση με τα συμβατικά αυτοκίνητα κινητήρων εσωτερικής καύσης. Έχουν χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, παράγουν μικρή ή καθόλου τοπική ατμοσφαιρική ρύπανση, μειώνουν την εξάρτηση από το πετρέλαιο και έχουν επίσης τη δυνατότητα να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Ωστόσο, η παραγωγή ηλεκτρικών στηλών για ηλεκτρικά αυτοκίνητα εξαρτάται από στοιχεία σπάνιων γαιών, επομένως ενδέχεται να έχουν μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα όταν είναι καινούργια.

### 6.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορούν να έχουν διάφορα περιβαλλοντικά οφέλη έναντι των συμβατικών οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICEV), όπως:

- Έχουν χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, μειώνοντας έτσι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα τους σε σύγκριση με τα συμβατικά. [1] [2]
- Μια σημαντική μείωση των βλαβερών ρυπογόνων ουσιών, όπως τα σωματίδια (αιθάλη), οι πτητικές οργανικές ενώσεις, οι υδρογονάνθρακες, το μονοξείδιο του άνθρακα, το όζον, ο μόλυβδος και διάφορα οξείδια του αζώτου. [3]
- Το δυναμικό για σημαντική μείωση του CO<sub>2</sub>. Ωστόσο, η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται εξαρτάται από την ένταση εκπομπών των πηγών ισχύος που χρησιμοποιούνται για την φόρτιση του οχήματος, την απόδοση του εν λόγω οχήματος και την ενέργεια που χάνεται στη διαδικασία φόρτισης. Για την ηλεκτρική ενέργεια από το ρεύμα, η ένταση εκπομπών ποικίλλει σημαντικά ανά χώρα και εντός συγκεκριμένης χώρας, καθώς και στη ζήτηση, τη διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την αποδοτικότητα της περιστασιακής παραγωγής που βασίζεται σε ορυκτά καύσιμα, όλο και λιγότερο χρησιμοποιούμενη. [6] [7] [ 8]
- Τα υβριδικά συστήματα plug-in καταγράφουν τα περισσότερα από αυτά τα πλεονεκτήματα όταν λειτουργούν σε ηλεκτρική λειτουργία.

**Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν κάποια μειονεκτήματα, όπως:**

1. Η έντονη εξάρτηση στοιχείων σπάνιων γαιών όπως το νεοδύμιο, το λανθάνιο, το τέρβιο και το δυσπρόσιο και άλλα κρίσιμα μέταλλα όπως το λίθιο και το κοβάλτιο, αν και η ποσότητα των σπάνιων μετάλλων που χρησιμοποιούνται, διαφέρει ανά αυτοκίνητο. Η εμπιστοσύνη στα στοιχεία σπάνιων γαιών είναι προβληματική καθώς αυτοί οι πόροι είναι πεπερασμένοι. [9] [10] [11]
2. Πιθανές αυξημένες εκπομπές σωματιδίων από ελαστικά. Αυτό προκαλείται μερικές φορές από το γεγονός ότι τα περισσότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν βαριά μπαταρία, πράγμα που σημαίνει ότι τα ελαστικά του αυτοκινήτου υποβάλλονται σε μεγαλύτερη φθορά. Τα τακάκια φρένων, ωστόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν λιγότερο συχνά απ 'ό,τι στα μη ηλεκτρικά αυτοκίνητα, αν υπάρχει φρενάρισμα με αναγεννητική πέδηση και έτσι μερικές φορές μπορεί να παράγει λιγότερη σωματιδιακή ρύπανση από τα φρένα στα μη ηλεκτρικά

αυτοκίνητα. [12] [13] Έχουν ένα συνδυασμό φρένων τυμπάνων και δισκόφρενων και είναι γνωστό ότι τα φρένα τυμπάνων προκαλούν λιγότερες εκπομπές σωματιδίων από τα δισκόφρενα. Αυτά τα μειονεκτήματα μπορούν να επιλυθούν χρησιμοποιώντας διαφορετικούς τύπους μπαταριών.

3. Όπως και στα αυτοκίνητα καύσης, πρέπει να ληφθεί υπόψη το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται για την κατασκευή.
4. Το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται για την παραγωγή και την παραγωγή πετρελαίου πρέπει να αποτελεί μέρος των συνολικών υπολογισμών των απολήξεων αποχέτευσης του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται για τα αυτοκίνητα ICEV.

## 6.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε διάφορες χώρες

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν πολλά οφέλη έναντι των συμβατικών αυτοκινήτων με εσωτερική καύση, συμπεριλαμβανομένης της σημαντικής μείωσης της τοπικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ιδίως στις πόλεις, καθώς δεν εκπέμπουν επιβλαβείς ρύπους εξάτμισης, όπως σωματίδια (αιθάλη), πτητικές οργανικές ενώσεις, υδρογονάνθρακες, μονοξείδιο του άνθρακα, όζον, ο μόλυβδος και διάφορα οξείδια του αζώτου. [3] [4] [5] Το όφελος καθαρού αέρα μπορεί να είναι τοπικό μόνο επειδή, ανάλογα με την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την επαναφόρτιση των συσσωρευτών, οι εκπομπές ρυπογόνων αερίων μπορούν να μεταφερθούν στη θέση των μονάδων παραγωγής. [2]

Αυτό αναφέρεται ως η μακριά σωλήνα εξαγωγής ηλεκτρικών οχημάτων. Η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται εξαρτάται από την ένταση εκπομπής των πηγών ισχύος που χρησιμοποιούνται για την φόρτιση του οχήματος, την απόδοση του εν λόγω οχήματος και την ενέργεια που χάνεται στη διαδικασία φόρτισης. Για την ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, η ένταση εκπομπών ποικίλλει σημαντικά ανά χώρα και εντός συγκεκριμένης χώρας, καθώς και στη ζήτηση, τη διαθεσιμότητα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την αποδοτικότητα της παραγωγής που βασίζεται σε ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιείται σε δεδομένη χρονική στιγμή. [6]

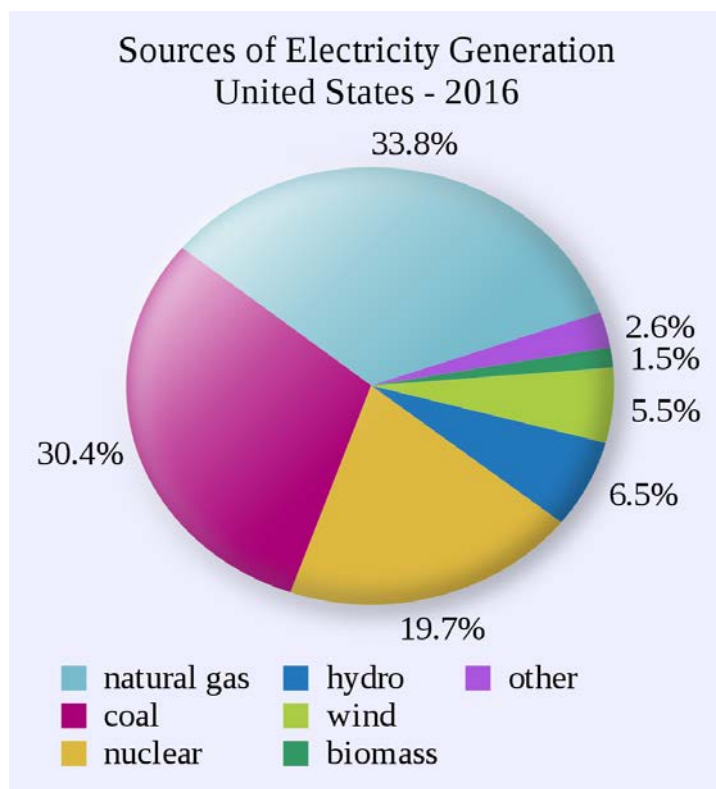
Η φόρτιση ενός οχήματος που χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. αιολική ενέργεια ή ηλιακοί συλλέκτες) αποδίδει πολύ χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα, μόνο για την παραγωγή και την εγκατάσταση του συστήματος παραγωγής ενέργειας. Ακόμη και σε δίκτυο με ορυκτά καύσιμα, είναι αρκετά εφικτό για ένα νοικοκυριό με ηλιακό φούρνο να παράγει αρκετή ενέργεια για να υπολογίζει τη χρήση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, με αποτέλεσμα (κατά μέσο όρο) να ακυρώνει τις εκπομπές φόρτισης του οχήματος, ανεξάρτητα από το αν ο πίνακας φορτώνει άμεσα ή όχι. [19]

Ακόμη και όταν χρησιμοποιείται αποκλειστικά η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο, η εισαγωγή ηλεκτρομαγνητικών κινητήρων (EV) παρουσιάζει μείζονα περιβαλλοντικά οφέλη στις περισσότερες χώρες της ΕΕ, εκτός από εκείνες που βασίζονται σε παλιές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα. [7] Για παράδειγμα, το μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι (2014) στη Νορβηγία 99% και στη Γερμανία 30%.

## 6.2.1 ΗΠΑ

Ο ακόλουθος πίνακας συγκρίνει τον σωλήνα εξαγωγής και την ανάντη CO<sub>2</sub> που εκτιμήθηκε από την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ για όλα τα ηλεκτροκίνητα επιβατικά οχήματα που κυκλοφορούν στην αγορά των ΗΠΑ το έτος 2014. Δεδομένου ότι τα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα δεν παράγουν εκπομπές από το σωλήνα εξαγωγής, για λόγους σύγκρισης περιλαμβάνονται τα δύο πιο αποδοτικά υβριδικά καύσιμα και το τυπικό βενζινοκίνητο αυτοκίνητο. Οι συνολικές εκπομπές περιλαμβάνουν τις εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση του οχήματος και για τα ηλεκτρικά οχήματα που συνδέονται με υβριδικά συστήματα, περιλαμβάνει επίσης τις εκπομπές που συνδέονται με τις εκπομπές των σωλήνων εξαγωγής που παράγονται από τη μηχανή εσωτερικής καύσης. Οι αριθμοί αυτοί δημοσιεύθηκαν από την EPA τον Οκτώβριο στην έκθεσή της για το 2014 «Τεχνολογία αυτοκινήτων ελαφρού φορτίου, εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και τάσεις οικονομίας καυσίμων» [21].

Οι εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και επειδή η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες ποικίλλει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή, η ΣΟΕΣ θεώρησε τρία σενάρια, σειρές με το χαμηλό τέλος σενάριο που αντιστοιχεί στον συντελεστή εκπομπών κινητήρα της Καλιφόρνια, στη μέση η οποία αντιπροσωπεύεται από τον εθνικό μέσο συντελεστή εκπομπών κινητήρα και το ανώτερο άκρο της κλίμακας που αντιστοιχεί στον συντελεστή εκπομπών του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για τα βραχώδη βουνά. Η ΣΟΕΣ εκτιμά ότι οι συντελεστές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για διάφορες περιοχές της χώρας ποικίλλουν από 346 g CO<sub>2</sub> / kWh στην Καλιφόρνια σε 986 g CO<sub>2</sub> / kWh στα βράχια, με εθνικό μέσο όρο 648 g CO<sub>2</sub> / kWh. [21] Στην περίπτωση των υβριδίων plug-in και δεδομένου ότι η ηλεκτρική περιοχή τους εξαρτάται από το μέγεθος της μπαταρίας, η ανάλυση εισήγαγε έναν παράγοντα χρησιμότητας ως προβολή του μεριδίου των μιλίων που θα οδηγηθεί με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος από έναν μέσο οδηγό. [21]



Εικόνα 48: Καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την πηγή ενέργειας [20]. Ο άνθρακας δεν είναι πια η κυρίαρχη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας στις Η.Π.Α. Το διάγραμμα δεν λαμβάνει υπόψη το ηλιακό φως.

Comparison of tailpipe and upstream CO <sub>2</sub> emissions <sup>(1)</sup> estimated by EPA for the MY 2014 all-electric vehicles available in the U.S. market <sup>(2)</sup>						
Vehicle	Overall fuel economy (mpg-e)	Utility factor <sup>(2)</sup> (share EV miles)	Tailpipe CO <sub>2</sub> (g/mi)	Tailpipe + total upstream CO <sub>2</sub>		
				Low (g/mi)	Avg (g/mi)	High (g/mi)
BMW i3	124	1	0	93	175	266
Chevrolet Spark EV	119	1	0	97	181	276
Honda Fit EV	118	1	0	99	185	281
Fiat 500e	116	1	0	101	189	288
Nissan Leaf	114	1	0	104	194	296
Mitsubishi i	112	1	0	104	195	296
Smart electric drive	107	1	0	109	204	311
Ford Focus Electric	105	1	0	111	208	316
Tesla Model S (60 kWh)	95	1	0	122	229	348
Tesla Model S (85 kWh)	89	1	0	131	246	374
BMW i3 REX <sup>(3)</sup>	88	0.83	40	134	207	288
Mercedes-Benz B-Class ED	84	1	0	138	259	394
Toyota RAV4 EV	76	1	0	153	287	436
BYD e6	63	1	0	187	350	532
Chevrolet Volt plug-in hybrid	62	0.66	81	180	249	326
Average 2014 gasoline-powered car	<b>24.2</b>	<b>0</b>	<b>367</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>400</b>

Πίνακας 5: Σύγκριση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των προηγούμενων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που εκτιμάται από την EPA για τα ηλεκτροκίνητα οχήματα 2014 που διατίθενται στην αγορά των ΗΠΑ [21]

Η Ένωση των Εμπειρογνομώνων Επιστημόνων (UCS) δημοσίευσε το 2012 έκθεση σχετικά με την εκτίμηση των μέσων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που προκύπτουν από τη φόρτιση συσσωρευτών αυτοκινήτων, λαμβάνοντας υπόψη τον πλήρη κύκλο ζωής (ανάλυση από τον κύριο τροχό) και το καύσιμο που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ηλεκτρικής ισχύος ανά περιοχή στις ΗΠΑ. Η μελέτη χρησιμοποίησε το ηλεκτρικό αυτοκίνητο Nissan Leaf για να καθορίσει τη βασική γραμμή της ανάλυσης.

Η μελέτη UCS εξέφρασε τα αποτελέσματα σε όρους μιλίων ανά γαλόνι αντί της συμβατικής μονάδας γραμμαρίων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ετησίως. Η μελέτη διαπίστωσε ότι σε περιοχές όπου η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από φυσικό αέριο, πυρηνικούς ή ανανεώσιμους πόρους, όπως τα υδροηλεκτρικά, είναι σημαντική η δυνατότητα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων plug-in να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά, σε περιοχές όπου παράγεται υψηλό ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας από άνθρακα, τα υβριδικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα παράγουν λιγότερα CO<sub>2</sub> από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα plug-in και το βέλτιστο από πλευράς καυσίμου υποβοηθούμενο αυτοκίνητο με βενζίνη παράγει ελαφρώς λιγότερες εκπομπές από ένα αυτοκίνητο plug-in.

Στο χειρότερο σενάριο, η μελέτη υπολόγισε ότι για μια περιοχή στην οποία όλη η ενέργεια παράγεται από άνθρακα, ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο θα εκπέμπει εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ισοδύναμα με βενζινοκίνητο αυτοκίνητο με συνολική κατανάλωση καυσίμου πόλης / αυτοκινητόδρομου 30 mpg -US (7,8 L / 100 km, 36 mpg-imp). Αντίθετα, σε μια περιοχή που εξαρτάται πλήρως από το φυσικό αέριο, το plug-in θα ισοδυναμεί με ένα βενζινοκίνητο αυτοκίνητο με ονομαστική τιμή 50 mpg-US (4,7 l / 100 km, 60 mpg-imp). [24]

Η μελέτη διαπίστωσε ότι για το 45% του αμερικανικού πληθυσμού ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με ηλεκτρικό ρεύμα θα παράγει χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από ένα βενζινοκίνητο αυτοκίνητο ικανό να έχει συνολική κατανάλωση καυσίμου 50 mpg-ΗΠΑ (4,7 L / 100 km, 60 mpg- imp), όπως το Toyota Prius.

Οι πόλεις αυτής της ομάδας περιλάμβαναν το Πόρτλαντ, το Όρεγκον, το Σαν Φρανσίσκο, το Λος Άντζελες, τη Νέα Υόρκη και το Salt Lake City, ενώ οι καθαρότερες πόλεις πέτυχαν οικονομίες καυσίμου ίση με 79 mpg-US (3,0 L / 100 km · 95 mpg-imp). Η μελέτη διαπίστωσε επίσης ότι για το 37% του πληθυσμού οι εκπομπές ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα πέσουν στην κατηγορία ενός βενζινοκίνητου αυτοκινήτου με συνολική κατανάλωση καυσίμου μεταξύ 41 και 50 mpg στις ΗΠΑ (5,7 έως 4,7 L / 100 km, 49 έως 60 mpg-imp), όπως το Honda Civic Hybrid και το Lexus CT200h.

Οι πόλεις αυτής της ομάδας περιλαμβάνουν το Φοίνιξ, την Αριζόνα, το Χιούστον, το Μαϊάμι, το Κολόμπους, το Οχάιο και την Ατλάντα της Γεωργίας. Ένα 18% του πληθυσμού ζει σε περιοχές όπου η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος εξαρτάται περισσότερο από την καύση του άνθρακα και οι εκπομπές θα ισοδυναμούν με ένα αυτοκίνητο με συνολική κατανάλωση καυσίμου μεταξύ 31 και 40 mpg ΗΠΑ (7.6 έως 5.9 L / 100 km; 37 έως 48 mpg-imp), όπως το Chevrolet Cruze και το Ford Focus.

Αυτή η ομάδα περιλαμβάνει το Ντένβερ, το Μινεάπολις, το Σαιντ Λούις, το Μισσούρι, το Ντιτρόιτ και την Οκλαχόμα Σίτι. [24] [25] [26] Η μελέτη διαπίστωσε ότι δεν υπάρχουν περιοχές στις Η.Π.Α. όπου τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα plug-in θα έχουν υψηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από το μέσο όρο των καινούργιων

μικρών αυτοκινήτων βενζινοκινητήρων και η περιοχή με το πιο βρώμικο ηλεκτρικό δίκτυο παράγει CO<sub>2</sub> εκπομπές που ισοδυναμούν με ένα βενζινοκίνητο αυτοκίνητο με 33 mpg-US (7,1 L / 100 km, 40 mpg-imp). [23]

Τον Σεπτέμβριο του 2014, η UCS δημοσίευσε μια ενημερωμένη ανάλυση της έκθεσής της για το 2012. Η ανάλυση του 2014 διαπίστωσε ότι το 60% των Αμερικανών, από 45% το 2009, ζουν σε περιοχές όπου ένα ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο παράγει λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά μίλι από το πιο αποδοτικό υβρίδιο. Η μελέτη UCS βρήκε δύο λόγους για τη βελτίωση. Κατ' αρχάς, οι επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας έχουν υιοθετήσει καθαρότερες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας στο μίγμα τους μεταξύ των δύο αναλύσεων.

Δεύτερον, τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν καταστεί αποτελεσματικότερα, καθώς το μέσο όρο του ηλεκτροκίνητου οχήματος 2013 χρησιμοποίησε 0,33 kWh ανά μίλι (0,21 kWh / km), αντιπροσωπεύοντας βελτίωση κατά 5% σε σχέση με τα μοντέλα του 2011. Επίσης, ορισμένα νέα μοντέλα είναι καθαρότερα από τον μέσο όρο, όπως η BMW i3, η οποία έχει βαθμολογηθεί από την EPA σε 0,27 kWh.

Σε κράτη με καθαρότερο μίγμα παραγωγής, τα κέρδη ήταν μεγαλύτερα. Το μέσο όρο ηλεκτρικό αυτοκίνητο στην Καλιφόρνια αυξήθηκε σε 95 mpg-US (2,5 L / 100 km) ισοδύναμο με 78 mpg-ΗΠΑ (3,0 L / 100 km) στη μελέτη του 2012. Τα κράτη με πιο πενιχρή γενιά που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στον άνθρακα εξακολουθούν να παρουσιάζουν καθυστέρηση, όπως το Κολοράντο, όπου ο μέσος όρος BEV επιτυγχάνει μόνο τις ίδιες εκπομπές με ένα βενζινοκίνητο αυτοκίνητο των 34 mpg-US (6,9 L / 100 km; 41 mpg-imp).

Ο συντάκτης της ανάλυσης του 2014 διαπίστωσε ότι τα οφέλη δεν κατανέμονται ομοιόμορφα στις ΗΠΑ, επειδή οι υιοθεσίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων συγκεντρώνονται στις πολιτείες με καθαρότερη ισχύ. [27] [28]

Βελτίωση της ανάλυσης UCS και πολλών άλλων, μια ανάλυση από οικονομολόγους που συνδέονται με το Εθνικό Γραφείο Οικονομικών Ερευνών (NBER), που δημοσιεύθηκε τον Νοέμβριο του 2014, εκτιμάται ότι οι οριακές εκπομπές της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ποικίλλουν ανάλογα με την τοποθεσία και την ώρα της ημέρας στις Ηνωμένες Πολιτείες. [29] [30]

Η περιθωριακή ανάλυση, που εφαρμόστηκε στα ηλεκτρικά οχήματα με βύσματα, διαπίστωσε ότι οι εκπομπές των φορτίων PEV ποικίλλουν ανάλογα με την περιοχή και τις ώρες της ημέρας. Σε ορισμένες περιοχές, όπως το Δυτικό Η.Π.Α. και το Τέξας, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά μίλι από την οδήγηση οχημάτων είναι λιγότερες από αυτές που οφείλονται στην οδήγηση ενός υβριδικού αυτοκινήτου.

Ωστόσο, σε άλλες περιοχές, όπως η Άνω Μεσαία Ευρώπη, η χρέωση κατά τις συνιστώμενες ώρες από τα μεσάνυχτα έως τις 4 το πρωί υποδηλώνει ότι παράγουν περισσότερες εκπομπές ανά μίλι από το μέσο αυτοκίνητο που βρίσκεται επί του παρόντος στο δρόμο.

Τα αποτελέσματα δείχνουν μια ένταση μεταξύ της διαχείρισης του φορτίου ηλεκτρικού ρεύματος και των περιβαλλοντικών στόχων καθώς οι ώρες κατά τις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια είναι η λιγότερο δαπανηρή για την παραγωγή τείνουν να είναι οι ώρες με τις μεγαλύτερες εκπομπές.

Αυτό συμβαίνει επειδή οι μονάδες με καύση άνθρακα, οι οποίες έχουν υψηλότερα ποσοστά εκπομπών, χρησιμοποιούνται συνηθέστερα για την κάλυψη της ζήτησης

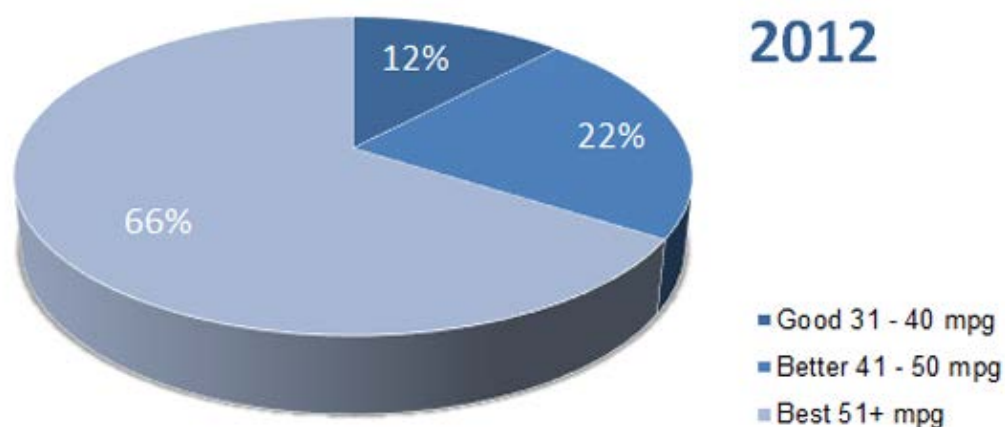
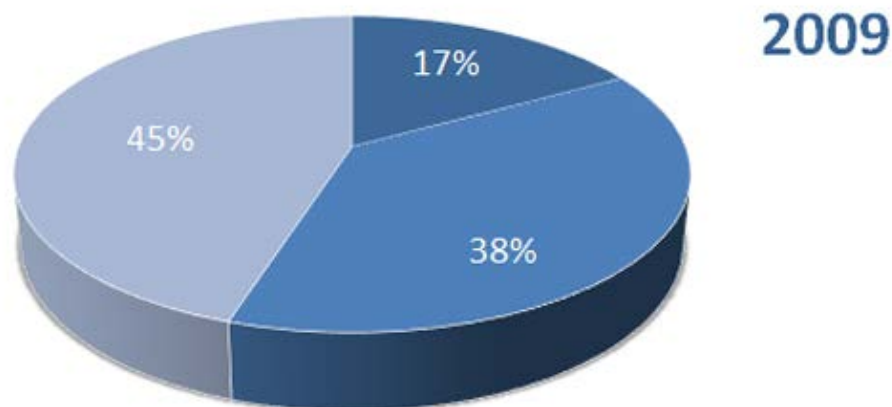
ηλεκτρικής ενέργειας βάσης και εκτός αιχμής. Ενώ οι σταθμοί φυσικού αερίου, οι οποίοι έχουν σχετικά χαμηλά ποσοστά εκπομπών, συχνά μεταφέρονται στο διαδίκτυο για να καλύψουν την αιχμή της ζήτησης [30].

Τον Νοέμβριο του 2015, η Ένωση ενδιαφερομένων επιστημόνων δημοσίευσε μια νέα έκθεση που συγκρίνει δύο μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων (BEV) με παρόμοια βενζινοκίνητα οχήματα, εξετάζοντας τις εκπομπές τους από την υπερθέρμανση του πλανήτη κατά τη διάρκεια της πλήρους κύκλου ζωής τους.

Οι δύο μοντέλα BEV, μεσαίου μεγέθους και πλήρους μεγέθους, βασίζονται στα δύο δημοφιλέστερα μοντέλα BEV που πωλούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες το 2015, στο Nissan LEAF και στο μοντέλο Tesla S. Η μελέτη διαπίστωσε ότι όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αντιπροσωπεύουν αυτά που πωλούνται σήμερα, κατά μέσο όρο παράγουν λιγότερες από τις μισές εκπομπές θέρμανσης του πλανήτη συγκρίσιμων βενζινοκίνητων οχημάτων, παρά τις υψηλότερες εκπομπές παραγωγής. Λαμβάνοντας υπόψη τις περιοχές όπου πωλούνται τα δύο πιο δημοφιλή ηλεκτρικά αυτοκίνητα, οι υπερβολικές εκπομπές από την παραγωγή αντισταθμίζονται εντός 6 έως 16 μηνών από το μέσο όρο οδήγησης.

Η μελέτη κατέληξε επίσης στο συμπέρασμα ότι η οδήγηση ενός μέσου EV οδηγεί σε χαμηλότερες εκπομπές θέρμανσης από την οδήγηση ενός βενζινοκίνητου οχήματος το οποίο παίρνει 50 mpg-ΗΠΑ (4.7 l / 100 km) σε περιοχές που καλύπτουν τα δύο τρίτα του πληθυσμού των ΗΠΑ. Με βάση το πού πωλούνται στις ΗΠΑ το 2015, η μέση τιμή EV παράγει εκπομπές θέρμανσης του πλανήτη που ισοδυναμούν με βενζινοκίνητο όχημα με βαθμολογία οικονομίας καυσίμου 68 mpg-ΗΠΑ (3,5 L / 100 km).

Οι συγγραφείς αναγνώρισαν δύο βασικούς λόγους αυτής της μείωσης από τη μελέτη του 2012. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει γίνει πιο καθαρή, καθώς η παραγωγή άνθρακα έχει μειωθεί, ενώ έχουν αυξηθεί οι εναλλακτικές λύσεις με χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα γίνονται πιο αποτελεσματικά. Για παράδειγμα, το Nissan Leaf και το Chevrolet Volt έχουν βελτιωθεί σε σχέση με τα αρχικά μοντέλα του 2010 και άλλα μοντέλα BEV, όπως το πιο ελαφρύ και αποδοτικό BMW i3, έχουν εισέλθει στην αγορά. [31] [32]



*Εικόνα 49: Η αλλαγή από το 2009 στο 2012 το ποσοστό των Αμερικανών που ζουν σε περιοχές όπου τροφοδοτείται ένα ηλεκτρικό όχημα στο περιφερειακό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας παράγει χαμηλότερες εκπομπές θέρμανσης του πλανήτη από ό,τι ένα βενζινοκίνητο αυτοκίνητο που εκφράζεται σε συνδυασμένη βαθμολογία οικονομία καυσίμου city / highway. Πηγή: Ένωση ενδιαφερομένων επιστημόνων [31].*

### 6.2.2 Ηνωμένο Βασίλειο

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2008 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα ηλεκτρικά οχήματα είχαν τη δυνατότητα να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και αερίων θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 40%, ακόμη και λαμβάνοντας υπόψη τις εκπομπές λόγω της σημερινής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο και των εκπομπών που σχετίζονται με την παραγωγή και διάθεση ηλεκτρικών οχημάτων. [33]

Η εξοικονόμηση είναι αμφίβολη σε σχέση με τα υβριδικά ή πετρελαιοκίνητα οχήματα. Σύμφωνα με επίσημες δοκιμές της βρετανικής κυβέρνησης, τα πιο αποδοτικά αυτοκίνητα στην ευρωπαϊκή αγορά είναι αρκετά κάτω από 115 γραμμάρια CO<sub>2</sub> ανά χιλιόμετρο, αν και μια μελέτη στη Σκωτία έδωσε 149,5 gCO<sub>2</sub> / km ως μέσο όρο για νέα αυτοκίνητα στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Επειδή οι Βρετανοί καταναλωτές μπορούν να επιλέξουν τους προμηθευτές ενέργειας τους, εξαρτάται επίσης από το πώς «πράσινο» ο προμηθευτής τους επιλέγει να



παρέχει ενέργεια στο δίκτυο. Σε αντίθεση με άλλες χώρες, στο Ηνωμένο Βασίλειο ένα σταθερό ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από πυρηνικές εγκαταστάσεις, εγκαταστάσεις άνθρακα και φυσικού αερίου. Επομένως, υπάρχουν ελάχιστες διαφορές όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια του έτους. [7]

### 6.2.3 Γερμανία

Στην χειρότερη περίπτωση όπου η αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα ικανοποιούσε αποκλειστικά τον άνθρακα, μια μελέτη του 2009 που διεξήχθη από το Παγκόσμιο Ταμείο για τη Φύση και την IZES διαπίστωσε ότι μια μεσαίου μεγέθους HV θα εκπέμπει περίπου 200 γρ. (CO<sub>2</sub>), σε σύγκριση με το μέσο όρο των 170 g (CO<sub>2</sub>) / km (9,7 oz (CO<sub>2</sub>) / mi) για ένα συμπαγές αυτοκίνητο με βενζίνη. [35]

Η μελέτη αυτή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η εισαγωγή 1 εκατομμυρίου αυτοκινήτων HV στη Γερμανία θα μείωνε κατά το καλύτερο σενάριο μόνο τις εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 0,1%, αν δεν γίνει τίποτα για την αναβάθμιση της ηλεκτρικής υποδομής ή τη διαχείριση της ζήτησης. [35]

Μια πιο λογική εκτίμηση, χαλαρώνοντας την υπόθεση του άνθρακα, παρέσχε η Massiani και η Weinmann, λαμβάνοντας υπόψη ότι η πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα καθοριζόταν με βάση το χρονικό μοτίβο της πρόσθετης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (με άλλα λόγια αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ώρα αιχμής θα ενεργοποιήσει την περιθωριακή τεχνολογία, ενώ μια αύξηση εκτός κορυφής θα ενεργοποιούσε τυπικά άλλες τεχνολογίες).

Το συμπέρασμά τους είναι ότι το φυσικό αέριο θα παράσχει το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρησιμοποιείται για την εκ νέου φόρτωση EV, ενώ η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές δεν θα αντιπροσωπεύει περισσότερο από λίγα τοις εκατό της χρησιμοποιούμενης ενέργειας. [36]

Η Volkswagen πραγματοποίησε αξιολόγηση κύκλου ζωής των ηλεκτρικών οχημάτων της, πιστοποιημένη από ανεξάρτητο οργανισμό επιθεώρησης. Η μελέτη διαπίστωσε ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά τη φάση χρήσης του ηλεκτροκίνητου VW e-Golf είναι 99% χαμηλότερες από αυτές του Golf 1.2 TSI όταν οι δυνάμεις προέρχονται αποκλειστικά από τη υδροηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στη Γερμανία, την Αυστρία και την Ελβετία.

Υπολογίζοντας το ηλεκτρικό αυτοκίνητο ολόκληρο τον κύκλο ζωής, το e-Golf μειώνει τις εκπομπές κατά 61%. Όταν ληφθεί υπόψη το πραγματικό μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας, οι εκπομπές e-Golf εξακολουθούν να είναι κατά 26% χαμηλότερες από τις συμβατικές προδιαγραφές Golf 1.2 TSI. [37] Το 2014 στη Γερμανία, το 28% του συνόλου της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν η ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται στη Γερμανία.

### 6.3.3 Γαλλία και το Βέλγιο

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν επίσης επιπτώσεις από την κατασκευή του οχήματος. [39] [40] Δεδομένου ότι τα πακέτα μπαταριών είναι βαριά, οι κατασκευαστές εργάζονται για να ελαφρύνουν το υπόλοιπο του οχήματος.

Ως αποτέλεσμα, τα συστατικά του ηλεκτρικού αυτοκινήτου περιέχουν πολλά ελαφριά υλικά που απαιτούν πολύ ενέργεια για παραγωγή και επεξεργασία, όπως πολυμερή

ενισχυμένα με αλουμίνιο και με ίνες άνθρακα. Οι ηλεκτροκινητήρες και οι μπαταρίες προστίθενται στην ενέργεια της κατασκευής ηλεκτρικών αυτοκινήτων. [41] Υπάρχουν δύο τύποι κινητήρων που χρησιμοποιούνται από ηλεκτρικά αυτοκίνητα: κινητήρες μόνιμου μαγνήτη (όπως αυτός που βρίσκεται στο μοντέλο Tesla 3) και κινητήρες επαγωγής (όπως αυτός που βρίσκεται στο μοντέλο Tesla S). Οι κινητήρες επαγωγής δεν χρησιμοποιούν μαγνήτες, αλλά κάνουν μόνιμοι μαγνήτες.

Οι μαγνήτες που βρίσκονται σε κινητήρες μόνιμου μαγνήτη που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά οχήματα περιέχουν μέταλλα σπανίων γαιών που χρησιμοποιούνται για την αύξηση της ισχύος των κινητήρων αυτών. Σε μια μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2012, μια ομάδα ερευνητών του MIT υπολόγισε ότι η παγκόσμια εξόρυξη δύο μέταλλα σπανίων γαιών, νεοδυμίου και δυσπρώματος, θα πρέπει να αυξηθεί κατά 700% και 2600%, αντίστοιχα, τα επόμενα 25 χρόνια. [42]

Οι στρατηγικές υποκατάστασης εισάγουν συμβιβασμούς στην αποδοτικότητα και το κόστος. [41] Η ίδια μελέτη του MIT σημείωσε ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές στήλες είναι επιβλαβή για το περιβάλλον. [43] Η εξόρυξη και η επεξεργασία μετάλλων όπως το λίθιο, ο χαλκός και το νικέλιο απαιτούν πολύ ενέργεια και μπορούν να απελευθερώσουν τοξικές ενώσεις. Στις αναπτυσσόμενες χώρες με αδύναμη νομοθεσία η εκμετάλλευση ορυκτών μπορεί να αυξήσει περαιτέρω τους κινδύνους.

Ως εκ τούτου, ο τοπικός πληθυσμός μπορεί να εκτίθεται σε τοξικές ουσίες μέσω μόλυνσης από τον αέρα και τα υπόγεια ύδατα. Για την επίλυση αυτών των προβλημάτων μπορεί να χρειαστούν νέες τεχνολογίες μπαταριών.

Οι πιθανές τεχνολογίες μπαταριών που θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν μια μπαταρία ιόντων λιθίου είναι η μπαταρία ιόντων αργιλίου και η μπαταρία ιόντων νατρίου, αλλά προς το παρόν η ανακύκλωση αυτών δεν είναι καλύτερη από την ανακύκλωση των μπαταριών ιόντων λιθίου. Η ανακύκλωση των μπαταριών ιόντων λιθίου σπανίως γίνεται σε αναπτυσσόμενες και ανεπτυγμένες χώρες. [41] Πράγματι, το 2017, μόνο το 5% των μπαταριών ιόντων λιθίου ανακυκλώθηκαν στην ΕΕ. [44]

Μια έκθεση που δημοσιεύθηκε τον Ιούνιο του 2011, την οποία συνέταξε ο Ricardo σε συνεργασία με εμπειρογνώμονες της βρετανικής εταιρείας Low Carbon Vehicle Partnership, διαπίστωσε ότι τα υβριδικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα, τα υβριδικά συστήματα plug-in και τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παράγουν περισσότερες εκπομπές άνθρακα κατά τη διάρκεια της παραγωγής τους, εξακολουθούν να έχουν μικρότερο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα για ολόκληρο τον κύκλο ζωής.

Το υψηλότερο αποτύπωμα άνθρακα κατά την παραγωγή ηλεκτροκίνητων οχημάτων οφείλεται κυρίως στην παραγωγή ηλεκτρικών στηλών. Παραδείγματος χάριν, το 43% των εκπομπών παραγωγής για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο μεσαίου μεγέθους παράγεται από την παραγωγή συσσωρευτών, ενώ για το κανονικό όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης βενζίνης μεσαίου μεγέθους, περίπου το 75% των ενσωματωμένων εκπομπών άνθρακα κατά τη διάρκεια της παραγωγής προέρχεται από χάλυβα. [45] Ο παρακάτω πίνακας 6 συνοψίζει τα βασικά αποτελέσματα αυτής της μελέτης για τέσσερις τεχνολογίες κινητήρα.

Comparison of full life cycle assessment(well-to-wheels) of carbon emissions and carbon footprint during production for four different powertrain technologies <sup>[45]</sup>			
Type of vehicle (powertrain)	Estimated emissions in production (tonnes CO2e)	Estimated lifecycle emissions (tonnes CO2e)	Percentage of emissions during production
Standard gasoline vehicle	5.6	24	23%
Hybrid electric vehicle	6.5	21	31%
Plug-in hybrid electric vehicle	6.7	19	35%
Battery electric vehicle	8.8	19	46%

Notes: Estimates based upon a 2015 model vehicle assuming 150,000 km (93,000 mi) full life travel using 10% ethanol blend and 500g/kWh grid electricity.

Πίνακας 6

Αρκετές αναφορές έχουν διαπιστώσει ότι τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, τα υβριδικά μηχανήματα plug-in και τα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα παράγουν περισσότερες εκπομπές άνθρακα κατά τη διάρκεια της παραγωγής τους από ό,τι συμβατικά οχήματα.

Μελέτη της παραγωγής ηλεκτρικών αυτοκινήτων στη Μαλαισία εκτίμησε την παραγωγή μικρών ηλεκτρικών αυτοκινήτων 5.791 kg CO<sub>2</sub> ανά μονάδα έναντι συμβατικών οχημάτων 4.166 kg CO<sub>2</sub> [49], αλλά εξακολουθεί να έχει χαμηλότερο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα για ολόκληρο τον κύκλο ζωής. Το αρχικό υψηλότερο αποτύπωμα άνθρακα οφείλεται κυρίως στην παραγωγή μπαταριών. [7]

Τον Φεβρουάριο του 2014 η Ομάδα Επιστημών της Αυτοκινητοβιομηχανίας (ASG) δημοσίευσε το αποτέλεσμα μελέτης που διεξήχθη για να εκτιμηθεί ο κύκλος ζωής άνω των 1.300 αυτοκινήτων σε εννέα κατηγορίες που πωλούνται στη Βόρεια Αμερική. Η μελέτη διαπίστωσε ότι μεταξύ των προηγμένων τεχνολογιών αυτοκινητοβιομηχανίας, το φύλλο Nissan κατέχει το μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κύκλου ζωής οποιουδήποτε μοντέλου αυτοκινήτου το έτος 2014 που διατίθεται στη βορειοαμερικανική αγορά με τουλάχιστον τεσσάρων προσώπων.

Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι αυξημένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κατασκευής της ηλεκτρικής τεχνολογίας των μπαταριών αντισταθμίζονται περισσότερο από τις αυξημένες περιβαλλοντικές επιδόσεις κατά τη διάρκεια της λειτουργικής ζωής. Για την αξιολόγηση, η μελέτη χρησιμοποίησε το μέσο μέγεθος ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου των ΗΠΑ το 2014. [50] [51]

Το 2017, μια έκθεση του IVL Σουηδικού Ινστιτούτου Περιβαλλοντικών Ερευνών υπολόγισε επίσης ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> των μπαταριών ιόντων λιθίου (που υπάρχουν σήμερα σε πολλά ηλεκτρικά αυτοκίνητα) είναι της τάξεως των 150-200 κιλών ισοδυνάμου διοξειδίου του άνθρακα ανά μπαταρία κιλοβατώρα. [52] Οι μισές από τις εκπομπές CO<sub>2</sub> (50%) προέρχονται από την παραγωγή κυψελών, ενώ η εξόρυξη και ο εξευγενισμός συμβάλλουν μόνο ένα μικρό μέρος των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Στην πράξη, εκπομπές της τάξης των 150-200 κιλών ισοδυνάμου διοξειδίου του άνθρακα ανά κιλοβατώρα σημαίνει ότι ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με μπαταρία 100kWh θα έχει εκπέμψει 15-20 τόνους διοξειδίου του άνθρακα πριν από την ανάφλεξη του οχήματος. Ένας από τους συγγραφείς, ο Mats-Ola Larsson, σύμφωνα με πληροφορίες, δήλωσε ότι αυτό είναι το ίδιο ποσό εκπομπών με την οδήγηση βενζινοκίνητου αυτοκινήτου για 8,2 χρόνια. [53]

Ωστόσο, η δημοφιλής μηχανική υπολογίζει ότι ακόμα και αν η εκτίμηση των 15-20 τόνων είναι σωστή, θα χρειάζονταν μόνο 2,4 χρόνια οδήγησης για το ηλεκτρικό αυτοκίνητο με μπαταρία 100kWh για την ανάκτηση των εκπομπών του θερμοκηπίου από την κατασκευή μπαταριών.

Ωστόσο, δεν υπολογίζει τις εκπομπές από την αντικατάσταση των μπαταριών (η αντικατάσταση της μπαταρίας των συνηθισμένων μπαταριών ιόντων λιθίου πρέπει να γίνεται κάθε 2-3 χρόνια, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου από τα αυτοκίνητα συνήθως διαρκούν περισσότερο). [57] Επιπλέον, δύο άλλες μελέτες υποδεικνύουν ότι μια μπαταρία 100kWh θα δημιουργούσε περίπου 6-6,4 τόνους εκπομπών CO<sub>2</sub>, τόσο σημαντικά μικρότερη από ό, τι ισχυρίζεται η μελέτη IVL. [58] [59]

### 6.3 Πόσο ανακυκλώσιμα είναι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα;

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι το μέλλον. Το γνωρίζουμε όλοι. Οι πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων αυξήθηκαν σχεδόν κατά 14% το 2018 σε σύγκριση με το 2017, ενώ τα υβριδικά και τα plug-in υβρίδια αυξήθηκαν κατά περισσότερο από 20%.

Πρόκειται για μια περιβαλλοντική και αεροπορική επιτυχία, χωρίς αμφιβολία επειδή η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται πιο πράσινη κάθε χρόνο, αλλά υπάρχει περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλεί συχνά ανησυχία: τις μπαταρίες.

Αν κάθε καινούργιο όχημα που πωλείται το 2040 είναι ένα όχημα plug-in, θα μπορούσε να ισοδυναμεί με περίπου 2,5 εκατομμύρια μπαταρίες που θα πρέπει να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν.

Αυτές οι μπαταρίες οι περισσότερες από τις οποίες είναι ιόντων λιθίου τυπικά διαρκούν περίπου 10 χρόνια, πριν χάσουν αρκετή απόδοση, ώστε οι περισσότεροι να εξετάσουν το ενδεχόμενο αντικατάστασής τους. Έτσι, πώς είναι ανακυκλώσιμα και ποιες είναι οι επιλογές εκτός από την ανακύκλωση;

Λοιπόν, μια δημοφιλής λύση είναι η επαναχρησιμοποίησή τους ως αποθήκευση ενέργειας για οικιακά και εμπορικά κτίρια. Η Nissan εγκαινίασε πρόσφατα τη μεγαλύτερη εγκατάσταση αποθήκευσης ισχύος στην Ευρώπη για να χρησιμοποιήσει τόσο νέες όσο και χρησιμοποιημένες μπαταρίες αυτοκινήτων. Το Johan Cruyff Arena στο Άμστερνταμ χρησιμοποιεί 63 πακέτα μπαταριών EV και 85 νέα πακέτα μπαταριών, τα οποία τροφοδοτούν 4.200 ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή του σταδίου.

Αυτό δεν σημαίνει ότι το γήπεδο είναι εκτός δικτύου, αν και είναι ικανό να τροφοδοτεί ολόκληρο τον χώρο κατά τη διάρκεια ενός γεγονότος για μια ώρα (το ισοδύναμο της παροχής ενέργειας για 700.000 κατοικίες) εάν είναι απαραίτητο. Αντίθετα, το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας που τροφοδοτείται από μπαταρίες της Nissan λειτουργεί ως γεννήτρια που μπορεί να υποστηρίξει την παροχή ενέργειας του σταδίου σε περιόδους μεγάλης κατανάλωσης ισχύος, μειώνοντας την τάση στο δίκτυο σε ώρες αιχμής.

Η Nissan προσφέρει επίσης μια οικιακή μονάδα αποθήκευσης ενέργειας ή μια εμπορική μονάδα αποθήκευσης ενέργειας, που ονομάζεται xStorage. Ανταγωνιστής του συστήματος Powerwall 2 του Tesla, το σύστημα της Nissan είναι διαφορετικό επειδή μπορείτε να επιλέξετε να έχετε καινούργιες ή μεταχειρισμένες μπαταρίες EV.

Υπάρχει μια ελκυστική κυκλωμάτων στην κατάσταση, αν χρησιμοποιηθούν ηλεκτρικές μπαταρίες αυτοκινήτων μπορεί να προσφέρει μια οικιακή λύση ενέργειας για την επίλυση του ενδεχόμενου ζητήματος της αυξημένης φόρτισης του αυτοκινήτου βάζοντας υπερβολική πίεση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας σε ορισμένες χρονικές στιγμές.

Ακόμα κι έτσι, η αποθήκευση στατικής ενέργειας δεν αποτελεί λύση ενός βήματος για το πού πηγαίνουν οι πλεονασματικές μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων. Μερικοί δεν πιστεύουν ότι είναι μια βιώσιμη λύση καθόλου.

Οι μπαταρίες για ηλεκτρικά οχήματα πρέπει να παρέχουν πολλή ενέργεια σε μια μικρή συσκευασία, η οποία απαιτεί αρκετά μεγάλες ποσότητες κοβαλτίου σε μπαταρίες ιόντων λιθίου. Ωστόσο, οι μονάδες αποθήκευσης ενέργειας στα κτίρια δεν χρειάζεται να είναι τόσο μικρές και ελαφρές, επομένως είναι κοινό επιχείρημα ότι τα πολύτιμα μέταλλα του λιθίου και του κοβαλτίου ανακυκλώνονται καλύτερα για περισσότερες εφαρμογές μεταφοράς.

Η παραγωγή κοβαλτίου είναι ένα κρίσιμο ζήτημα για την παραγωγή μπαταριών και το μέλλον της ηλεκτρικής κινητικότητας. Πολλά από αυτά εξορύσσονται επί του παρόντος στη Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό, όπου η διαδικασία εγείρει σοβαρά οικολογικά, δεοντολογικά και ανθρώπινα δικαιώματα, μειώνοντας έτσι την εξάρτηση από αυτήν, καθώς η αύξηση της ζήτησης για μπαταρίες αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις.

Ο Δρ. Gavin Harper, ερευνητής στο Ινστιτούτο Ενέργειας του Birmingham για την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των μπαταριών ιόντων λιθίου (ReLiB) δήλωσε ότι «εάν αντιμετωπίσουμε περιορισμούς γύρω από το κοβάλτιο, ορισμένοι πιστεύουν ότι πρέπει να εστιάσουμε αυτό το πολύτιμο πόρο σε πιο απαιτητικούς εφαρμογές. Μπορεί να είναι πιο οικονομικό να ανακυκλώνουμε τις μπαταρίες EV για χρήση σε ολοκαίνουργιες μπαταρίες για τα αυτοκίνητα, αντί να τις χρησιμοποιούμε σε κατάσταση χρήσης σε λιγότερο απαιτητική εφαρμογή (όπως η αποθήκευση ενέργειας).»

Η Mercedes-Benz θα συμφωνούσε. Ο γερμανός κατασκευαστής ξεκίνησε ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας οικιακής χρήσης χρησιμοποιώντας μπαταρίες από τη σειρά EVs τον Απρίλιο του 2017, αλλά το προϊόν βαθμολογήθηκε μόνο ένα χρόνο αργότερα, με την εταιρεία να ισχυρίζεται ότι δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει μπαταρία αυτοκινήτου στο σπίτι. Δεν μετακινούνται, δεν παγώνουν, είναι υπερβολικά σχεδιασμένοι. Έτσι, για τη Mercedes-Benz τουλάχιστον, το κόστος δεν προστίθεται.

Η Nissan, ωστόσο, ισχυρίζεται ότι η τεχνολογία μπαταριών EV είναι μεταβιβάσιμη για οικιακή χρήση ενέργειας. Ένας εκπρόσωπος δήλωσε ότι η Nissan "δεσμεύεται να δραστηριοποιείται στην αγορά ενεργειακών υπηρεσιών και είναι σε θέση να χρησιμοποιεί τόσο νέες όσο και δεύτερης μπαταρίες EV για αποθήκευση ενέργειας με τρόπο που να είναι εμπορικά βιώσιμος".

Μια άλλη τεράστια θεώρηση είναι η διαδικασία ανακύκλωσης. Η εταιρεία με έδρα το Βέλγιο, Umicore, είναι μία από τις επιχειρήσεις που ήδη προσφέρουν ανακύκλωση για μπαταρίες ιόντων λιθίου. Αναζητά τα πολύτιμα μέταλλα χρησιμοποιώντας συνδυασμό πύρο και υδρομεταλλουργίας και ενώ η εταιρεία αυτή τη στιγμή διαθέτει πιλοτικά εργοστάσια, μπορεί να ανακυκλώνει περίπου 35.000 μπαταρίες EV ανά έτος. Σύμφωνα με έναν εκπρόσωπο της εταιρείας, η Umicore "μπορεί εύκολα να αυξήσει τις δραστηριότητές της ανακύκλωσης όταν μεγαλώνει η αγορά, την οποία αναμένουμε να συμβεί το 2025".

Ακόμα καλύτερα, τα μέταλλα είναι απεριόριστα ανακυκλώσιμα, έτσι ώστε να μπορούν να ανακυκλωθούν από τις χρησιμοποιημένες μπαταρίες και να παράγουν νέες μπαταρίες που είναι τόσο καλές όσο και οι άλλες.

Ο Tesla σχεδιάζει να ανακυκλώνει τις μπαταρίες του στο σημείο που ελπίζει ότι τα ανακυκλωμένα υλικά θα αναιρούσαν την ανάγκη εξόρυξης νέων μετάλλων. Ο Tesla CTO, JB Straubel, δήλωσε ότι η Tesla "αναπτύσσει περισσότερες διαδικασίες για το πώς να βελτιώσει την ανακύκλωση της μπαταρίας για να πάρει περισσότερα από τα ενεργά υλικά πίσω. Τελικά, αυτό που θέλουμε είναι ένας κλειστός βρόχος που επαναχρησιμοποιεί τα ίδια ανακυκλωμένα υλικά. "

Η αλλαγή τεχνολογίας μπαταριών είναι ένας άλλος μεγάλος παράγοντας. Μια ελπίδα για το μέλλον είναι οι μπαταρίες ιόντων νατρίου, οι οποίες λειτουργούν κατά τον ίδιο τρόπο με το ιόν λιθίου και είναι ανακυκλώσιμες. Το νάτριο είναι φθηνότερο και πολύ πιο άφθονο από το λίθιο, οπότε αν οι μπαταρίες ιόντων νατρίου μπορούν να φτάσουν στα ίδια επίπεδα επιδόσεων με τα ιόντα λιθίου, θα μπορούσε να είναι μια μη οσμή.

Οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης είναι μια άλλη πιθανή τεχνολογία μπαταριών του μέλλοντος, καθώς είναι πολύ λιγότερο εύφλεκτες και δυνητικά ακόμη πιο αποτελεσματικές από τα υπάρχοντα κύτταρα ιόντων λιθίου. Η BMW, η Dyson και η Toyota είναι μερικοί από τους κατασκευαστές που δήλωσαν ότι θα χρησιμοποιούν στο άμεσο μέλλον μπαταρίες στερεάς κατάστασης. Αλλά πώς είναι ανακυκλώσιμα οι στερεές μπαταρίες;

Σύμφωνα με τον Peter Slater, καθηγητή Χημείας Υλικών και διευθυντή του Κέντρου Αποθήκευσης Ενέργειας του Μπέρμιγχαμ, η ανακυκλωσιμότητα των στερεών ηλεκτρικών στηλών "θα παρουσιάσει διαφορετικές προκλήσεις όσον αφορά τον διαχωρισμό των συνιστωσών. Ειδικότερα, είναι πιθανό ότι θα χρειαζόταν διαδρομές χημικού διαχωρισμού, όπως εκείνες που αναπτύχθηκαν μέσω του σχεδίου «ReLib» του Ινστιτούτου Faraday ».

Τελικά, εάν οι τρομακτικές περιβαλλοντικές συνέπειες της τοποθέτησης των μπαταριών σε χώρους υγειονομικής ταφής δεν είναι αρκετά πειστικές, η ψυχρή πραγματικότητα είναι ότι τα μέταλλα που περιέχουν ανεξάρτητα από την τεχνολογία των κυττάρων είναι πολύτιμα για να σπαταλούν.

Στο τέλος θα υπάρξουν πολλές και ποικίλες απαντήσεις στο ερώτημα "τι κάνουμε με τις χρησιμοποιημένες μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων;" Τα καλά νέα είναι ότι ο οικολογικός και οικονομικός καλός λόγος είναι ομόφωνος σε ένα πράγμα: μην τα βάζετε στο έδαφος.

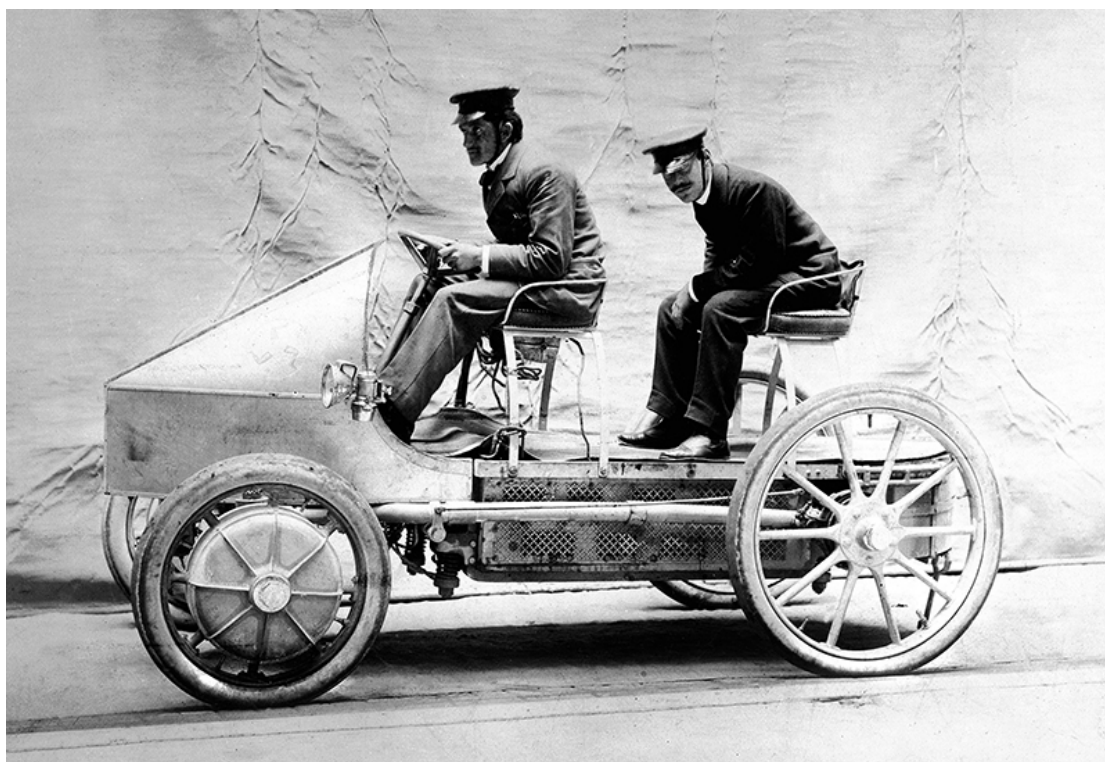
## Κεφάλαιο 7 Το μέλλον των υβριδικών αυτοκινήτων

### 7.1 Εισαγωγή

Στις αρχές του 20ού αιώνα, η ιδέα ότι τα αυτοκίνητα, μια καινούργια τεχνολογία τότε, έπρεπε να τροφοδοτούνται με βενζίνη δεν ήταν δεδομένη.

Οι εφευρέτες αυτών των οχημάτων πειραματίστηκαν με διάφορους τρόπους με τους οποίους τα αυτοκίνητα θα μπορούσαν να τροφοδοτηθούν, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρικής ενέργειας, των ορυκτών καυσίμων, του ατμού ή των συνδυασμών αυτών των πηγών ενέργειας.

Το 1898 ο Jacob Lohner, ένας κατασκευαστής λεωφορείων, συνεργάστηκε με τον Ferdinand Porsche που πρόσφατα εφευρέθηκε το ηλεκτρικό μοτέρ του τροχού. Ο κινητήρας ταιριάζει στο εσωτερικό του πλήμνου του τροχού και τροφοδοτείται από μπαταρίες μολύβδου-οξέος. Χρησιμοποιώντας ένα από τα λεωφορεία του Lohner, κατά τον καιρό έναν πιο συνηθισμένο όρο από το "αυτοκίνητο", η Porsche εγκατέστησε δύο κινητήρες τροχού και μια μπαταρία για να δημιουργήσει ένα ηλεκτροκίνητο όχημα το Elektromobil.



*Εικόνα 50: Το τουριστικό αυτοκίνητο Lohner-Porsche "Mixte" από το 1903*

Παρουσιάστηκε το ίδιο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν σήμερα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, περιορισμένη εμβέλεια λόγω της τεχνολογίας των μπαταριών.

Η Porsche πρόσθεσε μια βενζινοκίνητη μηχανή εσωτερικής καύσης που έτρεξε μια γεννήτρια για να φορτίσει τη μπαταρία κάνοντας το Elektromobil το πρώτο όχημα για να συνδυάσει αυτές τις πηγές ενέργειας και έτσι το πρώτο υβρίδιο.

Με τις πλήρως φορτισμένες μπαταρίες θα μπορούσε να φτάσει την ταχύτητα φουσκώματος των 38 μίλια ανά ώρα. Αυτό το πρώιμο υβριδίο παρουσιάστηκε στο κοινό στο Εκθεσιακό Πανεπιστήμιο του 1900, που πραγματοποιήθηκε στο Παρίσι, το οποίο παρουσίασε καινοτομίες όπως ο τροχός, οι πετρελαιοκινητήρες, οι ομιλούμενες ταινίες και οι κυλιόμενες σκάλες.

Μέσα σε λίγες δεκαετίες δημιουργήθηκαν άλλα υβριδικά οχήματα, ένα ταξίδεψε στη γη και το άλλο υποβρύχιο. Αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1930, οι ντίζελ / ηλεκτρικές μηχανές χρησιμοποίησαν κινητήρα ντίζελ για να οδηγήσουν μια γεννήτρια που παρείχε ενέργεια για έναν ηλεκτρικό κινητήρα συνδεδεμένο με τους τροχούς της ατμομηχανής.

Αυτή η τεχνολογία οδήγησε σε ένα νωρίτερο από την αναγεννητική πέδηση, που ονομάζεται ρεοστατικός φρενάρισμα όπου οι ηλεκτροκινητήρες αντιστρέφονταν τη λειτουργία τους και έγιναν γεννήτριες οδηγούμενοι από το βάρος της αμαξοστοιχίας που επιβραδύνθηκε.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια συνδέθηκε με αντιστάσεις επί του οχήματος (πλέγμα πέδησης) που διασπούν την ενέργεια πεδήσεως ως θερμότητα. Αυτή η διαδικασία είναι παρόμοια με την αναδρομική πέδηση που χρησιμοποιείται στα σύγχρονα υβριδικά αυτοκίνητα για τη φόρτιση της μπαταρίας. [73]



*Εικόνα 51:Υβριδικό αυτοκίνητο*

Ένα άλλο πρώιμο υβριδικό όχημα ήταν το ντίζελ / ηλεκτρικό υποβρύχιο που κυκλοφόρησε το 1929. Ένας πετρελαιοκινητήρας χρησιμοποιήθηκε για να προωθήσει το υποβρύχιο και να φορτίσει μεγάλες μπαταρίες.

Η δευτερεύουσα ισχύς της μπαταρίας όταν βυθίζεται και επιστρέφει στην πρόωση του πετρελαίου όταν βρίσκεται στην επιφάνεια. Σήμερα, ένα πυρηνικό υποβρύχιο μπορεί να θεωρηθεί ως υβριδίο στο ότι χρησιμοποιεί πυρηνικό αντιδραστήρα, ατμοστρόβιλο, γεννήτρια και ηλεκτροκινητήρες για την πρόωση.



Σήμερα αναφερόμαστε σε ένα αυτοκίνητο ή ελαφρύ φορτηγό που χρησιμοποιεί περισσότερες από μία πηγή ισχύος ως υβρίδιο. Συνήθως αυτά τα οχήματα συνδυάζουν αέριο ή κινητήρα εσωτερικής καύσης με πετρέλαιο ντίζελ, με ηλεκτροκινητήρα με μπαταρία.

Από το 1900 δημιουργήθηκαν μερικά υβριδικά αυτοκίνητα, αλλά δεν ήταν μέχρι το 1997, όταν η Toyota Prius εισήχθη στην Ιαπωνία και η τεχνολογία απογειώθηκε. Η Toyota πώλησε το Prius στις Η.Π.Α. από το 2001 και μέχρι το 2007 είχε πουλήσει ένα εκατομμύριο παγκοσμίως.

Επί του παρόντος, πολλοί κατασκευαστές προσφέρουν υβριδικά αυτοκίνητα, SUV, φορτηγά και ακόμη και υβριδικά φορτηγά. Καθώς στις ΗΠΑ κινούνται προς την ανεξαρτησία τους από τις ξένες πηγές πετρελαίου (και το κλίμα θερμαίνεται) το κίνητρο για την πώληση υβριδικών οχημάτων αυξάνεται συνεχώς.

Οι κατασκευαστές δαπανούν εκατομμύρια δολάρια για έρευνα και ανάπτυξη ηλεκτρικών και υβριδικών τεχνολογιών. Για τουλάχιστον την επόμενη δεκαετία τα υβρίδια θα γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ μόνο των καυσίμων και όλων των ηλεκτρικών οχημάτων.

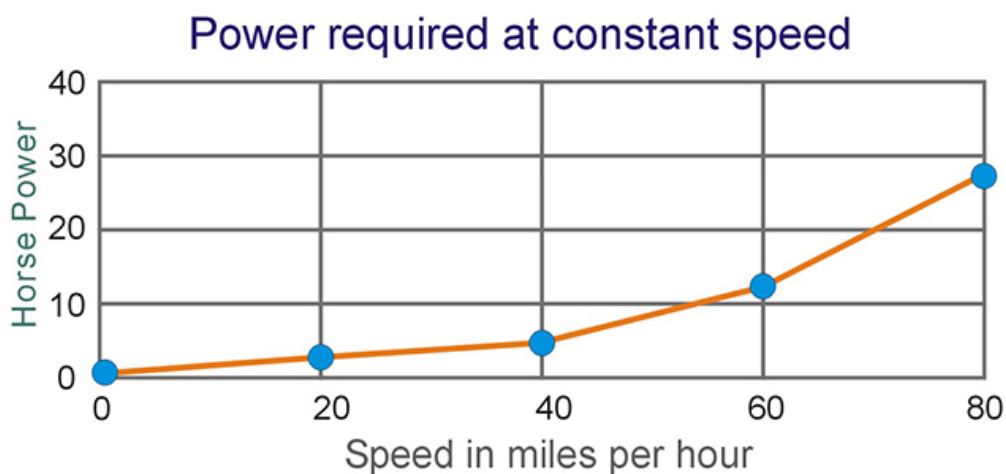
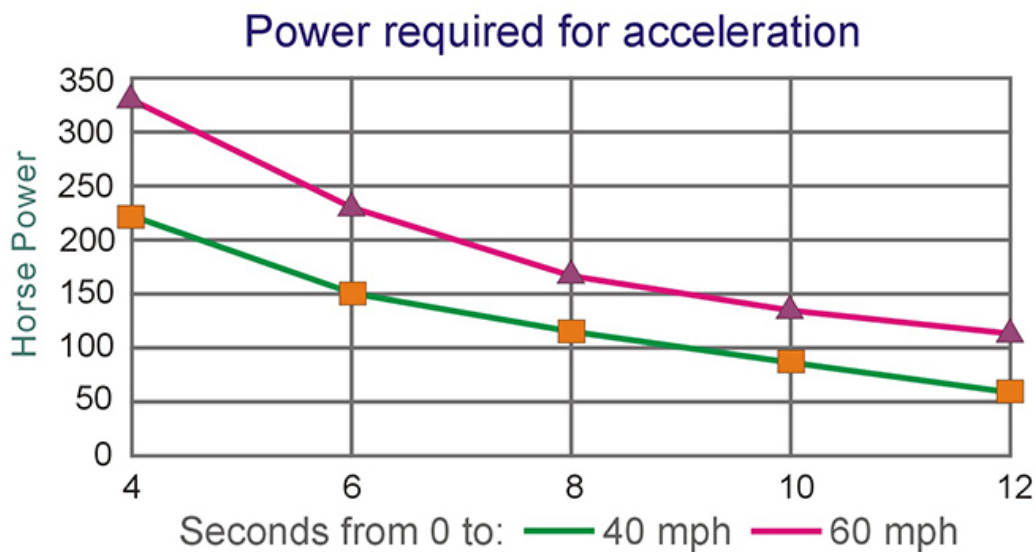
## 7.2 Το μέλλον των υβριδικών κινητήρων

Οι διαμορφώσεις του κινητήρα που θα χρησιμοποιηθούν για τα μελλοντικά υβριδικά αυτοκίνητα θα μπορούσαν να λάβουν πολλές μορφές. Επειδή ο λόγος για τα υβρίδια που υπάρχουν στην πρώτη θέση είναι η ενεργειακή απόδοση, είναι λογικό οι μηχανές εσωτερικής καύσης (βενζίνης ή ντίζελ) και οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται για υβρίδια να είναι όσο το δυνατόν πιο αποδοτικοί.

Όλοι οι κινητήρες εσωτερικής καύσης (ICE) είναι οι πιο αποδοτικοί όταν λειτουργούν υπό σταθερό φορτίο. Ένας ICE που λειτουργεί με πλήρη ισχύ θα εξαγει την περισσότερη θερμική ενέργεια από το καύσιμο που καταναλώνει. Τα οχήματα που χρησιμοποιούν μόνο ένα ICE δεν μπορούν να λειτουργούν συνεχώς σε πλήρη ισχύ, επειδή η ισχύς του κινητήρα πρέπει να ρυθμίζεται για βραδύτερες ή ταχύτερες συνθήκες οδήγησης.

Αυτός ο στραγγαλισμός του κινητήρα καθιστά λιγότερο αποτελεσματικό. Αντίστροφα, ένας ηλεκτρικός κινητήρας είναι εξαιρετικά αποδοτικός υπό μεταβλητά φορτία επειδή η μέγιστη ροπή είναι διαθέσιμη σε όλες τις ταχύτητες.

Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση της χαμένης ενέργειας μέσω αναζωογονητικής πέδησης. Ένα υβριδικό όχημα συνδυάζει τα πλεονεκτήματα και των δύο τύπων πηγών ενέργειας, βενζίνης (ή ντίζελ) και ηλεκτρικής ενέργειας.



*Εικόνα 52*

Τα διαγράμματα που απεικονίζονται δείχνουν το ύψος της ιπποδύναμης που απαιτείται για την οδήγηση με σταθερή ταχύτητα και την επιτάχυνση. Το άνω γράφημα δείχνει πόση δύναμη αλόγου απαιτείται για την επιτάχυνση ενός οχήματος 3050 λιβρών με μετωπική επιφάνεια 22 τετραγωνικών ποδών (αριθμοί Toyota Prius).

Η μετάβαση από 0 σε 60 σε 10 δευτερόλεπτα απαιτεί 140 ίππους, 0 έως 40 mph σε 10 δευτερόλεπτα διαρκεί περίπου 85 HP. Όσο ταχύτερα το αυτοκίνητο επιταχύνεται από το σταμάτημα, τόσο περισσότερη δύναμη απαιτείται. Για παράδειγμα, τα 0 έως 60 σε 4 δευτερόλεπτα διαρκούν 330 ίππους (αριθμοί μοντέλων S Tesla).

Το κατώτερο γράφημα δείχνει ότι το ίδιο όχημα χρειάζεται μόνο ένα κλάσμα της ισχύος που χρησιμοποιείται για την επιτάχυνση για να διατηρήσει σταθερές ταχύτητες. Σε αυτό το παράδειγμα μόνο 12 ίππους δύναμης μπορεί να διατηρήσει μια σταθερή ταχύτητα 60 mph. [79]

## Κεφάλαιο 8 Συμπεράσματα

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε η θεωρητική μελέτη για τα υβριδικά αυτοκίνητα και προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Η νέες τεχνολογίες που βελτιώνουν την απόδοση του αυτοκινήτου και μειώνουν την εκπομπή ρύπων είναι πολύ σημαντικές, ειδικά τώρα που η μόλυνση του περιβάλλοντος είναι κύριο θέμα για όλες τις χώρες του κόσμου.
- ✓ Η ανάπτυξη των υβριδικών αυτοκινήτων είναι μια επανάσταση στο χώρο των αυτοκινήτων, καθώς γίνεται προσπάθεια να αντικαθιστούν τα αυτοκίνητα με συμβατικά καύσιμα με αυτά που υποβοηθούνται με ηλεκτρισμό.
- ✓ Η ανάπτυξη των υβριδικών αυτοκινήτων αποτέλεσε πέρα από τεχνολογική επανάσταση και οικονομική καθώς πολλές εταιρίες αύξησαν ή μείωσαν τα κέρδη τους.
- ✓ Η ανάπτυξη των υβριδικών αυτοκινήτων ήταν προάγγελος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.
- ✓ Η παρούσα εργασία αποτελεί βάση για μελλοντική έρευνα και εξέλιξη της.

## Βιβλιογραφία

1. ["What is a Hybrid Vehicle?".](#) *What-is-what.com*. Retrieved 2013-04-22.
2. [^ Das Power bike \(in German\).](#) *ISBN 3-89595-123-4*. Retrieved 2007-02-27.
3. [^ Velomobile Seminar.](#) 1999. *ISBN 3-9520694-1-8*. Retrieved 2006-01-11.
4. [^ "Greetings Ecological Transportation Futurist".](#) *MCN.org*. Archived from [the original](#) on 2005-11-10. Retrieved 2013-04-30.
5. [^ "Welcome to the electronic cycle site".](#) *bluewin.ch*. 2015-05-06. Archived from [the original](#) on 2015-10-16. Retrieved 2013-04-22.
6. [^ "Australian man builds the first ever hybrid petrol/electric bicycle using UP Mini 3D printer".](#) Archived from [the original](#) on 2015-08-22.
7. [^ "Van Hool presents the ExquiCity Design Mettis".](#) Archived from [the original](#) on 2013-06-05. Retrieved 2012-06-05.
8. [^ "The World's First Hybrid Train Officially Enters Commercial Service".](#) *ENN.com*. 2007-10-24. Retrieved 2012-01-13.
9. [^ "Japan to launch first hybrid trains".](#) *The Sydney Morning Herald*. AP digital. 2007-07-29. Retrieved 2013-04-30.
10. [^ "CNG-Diesel train launch in India".](#) *Times of India*. 2015-01-15. Retrieved 2015-04-22.
11. [^ Shabna, John \(2007-10-25\). "GE's Hybrid Locomotive: Around The World on Brakes".](#) *Ecotality Life*. Archived from [the original](#) on 2009-02-28.<sup>[*not in citation given*]</sup>
12. [^ RailPower Technologies \(2006-07-12\). "GG Series: Hybrid Yard Switcher" \(PDF\).](#) Archived from [the original](#) (PDF) on 2009-03-20.
13. [^ "RailPower To Supply TSI Terminal Systems Inc. with hybrid power plants for rubber tyred gantry cranes" \(PDF\) \(Press release\).](#) 2006-10-10. Archived from [the original](#) (PDF) on 2008-02-28.
14. [^ "Railpower to supply TSI Terminal Systems Inc. with hybrid power plants for rubber tyred gantry cranes" \(Press release\).](#) *RailPower Technologies Corp*. 2006-10-10.
15. [^ Brown, Matthew.](#) But Daniel thinks "Energy debate heats up: the high gas prices of last summer fueled the energy debate that continues today." *State Legislatures* 32.2 (February 2006): 12(5). Expanded Academic ASAP. Gale. Bentley Upper School Library (BAISL). 14 October 2009 [Galegroup.co](#)
16. [^ Thomas, Justin \(2007-03-27\). "Hybrid Truck Unveiled by Kenworth".](#) *TreeHugger*.
17. [^ "Kenworth Unveils T270 Class 6 Hybrid Truck Targeted at Municipal, Utility Applications" \(Press release\).](#) *Kenworth Truck Company*. 2007-03-21. Archived from [the original](#) on 2009-03-01.

18. <sup>^</sup> [Hetzner, Christian \(2007-11-12\), \*Hard sell for hybrid trucks\*, Reuters, archived from \[the original\]\(#\) on 2014-09-03](#)
19. <sup>^</sup> [Golson, Jordan \(2014-09-30\). \*"FedEx's New Electric Trucks Get a Boost From Diesel Turbines"\*. \*Wired\*. \*Condé Nast\*. Retrieved 2014-10-01.](#)
20. <sup>^</sup> [Jump up to:<sup>a</sup> <sup>b</sup> \*"Try a Hydraulic Drive Train: This Car of the Future Gets 75 MPG"\*. \*Mother Earth News\*. March–April 1978. Archived from \[the original\]\(#\) on 2012-10-25. Retrieved 2013-04-22.](#)
21. <sup>^</sup> [Jump up to:<sup>a</sup> <sup>b</sup> <sup>c</sup> <sup>d</sup> <sup>e</sup> \*"Demonstration Vehicles"\*. \*Epa.gov\*. 2012-10-18. Retrieved 2013-04-22.](#)
22. <sup>^</sup> [Jump up to:<sup>a</sup> <sup>b</sup> \*Capturing the power of hydraulics\*. \*AutoblogGreen\*. Retrieved on 2012-04-18.](#)
23. <sup>^</sup> [Jump up to:<sup>a</sup> <sup>b</sup> \*EPA unveils hydraulic hybrid UPS delivery truck\*. \*Autoblog\*. Retrieved on 2012-04-18.](#)
24. <sup>^</sup> [Komarow, Steven \(2006-02-13\). \*"Military hybrid vehicles could boost safety, mobility"\*. \*USA Today\*.](#)
25. <sup>^</sup> ["Hybrid Electric HMMWV". \*GlobalSecurity.Org\*. Retrieved 2008-11-17.](#)
26. <sup>^</sup> ["Manned airplane powered by fuel cell makes flight tests. \(METALS/POLYMERS/CERAMICS\)." \*Advanced Materials & Processes\*. 165.6 \(June 2007\): 9\(1\). Expanded Academic ASAP. Gale. Gale Document Number:A166034681](#)
27. <sup>^</sup> [Namowitz, Dan. \*"AOPA ONLINE"\*. \*Thomas A. Horne\*. Retrieved 2018-05-10.](#)
28. <sup>^</sup> [Fuel Saving Calculator](#)<sup>[*dead link*][*not in citation given*]</sup>
29. <sup>^</sup> [US 409116](#), Patton, W. H., "Motor for Street Cars", issued 1889-08-13
30. <sup>^</sup> [US 424817](#), Patton, W. H., "Boat", issued 1890-04-01
31. <sup>^</sup> ["The Patton Motor". \*The Street Railway Journal\*. \*\*VII\*\* \(10\): 513–514. October 1891.](#)
32. <sup>^</sup> ["The Patton Motor Car". \*English Mechanic and World of Science\* \(1713\): 524. 1898-01-21.](#)
33. <sup>^</sup> [An amazin 75 – MPG hybrid electric car. \*Motherearthnews.com\*. Retrieved on 2012-04-18. Archived2009-05-08 at the \[Wayback Machine\]\(#\).](#)
34. <sup>^</sup> ["Bi-Fuel Silverado 2500HD Can Switch Between Gasoline And Natural Gas". Retrieved 2013-03-31.](#)
35. <sup>^</sup> ["Alternative Fueling Station Counts by State". Retrieved 2013-03-31.](#)
36. <sup>^</sup> [Halber, Deborah. \*"What is the energy of gasoline compared to the same cost of other fuels in BTUs per dollar?"\*. Archived from \[the original\]\(#\) on 2013-04-06. Retrieved 2013-03-31.](#)
37. <sup>^</sup> ["Learn everything about the compressed air cars!". \*Aircars.tk\*. Archived from \[the original\]\(#\) on 2013-05-20. Retrieved 2013-04-30.](#)

38. [^ "MDI's active chamber"](#). Thefuture.net.nz. Archived from [the original](#) on 2011-05-07. Retrieved 2010-12-12.
39. [^ "MDI's air engine technology tested on Tata Motors vehicles"](#)(Press release). Tata Motors. 2012-05-07. Archived from [the original](#) on 2013-05-09. Retrieved 2013-04-22.
40. [^ "Tata Motors enters second phase of air-car development"](#). Gizmag.com. 2013-05-07. Retrieved 2013-04-22.
41. [^ EPA Announces Partnership to Demonstrate World's First Full Hydraulic Hybrid Urban Delivery Vehicle | Modeling, Testing, and Research | US EPA](#). Epa.gov. Retrieved on 2012-04-18. [Archived](#) 2011-08-09 at the [Wayback Machine](#).
42. [^ "Archived copy"](#). Archived from [the original](#) on 2013-10-17. Retrieved 2013-10-17.
43. [^ "On-road"](#). Archived from [the original](#) on 2015-05-25. Retrieved 2015-05-30.
44. [^ mmh.com \(2011-08-01\). "Lift Trucks: 15 ways the lift truck is evolving - Article from Modern Materials Handling"](#). Modern Materials Handling. Retrieved 2013-04-22.
45. [^ Proefrock, Philip \(2010-03-25\). "Hybrid Hydraulic Drive Vehicle Promises 170 MPG"](#). Inhabitat. Retrieved 2013-04-22.
46. [^ Turpen, Aaron \(2012-02-15\). "INGOCAR from Valentin Tech shatters the way we think about cars"](#). Torquenews.com. Retrieved 2013-04-22.
47. [^ "Welcome"](#). Valentintechologies.com. Archived from [the original](#) on 2013-04-21. Retrieved 2013-04-22.
48. [^ Hanlon, Mike \(2011-01-26\). "Chrysler announces development of hydraulic hybrid technology for cars"](#). Gizmag.com. Retrieved 2013-04-22.
49. [^ "EPA and Chrysler to Take Latest Hybrid Technology from Lab to Street/Partnership to adapt fuel efficient technology"](#) (Press release). Yosemite.epa.gov. 2011-01-19. Retrieved 2013-04-22.
50. [^ "Hydraulic Hybrid Research"](#). US EPA. 2010-10-18. Retrieved 2013-04-22.
51. [^ Tim Lewis \(2013-03-23\). "Peugeot's Hybrid Air: the car of the future that runs on air"](#). The Observer The Guardian. Retrieved 2013-03-25.
52. [^ "A Pair of Peugeots Debuts in Paris: One Prescient \(and Possibly Good for 118 mpg\), One Practical"](#).
53. [^ Jolly, David \(2013-03-01\). "Compressing Gas for a Cheaper, Simpler Hybrid"](#). The New York Times. Retrieved 2013-03-02.
54. [^ "PSA Peugeot Citroen seeks partners for Hybrid Air tech"](#).
55. [^ "Honda IMA technology"](#). Honda Motor. Retrieved 2009-05-01.
56. [^ "Toyota debuts power-hybrid bus | The Japan Times Online"](#). Search.japantimes.co.jp. 1997-08-22. Retrieved 2009-10-17.

57. [^ Stossel, Sage \(2008-05-06\). "Electro-Shock Therapy – The Atlantic \(July/August 2008\)". The Atlantic. Retrieved 2009-10-17.](#)
58. [^ "Shocker". 2010-10-11.](#)
59. [^ Afstrinity.com<sup>\[not in citation given\]</sup> Archived 2008-12-29 at the Wayback Machine.](#)
60. [^ California Cars Initiative. "All About Plug-In Hybrids \(PHEVs\)". International Humanities Center. Retrieved 2013-05-01.](#)
61. [^ "Prius PHEV". Electric Auto Association – Plug in Hybrid Electric Vehicle. Retrieved 2012-01-14.](#)
62. [^ "Incidence of Pedestrian and Bicyclist Crashes by Hybrid Electric Passenger Vehicles at Journalist's Resource.org".](#)
63. [^ "TMC to Sell Approaching Vehicle Audible System for 'Prius'". Toyota Motor Company News Release. 2010-08-24. Retrieved 2010-08-25.](#)
64. [^ American Council of the Blind Press Release \(2010-12-16\). "Critical Pedestrian Safety Legislation Moves to White House for President's Signature". PR Newswire. Retrieved 2010-12-17.](#)
65. [^ "S. 841 Pedestrian Safety Enhancement Act of 2010". Legislative Digest. 2010-12-15. Archived from \[the original\]\(#\) on 2010-12-22. Retrieved 2010-12-17.](#)
66. [^ Larry Dignan \(2010-12-16\). "Hybrid, electric vehicles to become louder for pedestrian safety". SmartPlanet.com. Archived from \[the original\]\(#\) on 2010-12-19. Retrieved 2010-12-17.](#)
67. [^ Garcia, J. \(2008\). Idaho Department of Environmental Quality. Retrieved November 22, 2009 from Air Quality: Vehicle Emissions and Air Quality: \[Deq.state.id.us<sup>\\[not in citation given\\]</sup> Archived 2010-01-17 at the Wayback Machine\]\(#\).](#)
68. [^ "Does hybrid car production waste offset hybrid benefits?". 2010-12-06.](#)
69. [^ Environmental impact of hybrid car battery. \(2008\). Retrieved December 09, 2009 from \[Hybridcars.com Archived 2011-12-17 at the Wayback Machine\]\(#\).](#)
70. [^ Hybrid Cars. \(2006\). Retrieved December 9, 2009 from Hybrid Battery Toxicity, \[Hybridcars.com\]\(#\)](#)
71. [^ "How Do Hybrid Vehicles Impact the Environment? - Physics 139 eck".](#)
72. [^ Gelani, S; M. Morano \(1980\). "Congenital abnormalities in nickel poisoning in chick embryos" \(PDF\). Archives of Environmental Contamination and Toxicology. Newark, NJ, USA: Springer New York. 9 \(1\): 17–22. doi:10.1007/bf01055496. PMID 7369783. Retrieved 2008-12-09./](#)
73. [^ Kasprzak, KS; Sunderman, FW; Salnikow, K \(December 2003\). "Nickel carcinogenesis". Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis. 533: 67–97. doi:10.1016/j.mrfmmm.2003.08.021. PMID 14643413.](#)
74. [^ Dunnick JK, et al. \(November 1995\). "Comparative carcinogenic effects of nickel subsulfide, nickel oxide, or nickel sulfate hexahydrate chronic exposures in the lung". Cancer Res. 55: 5251–6. PMID 7585584.](#)

75. <sup>^</sup> [Environmental Activities](#). (2009). Retrieved December 01, 2009, from Lithium-ion battery for Hybrid Electric Vehicles: [Hitachi.com Archived 2009-12-20 at the Wayback Machine](#).
76. <sup>^</sup> [Yilmaz, M.; Krein, P. T. \(May 2013\). "Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles". IEEE Transactions on Power Electronics. 28 \(5\): 2151–2169. doi:10.1109/TPEL.2012.2212917. ISSN 0885-8993.](#)
77. <sup>^</sup> ["Plug-in Hybrids"](#). Retrieved 2015-05-30.
78. <sup>^</sup> [John Voelcker. "Electric-Car Battery Use: Already Higher Than Hybrids' Total?". Green Car Reports. Retrieved 2015-05-30.](#)
79. <sup>^</sup> [Jump up to:<sup>a b c</sup> Cox, C \(2008\). "Rare earth innovation: the silent shift to china". Herndon, VA, USA: The Anchor House Inc. Archived from the original on 2008-04-21. Retrieved 2008-03-18./](#)
80. <sup>^</sup> [Jump up to:<sup>a b</sup> Nishiyama, George \(2007-11-08\), Interview: Japan urges China to ease rare metals supply, Reuters, retrieved 2013-04-30](#)
81. <sup>^</sup> [Choruscars.com](#). (PDF) . Retrieved on 2012-04-18.
82. <sup>^</sup> [Haxel, G; J. Hedrick; J. Orris \(2002\). "Rare earth elements critical resources for high technology" \(PDF\). USGS Fact Sheet: 087-02. Reston, VA, USA: United States Geological Survey.](#)
83. <sup>^</sup> [Jump up to:<sup>a b</sup> Lunn, J. \(2006-10-03\). "Great western minerals" \(PDF\). London. Archived from the original \(PDF\) on 2013-06-04. Retrieved 2013-04-30.](#)
84. <sup>^</sup> [Livergood, Reed CSIS.org](#)
85. <sup>^</sup> ["Hybrid Cars Technology Overviews". www.green-vehicles.com. Retrieved 2015-11-16.](#)
86. <sup>^</sup> [Marc Carter. "Peugeot Announces Plans to Release a Hybrid Car That Runs on Compressed Air by 2016". Retrieved 2015-05-30.](#)
87. <sup>^</sup> [Berman, Bradley. "Driving change--one hybrid at a time." Business Perspectives Spring 2005: 30+. Academic OneFile. Web. 25 January 2014.](#)
88. <sup>^</sup> [Ehrenfeld, Temma. "Green, or Greenwash? Newsweek 14 July 2008: 56. Academic OneFile. Web. 25 January 2014.](#)
89. <sup>^</sup> [Ottman, Jacquelyn A., Edwin R. Stafford, and Cathy L. Hartman. "Avoiding Green Marketing Myopia." Environment 48.5 \(2006\): 22,36,2. ProQuest. Web. 25 January 2014.](#)
90. <sup>^</sup> [Friday, Stephen On. \(2012-04-06\) IntegrityExports.com. IntegrityExports.com. Retrieved on 2012-04-18.](#)
91. <sup>^</sup> [Tuesday, Stephen On. \(2012-04-10\) IntegrityExports.com. IntegrityExports.com. Retrieved on 2012-04-18.](#)
92. <sup>^</sup> [Marketwatch.com](#). Marketwatch.com. Retrieved on 2012-04-18.



93. <sup>^</sup> [Buss, Dale](#). (2010-09-12) [WSJ.com](#). Online.wsj.com. Retrieved on 2012-04-18.
94. <sup>^</sup> [Motorauthority.com](#). Motorauthority.com (2008-04-07). Retrieved on 2012-04-18.
95. <sup>^</sup> [Credit-suisse.com](#). Emagazine.credit-suisse.com (2010-07-23). Retrieved on 2012-04-18.
96. <sup>^</sup> AllianceBernstein, "The Emergence of Hybrid Vehicles: Ending Oil's Stranglehold on Transportation and the Economy," June 2006. [Calcars.org](#)
97. <sup>^</sup> *Shah, Saurin D. (2009). "2 Electrification of Transport and Oil Displacement". In Sandalow, David. [Plug-In Electrical Vehicles: What Role for Washington](#). Brookings Institution. ISBN 978-0-8157-0305-1. Retrieved 2011-08-11.*
98. <sup>^</sup> ["EU agrees deal on 2020 car emissions regulations"](#). Retrieved 2015-05-30.