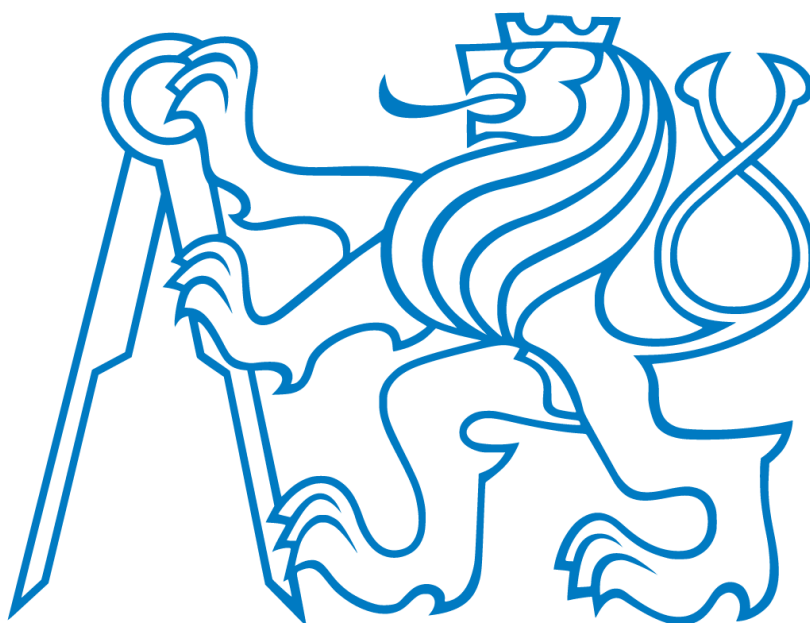


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV AUTOMOBILŮ, SPALOVACÍCH MOTORŮ A KOLEJOVÝCH VOZIDEL



VÝVOJ PARAMETRŮ VOZIDEL

EVOLUTION OF VEHICLE PARAMETERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE: Jan Gergel
VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová
AKADEMICKÝ ROK: 2020/2021
STUDIJNÍ PROGRAM: Teoretický základ strojího inženýrství

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Gergel** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **483991**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Vývoj parametrů vozidel

Název bakalářské práce anglicky:

Evolution of vehicle parameters

Pokyny pro vypracování:

- 1) Pokud to bude možné, vyjděte z dosud zpracovávané statistiky osobních vozidel z katalogu 'Automobil revue'; případně vyjděte z jakékoli jiné zpracovávané statistiky. Navrhněte vhodné údaje, které mohou dokumentovat vývoj automobilu. Svůj výběr údajů vysvětlete.
- 2) Doplněte stávající tabulku Vašich předchůdců, případně vytvořte novou statistickou tabulku.
- 3) U vozidel posledních 25 let dbejte na zahrnutí a statistické zdokumentování vozidel s hybridním a elektropohonem.
- 4) Údaje statisticky zpracujte, vynesete do grafů zobrazující trendy Vámi vybraných hodnot a okomentujte.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová, ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **14.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14.07.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**

doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vývoj parametrů vozidel vypracoval samostatně pod vedením doc. Dr. Ing. Gabriely Achtenové a za použití uvedené literatury a pramenů.

V Praze dne

.....

Jan Gergel

Abstrakt

Cílem této práce bylo nastínit problematiku vývoje vozidel pomocí vybraných parametrů, určit trendy, kterými se automobily ubírají. V teoretické části se zabývám historickým vývojem automobilu jako takového, poté spalovacího motoru a dále řeším různé typy hybridních a elektrických automobilů. Dvěma velkými tématy zde jsou budoucnost spalovacího motoru a budoucnost pohonu automobilu bez spalovacího motoru.

Ve statistické části potom přecházím k vlastní analýze vozidel. V této práci jsem se zabýval vozy jak se spalovacím motorem, tak vozy hybridními a plně elektrickými. K tomuto účelu byla vytvořena tabulka s dvěma listy obsahujícími 50 a 40 tisíc vozů a s nimi souvisejícími parametry. Z této tabulky jsou následně vyneseny grafické závislosti a tabulky. V závěru jsem shrnul nejpodstatnější myšlenky, které jsem si odnesl z vlastní analýzy o historickém vývoji, aktuální situaci a budoucnosti automobilů a jejich parametrů.

Klíčová slova

Historie, vývoj, spalovací motor, hybrid, elektromobil

Abstract

The purpose of this thesis was to outline the issue of vehicle development using selected parameters, to determine the trends in which cars are moving. In the theoretical part I deal with the historical development of the automobile as such, then the internal combustion engine, and then with different types of hybrid and electric vehicles. The two big themes here are the future of the internal combustion engine and the future of non-combustion engine car propulsion.

In the statistical section, I move on to the actual analysis of the vehicles. In this thesis I have looked at cars with an internal combustion engine as well as hybrid and fully electric cars. For this purpose, a two-sheet table was created containing 50 and 40 thousand cars and their associated parameters. Graphical visualizations and tables are then plotted from this table. In the conclusion, I summarise the most important ideas I have taken away from my own analysis about the historical development, the current situation and the future of cars and their parameters at the end of this thesis.

Keywords

History, development, internal combustion engine, hybrid, electric car

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Dr. Ing. Gabriele Achtenové za vedení mé práce, její přátelský přístup a ochotu při vedení mé práce.

Obsah

ÚVOD.....	8
1) Teoretická část	9
1.1) Historie automobilu	10
1.2) Historie spalovacího motoru v automobilech	13
1.2.1) Karburátor a vstřikování paliva	13
1.2.2) Svíčky	14
1.2.3) Přepřívání	14
1.2.4) Budoucnost spalovacího motoru v automobilech	15
1.2.5) Předkomora.....	16
1.2.6) FreeValve.....	17
1.2.7) Vodíkový spalovací motor	18
1.3) Pokročilé spalovací motory	19
1.3.1) SkyActiv-X.....	19
1.3.2) Dynamic Force Engine	20
1.3.3) VC-Turbo.....	20
1.3.4) LiquidPiston X-engine.....	21
1.4) Koncepte hybridních systémů pro automobily.....	23
1.4.1) MHEV.....	23
1.4.2) HEV	24
1.4.3) PHEV	25
1.5) Koncepte elektrických automobilů	25
1.5.1) BEV	25
1.5.2) FCEV.....	27
2) Statistická část.....	29
2.1) Úvod	30
2.2) Označení automobilu	31
2.3) Rozvržení automobilu.....	34
2.4) Převodovka.....	40
2.5) Motor	42
2.6) Velikost automobilu	55
2.7) Poměry	57
2.8) PHEV, HEV	63
2.9) Elektrický pohon.....	65
2.10) Spotřeba a dojezd.....	69

Závěr.....	72
Použité zdroje.....	74
Přílohy	79

ÚVOD

Parametry vozidel prošly za dlouhý vývoj automobilů sérií postupných vylepšování, ale i mnoha zásadními změnami, zapříčiněnými vnějšími vlivy a příchodem nových technologií. Jejich vývoj je spojen se snahou výrobců zaujmout zákazníky a prodat co nejvíce vyráběných kusů. Vývoj vozidel je nicméně spojen i s restrikcemi pramenícími z nejrůznějších norem, které automobilky musí dodržet, aby svá auta mohly prodávat široké veřejnosti, ať už se jedná o bezpečnost či emise oxidu uhličitého a jiných škodlivých látek. Nové materiály a technologie jejich zpracování umožňují výrobcům tvorbu složitějších, lehčích a pevnějších součástí vozu. Pokrok v počítačích umožňuje monitorování a automatické přizpůsobení vozu nejrůznějším situacím. To vše bylo v počátcích vývoje automobilu naprosto nepředstavitelné.

V posledních letech se klade velký důraz především na emise CO₂ vozů se spalovacím motorem, důraz tak vysoký, že automobilky jedna po druhé nejen začal výrobu hybridních, či elektrických vozů, ale omezily výrobu vozů se spalovacími motory. Některé dokonce veřejně prohlásily, že s výrobou automobilů se spalovacími motory budou v blízké budoucnosti končit. Díky tomu se dnes na scéně objevují elektrické automobily nejrůznějších druhů od automobilek ze všech koutů světa. Jak moc se tedy parametry vozů změnily v průběhu let, jak výrazný je nárůst hybridních či elektrických vozů a jak bude vývoj pokračovat?

Ve své práci Vývoj parametrů vozidel jsem se zabýval přehledným znázorněním vývoje parametrů vozidel v průběhu let, se zaměřením na nedávný nástup hybridních a elektrických automobilů. Cílem této práce je analyzovat historický vývoj automobilů a zamyslet se nad budoucností automobilového průmyslu.

Za tímto účelem jsem vytvořil databázi automobilů za pomoci serveru www.carfolio.com. Data o automobilech zde sahají až do roku 1891 a následně pokračují až do roku 2020. V tomto datasheetu najdeme údaje pouze o osobních vozech, což je logické, jelikož nemá smysl srovnávat parametry osobního automobilu s nákladním vozem či vozem veřejné dopravy. Pro účely této databáze jsem si zvolil omezující kritérium pro výrobce automobilů, kdy výrobce musel vyrobit nejméně 10 modelů automobilů. Toto kritérium jsem si zvolil zejména k eliminaci menších automobilek, které v průběhu let vznikly a opět zanikly, aniž by zanechaly na automobilové scéně výraznou stopu. Bohužel jsem tímto kritériem eliminoval i některé zajímavé exempláře či průkopnické automobilky. Jako příklad si dovolím pár jmenovat – ikonický DMC DeLorean, Čínská společnost NIO zabývající se elektrickými vozy, pokus společnosti Google o autonomní vozidlo Google Firefly a mnoho dalších.

Dále jsem využil databáze amerického energetického úřadu obsahující údaje o vozech od roku 1984 a sahající taktéž až do roku 2020, kde je mimo jiné důsledně zmapováno i množství hybridních a elektrických vozů. Volně dostupný soubor jsem musel výrazně přizpůsobit mým požadavkům – převést veškeré imperiální jednotky do evropské soustavy SI, některé nepotřebné informace zcela vypustit, jiné upravit do mnou požadované formy a vše přehledně zorganizovat. Po tomto zdroji jsem sáhl kvůli velkému množství informací, které zde jsou dostupné u každého vozu.

Celou práci jsem rozdělil do dvou částí, a to teoretické a statistické.

1) Teoretická část

1.1) Historie automobilu

Automobil slouží k přepravě lidí a nákladu po pevnině. Tato přeprava byla v počátcích možná pouze pěšky. Později s domestikací zvířat došlo k jejich využívání pro přepravu, zemědělské a jiné práce. Na moři bylo možné přepravovat lidi i náklad pouze za působení větru, to bylo dostačující, jelikož lodě dokázaly pojmout relativně velké náklady, po zemi toto ovšem možné nebylo. Zvířata různých druhů nebyla dostačující k rychlejší, náročnější a levnější přepravě.



Obrázek 1: Kočár s koňským spřežením [1]

Prvním krokem nejen k automobilům byl vynález parního stroje. V roce 1698 si Thomas Savery nechal patentovat parní pumpu. V roce 1712 vynalezl Thomas Newcomen parní pístový stroj, který byl dále v roce 1765 vylepšen přidáním kondenzátoru a tím došlo ke zrychlení taktu stroje. Poté byla přidána kliková hřídel pro převod přímočarého pohybu na rotační. V roce 1769 byl vyroben první automobil poháněný parním motorem Francouzem Nicholasem Cugnotem. Vůz nazvaný Fardier a Vapeur byl určen pro armádu k přepravě zejména děl a jedná se o první vůz nepoháněný koňmi. V roce 1829 byla potom vyrobena první parní lokomotiva jménem Rocket a právě zde se namísto automobilu parní stroj nejvíce uchytil. Parní motor nebyl pro pohyb automobilu vhodným zařízením a svou velikostí a komplikovaným provozem v kombinaci s malou rychlostí přepravy často nejsou tyto vozidla považována za opravdové automobily.



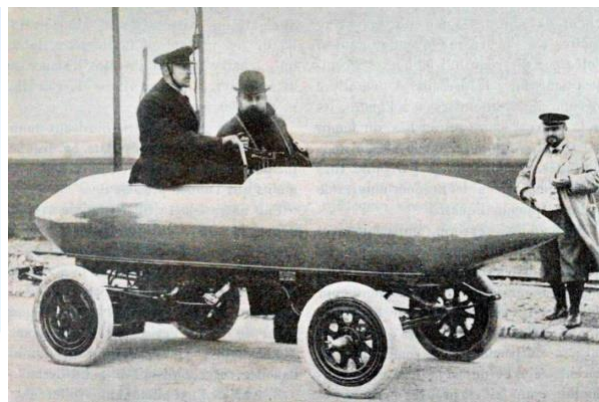
Obrázek 2: Fardier a Vapeur [2]

Poté přišel vůz elektrický. Jedná se o kusový exemplář vyrobený v třicátých letech 19. století, některými uznávaný jako první automobil na světě. Jedná se o vůz vyrobený holandským profesorem Sibrandusem Stratinghem a jeho asistentem v roce 1835. Elektrický pohon byl k pohonu vozidel výhodnější než tehdy hojně používaný parní stroj, přesto se nejednalo o velmi

praktický automobil. Koncem 19. století vznikl i vůz La Jamais Contente, který byl rovněž elektrický a dosáhl maximální rychlosti přes 100 km/h. Zde již nelze podobnost s definicí automobilu upřít. Později vznikají další a další vozy jak elektrické, tak s parním pohonem, jelikož spalovací motor v této době dosud nebyl vynalezen.

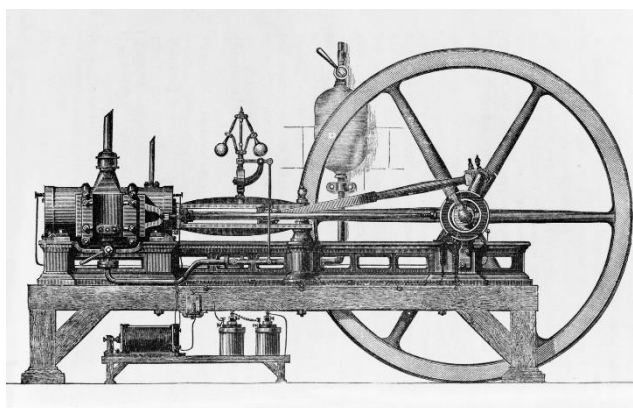


Obrázek 3: První elektrický automobil [4]



Obrázek 4: La Jamais Contente [5]

Vše se ovšem změnilo v šedesátých letech 19. století, kdy Étienne Lenoir sestrojil první spalovací motor. Jednalo se o dvoutaktní motor spalující svítíplyn. Sestrojil i vůz a loď poháněnou tímto motorem a plány motoru prodal Nicolausi Ottovi. Společně původní koncept rozvinuli a vynalezli tak první čtyřdobý spalovací motor. Později jej zdokonalil a stlačením mixu paliva a vzduchu dosáhnou mnohem větší účinnosti. Tento zážehový motor odstartoval svou praktičností revoluci. Přesto, že si jiný vynálezce čtyřdobý cyklus motoru nechal patentovat, vzhledem k významnosti Ottova motoru se stejným principem je často znám jako Ottův cyklus. Roku 1885 byl sestrojen první vůz poháněný čtyřdobým zážehovým motorem. O rok později, roku 1886 vzniká Benz Patent Motorwagen číslo 1 využívající taktéž čtyřdobý zážehový motor. Díky demonstraci schopností tohoto vozu je datum 29. ledna 1886 známo jako vznik prvního automobilu se spalovacím motorem a je i často uznáváno jako datum vzniku prvního automobilu. Později, v roce 1897, vynalezl Rudolf Diesel první vznětový motor. Spalovací motory se rychle rozšířily do všech odvětví a vytlačily elektrické a parní motory.



Obrázek 5: První dvoudobý motor [6]

Na počátku 20. století přišel další významný milník. Automobily byly dosud záležitostí drahou a průměrní občané si jej nemohli dovolit do příchodu Fordu modelu T. Ford model T byl velmi jednoduchým vozem a po většinu času byl vyráběn pouze v černé barvě, jelikož schla nejrychleji. Henry Ford tento vůz vyráběl od roku 1908 na první pohyblivé lince na světě. Proces výroby v průběhu let stále více zdokonaloval a v roce 1914 výroba jednoho vozu trvala pouhých 93 minut. Díky tomu byl vůz velmi dostupný a jedná se tak o první lidový vůz na světě. V roce 1925 bylo denně

vyrobena deset tisíc těchto vozů, čísla, která by neurazila ani dnes. Celkově se prodalo přes 16.5 milionu kusů a jedná se o jeden z nejúspěšnějších automobilů v historii a o první automobil dostupný běžným občanům.



Obrázek 6: První výrobní linka [8]

Nevýhodou jak dvoudobého, tak i čtyřdobého motoru je nutnost převodu přímočarého pohybu na rotační. Tento byl vyřešen Felixem Wankelem, který vynalezl roku 1956 rotační motor známý jako Wankelův motor. Tento motor díky trojúhelníkovému rotoru vytváří přímo rotační pohyb. Další výhodou jsou vysoké otáčky motoru a jeho malá velikost. Zásadními nevýhodami je potom těsnost spalovacích prostor. Tento motor se nikdy výrazně neuchytil, a i přes některé novodobé pokusy o jeho vzkříšení je tento motor považován za téměř nepoužitelný pro běžné osobní vozy.

Jak šla doba dál, automobily s elektrickými motory se začaly vracet, často v hybridních vozech. V roce 1997 vznikl první masově vyráběný hybridní automobil Toyota Prius. První hybridní automobily však vznikly již dávno předtím v roce 1899 zásluhou Ferdinanda Porsche. Přesto, že definice hybridního vozidla udává, že vozidlo musí být poháněno dvěma zdroji energie, kdy nezáleží na tom, jaké tyto zdroje jsou, tento první vůz nazvaný Lohner-Porsche Mixte využíval spalovacího motoru k výrobě elektrické energie a napájení elektrických motorů, tedy stejný princip jako u většiny moderních hybridních automobilů. Právě úspěch spalovacího motoru k pohonu automobilů byl příčinou ústupu tohoto systému.



Obrázek 7: Lohner-Porsche Mixte [9]

1.2) Historie spalovacího motoru v automobilech

Každý motor s vnitřním spalováním v jednom cyklu musí vykonat pět operací, ať už se jedná o dvoudobý či čtyřdobý. Těchto pět operací se nazývá sání, stlačování, zažehnutí či vznícení, expanze a výfuk. U dvoudobého motoru se tyto operace dějí ve dvou dobách neboli jedné otáčky klikového hřídele, u čtyřdobého motoru ve čtyřech dobách neboli dvou otáčkách klikového hřídele. Jako první vznikl dvoudobý motor, poté jej v automobilovém průmyslu nahradil čtyřdobý, přesto dvoudobý motor není strojem minulého století. Dnes se dvoudobé motory stále používají, hlavně v motocyklech, lodích a menších například zahradních strojích. Píst ve dvoudobém motoru musí být mazán olejem, jelikož je však palivo po obou stranách pístu, není možné jej mazat zespodu jako u čtyřdobého, olej je tak přimícháván do paliva. Většina oleje se nespálí při expanzi pístu a putuje tak dál s výfukovými plyny. Tento jev výrazně přispívá k horším emisím dvoudobého motoru. Dvoudobý motor je také náročnější na údržbu a pokud se údržba neprovádí, životnost motoru je mnohem menší než u motoru čtyřdobého. Dvoudobý motor má ovšem i výhody, jednou z nich je možnost dosahování vysokých otáček. To je spojeno s absencí ventilů a namísto nich vyvrtaných děr do stěny válce, kterými je přiváděno palivo a odváděny zplodiny čistě pohybem válce. Mezi další výhody by patřila menší hmotnost a zpravidla větší výkon při stejném objemu válce, jelikož je expanze konána častěji než u čtyřdobého motoru.

U automobilů se v dnešní době uplatňuje výhradně čtyřdobý motor. To je způsobeno delší životností a menšími nároky na údržbu. Tento motor má více pohybujících se částí, jelikož je potřeba vačková hřídel a ventily k regulaci přísunu paliva a k odvodu zplodin. U čtyřdobého motoru je píst mazán stříkáním oleje z jeho spodní strany, kde se nenachází žádné palivo. Jelikož je tato práce zaměřena právě na automobily, bylo by dobré se podívat na čtyřdobý motor do větších detailů. Zatímco základní princip motoru se od jeho vynalezení vůbec nezměnil, způsob, jakým je tento základní princip konán se změnil významně.

1.2.1) Karburátor a vstřikování paliva

První čtyřdobé zážehové motory v automobilech se od těch dnešních svou konstrukcí celkem výrazně odlišovaly. Karburátor byl vynalezen roku 1885 Karlem Benzem a patentován roku 1886. Toto zařízení slouží k přípravě směsi vzduchu a paliva před operací sání ve válci. Vychází z Bernoulliho principu, kdy rychle se pohybující tekutina (v tomto případě atmosférický vzduch) vytváří svým prouděním podtlak. Čím větší rychlost proudění, tím větší podtlak. Karburátor tak není nijak mechanicky připojen k plynovému pedálu a rychlost, respektive množství paliva rozprašovaného do směšovací komory je ovlivněno pouze rychlostí proudícího vzduchu. S postupem času bylo vynalezeno několik typů karburátorů podle polohy směšovací komory, podle způsobu regulace množství směsi a podle počtu směšovacích komor. Většina automobilů obsahuje tzv. jednoduché karburátory, které mají pouze jednu směšovací komoru.

Toto jednoduché zařízení dovolilo zvýšit výkon automobilu a jako obvyklá metoda přísunu paliva do motoru bylo nahrazeno až o téměř 100 let později přímým vstřikováním. Poslední produkční vozy vyrobené s karburátory vymizely v devadesátých letech minulého století, trochu déle se potom držely v motocyklech, ale i zde byly nahrazeny přímým vstřikováním. Dnes se s karburátory setkáme pouze u starších vozidel a u některých speciálních závodních vozidel.

Existují dva typy vstřikování – přímé a nepřímé. S nepřímým vstřikováním se obvykle u automobilů nesetkáváme, u některých potom najdeme jak přímé, tak i nepřímé vstřikování. Nepřímým vstřikováním je palivo rozprašováno do sacího potrubí předtím, než vstoupí do spalovací komory. Přímé vstřikování, jak už název napovídá, rozprašuje palivo přímo do spalovací komory. Motory vybavené jednou z těchto metod mají větší účinnost než motory s karburátory, lepší v případě

přímého vstřikování. Nejlepších vlastností je potom možné dosáhnout použitím obou systémů vstřikování a správným elektronickým řízením, kdy je nejlepší účinnost jak při plném zatížení, tak při minimálním zatížení motoru. Právě elektronické řízení bylo pro úspěch vstřikování paliva stěžejní.

První pokusy o využití vstřikování paliva proběhly v roce 1925, později, v padesátých letech 20. století, firma Bosch začala umísťovat přímé vstřikování do některých automobilů. V roce 1996 byl automobilkou Mitsubishi představen systém elektronicky řízeného přímého vstřikování a rychle se rozšířil do ostatních automobilů.

Výhodou vstřikování je mnohem lepší smíchání směsi paliva a vzduchu, jelikož je palivo za působení vysokého tlaku rozprašováno na jemnější kapičky a zároveň přesnější dávkování vstřikovaného paliva. Přímé vstřikování zároveň pomáhá chladit stěny spalovací komory a pístu a tím jsou motory schopny dosáhnout většího stlačení vzduchu ve válci. Pro funkčnost tohoto systému je potřeba vysokotlakého palivového čerpadla pohybuujícího se v hodnotách až do 35 MPa. Za pomoci elektronického řízení je potom možné měnit množství vstřikovaného paliva, čas jeho vstřikování a s tím přizpůsobit i zapálení směsi svíčkou.

1.2.2) Svíčky

Zapalovací víčka, zařízení sloužící k zapálení směsi ve válci, využívá elektrické energie k tvorbě jiskry. Invence prvního systému zapálení směsi jiskrou je připisována vynálezci Étienne Lenoirovi, tvůrci prvního spalovacího motoru. První elektrický systém zapálení směsi jiskrou, systém používaný dodnes, byl patentován roku 1903 Oliverem Lodgem, tehdy pod názvem vysokonapěťový zapalovací systém. O rok později spolu s bratry založili firmu později známou jako Lodge Plugs Ltd. A stali se výrobci prvních zapalovacích svíček do zážehových motorů s vnitřním spalováním jak automobilů, tak i lodí a letadel.

Žhavicí svíčka je zařízení sloužící ke zvýšení teploty směsi vzduchu a nafty ve válci vznětového motoru, využívaná především při studených startech motoru. V případě zahřátého motoru se tyto svíčky již nepoužívají a směs se samovznítí po stlačení ve válci. O vynálezci žhavicích svíček se mi nepodařilo dohledat jakýchkoli informací, podle některých zpráv by se ale poprvé měly objevit roku 1929.



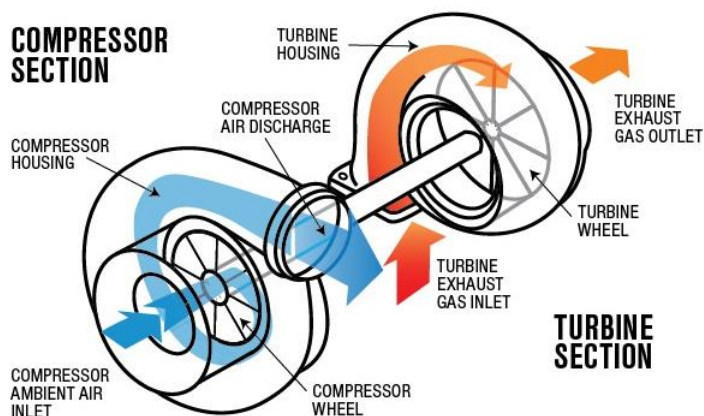
Obrázek 8: Svíčky Lodge Plugs [16]

1.2.3) Přepřehování

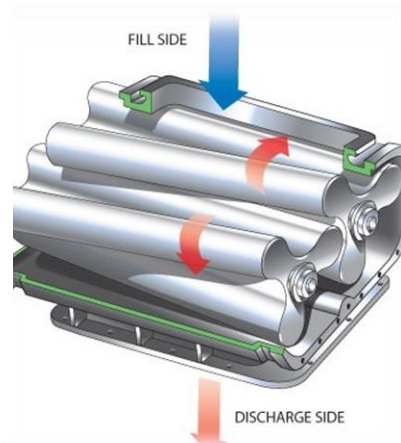
U automobilů existují dvě možnosti přepřehování spalovacího motoru – turbodmychadlo a mechanický kompresor. Jejich společným znakem je stlačování vzduchu před jeho vstupem do válce. Stlačený vzduch obsahuje větší množství kyslíku, který je potřeba k hoření paliva. S větším množstvím kyslíku je možno smíchat větší množství paliva a výsledná směs potom vyvodí větší sílu na píst spalovacího motoru, vytvářející následně větší výkon a kroutící moment motoru. Zároveň je však přepřehováním možno zajistit spalování chudé směsi paliva, což zlepšuje spotřebu paliva a snižuje produkci emisí CO₂. V omezeném rozsahu lze vytvořit přetlak v sacím potrubí a tím pádem motor přepřehovat i bez použití dodatečného zařízení, a to pouze konstrukcí samotného motoru,

respektive sacího potrubí motoru. Jelikož je efekt přeplňování oproti externím zařízením výrazně menší, lze zanedbat a přejdu rovnou k problematice turbodmychadla.

Turbodmychadlo, obrázek 9, je zařízení vytvářející přetlak odstředivým kompresorem, který je poháněn turbínou využívající výfukové plyny spalovacího motoru ke svému pohybu. První turbodmychadlo bylo patentováno roku 1905 doktorem Alfredem Büchi. Jednalo se o turbodmychadlo určené pro lodní motor. Později, roku 1918, přišlo GE s motorem V12 s turbodmychadlem pro letecký průmysl. Právě zde se přeplňování turbodmychadlem rozvíjelo a až v 50. letech 19. století se objevuje turbodmychadlo u menších automobilových spalovacích motorů. První verze byly ještě stále nekompaktní, ale ukázaly výhody přeplňování turbodmychadlem. Vzhledem k rychlému vývoji se rychle začaly objevovat turbodmychadla kompaktnějších rozměrů a jeho implementace v produkčních automobilech.



Obrázek 9: Turbodmychadlo [21]



Obrázek 10: Mechanický kompresor [24]

Mechanický kompresor je, minimálně dnes, výrazně méně používanou variantou přeplňování. Ke stlačení dochází nejčastěji pomocí speciálních tvarových prvků viz obrázek 10, může však obsahovat odstředivý kompresor, stejně jako turbodmychadlo. Pohon těchto prvků je realizován mechanicky pomocí řemene, či řetězu spojeného s klikovým hřídelem. První mechanický kompresor byl vynalezen roku 1848 Angličanem G. Jonesem. Roku 1978 vznikl první motor, tehdy ještě dvoudobý, s mechanickým kompresorem. Gottlieb Daimler ve spolupráci s Mercedesem uvedli první čtyřdobý motor s mechanickým kompresorem roku 1900.

Oba způsoby přeplňování mají své výhody a nevýhody. Jak šel čas, tak byly vynalezeny různé varianty jak turbodmychadel, tak i mechanických kompresorů. Vznikly i produkční automobily obsahující oba systémy přeplňování. Vedlejším produktem stlačování vzduchu je zvýšení jeho teploty a tím snížení hustoty tohoto vzduchu. K opětovnému zvýšení hustoty je vzduchu chlazen před vstupem do motoru. Nejdříve mechanický kompresor, později turbodmychadlo přispěly ke zvýšení výkonu bez zvětšování objemu či počtu válců. Dnes je upřednostňováno přeplňování turbodmychadlem, jelikož je možno dosáhnou menších emisních hodnot i menší spotřeby paliva.

1.2.4) Budoucnost spalovacího motoru v automobilech

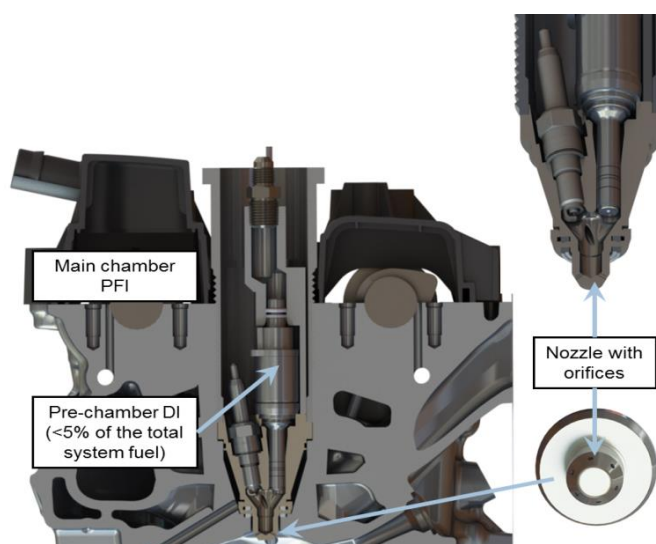
Jak jsme již zjistili, tak od počátku se nám díky různým inovacím zlepšuje účinnost motoru, míněno tepelnou účinnost, která nám nejlépe dokáže popsat kvalitu takového motoru. Účinnost je ostatně i důvodem používání motorů s vnitřním spalováním oproti parním, které měly tepelnou účinnost obvykle mezi 10 a 20 %, výjimečně více. Spalovací motory mají účinnost vyšší, zážehový může dosahovat hodnot až okolo 50 % tepelné účinnosti, do 35 % v automobilech, a vznětový téměř 55

% v lodních motorech a do 45 % v silničních vozidlech. S vývojem bychom se mohli dostat i na větší hodnoty účinnosti, a hlavně dosahovat větší účinnosti u většího množství strojů, kde nás aktuálně nejvíce zajímají automobily a při různých vnějších podmínkách. Vystává otázka, jaká je maximální teoretická účinnost motoru s vnitřním spalováním?

Podle jedné studie zabývající se touto otázkou vychází účinnost mezi 62 a 67 % podle velikosti komprese. Ta výrazně přispívá ke zvýšení účinnosti a větší hodnota účinnosti tak odpovídá větší hodnotě komprese. Nutno zdůraznit, že ta to čísla platí pouze pro ideální podmínky a byla dosažena simulací pracovního cyklu motoru. Ideálními podmínkami jsou nulové tepelné a třecí ztráty, krátká doba hoření, tzn. rychlá exploze vyvolující expanzi spalovacího prostoru. Navíc je použita tzv. chudá palivová směs, což znamená, že je ve spalovacím prostoru trochu více vzduchu, potažmo kyslíku, než je nutno ke spálení veškerého paliva v této směsi. Tímto je zaručeno spálení veškerého paliva při expanzi a je tak využito ke konání práce. Jelikož se jedná o teoretické hodnoty, je těžké jich dosáhnout, cesta k nim však může vést různými způsoby, podívejme se tedy na nejnovější technologie spalovacích motorů.

1.2.5) Předkomora

Ve spalovací komoře dochází k hoření paliva. U motorů s vnitřním spalováním, jako najdeme ve všech běžných vozidlech, musí spalovací komora splňovat určité nároky. Aby spalovací komora vydržela mechanické a tepelné namáhání, jsou voleny vhodné materiály a jejich povrchové úpravy. Vzhledem k dlouhému vývoji automobilů toto není problémem. Největším problémem je zajištění promíchání směsi před jejím zapálením, obzvláště u motorů s přímým vstřikováním, které nedokáže rovnoměrně rozprášit a promíchat směs předtím, než je zapálena. Nedokonalým spalováním paliva může taky dojít k jeho neúplnému vyhoření a tím k nevyužití jeho energie při hoření. Právě tento problém adresuje předkomora. Jedná se o menší komoru, umístěnou nad hlavní spalovací komorou vozidla, zpravidla spojenou několika otvory. V této velmi malé komoře se vstříknutím paliva vytvoří směs bohatší a je zde zapálena. Přes otvory se zapálí směs chudší v hlavní spalovací komoře. Toto zapálení neprobíhá bodově jako v případě svíčky, ale na více místech zároveň skrz otvory předkomory a tím je spalovací proces urychlen.



Obrázek 11: Předkomora Mahle [25]

Prvně se tato technologie objevila ve formuli 1 týmu Mercedes, firma Mahle poté vyvinula dva systémy pro produkční vozidla – aktivní a pasivní. Systémy nazývá MJI, Mahle Jet Igniton. Aktivní systém obsahuje dva vstřikovače, jeden pro každou komoru a dosahuje tepelné účinnosti přes 42

%, jelikož pracuje s vysokým kompresním poměrem. Použitím tohoto systému lze navíc dosáhnout velmi malých emisí oxidů dusíku. Pasivní systém obsahuje pouze jeden vstřikovač v předkomoře, která spotřebuje méně jak 5 % z celkového vstříknutého paliva. Předností tohoto systému je, že může být aplikován u starších vozů aktuálně používaných na silnici bez nutnosti velkých úprav motoru. Lze tím dosáhnout menší spotřeby paliva a menších emisí. Obrázek 11 zobrazuje, jak taková předkomora může vypadat ve starších motorech. Ostatní výrobci, zejména účastníci se závodů formule 1, systémy nejspíše také vyvíjí, jelikož Masserati ve spolupráci s Ferrari vyvinulo vlastní systém použitý ve voze MC20.

1.2.6) FreeValve

FreeValve, je krok jiným směrem. Tato technologie se zabývá vylepšením systému vačkového hřídele a k pohonu ventilů, a to jeho úplným odstraněním. Místo klasického vačkového hřídele umístěného nad motorem kontrolujícího zdvih ventilů je použit vzduch a hydraulika. Nevýhodou vačkového hřídele je zejména způsob zdvihu, tak totiž probíhá v každé otáčce a při každém zatížení úplně stejně. Výrobci se dlouho zabývají řešením tohoto problému a přišli se systémy s proměnnou dobou či výškou zdvihu, problém to však vždy řeší pouze z části. FreeValve je zcela variabilní. Lze tak řídit výšku zdvihu, dobu zdvihu i čas zdvihu simultánně. To je řízeno počítačem, který může rozhodovat mezi řízením ventilů pro maximální výkon, ale i minimální spotřebu paliva. Jiné systémy plně variabilního řízení ventilů spalovacího motoru byly vyvíjeny. Využívaly elektromagnetů či hydrauliky, ale nikdy se nedostaly do produkce. FreeValve využívá jak hydrauliky, tak pneumatiky a systém byl již použit v produkčním voze.



Obrázek 12: FreeValve [27]

FreeValve AB, firma stojící za touto technologií, je sesterskou společností automobilky Koenigsegg, který je první automobilkou využívající motor s FreeValve technologií. Automobil je Koenigsegg Gemera s dvoulitrovým tříválcovým motorem s turbodmychadlem, produkujícím 600 koňských sil. Tento motor má o 15 až 20 % menší spotřebu než typický moderní dvoulitrový motor s přímým vstřikováním a vačkovým hřídelem s některou variabilní technologií. Motor je díky FreeValve technologii také schopen provozu při vyšším kompresním poměru. Systém je také schopen optimalizovat start pro rychlejší zahřátí motoru a katalyzátoru a snížit tak emise produkované při studeném startu o více jak polovinu.

Vzhledem k výrazně vyšší ceně nebyl však použit ve velkosériové výrobě automobilů, vozů Gemera je například plánovaných vyrobít pouhých 300 pro rok 2021, jedná se tak stále o malosériovou výrobu. Výhodou této technologie však je právě to, že je použitelná i na dnešních, či dokonce historických automobilech.

1.2.7) Vodíkový spalovací motor

Toyota, automobilka, o které se tu zmiňuji ještě několikrát, jelikož je to právě Toyota, která přichází s velkým množstvím konceptů, které nakonec často končí skutečnou výrobou. Nedávno Toyota oznámila, že pracuje na vývoji čistě vodíkového motoru s vnitřním spalováním, velmi podobnému klasickému spalovacímu motoru. Výhodou tohoto spalování by měla být absence škodlivých oxidů, jelikož při vstupujícím okolním vzduchu obsahujícím kyslík v kombinaci s vodíkem by měla být vypouštěna pouze vodní pára. Dříve, v roce 2016, již vyvinuli motor, který využíval mixu vodíku a benzínu.

Jedním z problémů je, že škodlivé oxidy budou vznikat i u motoru spalujícího vodík. Oxidy dusíku vzniknou vlivem vysokých teplot při hoření paliva z atmosférického dusíku a oxid uhličitý z malého množství spáleného oleje, nutného k mazání motoru. Oxid uhličitý bude vnikat v zanedbatelném množství, množství oxidů dusíku potom záleží na procesu spalování. V případě spalování vodíku je možné využít HCII, nebo nepřímého vstřikování a svíčky k zapálení směsi.

HCII, Homogenous Charge Compression Ignition, je motor se samovznícením homogenní směsi paliva. Vodík se velmi rychle mísí, přímé vstřikování tedy není problematické, jelikož se směs stihne velmi dobře promíchat a směs je potom zapálena pouze díky stlačením, tzn. směs se vznítí. Tento způsob je schopen dosáhnout 45 % tepelné účinnosti. Nevýhodami jsou velmi špatný až nemožný studený start a maximální zatížení motoru je přibližně čtvrtinové oproti klasickému spalovacímu motoru. Navíc je toto variantou produkující více oxidů dusíku.

V případě nepřímého vstřikování a svíčky k zapálení směsi dochází k menší produkci oxidů dusíku, v případě, že směs paliva dosahuje stechiometrického poměru je jejich produkce minimální a použití třisměrného katalyzátoru. Nevýhodou je 38 % tepelná účinnost, zajištění, že se směs nevznítí před zapálením svíčkou. Dalším problémem je, že sací ventily musí být plně uzavřeny, jinak může hoření směsi velmi malou mezerou putovat do sacího potrubí, kde je již smíchaná směs. I v tomto případě se tedy vyplatí použít přímé vstřikování. Výhodou je přibližně dvojnásobná hodnota maximálního zatížení oproti HCII.

Vodík je uložen v tlakové nádrži o tlaku přibližně 70 MPa, s tímto se setkáme i u auto s vodíkovými palivovými články. Ty jsou velkým konkurentem této technologie. Celková energetická účinnost při odebrání vodíku z tlakové palivové nádrže k vyvození pohybu automobilu je při jeho spalování asi 25 %, u palivových článků je tato hodnota dvojnásobná. To mimo jiné znamená, že nádrž automobilu může být pouze poloviční, více o vodíkových palivových článcích v FCEV. Účinnost nicméně záleží na konkrétním zatížení vozidla, a právě při velkých zatíženích vodíkový spalovací motor má oproti elektromobilu s palivovými články navrch.

Tato technologie tedy zatím nepůsobí velmi nadějně, velkým úspěchem by bylo, pokud by jejich celková účinnost byla vyšší a zároveň bylo možno y stávající spalovací motory upravit pro spalování vodíku. Velké naděje tato technologie vyvolává pro oblasti, kde elektrické automobily, převážně ty bateriové, nejsou použitelné, či jejich použití přináší velké množství překážek. Takovými oblastmi jsou například přeprava velkého množství zboží či pasažérů po silnicích, a dokonce i lodní doprava. Významnou výhodou je také podobnost s nynějšími spalovacími motory a tím pádem i automobily,

jejich výrobou a servisem. Implementace vodíku namísto benzínu či nafty by potenciálně mohla být mnohem rychlejší než v případě palivových článků.

Nadějným použitím vodíkového spalovacího motoru by mohl být rotační motor. Mazda, s kterou se ještě v souvislosti s rotačními motory setkáme, zastává názoru, že nevýhody pístového vodíkového spalovacího motoru mohou být výhodami u rotačního motoru. Mazda dokonce chvíli prodávala v Japonsku model RX-8 ve verzi Hydrogen RE. Tento automobil byl poháněn benzínovým rotačním motorem, který však dokázal přepnout na spalování vodíku. Tento motor obsahoval přímé i nepřímé vstřikování vodíku k promíchání směsi. Jelikož rotační motor z principu má sací otvor v chladné oblasti a výfukový otvor v horké oblasti válce, je eliminováno nebezpečí předčasného vznícení této směsi. Od tohoto automobilu bohužel žádný další vodíkový Wanklův motor nevznikl. Mazda nicméně oznámila, že plánuje použití tohoto motoru jako Range Extenderu (více v HEV) v hybridním automobilu, jelikož se jedná o velmi kompaktní spalovací motor.

Z výzkumu na technické univerzitě v Nizozemí potom vyplývá další zlepšení tohoto motoru. Místo spalování pouze vodíku a vzduchu se přidá argon. Argon je plyn vyskytující se volně v atmosféře a jde jej odseparovat. Tento plyn následně zvyšuje účinnost spalovacího motoru nejen na vodík, potenciálně i na zemní plyn nebo biopalivo. Spalování vodíku a argonu ve směsi s kyslíkem je převratný nápad, který je nyní pouze v počátcích vývoje.

1.3) Pokročilé spalovací motory

1.3.1) SkyActiv-X

SkyActiv je motorem automobilky Mazda a v jeho různých variantách se s ním můžeme setkat v několika automobilech. Nejvýznamnějším exemplářem je aktuálně SkyActiv-X, umístěn například v modelu Mazda 3. Jedná se o motor spalující benzín, přesto využívající princip vznětového motoru. Motor využívá kompresního zapalování řízeného svíčkou, tím jsou tyto motory úsporné jako vznětové motory, či dokonce více, ale zároveň dynamické jako motory zážehové. Spaluje se velmi chudá směs paliva a vzduchu dosahujících hodnot až 40:1, která je následně stlačena na vyšší tlak než u běžných zážehových motorů. Kompresní poměr se pohybuje výše než u běžných motorů, cca 16:1. Chudá směs je potom příčinou vzniku menšího množství oxidů dusíku i CO₂, zároveň palivo hoří při menších teplotách. Hořením při menších teplotách je eliminováno velké množství tepelných ztrát, které ostatní spalovací motory mají. Vzhledem k potřebě přísunu velkého množství vzduchu do motoru, bez kterého by motor zdaleka nedosahoval takové účinnosti, je motor přepřlňovaný mechanickým kompresorem. Tento mechanický kompresor nemá za úkol zvýšení výkonu jako tomu bývá u běžných automobilů, naopak má snížit spotřebu paliva tím, že bude vytvářet velmi chudou směs. Jiskrou ze svíčky se zapálí velmi malé množství husté směsi paliva vstříknuté přímým vstřikováním poblíž této svíčky, tím je zvýšena teplota a tlak ve válci, což způsobí kompresní zapálení zbývajících paliva. Celý proces spalování je rychlejší než u běžných motorů, tím je zároveň palivo dokonaleji spáleno před jeho vstupem do výfukového potrubí. Díky velmi rychlému spálení paliva je veškerá energie získaná ze spalování uvolněna rychleji a píst je tlačěn delší dobu a větší silou než u běžných zážehových motorů. Toto je opět vlastností vznětových motorů, a proto dosahují větších kroutcích momentů. K zajištění promíchání paliva je díky geometrii prostoru válce kombinací s geometrií sacího potrubí a ventilu při sání vytvářen vír. K zajištění správného načasování jiskry ze svíčky spouštějící růst tlaku je využíváno tlakových senzorů, které počítač vyhodnocuje a okamžitě přizpůsobuje načasování jiskry. Tímto procesem se zajišťuje vznícení paliva ihned po dosažení horní úvrati pístem spalovacího motoru. Motor bohužel není schopen v tomto režimu spalování operovat za všech podmínek. Při vysokých otáčkách nebo při vysokém zatížení bude i tento motor operovat jako klasický zážehový spalovací motor. Sací ventil v takovém režimu zůstane déle otevřený a

umožní tak snížení kompresního poměru, směs je následně zapálena svíčkou a probíhá klasické hoření této směsi.

Před tímto motorem byly jiné exempláře s jménem SkyActiv. Jedná se o vývojové kroky jejichž nejnovějším a nejlepším přírůstkem je právě SkyActiv-X. Jedná se o motor s nejmenší spotřebou paliva ve své třídě. Tepelná účinnost tohoto motoru je údajně kolem 44 %. Tento jedinečný motor je patentovaným dílem Mazdy, která zde však nekončí. Jejich cílem je zvýšení účinnosti na 56 %, samozřejmě míněno v běžných produkčních vozech. Mazda tvrdí, že by byly hodnoty emisí automobilu se spalovacím motorem SkyActiv srovnatelné s nepřímými emisemi plně elektrických automobilů, jejichž elektřina je produkována spalováním zemního plynu. Tento motor by se měl jmenovat SkyActiv-3 a jestli dosáhne těchto vysokých cílů, tak může jít o významný argument ke zpomalení přechodu na plně elektrické automobily.

Mazda je jednou z mála automobilek, která se zabývala Wanklovým motorem. V oblasti produkčních aut je potom jediným výrobcem, který tento typ motoru úspěšně používal ve velkosériových produkčních vozech. Mazda stále pokračuje ve vývoji tohoto typu spalovacího motoru a aktuálně se zabývá otázkou motoru SkyActiv-R, který by měl využívat elementy pístového motoru SkyActiv pro zlepšení vlastností motoru rotačního. Mazda tímto chce vyřešit velkou spotřebu paliva, vysoké emise a nízkou spolehlivost rotačního motoru.

1.3.2) Dynamic Force Engine

Dynamic Force Engine je produktem automobilky Toyota. Jedná se v principu o zážehový motor jako každý jiný, při jeho vývoji nicméně bylo použito několik invencí ke zvýšení účinnosti motoru. U tohoto motoru bylo použito menšího průměru válce, tím je zvýšeno množství energie spalin působené na píst namísto stěny válce. Další změnou je přímé sací potrubí v blízkosti ventilu, které v kombinaci s větším úhlem mezi sacími a výfukovými ventily. Jsou tak oproti pístu více natočené a v kombinaci s přímým sacím potrubím je vytvářen ve spalovací komoře při sání vír. Tím je dosaženo lepšího promíchání směsi a jejího rychlejšího hoření. Dále implementovali elektrické doprovodné zařízení jako vodní čerpadlo, termostat, olejové čerpadlo atd. Pokud je třeba, jsou systémy využívány na maximum, pokud však není potřeba plného využití jsou systémy regulovány. Motor tak operuje s menšími ztrátami způsobenými pohonem těchto doprovodných zařízení.

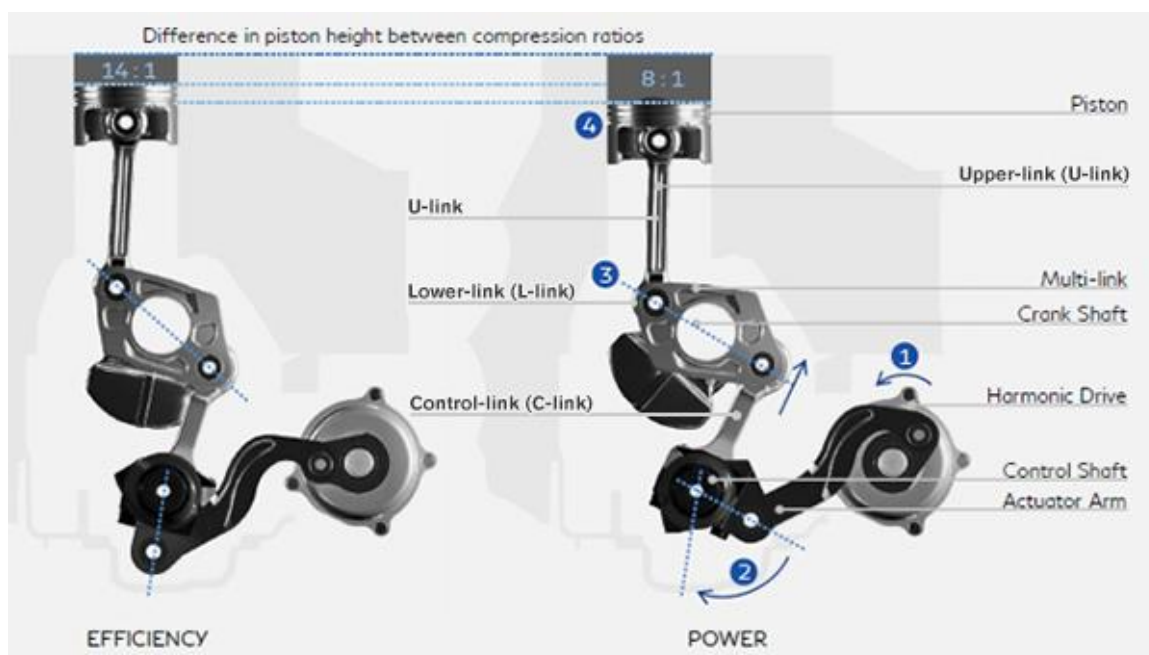
Na rozdíl od předchozího SkyActiv-X motoru nejde o novou převratnou technologii. Veskrze byly podniknuty při vývoji tohoto motoru kroky ke zrychlení hoření směsi v kombinaci s variabilními podpurnými systémy. Použitím těchto vylepšení byl zvětšen výkon i točivý moment ve všech funkčních otáčkách motoru. Dále má motor tepelnou účinnost 40 %, případně až 41 % s větším kompresním poměrem použitým u hybridních automobilů. Toho je dosaženo i dalšími konstrukčními řešeními a výsledkem je menší spotřeba paliva a menší množství škodlivých emisí.

1.3.3) VC-Turbo

Nissan, respektive Infinity přišli s úplně jiným řešením, informace o vynálezcích jsou poněkud nejasné, nicméně pochází z koncernu Nissan. VC, Variable Compression Ratio neboli variabilní kompresní poměr dovoluje plynulou změnu pozice horní a dolní úvratě pístu ve válci. Větší kompresní poměr je spojen s větším výkonem, neboť dochází ke zlepšení účinnosti spalovacího procesu. Problémem velkých kompresních poměrů je jejich tendence k předčasně detonaci, kdy kombinací stlačování směsi a současného ohřevu směsi horkými stěnami spalovací komory dojde k vznícení směsi. Při klidné jízdě je limit kompresního poměru vysoký, při agresivní jízdě je limit kompresního poměru nízký. Limit kompresního poměru je menší i pro motory přepřínované turbodmychadly. V klasickém pístovém motoru není možnost zvýšení kompresního poměru, jde jej pouze snížit delším otevřením

sacích ventilů. Pro toto řešení musí motor obsahovat vačkový hřídel s variabilní dobou otevření ventilů, a i tohle řešení bude mít své meze.

Motor VC-Turbo používá elektromotoru, který pomocí mechanismu spojeného ojnicemi mění pozici úvratí pístu a tím mění kompresní poměr. Nejlépe lze princip pochopit z obrázku 13 Elektromotor (1) svou rotací pohybuje s ovládacím hřídelem (2), který následně pomocí komponenty nazvané Multi-link (3) přizpůsobuje pozici úvratí pístu (4). Multi-link je zároveň komponentou, kterou vede klikový hřídel. Kompresní poměr se pohybuje mezi 8:1 a 14:1 během 1,2 sekundy. Optimální kompresní poměr je plynule měněn v závislosti na řidiči vozidla.



Obrázek 13: VC-Turbo [47]

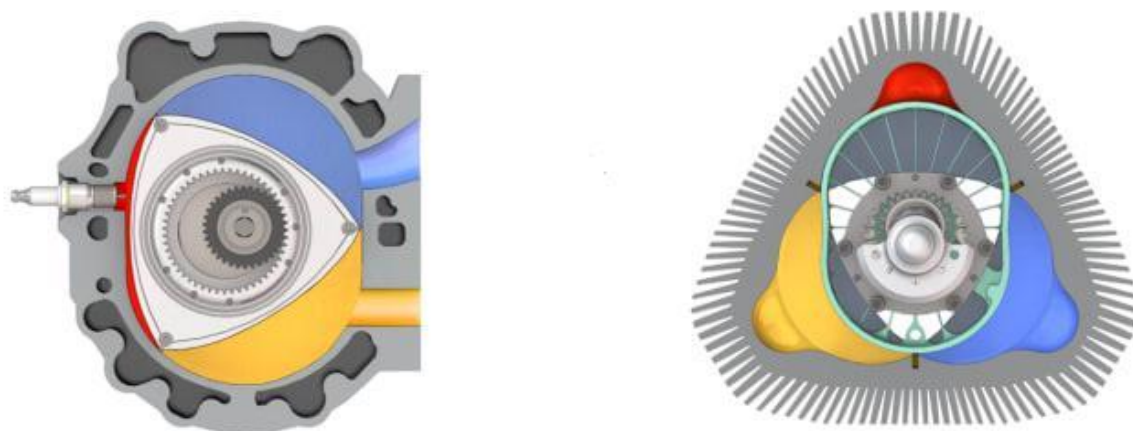
Motor dále používá nového turbodmychadla, které je efektivní v širokém spektru otáček. Navíc využívá elektricko-hydraulického řízení variabilního času otevření jak sacích, tak i výfukových ventilů. Výsledkem je motor, který dosahuje lepší spotřeby paliva díky vyšším kompresním poměrům. Motor dosahuje vysokého výkonu, jako je u benzínových motorů zvykem, ale i vysokého točivého momentu naftového motoru. Motor také využívá kombinace přímého a nepřímého vstřikování a díky nové konstrukci píst působí menšími silami na stěny válce. Čtyřválcový motor VC-Turbo také nepotřebuje balanční hřídele, jelikož je díky nové konstrukci vyvážen. Celková výška motoru je srovnatelná s běžnými čtyřválcovými motory. Vývoj VC-Turbo využívajících jiných metod dosažení variabilního kompresního poměru začal již v roce 1998 a celkově si připsali přes 300 různých patentů. Toto je nicméně první motor svého druhu, který budeme moci najít v produkčních automobilech. První automobil by měl být Infinity QX50 roku 2021.

Jedinou významnou nevýhodou tohoto motoru je jeho složitost. Infinity nicméně ujišťuje zákazníky o velmi rozsáhlém testování tohoto motoru v laboratořích i reálných podmínkách a slibuje vysokou spolehlivost a životnost motoru.

1.3.4) LiquidPiston X-engine

Alec Shkolnik, zakladatel firmy LiquidPiston věří, že jsme schopni pouze malých vývojových kroků v oblasti pístových spalovacích motorů po jejich dlouhodobém používání a postupném vylepšování. Jelikož si nemyslí, že elektrické automobily jsou vhodnou technologií budoucnosti, byla jeho pozornost obrácena na Wankelův motor. Stejně jako Wankelův motor je i tento motor rotační,

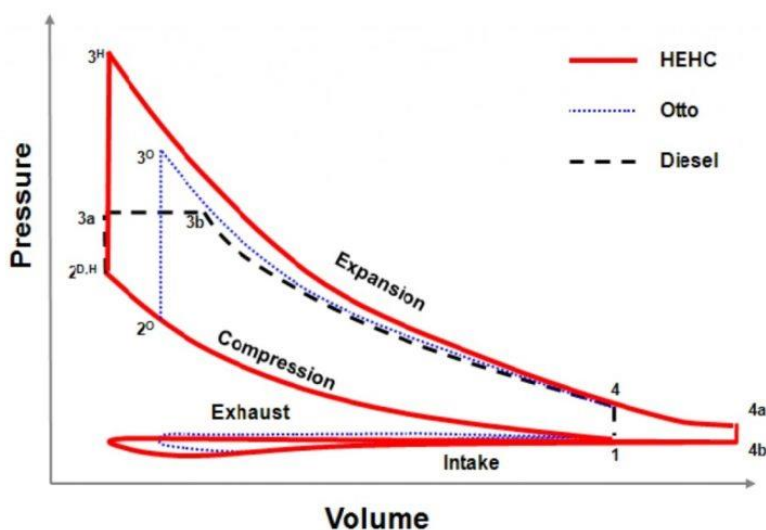
dosahuje vysokých otáček, je velice kompaktní a produkuje poměrně velký výkon, přesto má tento motor o 30 % menší spotřebu než konvenční vznětový motor s vnitřním spalováním. X-engine je často prezentován jako „převrácený Wankel“, což je částečně pravdivé přirovnání. Obrázek 14 porovnává tvar obou rotačních motorů.



Obrázek 14: Wankel a X-Engine [48]

Na rozdíl od Wankelova motoru (vlevo) má X-engine (vpravo) těsnění na statoru, který je trojúhelníkového tvaru a rotuje rotor vnějším tvarem téměř shodný s tvarem válce Wankelova motoru. Díky těmto tvarovým odlišnostem je možný provoz při větším tlaku a těsnění zároveň není třeba lubrikovat olejem. Velkou předností rotačních motorů je poměr výkonu ku hmotnosti, to je příznivé nejen pro automobily, ale i pro letectví, které o Alecův motor X-engine má aktuálně velký zájem.

X-engine spaluje naftu a zatím byly vyrobeny pouze jeho prototypy. Motor operuje v cyklu, který LiquidPiston nazval HEHC, High Efficiency Hybrid Cycle, česky vysoce efektivní hybridní cyklus. Vzduch je výrazně stlačen (firma nezveřejňuje kompresní poměr), palivo je poté přímým vstříkáním vstříknuto do spalovací komory, kde se vznítí. Spálení paliva probíhá za téměř konstantního objemu. Spaliny jsou poté slovy LiquidPiston „přeexpandovány“, použitím většího expanzního objemu, než byl kompresní, podobně jako v Atkinsonově cyklu. Průběh cyklu v porovnání s cyklem běžného vznětového motoru lze vidět na obrázku 15.



Obrázek 15: Pracovní cyklus motoru X-Engine [49]

K březnu 2021 měla firma 41 přiznaných a 23 patentů v řízení, všechny v souvislosti s X-engine. Firma také pracuje na X-mini, který by měl být zážehovým motorem. Tento motor obsahuje zapalovací svíčku a vzduch je stlačen méně než u X-engine. Zatím téměř neprozkoumaným koutem je využití vodíku jako paliva namísto benzínu. X-mini již vznikl v prototypové variantě jako vodíkový. Zajímavým obdobím bude konec aktuálních patentů a vývoj tohoto motoru velkými automobilkami.

Potenciálních řešení je určitě mnoho a zde jsem uvedl řešení pro produkční automobily, které jsou veřejně publikovány a posouvají spalovací motory k větším hodnotám účinnosti. Bohužel nelze odhadnout, jaké jiné převratné systémy se vyvíjí ve střežených laboratořích nejrůznějších automobilek, či jiných výrobců, vynálezců atd. Zde zmíněné technologie ovlivňují, jak vnímáme spalovací motor již dnes, popřípadě ukazují možná řešení budoucích motorů.

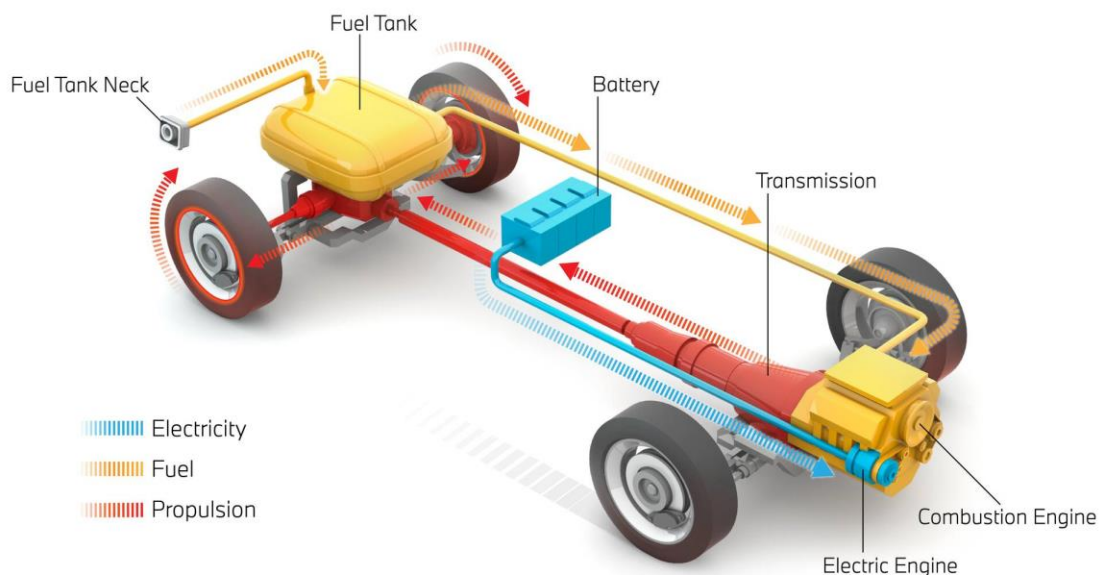
1.4) Koncepce hybridních systémů pro automobily

Dosud jsem se zabýval spalovacími motory. Většina aut na silnicích totiž stále obsahuje spalovací motory. Některá však obsahují i baterie a elektrické motory. Jedná se o hybridní automobily. Hybridy se spalovacím motorem doplněným o elektrické motory se dále dělí na tři typy – MHEV, HEV a PHEV. Společným znakem každé z těchto variant je, že nějakým způsobem zlepšuje některé parametry vozidla, ať už jde od výkonu po spotřebu paliva. Hybridní vozy se do povědomí dostali hlavně díky vozu Toyota Prius, převážně druhé a třetí generace.

Zcela odlišné jsou potom vozy FCEV neboli elektrická vozidla s (vodíkovými) palivovými články. Z principiálního hlediska se jedná o elektrické automobily, často je o nich však hovořeno jako o hybridních vozidlech. Jelikož tomu tak není, podíváme se na vozidla se systémem FCEV později v rámci elektrických automobilů. Podívejme se na jednotlivé varianty hybridních systému detailněji.

1.4.1) MHEV

Mild Hybrid Electric Vehicle, zkráceně MHEV, je souhrnný název pro hybridní vozy s elektromotory spíše podpůrného charakteru. V případě potřeby jsou schopné pomoci spalovacímu motoru, typicky při akceleraci z nízké, či nulové rychlosti. Automobil je tak schopen zrychlit rychleji, či s menší spotřebou paliva. Ukázku pohonného ústrojí najdeme na obrázku 16. Typicky se jedná o 48 V systémy, které jsou napájené v některých případech kombinací běžícího spalovacího motoru a generátoru, zpravidla jsou však napájeny generátorickým brzděním. Jelikož se zpravidla jedná o malé motory a elektromotor je využíván velmi krátce, mohou být baterie velmi malé. V některých případech jsou baterie tak malé, že se dokážou vybit během jednoho rozjezdu automobilu.



Obrázek 16: MHEV [56]

Ojedinělým způsobem je potom použití superkapacitorů v Lamborghini Sian. Technicky jde o MHEV automobil, ve kterém jsou namísto klasických baterií použity superkapacitory, které se dokážou nabít a vybit mnohonásobně vyšší rychlostí než klasické baterie. Tím je dosaženo rychlejší a silnější odezvy elektromotoru. O superkapacitorech více u BEV automobilů.

Do této kategorie spadají také vozy, které obsahují elektromotory pouze jako generátory. Ty vyrábí elektřinu při brždění vozidla a využívají tak jinak ztracenou energii. Z takto vyrobené elektřiny jsou potom napájeny elektrické systémy v autě.

1.4.2) HEV

Hybrid Electric Vehicle, zkráceně HEV, často také nazývané v angličtině Full Hybrid. Tyto automobily jsou schopné pohybovat se pouze silou elektromotorů, ne však na velké vzdálenosti a za všech podmínek. Zpravidla v malých rychlostech a při nedynamické jízdě. I toto však má své výhody, a to hlavně pro městskou dopravu, kde přispívá tento systém k menší spotřebě paliva namísto zrychlení auta, jako tomu bylo v předchozím případě. Tento systém se dále dělí na paralelní a sériové hybridy.

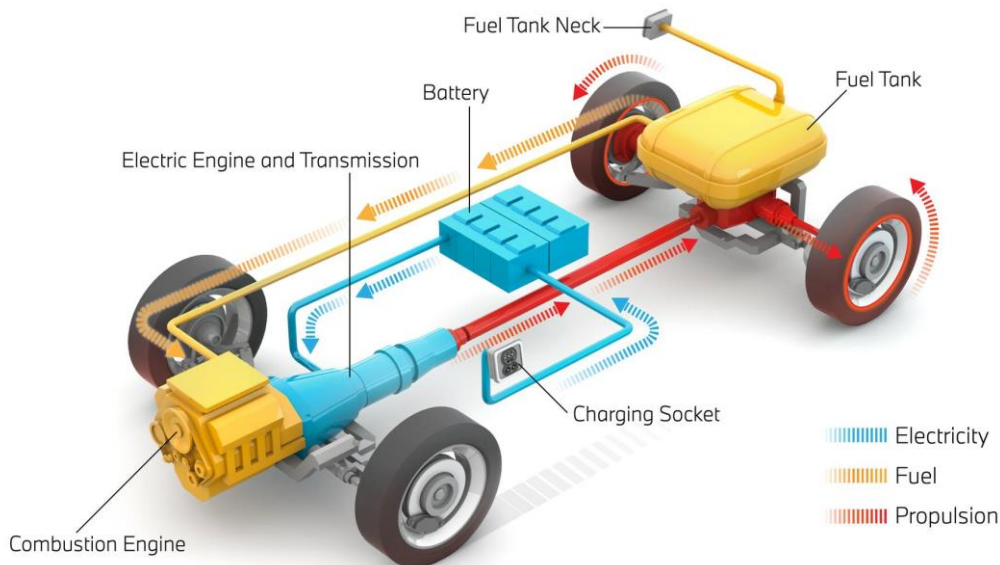
U paralelních hybridů jsou kola vozidla poháněna buď pouze spalovacím motorem, pouze elektrickým motorem, nebo kombinací obou. Tyto způsoby je možno zvolit při řízení vozidla, popřípadě lze nechat počítač provádět rozhodování místo řidiče. Počítač se tak stará o úroveň nabití baterií, vyhodnocuje zatížení motoru a volí nejhodnější metodu pohonu kol zpravidla z hlediska účinnosti celého ústrojí a tím pádem i spotřeby paliva.

U sériových hybridů jsou kola poháněna pouze elektrickým motorem a spalovací motor je napojen pouze ke generátoru. Někdy se tomuto způsobu říká hybridní vůz z tzv. Range Extenderem, tedy zařízení k prodloužení dojezdu. Teoreticky lze tuto variantu dokonce považovat za elektromobil, jelikož spalovací motor nikdy nepohání kola vozidla. Mívají větší dojezd než hybridy paralelní.

Podstatným znakem je potom absence externího napájení baterií. Nabíjení je tak možno pouze pomocí spalovacího motoru, popřípadě generátorickým bržděním. Tím se zásadně odlišuje od dalšího typu hybridu.

1.4.3) PHEV

Plug-in Hybrid Electric Vehicle, zkráceně PHEV je jediným systémem hybridního vozidla s možností externího nabíjení, ať už z klasické elektrické sítě, speciální napájecí stanice, či tzv. superchargeru, neboli rychlonabíječky. Hybridní vozy tohoto typu dosahují větších hodnot dojezdu pouze elektromotory. Je možné je používat jako elektromobil, který je v případě nutnosti schopen vyrábět svou vlastní elektřinu. To probíhá stejně jako v předchozích případech. Zároveň jsou však schopné jízdy pouze pomocí spalovacího motoru a také kombinací obou motorů. Díky tomu se jedná o nejflexibilnější systém, který zaručeně nebude omezovat řidiče vozidla krátkým dojezdem či dlouhým časem nabíjení.



Obrázek 17: PHEV [56]

Podle průzkumu mnoho řidičů však používá tyto hybridy zcela odlišným způsobem. Nenabíjí je vůbec ze sítě a veškerou elektřinu tak vyrábí spalovacím motorem. Tím je dramaticky zhoršena ekonomie provozu, jelikož velké baterie výrazně zvyšují hmotnost automobilu. Lze tak dokonce dosáhnout i horší spotřeby paliva než v případě stejného automobilu bez hybridní technologie.

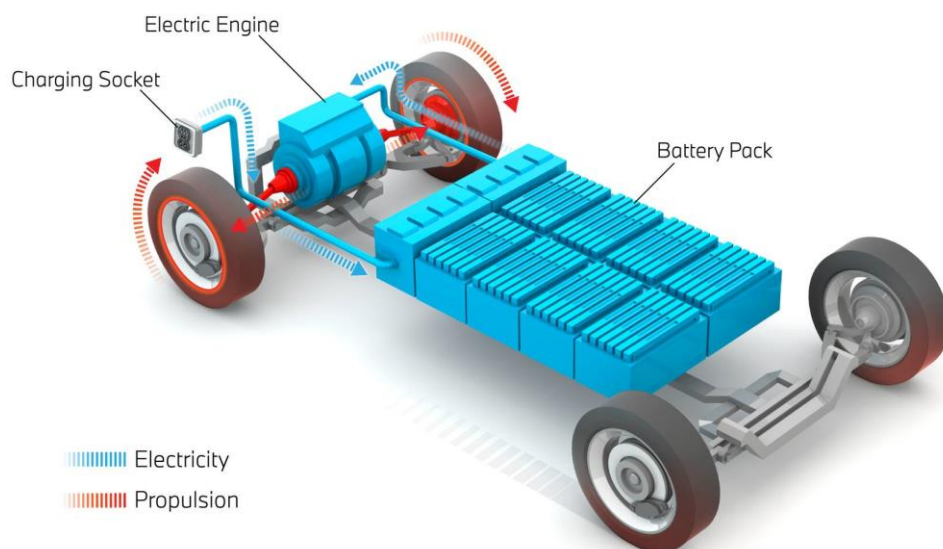
Pravdou ovšem je, že výrobci se těchto jasně určených názvů příliš nedrží a s trochu odlišnou terminologií uvádí vozy na trh. Všechny hybridní automobily na dnešním trhu nicméně patří do jedné z těchto kategorií. Je možné, že další systémy využívající jiné kombinace zdrojů energie a následně pohybu budou vynalezeny. Hybridní automobily, alespoň tak jak je známe, nejsou odborníky považovány za budoucnost. Stále totiž nějakým způsobem využívají spalování fosilních paliv, jde však o první z mnoha kroků vstříc budoucnosti automobilového průmyslu.

1.5) Koncepce elektrických automobilů

1.5.1) BEV

Battery Electric Vehicle, zkráceně BEV znamená bateriemi poháněné elektrické vozidlo. Takové vozidlo bude obsahovat pouze elektromotory a baterie, které lze nabíjet pouze ze sítě, popřípadě generátorickým brzděním. Zajímavým konceptem je poté použití solárních panelů například na střeše automobilu. Elektřina z nich získaná může být využita k napájení elektrických zařízení automobilu. Ukázkou typického rozložení najdeme na obrázku 18. Zde je vyobrazen automobil s elektromotory pouze u zadní nápravy. V praxi mnoho výrobců využívá elektromotorů čtyř, jeden

motor na každé kolo. Jelikož se jedná o nejrozšířenější a nejznámější formu elektrického vozidla, často se elektromobilem myslí právě BEV, tedy elektromobil s bateriemi.



Obrázek 18: BEV [56]

Baterie jsou podstatnou částí takového automobilu. Jejich kapacita určuje dojezd vozidla. Čím větší kapacita baterií, dosažena použitím většího množství baterií, tím větší dojezd. To bohužel zároveň prodlužuje čas nabíjení a zvyšuje hmotnost automobilu. Baterie ukládají elektrickou energii pomocí chemické reakce do potenciální chemické energie, zpětnou reakcí jsme schopni z nich elektrickou energii využít k pohonu vozidla.

Dříve jsem zmínil superkapacitory, správně česky superkondenzátory. Jedná se o kondenzátor s velmi vysokou kapacitou. Ten ukládá elektrickou energii přímo ve formě elektrické energie, a to rychleji než baterie. Navíc lépe snáší opakované nabíjení a má tak větší životnost. Nevýhodou je velmi vysoká cena a ukládání elektřiny o malém napětí. Právě proto se nepoužívají u automobilů.

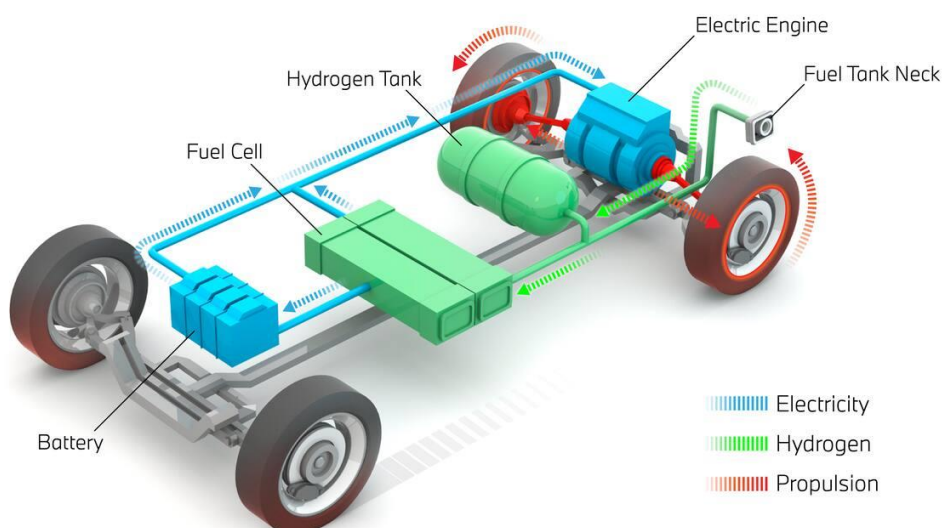
Baterie mají tedy menší životnost, to je jedním z největších problémů BEV automobilů. Navíc baterie špatně zvládají velmi chladné, ale i velmi horké podmínky. Při vysokých teplotách probíhají chemické reakce rychleji, což není na škodu, bohužel to zrychluje vnitřní korozi baterií a zkracuje životnost. Proto jsou baterie v automobilech chlazeny proudícím vzduchem. Při nízkých teplotách potom dochází ke zpomalení chemické reakce a automobil se může zdát méně dynamický při akceleraci, popřípadě se chemická reakce může zastavit úplně, baterie tzv. zamrzne. Automobily obsahují většinou lithium-ionové baterie, které nízké teploty snášejí v porovnání s ostatními bateriemi velmi dobře, přesto elektromobily nemusí být vhodné do oblastí s dlouhodobě nízkými teplotami.

Otázkou, která trápí odborníky je výroba a recyklace baterií. Na výrobu baterií se spotřebuje velké množství látek, které jsou toxické či zdraví nebezpečné. Automobilové baterie se vyrábí z látek jako například nikl, lithium, kobalt, měď, železo a mangan. Jelikož jsou tyto látky nebezpečné a také se drazé těží, je snaha baterie recyklovat. Recyklace baterií probíhá jejich vybitím, rozebráním (některé části lze použít na nové baterie) a následně rozdrcením v inertním plynu, po kterém vakuovou destilací dostaneme jednotlivé složky elektrolytu. Důležité je potom, kolik procent materiálů jsme schopni zpětně získat. Firma Duesenfeld tvrdí, že dokáže získat až 72 % materiálů zpět. V budoucnu by toto číslo údajně mohlo dosahovat až 90 %. Světový lídr v oblasti bateriových elektromobilů Tesla

uvádí, že cena za recyklaci těchto materiálů by měla být nižší než za koupi materiálů nových. Ekologická výhodnost recyklace závisí hlavně na typu baterie, tedy na její stavbě a složení.

1.5.2) FCEV

Fuel Cell Electric Vehicle, zkráceně FCEV znamená: elektrické auto s palivovými články. Auto je poháněno elektromotory, ty odebírají elektrickou energii, ta však není primárně odebírána z baterií. Výroba elektřiny je prováděna chemickou reakcí, kdy vodík reaguje s kyslíkem v procesu zvaném reverzní elektrolýza a výsledkem je elektrická energie. Kyslík pro tuto reakci je dodáván ve formě okolního atmosférického vzduchu a auto vypouští pouze vodní páru. Právě to je významným úspěchem tohoto systému. Auto také nepotřebuje baterie o velké kapacitě, jelikož při stabilním odběru elektřiny při jízdě například na dálnici palivové články mohou vyrábět pouze tolik elektrické energie, kolik se právě spotřebovává. V automobilu jsou baterie pouze pro případ velké spotřeby elektřiny, například při rychlém zrychlování plně zatíženého vozidla. Zjednodušenou ukázkou pohonného ústrojí nalezneme na obrázku 19. Díky absenci větších baterií nedochází k výraznému ovlivnění okolní teplotou těchto baterií. Stejně jako BEV dokáže i FCEV rekuperovat energii při brzdění.



Obrázek 19: FCEV [57]

Hlavní nevýhodou je výroba vodíku a cena FCEV automobilu. Výroba probíhá nejčastěji oddělením od zemního plynu, lze jej však vyrábět i jinými, ekologičtějšími metodami. Tato výroba je energeticky náročná a ztrátami je celkové množství energie využívané elektromotory v automobilu poloviční coby u bateriových elektromobilů. Cena za pořízení automobilu je potom téměř dvojnásobná, než u BEV a hybridů. To je zapříčiněno jak malosériovou výrobou, tak i množstvím platiny potřebné pro uskutečnění reakce vodíku. Cena za ujetou vzdálenost je také téměř dvojnásobná než u BEV, tato cena je ale vysoce závislá na počtu zákazníků. S přibývajícimi vozy by se tak mohla snižovat. Největším zastáncem této technologie je Toyota, která tvrdí, že plně elektrická auta jsou budoucností a palivové články jsou cestou, kterou by bylo vhodné se ubírat dnes a poukazuje na potíže baterií, které u vodíkem poháněných automobilech nejsou třeba. Toyota také tvrdí, že při výrobě vodíku z obnovitelných zdrojů by elektrická auta s palivovými články mohla být mnohem šetrnější k životnímu prostředí než klasická bateriová elektrická auta.

Složitém bodem je pak palivová nádrž a její tankování. Vodík je skladován pod vysokým tlakem, konkrétně mezi 35 až 70 MPa. Čím větší tlak, tím více paliva jsme schopni uskladnit ve stejně velké nádrži a u automobilu to následně znamená větší dojezd. I tankování vodíku do palivové nádrže tedy probíhá pod tímto vysokým tlakem. Nádrž v automobilu i na čerpací stanici musí být schopné tento tlak vydržet za různých tepelných podmínek, hadice na tankování je potom speciálním mechanismem zajištěna a tlakově utěsněna. Pravdou ovšem je, že díky této nádrži je automobil schopen vyrobit relativně velké množství energie, zpravidla tak automobily podobné hmotnosti s palivovými články mají větší dojezd než automobily s bateriemi. Poté je navíc řidič takového vozidla schopen doplnit nádrž a pokračovat v cestě během 5 minut. Vzhledem k objemnějším nádržím se tento systém příliš nehodí pro velmi malé automobily.

Nedostačující infrastruktura vodíkových čerpacích stanic aktuálně brání významnějšímu rozvoji této technologie. Tuto situaci BMW popisuje jako tzv. problém vejce a kuřete: „Dokud infrastruktura nebude dostačující, poptávka od zákazníků také nebude dostačující a výroba automobilů s palivovými články nebude pro výrobce výnosná. Dokud však nebudou na silnici automobily s palivovými články, čerpací stanice nebudou do rozšíření o vodík investovat.“ [57] Jelikož výroba vodíku může probíhat kdekoli s přístupem k vodě a elektřině, vyvstává možnost výroby vodíku přímo na čerpací stanici. Tím by se ušetřily velké náklady spojené s přepravou paliva.

I přes všechny překážky stále více výrobců automobilů investuje do technologie vodíkových palivových článků, s výrobci z Japonska a Německa v čele. Někteří snažení naopak ukončují, náklady za vývoj dle jejich vyjádření totiž nelze pokrýt. Infrastruktura a špatný způsob výroby vodíku se zdají být největšími problémy. Je možné, že právě tato technologie má budoucnost, prosazováním bateriových elektromobilů se k ní však nemusíme dopracovat.

2) Statistická část

2.1) Úvod

Ve statistické části jsem graficky zpracoval vývoj parametrů automobilů. Zaměřil jsem se hlavně na velmi běžné parametry, které mě zajímaly, popřípadě které by zajímaly běžného zákazníka a o kterých si myslím, že jsou užitečné. Zpracovával jsem vozidla pouze se spalovacími motory, vozidla hybridní a elektrické vozy. K tomu jsem využil informací ze serveru carfolio.com a údajů amerického energetického úřadu, který poskytuje volně k dispozici datasheet obsahující pro mou práci velmi užitečné informace.

Z obou serverů jsem sestavil tabulky v aplikaci Microsoft Excel. Data jsou strukturována do dvou samostatných tabulkových listů, na kterých jsou data dále rozdělena následovně:

- 1) **Carfolio** – obsahuje údaje o osobních automobilech od roku 1920 do roku 2020 ze serveru carfolio.com, tento list obsahuje celkem 50 054 automobilů z celosvětového trhu
 - **Označení automobilu** – Rok, Výrobce, Model
 - **Rozvržení automobilu** – Počet dveří, Typ karoserie, Umístění motoru, Poháněná kola
 - **Převodovka** – Počet rychlostních stupňů, Typ převodovky
 - **Motor** – Počet válců, Objem, Výkon, Typ paliva, Přepínání, Emise CO₂
 - **Velikost automobilu** – Hmotnost, Délka, Rozvor
 - **Poměry** – Poměr výkon-litry, Poměr výkon-hmotnost

- 2) **Energetický úřad** – obsahuje osobní automobily, dodávky, pick-upy a speciální účelové vozy, tento list obsahuje celkem 43 022 vozů pouze z Amerického trhu
 - **Označení automobilu** – Rok, Výrobce, Model
 - **Rozvržení automobilu** – Typ karoserie dle EPA, Poháněná kola
 - **Převodovka** – Typ převodovky, Počet rychlostních stupňů
 - **Spalovací motor** – Počet válců, Objem, Přepínání, Typ paliva, Emise CO₂, Emise CO₂ alternativního paliva
 - **Pokročilá technologie vozidla** – Hybridní a elektromobily, Speciální paliva
 - **PHEV, HEV** – PHEV mód, Spotřeba paliva ve městě HEV, Spotřeba paliva na dálnici HEV, Kombinovaný UF
 - **Elektrický pohon** – Elektrický motor, Nabíječka, Čas nabíjení při 240V, Alternativní nabíječka, Čas nabíjení alternativní nabíječkou při 240V, Spotřeba elektřiny ve městě, Spotřeba elektřiny na dálnici, Kombinovaná spotřeba elektřiny
 - **Spotřeba a dojezd** – Spotřeba paliva ve městě, Spotřeba alternativního paliva ve městě, Spotřeba paliva na dálnici, Spotřeba alternativního paliva na dálnici, Kombinovaná spotřeba paliva, Kombinovaná spotřeba alternativního paliva, Dojezd ve městě, Dojezd ve městě na alternativní palivo, Dojezd na dálnici, Dojezd na dálnici alternativní palivo

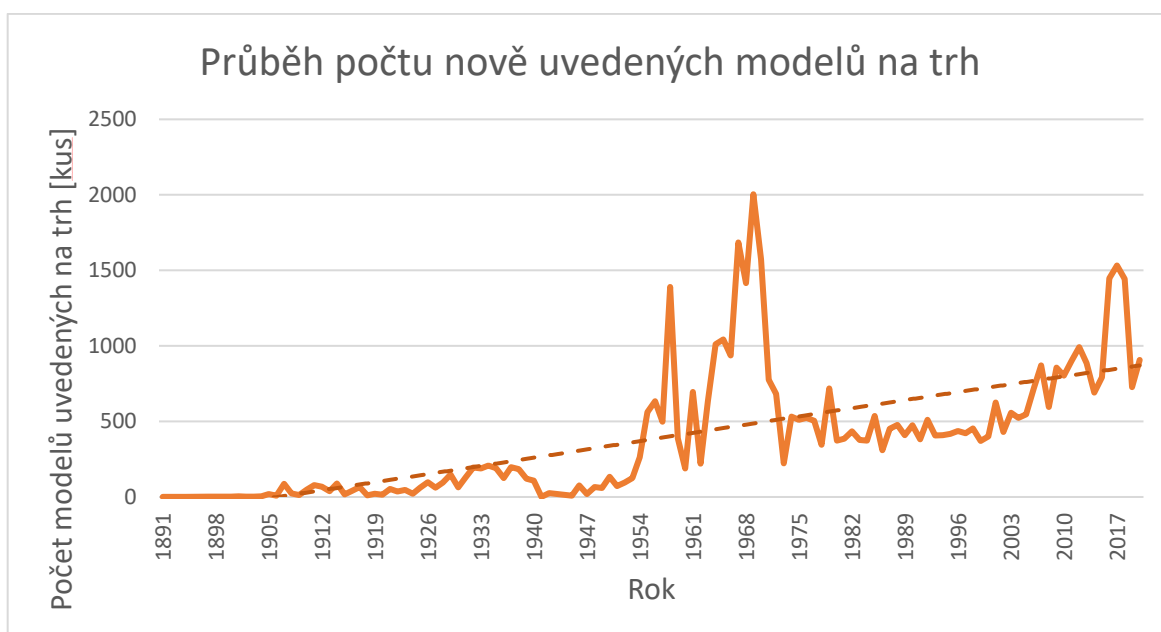
Uvedené rozvržení odpovídá Excelovým tabulkám. Přestože Carfolio obsahuje data z celosvětového trhu, stránka u menších výrobců z jiných než Amerických koutů světa neposkytuje vždy veškeré informace.

Rád bych se více vyjádřil k výběru jednotlivých parametrů, které jsem výše shrnul a zároveň tyto vybrané parametry použil k analýze trendů v automobilovém průmyslu. Primárně jsem k tvorbě grafů používal data z Carfolio vzhledem k většímu vzorku zahrnutí pouze osobních automobilů a zahrnutí automobilů z celosvětového trhu.

2.2) Označení automobilu

V prvním úseku je specifikováno, o jaký automobil se jedná, a to díky údajům o roku výroby vozidla, výrobce vozidla a označení příslušného modelu výrobcem vozidla. Díky těmto informacím je možné jasně identifikovat každý z modelů automobilu. Již v úvodu jsem specifikoval kritéria, která jsem si zvolil pro výrobce automobilů při tvorbě tabulek.

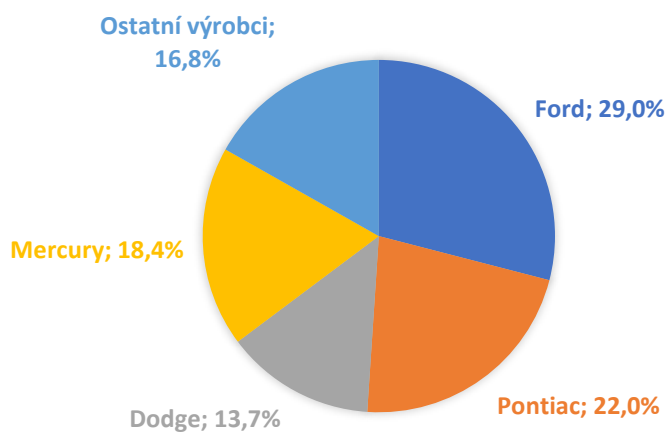
Tato data jsem využil ke znázornění počtu modelů automobilů uvedených na trh v průběhu let. Vzhledem k tomu, že v počátcích bylo vlastnictví automobilu spíše luxusem a celý automobilový průmysl se od té doby velmi rozrůstá a poptávka po nových vozech roste, předpokládal bych zde stálý růst. Jako model jsem uvažoval trochu jinou definici. Pokud byl automobil nabízen s různými variantami motorů, převodovek, pohonu kol nebo v jiné verzi karoserie, počítám to jako nové modely. Díky této definici nejsou zanedbány pohony všech kol, manuální, nebo automatické převodovky atp. u různých modelů automobilů. Pro příklad, pokud byl Ford Mustang nabízen s motorem V8 a se slabším EcoBoost, budeme mít v tabulce dva modely.



Graf 1: Průběh počtu nově uvedených modelů na trh

Z vynesného grafu lze vidět, že i přes jistou oscilaci opravdu dochází k růstu modelů automobilů uvedených na trh každým rokem. Tento graf, stejně jako téměř všechny zbylé, je proložen polynomem 3. stupně. Zde tento polynom vypadá jako lineární spojnice trendu. Z grafu lze vidět, že mezi lety 1955 a 1970 došlo k několika vysokým výhybkám. Tyto výhyčky jsou z velké části vozy téměř totožné, pouze uvedené v rozdílných variantách, což se týká počtu rychlostních stupňů, či počtu dveří a následné kombinace těchto změn. V těchto letech má na počtu nových modelů největší podíl Ford, který například v roce 1968 uvedl na trh 411 modelů z celkových 1416, procentuální podíl jsem vynesl do následujícího grafu.

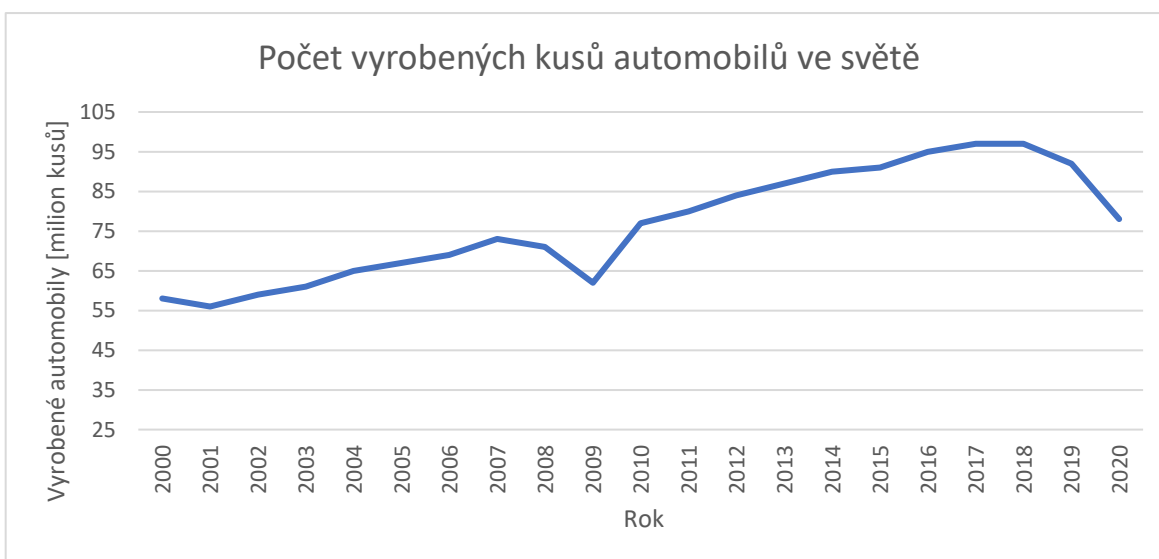
PODÍL NOVĚ UVEDENÝCH MODELŮ V ROCE 1968



Graf 2: Podíl nově uvedených modelů v roce 1968

Ford tedy pokračuje ve výrobě a prodeji lidových vozů, tak jako v jeho éře Modelu T. Automobilový průmysl v USA byl v této době na absolutním vrcholu, alespoň tak by naznačovaly tyto grafy. Hlavní příčinou je výroba vozů téměř totožných, odlišujících se například motorem. Tuhle taktiku aplikovalo více amerických výrobců, viz graf 2 a výsledkem je, že tito výrobci vyráběli přes 80 % všech modelů v roce 1968. Zbýlých téměř 17 % jsou ostatní výrobci z celého světa, kteří automobily nabízeli ve výrazně méně specifikacích. Jelikož Carfolio je stránkou americkou, historické automobily jsou zdokumentovány v Americe více detailně než ve zbytku světa. U amerických automobilů také není výjimkou, že jsou nabízeny ve více variantách. Kdybychom vzali v úvahu pouze modely dle klasické definice, tak nicméně dostaneme podobný výsledek. Evropské a asijské automobilky uváděly v těchto letech na trh méně automobilů, co se modelů týká, než Američané.

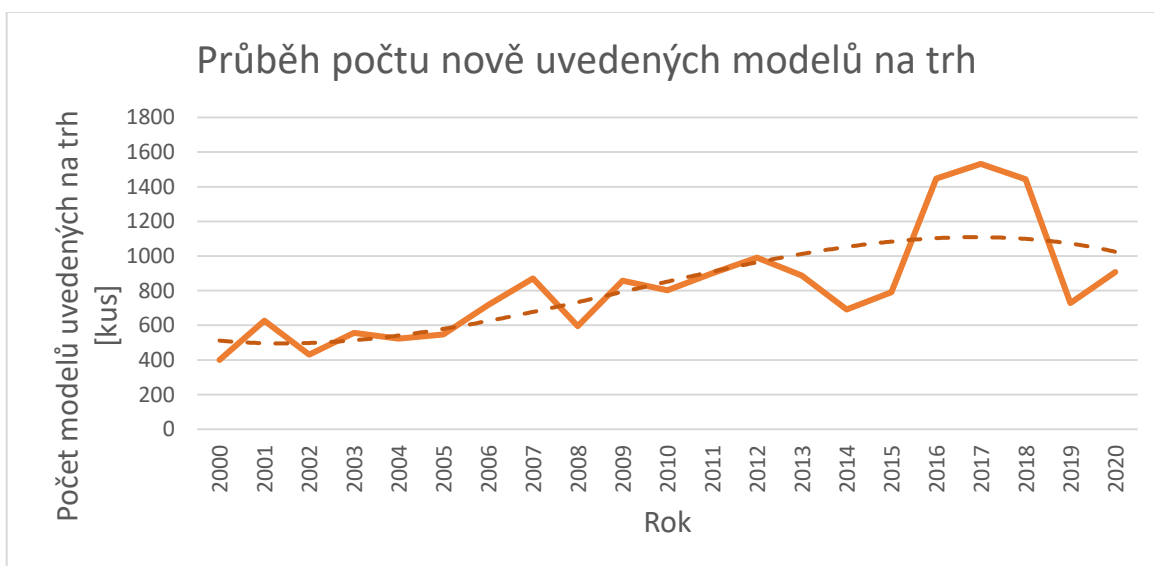
Pokud se ovšem vrátíme zpět k původní myšlence, opravdu nám z grafu 1 vyplývá, že počty nově uvedených modelů stoupají. Od roku 2000 je stoupání dokonce zrychleno a jednotlivé modely se od sebe již velmi výrazně odlišují. Toto stoupání by se nemohlo dít bez poptávky, ta nám vždy určuje, kterým směrem se trh bude ubírat, lze tedy vyvodit, že i poptávka po nových vozech stoupá a s cílem výroby perfektního vozu pro jakéhokoli zákazníka automobilky rozšiřují své modelové řady.



Graf 3: Počet vyrobených kusů automobilů ve světě

Na grafu 3 je vidět světová produkce automobilů, tak jak je na serveru Statista. Lze vidět celkový růst, mimo rok 2009 a roky 2019 a 2020. V roce 2009 byla produkce ovlivněna finanční krizí, která začala již v roce 2008. O této krizi lze nalézt spoustu informací a je zajímavé ji vidět i v grafické podobě na téma produkce automobilů. Propad produkce osobních vozů činil 18 % oproti roku 2007. Zajímavostí může být, že česká Škoda v těchto letech vykazovala jako jedna z velmi mála automobilek růst prodeje svých vozů. V roce 2019 a 2020 potom bohužel vina za snížení produkce automobilů padá na světovou pandemii. Její důsledky ovlivnily světovou ekonomiku ve veřejných i soukromých sektorech. V roce 2021 je očekáván nárůst produkce, díky zotavování se z této pandemické situace.

Z kombinace tohoto grafu a výřezu grafu 1 k zobrazení stejného rozpětí, tedy 2000 až 2020, který můžeme vidět dole na grafu 4, můžeme vyvodit zajímavý závěr. Neroste nutně produkce jednoho modelu, ale spíše se trh diverzifikuje. Přibývají nové modely, které jsou odlišné od stávajících modelů pro zaujetí jiných zákazníků, než kteří by byli zaujati stávajícími modely. Výrobci se tak snaží vyrábět automobily pro spokojenost všech a tím udržet zákazníky u svých vozů.

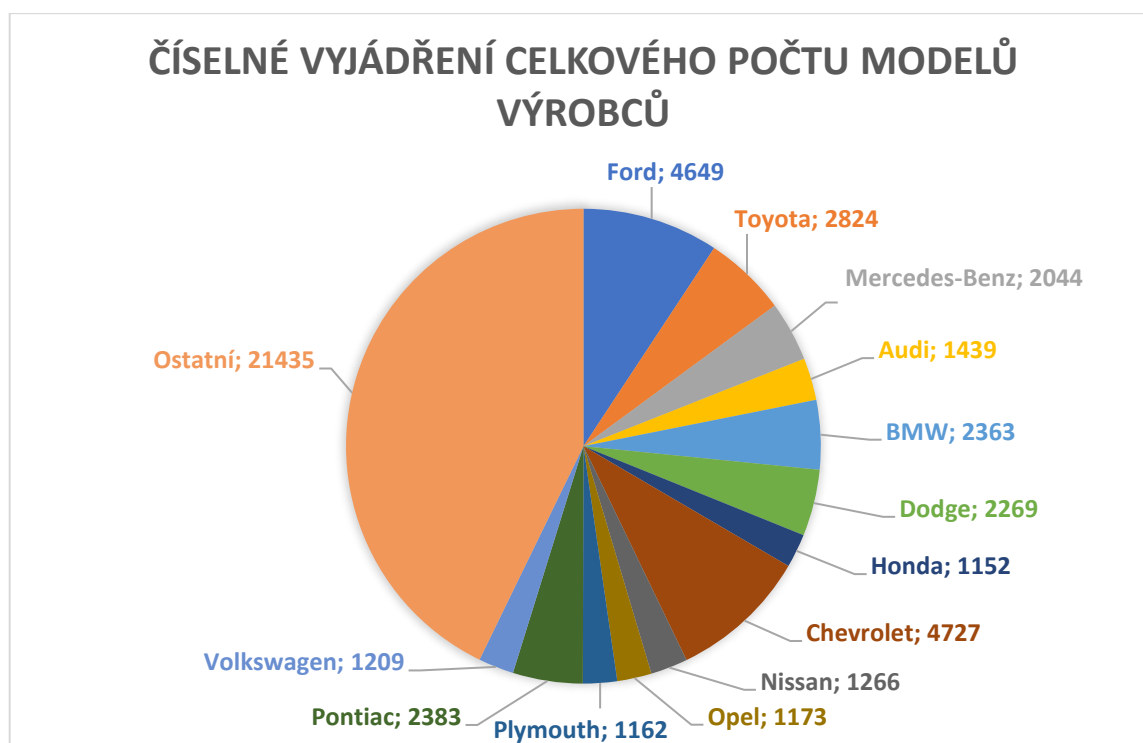


Graf 4: Průběh počtu nově uvedených modelů na trh

Vzhledem k trendu těchto grafů bychom navíc mohli předpokládat, že bude i nadále pokračovat růst, to si můžeme i částečně odůvodnit při pohledu na Čínu. Čína je obrovská země s vysokou populací, která se velmi rychle rozvíjí, kupují velké množství automobilů, ale i vyrábí velkou část automobilů, či jejich součástí. V průběhu posledních let je zde automobilový průmysl na vzestupu, poptávka zde také roste a předpokládá se, že to tak bude i nadále pokračovat.

Posledním grafem, nad kterým bych se rád pozastavil v této části, je grafické znázornění podílu počtu modelů z celkového vyrobeného množství modelů. V mé tabulce je celkem 50 095 modelů automobilů a dá se předpokládat, že největší podíl zde budou mít výrobci, kteří historicky vyrábí auta mnoho let. Dále by měli být natolik úspěšní v prodeji svých aut, že si mohou dovolit jich vyrábět velké množství a to jak kusů jednotlivého modelu automobilu, tak i jednotlivých modelů. Jejich úspěch bude potom znamenat specializaci svých stávajících modelů pro zákazníky v různých koutech světa a tím tvorbu dalších modelů.

Samostatně jsou vypsáni a znázorněni v grafu pouze výrobci, kteří vyrobili více než 1000 různých modelů, například česká Škoda se svými 469 modely byla zahrnuta do kategorie ostatní.



Graf 5: Číselné vyjádření celkového počtu modelů výrobců

Z grafu je patrné, že se opravdu jedná o dlouhodobě úspěšné celosvětově známé automobilky. Ford a Chevrolet, oboje Americké automobilky, jsou se svými více než čtyřmi a půl tisíci modelů daleko nad konkurencí z Německa i Japonska. To je zvláštní, vzhledem k tomu, že všechny tyto automobilky byly založeny v letech 1900 až 1935, během kterých nebyla velká produkce aut mimo Ford, který zde vyráběl jeden z nejúspěšnějších automobilů v historii, Model T. Velký podíl na tom mají i různé varianty jednoho vozu lišící se typem převodovky, počtem dveří, či typem karoserie, jak jsem již zmínil dříve. Z toho se dá vyvodit, že u Amerického Fordu, či Chevroletu bychom si měli být schopni vybrat konfiguraci vozu, která plně, či přesněji splňuje naše požadavky než u konkurence, jelikož je jejich paleta modelů, alespoň historicky, větší.

Zajímavostí zde je značka Plymouth, která zanikla před 10 lety, a i přesto má podíl 2,3 % se svými 1162 modely. Jedná se o jediný exemplář automobilky, která vyrobila více než 1000 různých modelů a zanikla, podobným exemplářem je potom automobilka Mercury, která vyrobila 719 různých modelů a zanikla. V obou případech šlo o automobilky spadající do velkého koncernu a jde hovořit spíše o přeskupení. V dnešní době je téměř každá automobilka vlastněna některou jinou a buď je z marketingového hlediska výhodné vlastnit více těchto automobilek a propagovat některou jako prémiovou značku a jinou jako značku vyrábějící běžné vozy (například Infinity a Nissan), nebo je to nevhodné a automobilka zanikne.

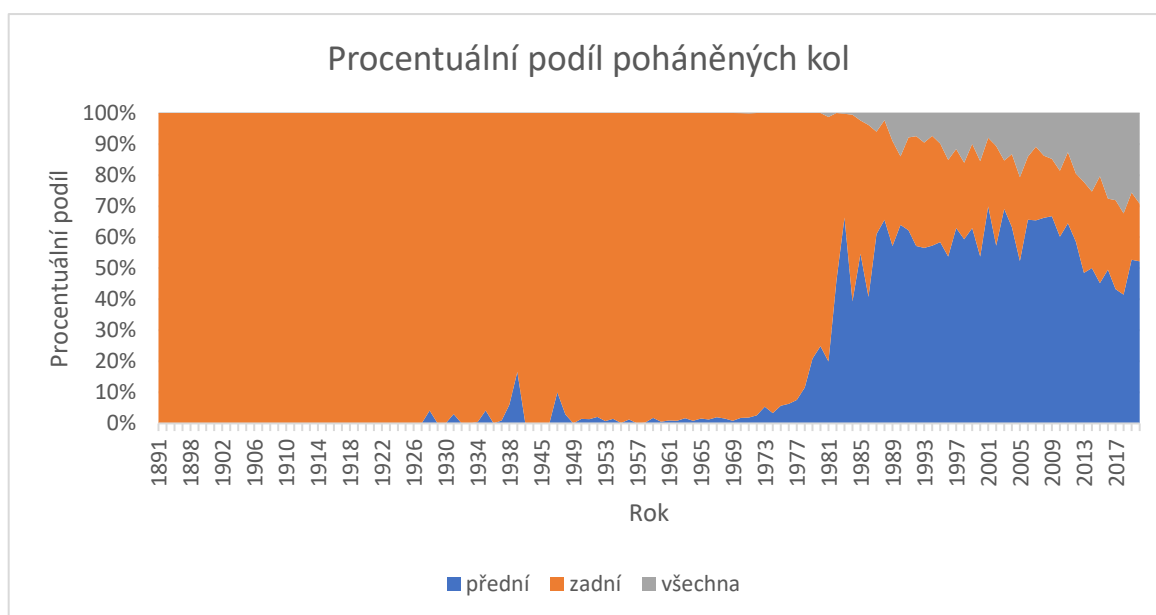
2.3) Rozvržení automobilu

V této sekci je možné zjistit, kde je umístěn motor, která kola jsou poháněna, jaký typ karoserie auto má či kolik má dveří. Takto si můžeme udělat přibližnou představu o tom, jak daný vůz vypadá, jak prostorný bude a pro koho je určen, jak se bude chovat na silnici, nebo jak jej majitelé hodlají používat.

Prvně bych se podíval na umístění motoru a poháněná kola. Zpravidla platí, že pokud budeme mít umístěn motor nad nápravou, kterou chceme pohánět, bude motor umístěn výš. Vyšší umístění motoru ovlivňuje polohu těžiště vozidla, proto se toto řešení moc nepoužívá u sportovních vozů. U

sportovních vozů se nejčastěji setkáme s umístěním motoru uprostřed, čímž se zároveň dosáhne dobrého hmotnostního rozdělení mezi přední a zadní nápravou. Méně často výrobci umístí motor ve sportovních vozech dopředu, někdy ale až za přední nápravu tak, že motor není umístěn nad přední nápravou, nýbrž mezi nápravami. Takovým příkladem by byl Dodge Viper či Mercedes-Benz GT. Téměř ojedinělým řešením specifickým pro vozy Porsche je umístění motoru nad zadní nápravou a zároveň pohon zadních kol, případně všech kol.

V běžných osobních vozech se ovšem setkáme většinou s umístěním motoru nad přední nápravou a pohonem předních kol, či zadních kol. Obě varianty disponují praktičností tohoto řešení, kdy vzadu může být umístěn rozměrnější kufr. Varianta s pohonem zadních kol potom bude sportovnější a bývá oblíbenou zejména u mladších řidičů. Celkový procentuální podíl tří základních druhů pohonu kol v průběhu let jsem vynesl do grafu 6.



Graf 6: Procentuální podíl poháněných kol

Co se týká poháněných kol, tak zde je rozlišeno, jestli se jedná o pohon kol předních, zadních nebo všech. Není dále rozlišováno, o jaký typ pohonu všech kol se jedná, jakého typu nápravy jsou atp. Z grafu vidíme, že pohon zadních kol je dlouhou dobu dominantním způsobem pohonu vozidla. Z konstrukčního hlediska je to nejjednodušší možnost pohonu kol a je tedy pochopitelné, že byla používána v počátcích automobilů, kdy ještě materiálové inženýrství a výrobní technologie nebyly na dostatečně vyspělé úrovni. Automobily byly těžké, jejich tvary velmi jednoduché a pohon zadních kol konstrukci automobilu nijak nekomplikoval. S postupným vývojem se stal výhodnější pohon předních kol, minimálně pro běžné osobní automobily a dochází k radikálnímu vytlačení pohonu zadních kol v 80. letech. Zde se opravdu potvrzuje, že většina modelů automobilů obsahuje pohon předních kol. Nelze však zanedbat rozvoj pohonu všech kol.

Pohon všech kol může znít lákavě pro použití ve všech autech, jde však o mnohem složitější a dražší řešení, než je pohon jedné nápravy, proto není tak běžně používán. Subaru a Audi se svými systémy tohoto pohonu velmi propagují a jedná se, dle mého názoru, o jedny z nejlepších systémů pohonu všech kol. To je ostatně zapříčiněno jejich vývojem ve světě Rallye. Systémy podobného charakteru má i BMW v podobě X drive, Mitsubishi, Nissan aj.

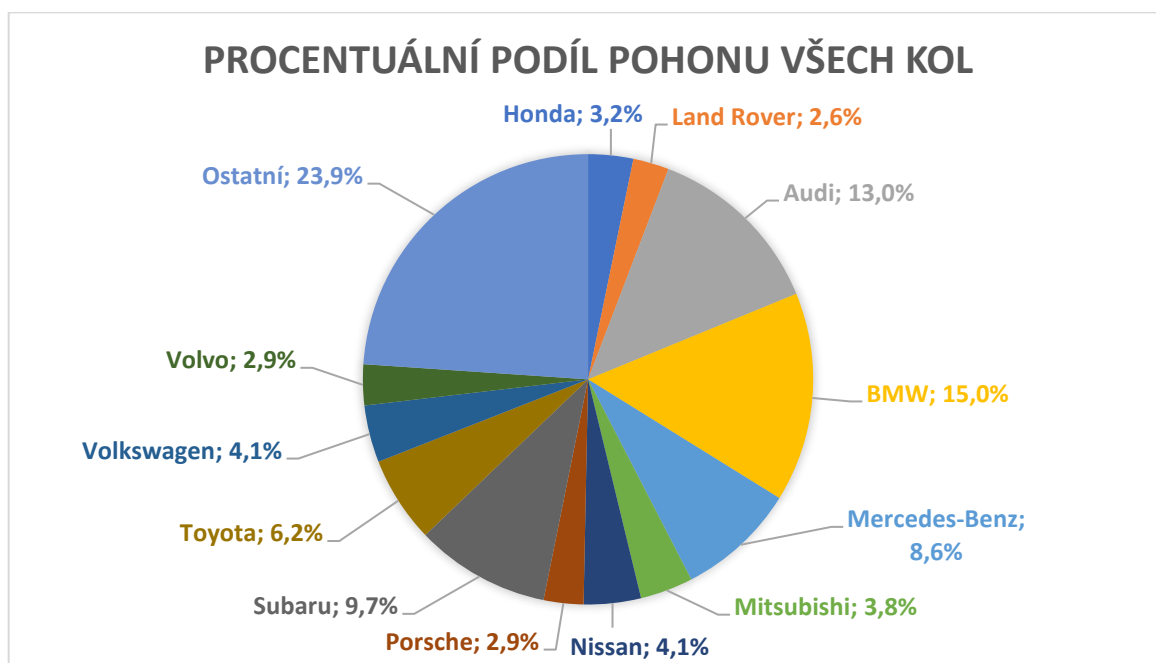
Druhou variantou jsou terénní vozy, které používají jiný způsob pohonu všech kol a často disponují uzavíratelnými diferenciály pro výraznější terénní aplikace. Do větších podrobností zde není třeba

zabíhat, protože na téma pohonu všech kol zpracoval kolega Marek Velát bakalářskou práci Vývoj pohonu všech kol u osobních vozidel.

Poslední variantou je pohon všech kol v hybridních a elektrických vozech pomocí elektromotorů. Tento způsob je specifický tím, že v případě jednoho elektromotoru pohánějícího pouze jedno kolo, je veškeré řízení pohonu všech kol prováděno elektronickou regulací motorů, nikoli mechanickými diferenciály.

Jak vývoj pokračuje, jednoduchý systém pohonu všech kol se stává stále levnější možností a bude se tak nejspíše objevovat ve stále větším množství automobilů. K rozmachu pohonu všech kol přispívají i elektromobily, které velmi často disponují pohonem všech kol. To jde opravdu vidět v závěrečné fázi grafu, kde od 80. let minulého století probíhá pozvolný nárůst modelů s pohonem všech kol na úkor pohonu předních kol. Pohon zadních kol se ve svém počtu snižuje jen mírně oproti pohonu předních kol, který s pokračujícím trendem může být brzy rovněž ojedinělým způsobem pohonu vozidla.

Celkově bylo uvedeno na trh 4267 modelů s pohonem všech kol, to se rovná 8,5 % z celkového počtu osobních automobilů v historii dle mnou shromážděných dat.



Graf 7: Procentuální podíl pohonu všech kol

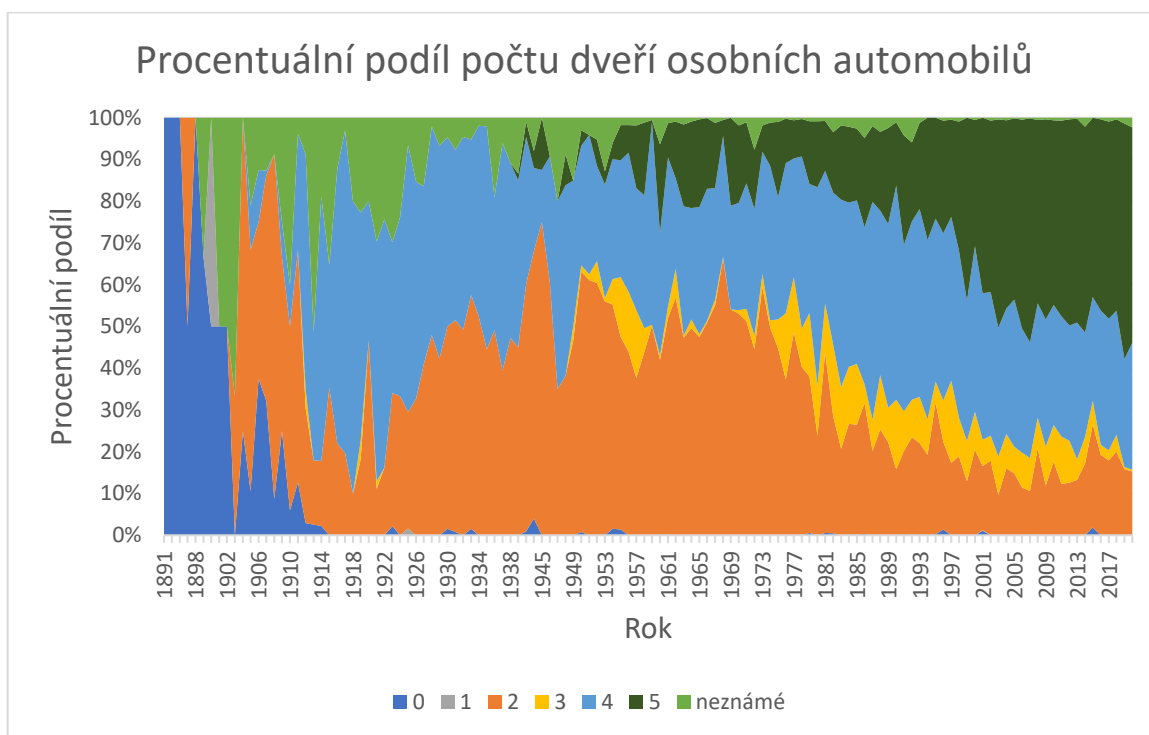
V grafu 7 tento údaj nenajdeme kvůli přehlednosti, ale pro zajímavost bych uvedl, že Ford, světově jeden z největších výrobců, má pouze 50 modelů s pohonem všech kol za celou svou existenci, Škoda má modelů 65. Je tedy vidět, že každý výrobce má jiný přístup k implementaci pohonu všech kol. Výrobci terénních vozů, zde například Land Rover, používají pohon 4x4 ke zlepšení terénních vlastností, pohon všech kol výrobců účastníků se hlavně závodů Rallye, ale i jiných motosportů, tyto systémy vyvíjí právě pro tyto závody ke zlepšení ovladatelnosti, akcelerace či zrychlení průjezdu zatáčkami. Pro tyto výrobce je tedy finančně nenáročné již vyvinutý systém použít v produkčních vozech.

V grafu 7 zobrazující procentuální podíl pohonu všech kol dále vidíme všechny tři významné Německé výrobce, již zmíněné Audi a BMW a Mercedes-Benz, který za svými primárními rivaly sice trochu zaostává, ale rovněž má velké množství modelů s pohonem všech kol. Zajímavé je, že zde je

spousta výrobců z Japonska. Japonci v jejich automobilech hledí na nejnovější technologie, pohon všech kol k nim tudíž rozhodně patří. Navíc se někteří z nich opět účastní Rallye či jiných motosportů.

Celkově lze říci, že v množství modelů s pohonem všech kol vedou automobilky z Německa. Audi a BMW v čele, jediný Mercedes byl překonán Subaru a následují automobilky z Japonska. Mimo Land Rover, který je jediným výrobcem pouze terénních automobilů, se jedná o výrobce převážně silničních automobilů, popřípadě SUV.

Dále bych se podíval na typ karoserie a počet dveří. Nejdříve bych se zabýval právě počtem dveří. Do grafu 8 jsem vynesl na časovou osu počet dveří v procentech. Setkáme se zde s klasickými možnostmi 3 a 5 dveří, ale i s jinými konfiguracemi. V počátcích automobilů dveře na vozech často nebyly, proto se zde můžeme setkat s možností 0 dveří. Rychle se však dostaneme ke klasickému rozložení, tak jak jej známe dnes. Další zajímavou možností jsou jedny dveře. To probíhá ve všech případech z tabulky odklopením horní části karoserie i s oblastí dveří. Tento systém najdeme například u vozu Pininfarina Osee z roku 2001. Poslední raritou je vůz Mercedes-Benz 600 Pullman z roku 1964. Jedná se o dlouhý vůz velmi blízký limuzíně s třemi dveřmi na jedné straně a dvěma na druhé. Se zahrnutím dveří zavazadlového prostoru potom dostáváme jediný vůz v tabulce se 6 dveřmi.

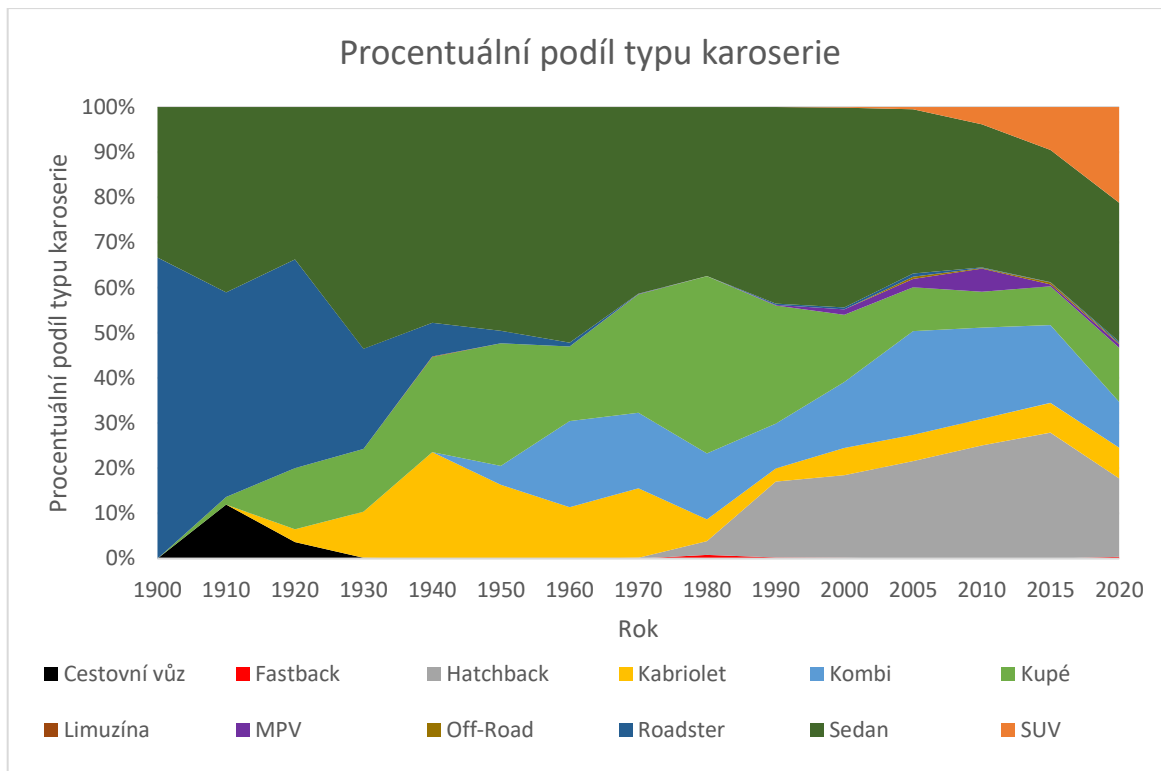


Graf 8: Procentuální podíl počtu dveří osobních automobilů

V počátcích grafu se často shledáme s možností neznámé. Ta označuje automobily, u kterých nebyl počet dveří uveden. Lze vidět, že modrá barva značící 0 dveří opravdu velmi rychle mizí a na scéně se objeví jako dominantní varianta od roku 1903 dvojice dveří. V roce 1914 proběhne velký nástup automobilů se 4 dveřmi a od této chvíle je to souboj veskrze pouze dvou konfigurací. Relativně nevýznamně se objevuje varianta tří dveří, která je populární od poloviny sedmdesátých let minulého století cca do roku 2011. Pětidveřová varianta se objevuje v padesátých letech, ale její významný růst probíhá až v devadesátých letech. S postupným růstem pětidveřové varianty ustupuje varianta s dvěma dveřmi. Dnes pětidveřová varianta zaujímá většinu modelové řady. Dle trendu růstu této varianty potom můžeme předpokládat, že bude růst pokračovat. Ústup

dvoudveřové varianty se zastavil, třídvěřová varianta je v modelových řadách téměř raritou, výraznějšího ústupu je tedy schopna pouze čtyřdvěřová varianta.

Dále jsem vypracoval graf zobrazující typy karoserie automobilu. Pro větší přehlednost je graf zobrazován od počátku až do roku 2000 po deseti letech, od roku 2000 po pěti letech. Díky tomu jde v grafickém zobrazení snadněji vidět vývoj, což by v jiných konfiguracích bylo nepřehledné.



Graf 9: Procentuální podíl typu karoserie

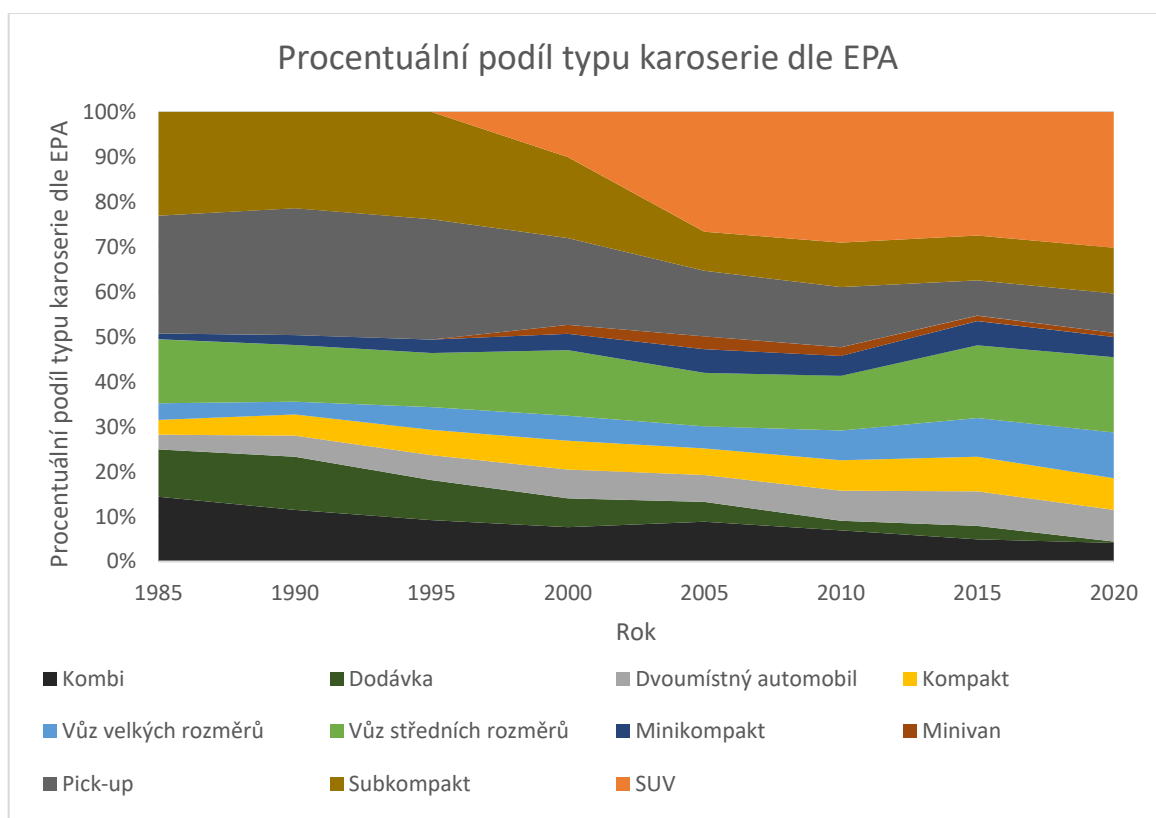
Najdeme zde dnes již dobře známé typy jako hatchback, kabriolet, kombi, SUV, sedan a další. Nejčastější typy nejspíše netřeba dále popisovat, ostatní by ale bylo dobré si upřesnit, co vlastně znamenají. Kabriolet a roadster jsou velmi podobné, zatímco ale kabriolet má místo pro čtyři, roadster pouze pro dva. Multi-purpose-vehicle neboli MPV, česky potom víceúčelové vozidlo tvarově připomíná dodávku, má velký nákladový prostor, popřípadě třetí řadu sedaček. Cestovní vůz, přeloženo z anglického názvu tourer, je velmi zastaralým typem karoserie, v mé tabulce se s ním po roce 1926 již nesetkáme. V době, kdy automobily zdaleka nevypadaly jako dnes se takto označovaly vozy určené pro dlouhé cesty, které pasažéři trávili v luxusních sedačkách a často se staženou střechou. Jedná se o kombinaci kabrioletu a kombi, kde natahovací střecha často zakrývala pouze zadní sedačky a řidič tak byl zcela nechráněn okolním živlům. Posledním méně známým typem je fastback. Ten vychází z hatchbacku, je ovšem dvoumístný a jeho zád' klesá prudčeji, navíc se kufr neodklání i se zadním oknem. Zajímavostí potom je otevřený sportovní automobil, kterým je Ferrari Monza SP1 a SP2 z roku 2018. Tato auta nemají ani čelní sklo, ani střechu a místo pouze pro jednoho (SP1), nebo pro dva (SP2). Jelikož se jedná o jediné dva exempláře v mé tabulce, dovolil jsem si je zanedbat.

V grafu 9 lze vidět, že dlouhodobě velmi oblíbeným typem karoserie je sedan, jehož bylo vyrobeno o 10 000 více modelů než kteréhokoli jiného typu karoserie. Toto zjištění koresponduje se zjištěním relativně velké oblíbenosti čtyřdvěřové varianty, což jsou většinou sedany. Jeho popularita dnes je velmi

podobná popularitě v počátku 20. století. To nelze říci o cestovním voze, který s postupným vývojem automobilu ve své původní podobě zanikl v druhé polovině minulého století.

Velmi populárními typy minulého století jsou kombi, kupé a kabriolet. Ke konci se setkáváme s nástupem hatchbacků. Poté se ale objevuje trend SUV a jeho důsledky můžeme vidět v posledních 15 letech grafu, kdy převážně hatchback a kombi je vytlačováno z trhu. Tím samozřejmě nejde říci, že je těžké koupit hatchback. Lze tím ovšem potvrdit, že u SUV proběhl významný nástup na popularitě a vzhledem k postoji zákazníků i výrobců lze předpokládat, že tento trend bude pokračovat a modelových řad SUV bude přibývat.

Pokud bychom se podívali na typ karoserie v datech Amerického emisního úřadu, shledáme se s trochu jiným rozdělením karoserií, jelikož vychází z klasifikace dle úřadu EPA. EPA je zkratkou Environmental Protection Agency, neboli Úřadem pro ochranu životního prostředí. Některá rozdělení jsou stejná, je jimi SUV, Kombi a dodávka, která v předchozích datech nebyla. Vyskytuje se zde navíc i Pick-up, který je na americkém trhu stále velmi populárním vozidlem, dále Minivan, vozidlo vycházející z dodávky určené pro přepravu většího množství lidí, obvykle má tedy 7 míst. Zvláště zde jsou také vedeny dvoumístné automobily. Následně na základě délky automobilu a kombinovaného vnitřního prostoru pro pasažéry a prostoru zavazadlového se dělí na Kompakty, Subkompakty, Minikompakty, auta středních a velkých rozměrů a nakonec speciální účelová vozidla. Speciální účelová vozidla jsem si dovozil z analýzy vynechat, jelikož se jedná například o policejní či hasičská vozidla, která nejsou běžnými produkčními automobily, které si může kdokoli koupit. Definici zmíněných automobilů si nyní vysvětlíme přímo v kombinaci s grafickým znázorněním jejich modelové popularity v grafu 10.



Graf 10: Procentuální podíl typu karoserie dle EPA

Nejlepším příkladem velikostního odlišení jednotlivých typů je vnitřní kombinovaný prostor. Odstupňování jednotlivých automobilů vypadá následovně:

- Minikompakt: méně než 2407 l
- Subkompakt: 2407 – 2831 l
- Kompakt: 2832 – 3114 l
- Vozy středních rozměrů: 3115 – 3398 l
- Vozy velkých rozměrů: více než 3398 l

Číselné hodnoty se mohou zdát náhodné, vychází však většinou z násobků deseti kubických palců, ty po převedení na litry používané ke klasifikaci objemu prostoru automobilu v Evropě působí zvláště. Celkově je z těchto definic automobilů jasnější jejich celková velikost, jejich tvar je však jasnější z nám známých Evropských definic typů karoserie, viz předchozí graf 9. Navíc některé vizuálně velké automobily mohou skončit v kategorii, která je spojována s automobily velmi malými, příkladem je Bentley Continental GT ve verzi kabrioletu, který patří do kategorie Minikompakt, přestože se viditelně jedná o jeden z výrazně rozměrnějších automobilů.

V čem se tento graf shoduje s předchozím grafem je vzestup popularity SUV a vytlačení jiných typů karoserie tímto typem. Jelikož tato data pochází z amerického trhu, vidíme velký podíl pick-upů, hlavně koncem minulého století, ty jsou však spolu se Subkompakty vytlačeny nástupem SUV nejvíce. Zároveň s nástupem SUV se zmenšuje podíl dodávek a kombíků.

Kromě nárůstu podílu SUV probíhá mírný nárůst u dvoumístných automobilů a kompakťů. Trochu výraznější nárůst lze vidět u automobilů velkých a středních rozměrů. Po uvážení těchto proměnných lze konstatovat, že dodávky, pick-upy a kombi jsou nahrazovány primárně SUV, které zde výrazně nastupuje trochu dříve než u světových dat a následně osobními automobily velkých a středních rozměrů.

Z obou grafických znázornění je vidět ústup zejména kombi korespondující s nástupem SUV. Ten je velmi výrazný v posledních 15 letech jak na celosvětovém, tak i na americkém trhu.

2.4) Převodovka

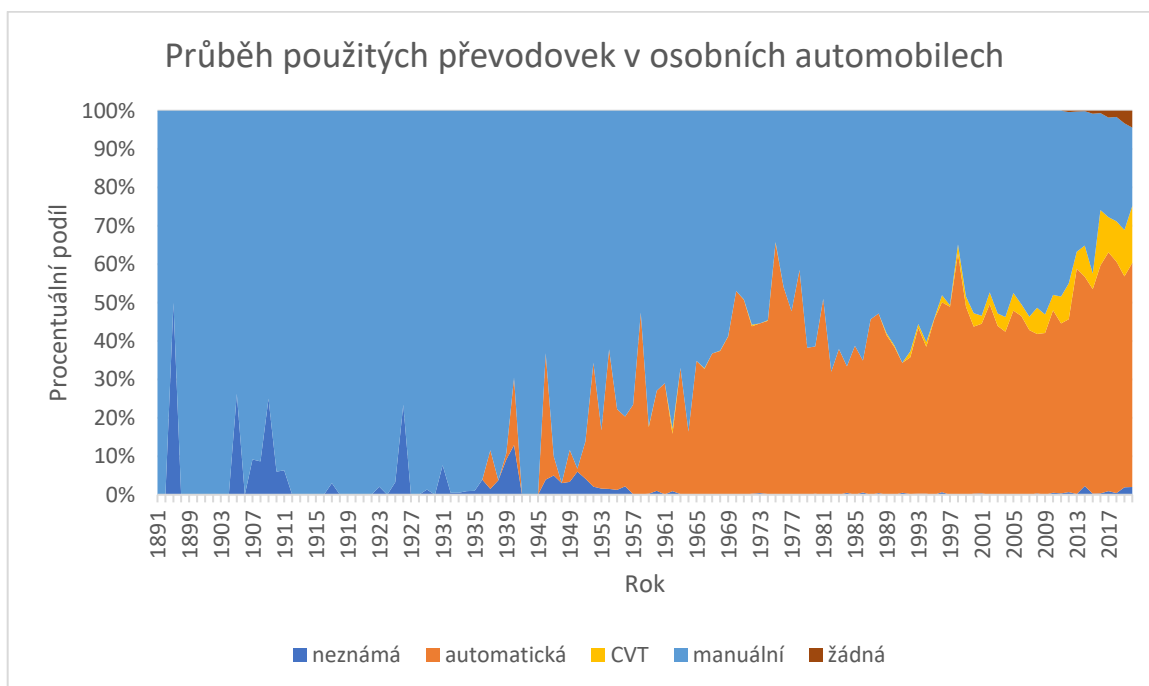
Zde se dozvíme nejdůležitější informace o převodovce a to, zda je automatická, manuální, typu CVT, nebo auto například převodovku nemá vůbec. S absencí převodovky se setkáváme pouze u elektrických aut u nichž stejně jako u automobilů se systémy CVT probíhá plynulá změna převodového poměru. U elektromotorů k tomu dochází přímo v těchto motorech a jelikož elektromotory generují maximální kroutící moment v nulových či velmi nízkých otáčkách, není třeba pomocných zařízení k rozjezdu automobilu. Nelze tak specifikovat počet převodových stupňů ba co víc, automobil nemusí mít převod žádný či pouze stálý převod z elektromotoru na kola.

Převodovka s plynulou změnou převodového poměru CVT je rozlišena od automatických, jelikož se jedná o jedinou automatickou převodovku bez pevně daných převodových stupňů a výrazně se tak liší od ostatních. Tato převodovka je používána u spalovacích motorů, kde je potřeba motor udržovat v pracovních otáčkách, zatímco otáčky kol se budou měnit. K tomu je většinou používáno řemenů. Do této kategorie je zahrnutý i systém, který Toyota nazývá eCVT. Zahrnut je zde spíše z důvodu respektování názvu daným výrobcem, jelikož s klasickým CVT principem nemá nic společného. Jedná se o systém určený pro hybridní automobily, který umožňuje automobilu provoz pouze na spalovací motor, pouze na elektrický motor nebo jejich společnými silami. Svým chováním připomíná právě klasickou převodovku CVT.

Počet převodových stupňů je podstatným parametrem u převodovek manuálních a automatických. Do převodovek automatických jsou zahrnuty převodovky dvouspojkové, planetové a automatizované. Automatizovaná, taktéž robotizovaná, je principiálně manuální převodovka s počítačem ovládaným řazením.

Jako manuální převodovka je tak tedy v tabulce uvedena pouze převodovka s řadící pákou pevně propojenou s řadící vidlicí, kde pohybem těchto součástí přímo zvolíme rychlostní stupeň. Jinými slovy ke zvolení převodového stupně není třeba žádný počítač, který by rychlost volil za nás jakýmkoli způsobem.

Z těchto dat jsem vyhodnotil, který typ převodovky výrobci používají (popřípadě je-li vůz elektrický bez převodovky).



Graf 11: Průběh použitých převodovek v osobních automobilech

Z průběhu lze vidět postupný ústup manuálních převodovek a jejich náhrada převodovkami automatickými, které se dle mého grafu na trhu objevují kolem roku 1939, což koresponduje se skutečností. Manuální převodovka je opět nejjednodušším konstrukčním řešením a dává tak dokonalý smysl, že se jedná dlouho o nejpoužívanější řešení. V sedmdesátých letech poprvé převažuje převodovka automatická, která od roku 2000 zaujímá většinu převodovek. Cca od roku 1990 se objevuje a postupně probíhá navyšování podílu vozů s převodovkou typu CVT. Od roku 2010 lze také vidět, že přibyl nový způsob – žádná převodovka. To přímo koresponduje s nástupem elektromobilů.

Lze předpokládat vzhledem k datům a přístupu výrobců, že bude dále probíhat ústup manuální převodovky. Nemyslím si, že dojde k jejímu úplnému vymizení, nadšenci do automobilů si nejspíš rádi za manuální převodovku i připlatí, ale půjde o minimum případů, kdy bude vůbec nabízena jako možnost pro daný automobil. Může tak jít například o příplatkovou výbavu budoucnosti.

CVT a elektrický pohon bez převodovky z vynesných dat vypadá, že bude pokračovat v růstu. V případě CVT je největším problémem kombinovat přenos vysokého výkonu a dlouhou životnost tohoto systému. Plynulá změna rychlosti navíc probíhá bez rázů způsobených řazením rychlostí. To

bylo dříve opět nechtěnou vlastností zákazníků a tak některé vozy s převodovkou typu CVT uměle tyto rázy vytvářely ve snaze imitovat manuální převodovku. S pokračujícím vývojem určitě dojde ke zlepšení těchto vlastností a převodovku typu CVT tak budeme moci spatřit ve více vozech. Nemyslím si však, že půjde o velmi časté řešení.

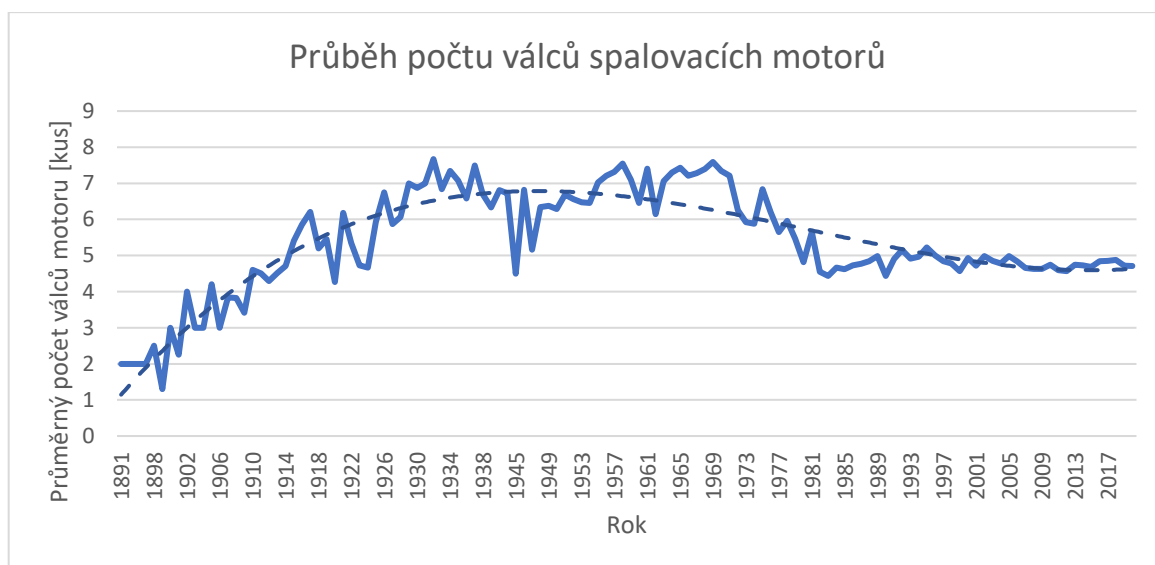
Elektrický pohon je zatím držen zkrátka. Důvodem jsou nám známé akumulátory, které jsou pro provoz automobilu zatím nevýhodné. S vývojem nové převratné technologie by však mohlo dojít k zaplavení trhu auty plně elektrickými. S novými auty a generací zákazníků by plynulá změna převodového poměru nemusela působit problém.

Zabývat se parametry převodovky detailněji, to znamená i počtem převodových stupňů atd. je z mého pohledu zbytečné, jelikož se touto problematikou zabývali jiní kolegové v jejich bakalářských pracích, proto pokročím rovnou k další oblasti.

2.5) Motor

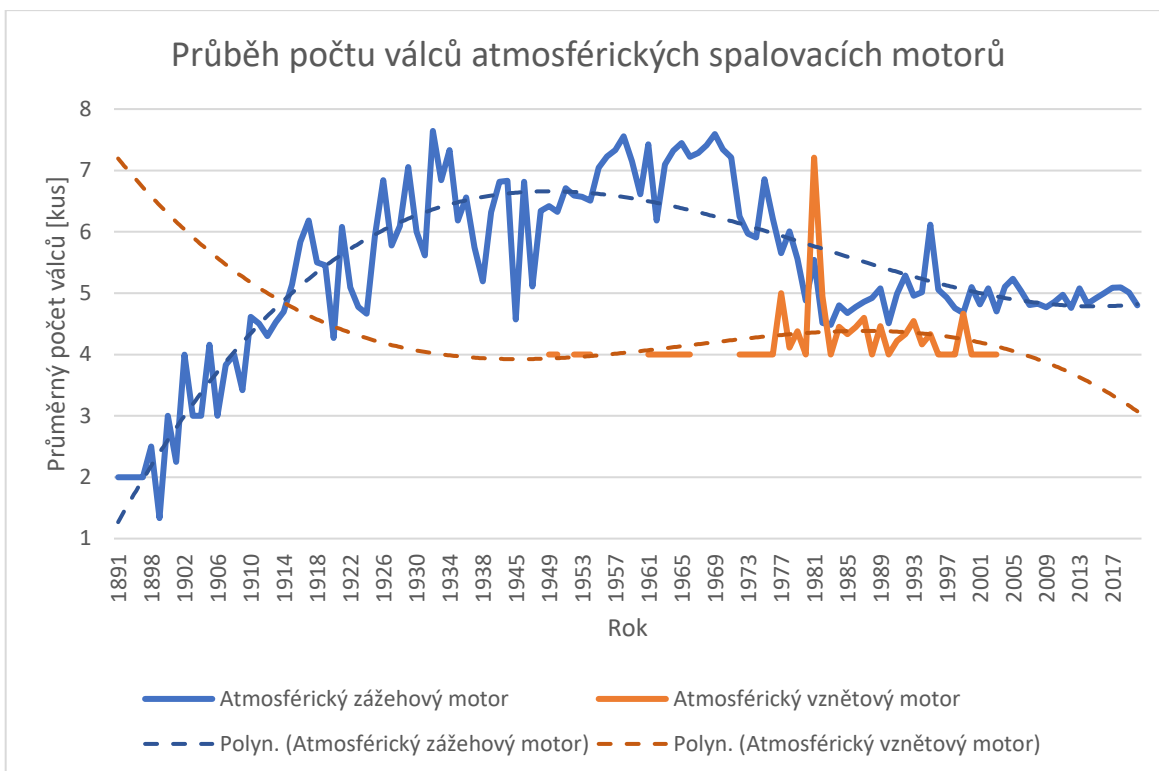
Motor je nejdůležitější součástí každého vozu a je mnoho parametrů kterými jej můžeme specifikovat. Mezi těmi hlavními ovšem nesmí chybět jeho typ. Zda jde o spalovací či elektrický motor, jaké palivo spaluje v případě spalovacího motoru, kolik má motor válců a jaký má výkon. Vzhledem k důrazu na nízké emisní hodnoty jsem uvedl i jaké má vozidlo emise.

Motor je také pravděpodobně nejproměnlivější součást automobilu. Se změnou vnějších podmínek musel sám projít mnoha změnami v průběhu historie. Mezi takové události patří například Olejová krize, která vedla ke zmenšení motorů (počtu válců a jejich objemu). Proto jsem parametry počtu válců, objemu a výkonu motoru vybral pro grafické zpracování. Průběh celkového průměrného počtu válců automobilů je vyneseno do grafu 12.



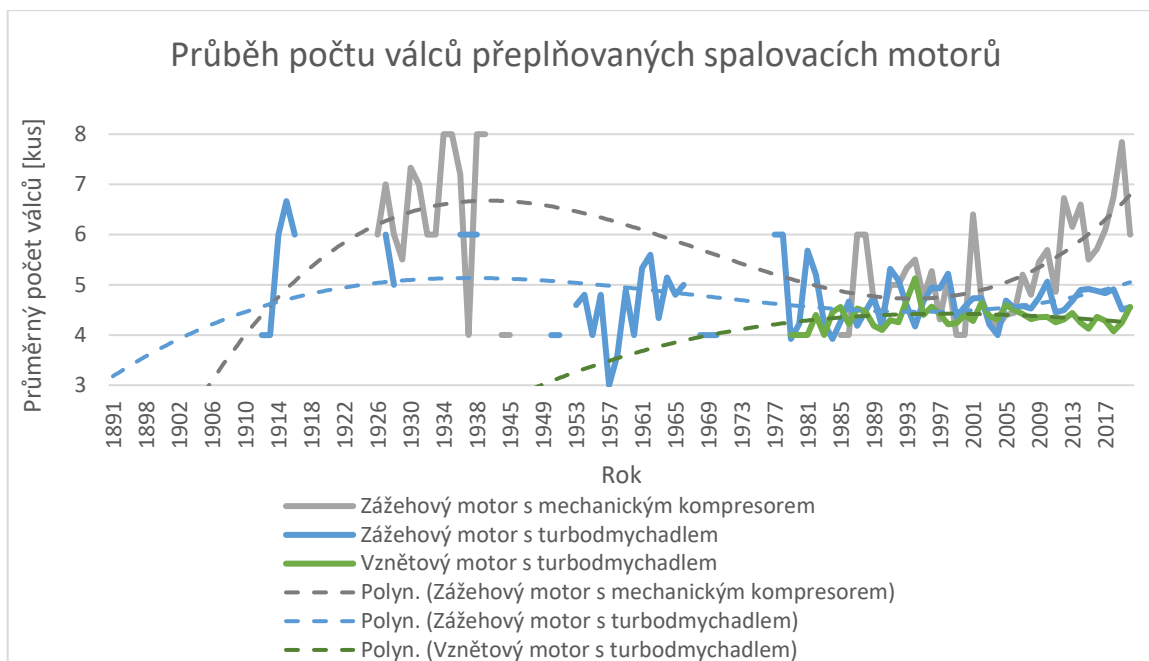
Graf 12: Průběh počtu válců spalovacích motorů

V prvních deseti letech není v mé tabulce velké množství automobilů a tak by se dalo spekulovat o přesnosti v této oblasti. Přesto zde je vidět jasný trend. V počátcích byl počet válců navyšován a dostáváme se k průměrné hodnotě blížíící se 8 válcům. Později se tento průměr sníží na necelých 5 válců a zde se na již téměř 40 let ustálil. To by i odpovídalo realitě. Dnes jsou motory s šesti a více válci pouze v automobilech spíše sportovních, terénních či luxusních vozích, které jsou dražší. Motory s méně válci potom najdeme v běžných automobilech. Tento průběh jsem dále analyzoval u jednotlivých typů motorů.



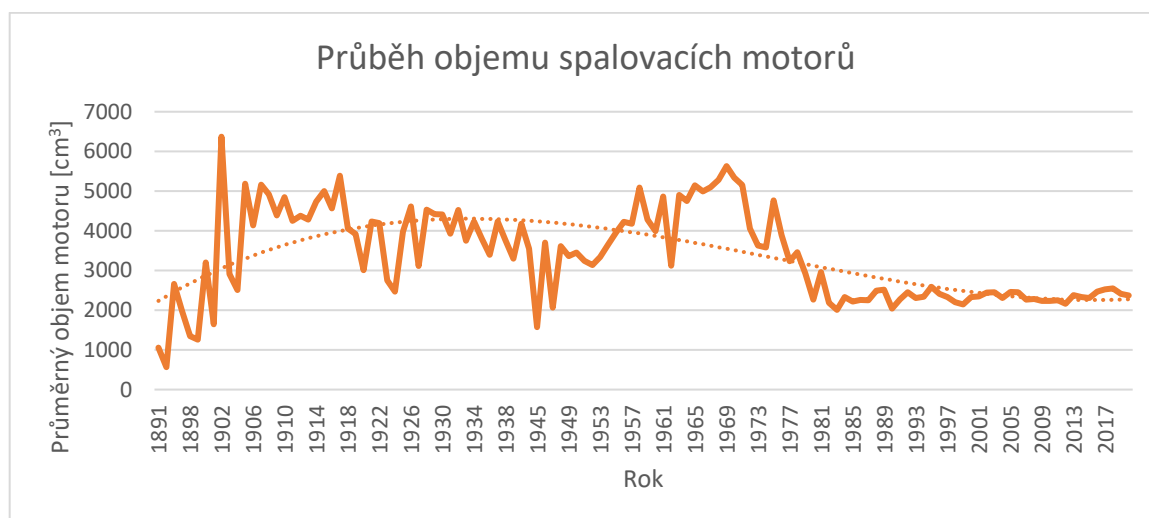
Graf 13: Průběh počtu válců atmosférických spalovacích motorů

Na grafu 13 vidíme údaje o atmosférických spalovacích motorech. Na první pohled lze vidět, že s atmosférickým zážehovým motorem se setkáme častěji než s atmosférickým vznětovým motorem. Dále vidíme, že mimo jeden rok se průměrná hodnota počtu válců zážehových atmosférických spalovacích motorů napříč modely drží na vyšších hodnotách než u motoru vznětového. To bude způsobeno tím, že zážehové motory obecně dosahují větších výkonů, zatímco vznětové motory většího točivého momentu. Právě proto se zážehové atmosférické spalovací motory vysokého počtu válců používají ve sportovních automobilech. Takový motor potom není zatížen zpožděním jako motor přeplňovaný turbodmyčadlem. Zároveň si můžeme všimnout, že průběh atmosférického zážehového spalovacího motoru téměř kopíruje celkový průběh na grafu 12. Z toho lze vyvodit, že většina automobilů napříč historií obsahuje právě tento motor.



Graf 14: Průběh počtu válců přeplňovaných spalovacích motorů

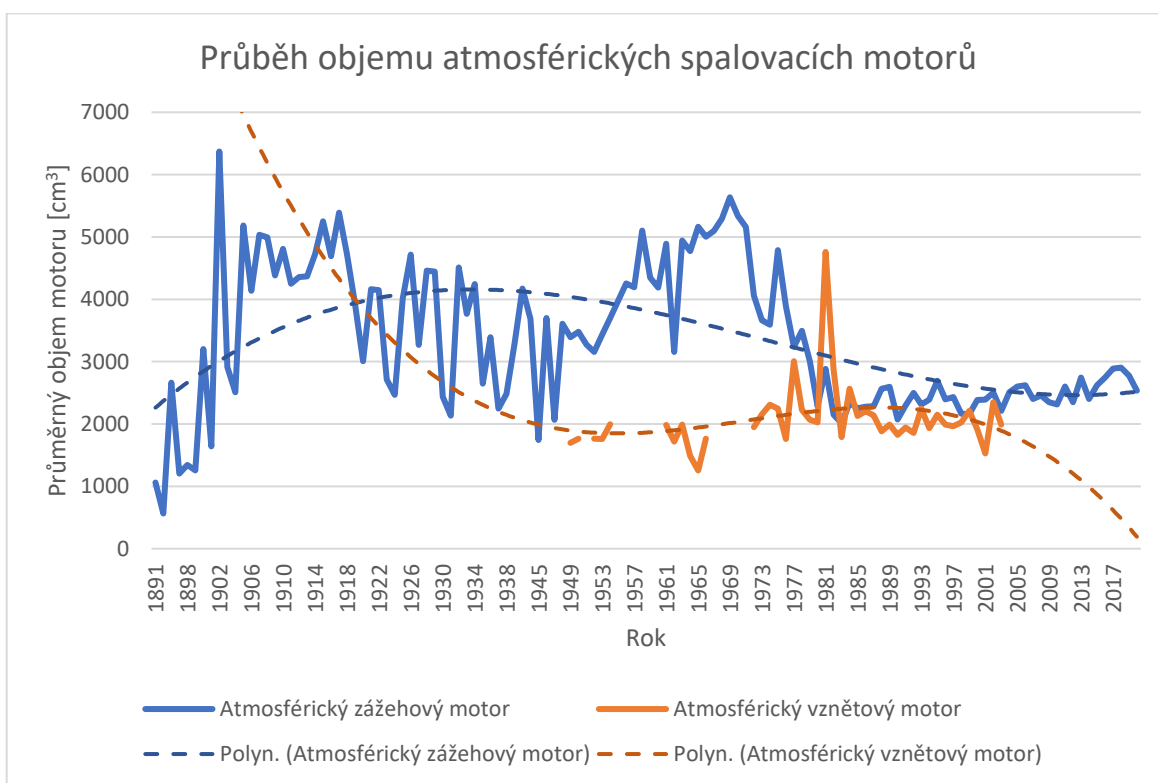
Na dalším grafu, tzn. grafu 14, vidíme průběh počtu válců spalovacích motorů přeplňovaných. Z tohoto grafu je patrné, že motory přeplňované turbodmychadlem mají přibližně stejný počet válců v posledních 40 letech, vyplývající z velmi blízkých spojnic trendu. Také je patrné, že přeplňování jakéhokoli typu ve větší míře započalo v sedmdesátých letech minulého století. Vznětový motor zde výrazně méně osculuje a průměrná hodnota pomalu klesá, zatímco u zážehového motoru s turbodmychadlem z trendu vyplývá mírný růst. Zážehový motor s mechanickým kompresorem je se svým počtem válců v posledních letech na výrazném růstovém trendu. Ten bude z velké míry ovlivněn oblibou tohoto typu motoru u amerických automobilů. Zajímavé potom je, že zde není vyneseno vznětové motoru s mechanickým kompresorem. To je proto, že motory tohoto typu jsou v tabulce pouze dva. Jedním je Mazda 626 D-CX z roku 1994 a druhým Volkswagen Passat z roku 2010. Oba mají čtyřválcový motor a z hlediska nedostatku dat nejsou zahrnuti v tomto ani dalších grafických zpracováních.



Graf 15: Průběh objemu spalovacích motorů

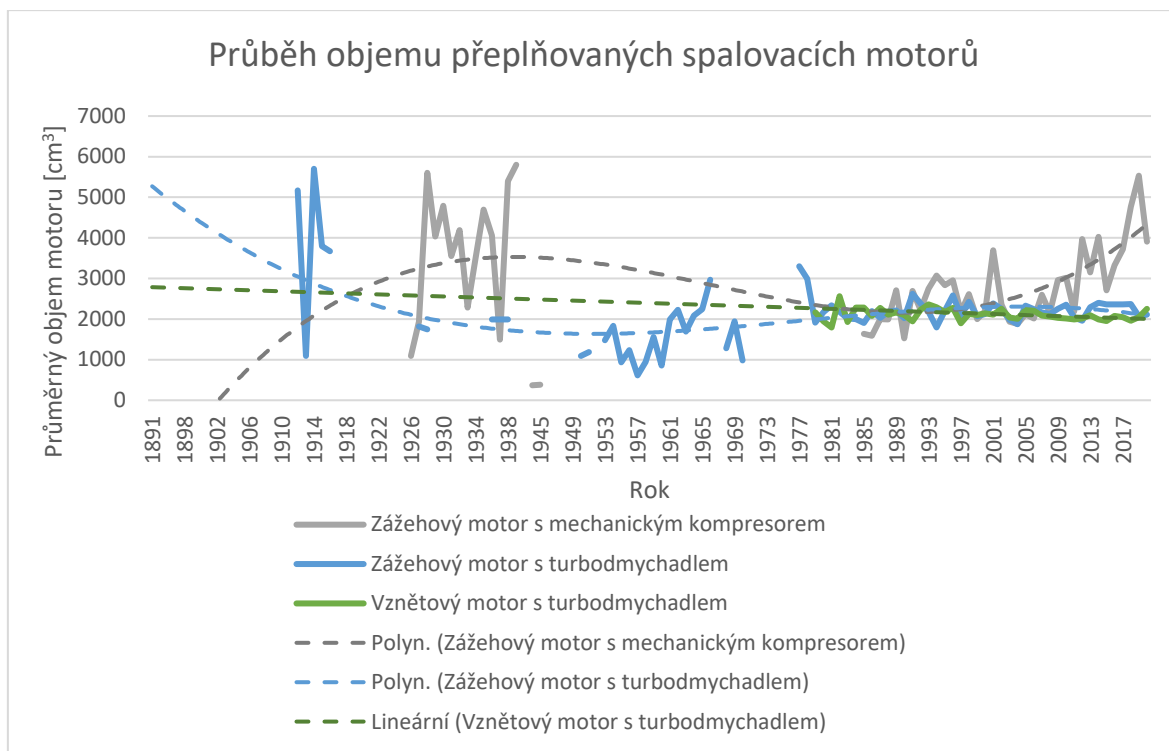
Můžeme vidět, že zvětšující se počet válců úplně nekoresponduje s růstem objemů motorů. V mnoha letech minulého století se setkáme s dvojnásobnými objemy motorů, než jaké jsou v dnešních automobilech. Nárůst probíhal někdy do roku 1902, poté vidíme plynulý pokles, ale po roce 1956 opět vidíme nárůst. Tento nárůst je v oblasti nejmenších cen ropy v historii, velký objem motoru tedy nebyl velkým finančním zatížením pro řidiče. V této době také nebyly dostatečně regulovány škodlivé látky produkované motory, zvýšení objemů tedy nic nebrání. Poté dochází k prudkému poklesu až se průměrný objem motorů od roku 1982 ustálí okolo 2350 cm³. Tato oblast nám přímo koresponduje s průměrným počtem válců spalovacích motorů. Opět se setkáváme s většími objemy ve stejných typech automobilů, což dává dokonalý smysl, jelikož s počtem válců se zvětšuje i objem motorů.

Co je na této oblasti ovšem zajímavé, je právě to, že zůstává stejná. V dnešní době se pořád mluví o tzv. downsizingu motorů, tedy zmenšování jejich objemů a preferování přeplňování turbodmychadly pro dosažení vyššího výkonu, přesto v průměru nejde vidět jakýkoli výsledek tohoto počínání z hlediska modelů. Důležitým parametrem by zde byly vyrobené kusy jednotlivých modelů. Při uvážení vyrobených kusů jednotlivých modelů si myslím, že by tato oblast nebyla konstantní. Nyní se ještě podíváme samostatně na jednotlivé motory.



Graf 16: Průběh objemu atmosférických spalovacích motorů

Prvním grafem, graf 16, je graf atmosférických spalovacích motorů. Opět platí, že průběh zážehového motoru výrazně koresponduje s celkovým průběhem. Tento graf je zároveň svým průběhem téměř totožný s grafem 13, tedy grafem zobrazujícím počet válců. Totéž se děje i na následujícím grafu zobrazujícím motory přeplňované.

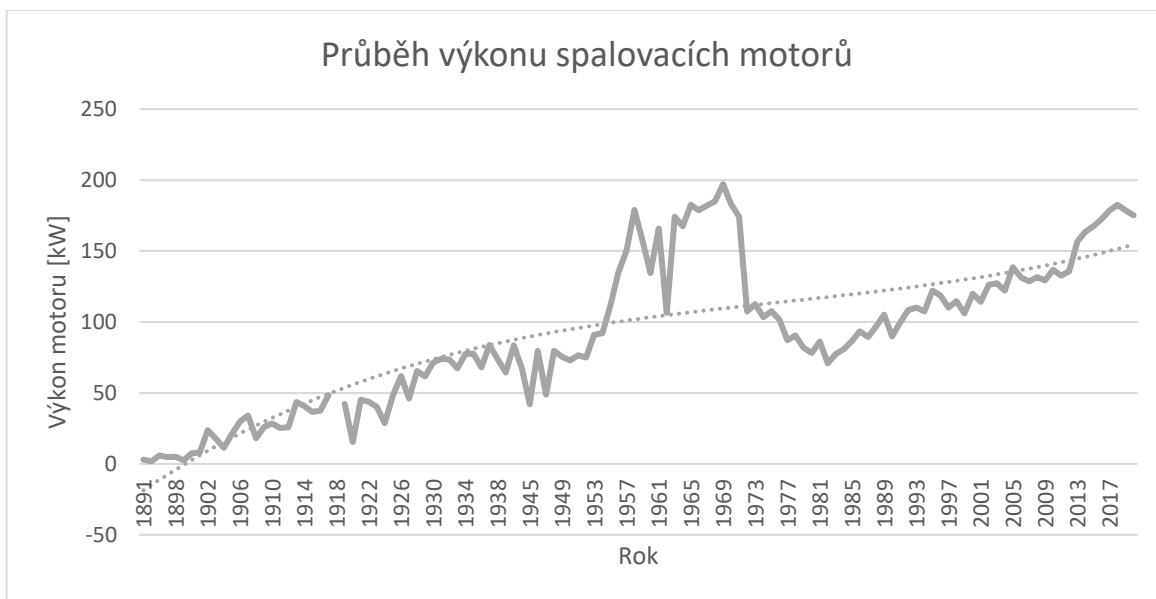


Graf 17: Průběh objemu přeplňovaných spalovacích motorů

Zde jsou hodnoty motorů přeplňovaných turbodmychadlem v posledních 40 letech ještě bližší. Celkovým shrnutím by bylo, že objem motoru přímo koresponduje s počtem válců. To odpovídá realitě, kde například čtyřválcový motor bude mít objem necelých 2 litrů, ve výjimečných případech trochu více či méně. Použití mechanického kompresoru je již dnes relativně ojedinelé. U amerických automobilů se s tímto řešením setkáváme častěji. Jedním z faktorů je, že svou architekturou většinou nejsou schopné dosahovat vysokých otáček. Přesto tato varianta nejspíš poroste v oblasti objemů. Počet válců se nejspíše zastaví na 8, jelikož se opět jedná o preferovaný typ motoru na americkém území.

Turbodmychadla se objevují u čím dál více automobilů k dosažení požadovaného výkonu a ke splnění emisních nařízení. Z mé grafické analýzy vyplývá, že objem by se měl mírně snižovat u obou variant motorů, zatímco u počtu válců trend vypovídá o zvyšování počtu válců u zážehového motoru. Jelikož grafy neobsahují další data, je nemožné předpovědět, jestli data z dalších let tento trend srovnají, či opravdu bude takto stoupat.

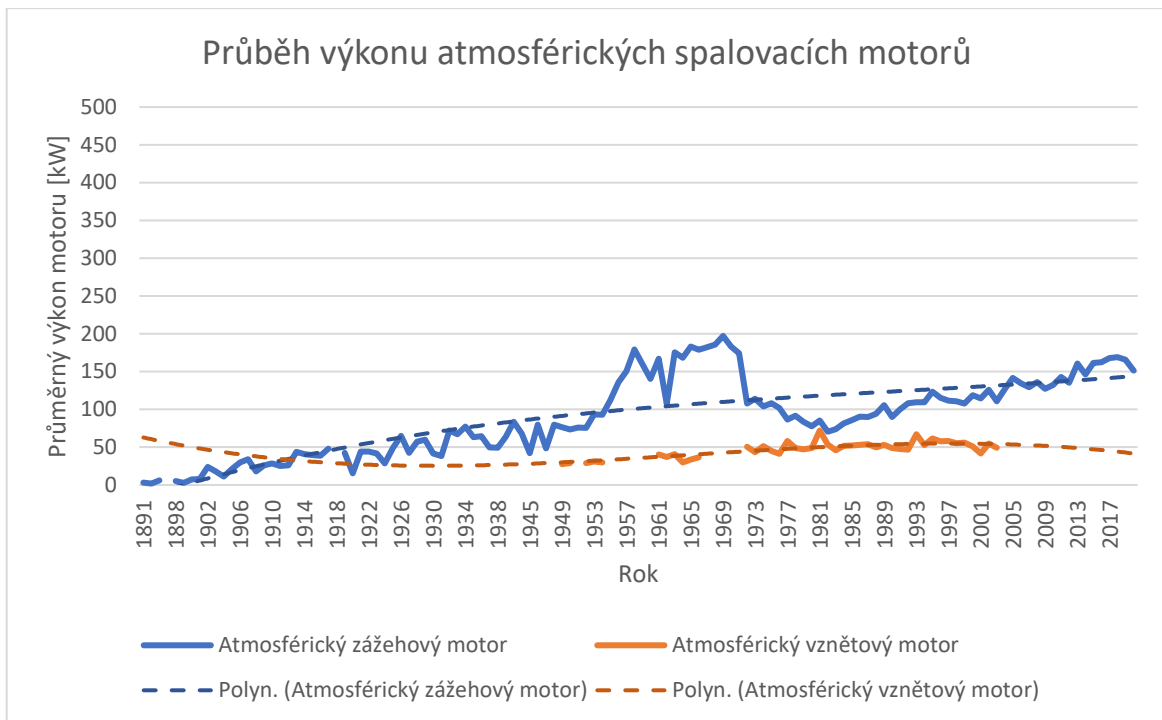
Posledním důležitým kvantifikátorem motoru je jeho výkon, jeho celkový průběh je zobrazen v následujícím grafu.



Graf 18: Průběh výkonu spalovacích motorů

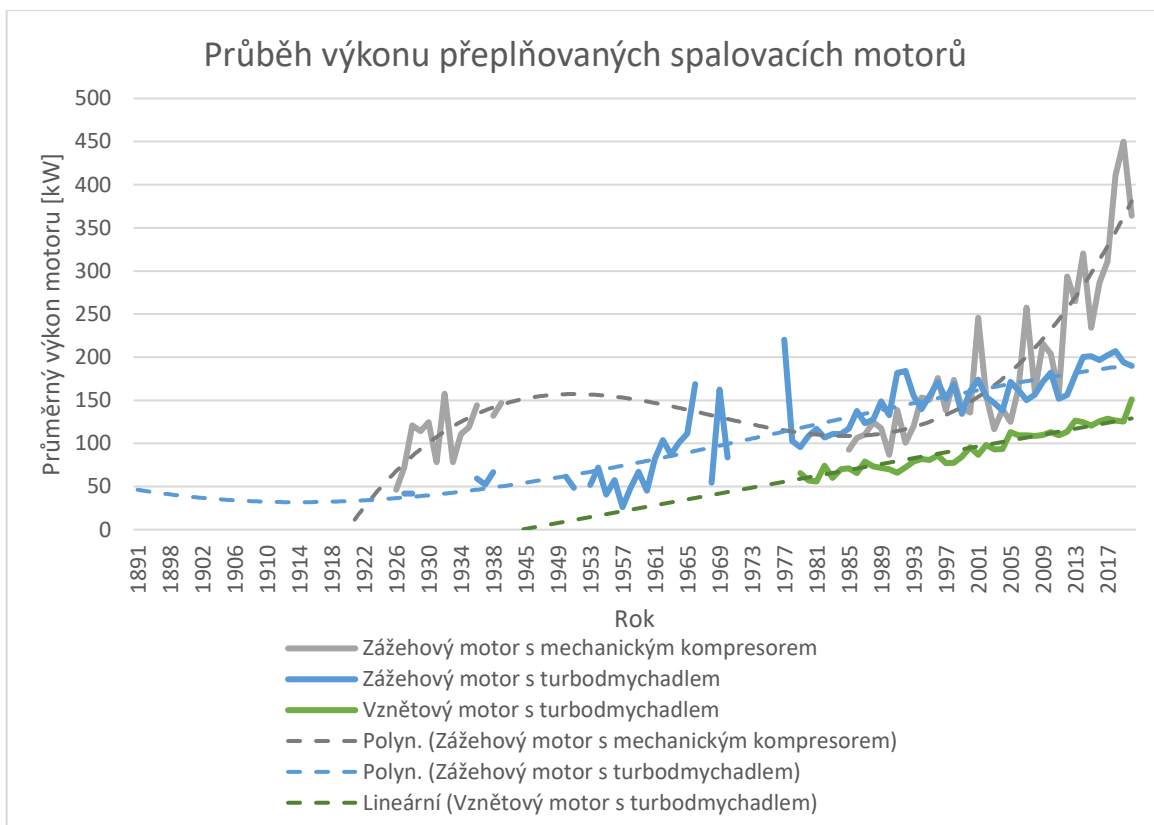
Vidíme jasný nárůst výkonu v průběhu let. Vidíme, že po roce 1955 proběhl prudký nárůst průměrného výkonu automobilu a po roce 1971 jeho prudký úpadek. Úpadek by korespondoval s velkou olejovou krizí, zde mnohem významnější než v předchozích grafech. Nárůst výkonu potom koresponduje s nárůstem objemu motorů, lze vidět na grafu 18.

Od roku 1981 je výkonový vývoj veskrze stabilní, výraznější je až rok 2013 a další. Zde dochází k ovlivnění elektrickými vozy a hybridními vozy a také motory přeplňovanými. Do terminologie výkonu v celkovém grafu je totiž zapojen i elektrický výkon. V případě elektrického auta jde pouze o maximální výkon elektromotorů, u hybridních vozů o maximální součet výkonů elektromotorů a spalovacího motoru, které ho je automobil schopen. Příkladem vozu, který tuto statistiku ovlivňuje, je například plně elektrický automobil Pininfarina Battista z roku 2019 s výkonem 1394,6 kW. Stejně jako v předchozích případech se podívejme na jednotlivé typy motoru.



Graf 19: Průběh výkonu atmosférických spalovacích motorů

Na prvním grafu, tedy grafu 19, opět vidíme atmosférické motory. Pro lepší přehlednost zachovávám na všech grafech stejné hodnoty na osách, proto je celý průběh na tomto grafu v jeho dolní části. Z toho lze ihned vyvodit, že atmosférické motory dosahují v průměru menších maximálních výkonů. Vznětový motor z hlediska výkonu za zážehovým spalovacím motorem zaostává, vychází to však z jeho vlastností, které nejsou ideální pro získání vysokých výkonů. Průběh zážehového motoru zde koresponduje opět s celkovým průběhem mimo jeho závěrečnou oblast. Kde v grafu 18 můžeme vidět výrazný skok po roce 2013, zde pokračuje plynulý růst.



Graf 20: Průběh výkonu přeplňovaných spalovacích motorů

V grafu přeplňovaných motorů můžeme vidět potenciál přeplňovaných motorů – vysoký výkon. Všechny varianty zde stoupají výraznějším způsobem než u motorů atmosférických. Tento rychlejší vývoj v kombinaci s už nyní mnohem většími hodnotami výkonů je hlavní příčinou rozmachu přeplňování. Opět lze vidět, že vznětový motor dosahuje nejmenšího výkonu, poté je zážehový motor s turbodmychadlem, který je roku 2005 překonán zážehovým motorem s mechanickým kompresorem. Opět se obracím na americký trh, kde se výrobci v posledních letech předhánějí, kdo vyrobí nejvýkonnější automobil a jak jsem již zmínil, často je to motor osmiválcový vysokého objemu s mechanickým kompresorem. Ostatní výrobci, obzvláště z Evropy, se ubírají spíše k přeplňování turbodmychadlem, který se objevuje jak u supersportů, tak i u běžných automobilů s mnohem menšími motory, kde je hlavním cílem malá spotřeba a minimální produkce emisí. Právě kvůli velkému množství těchto méně výkonných motorů je průměrná hodnota menší než u motorů s mechanickým kompresorem.

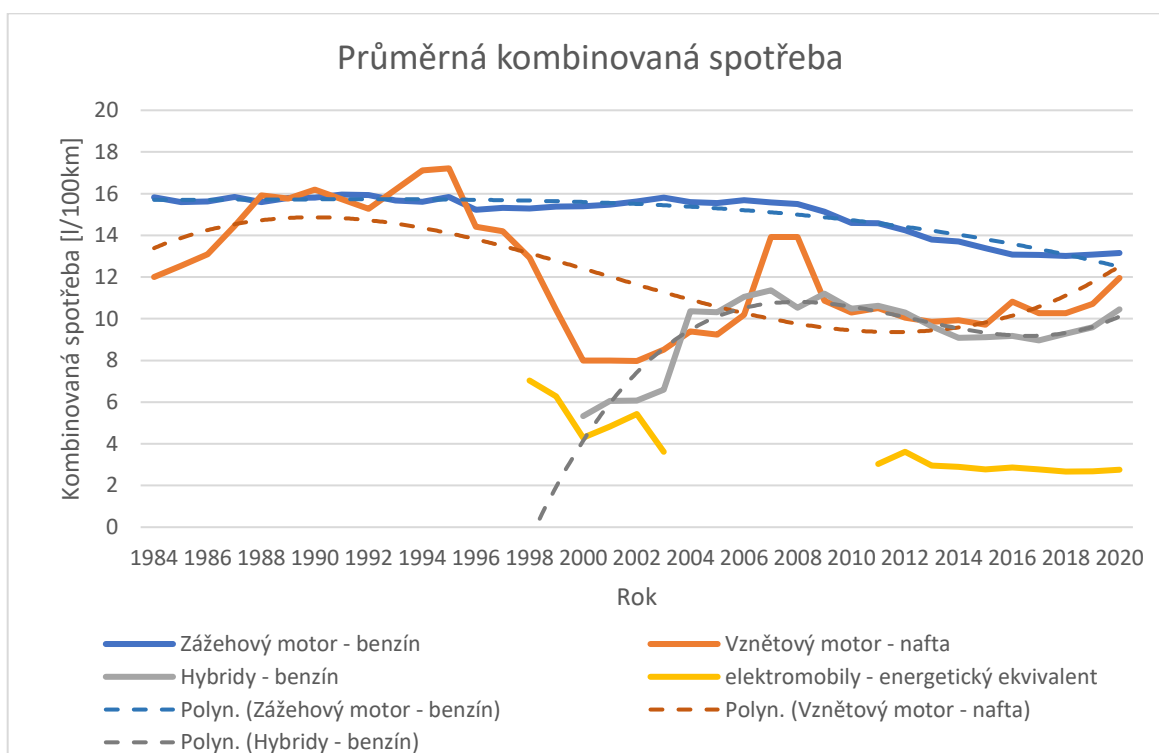
Do grafů jsem nevynesl plně elektrické automobily, jelikož jejich množství je velmi malé a hodnoty tak výrazně oscilují a nelze z nich vyvodit rozumný závěr. Dochází k tomu, jelikož některé automobilky uvedou na trh vysoce výkonný sportovní elektromobil, například Tesla P100D a v následujícím roce jiný výrobce uvede elektromobil o velmi malém výkonu určený převážně do měst, například Nissan Leaf.

Celkově potom můžeme říct, že se zdokonalováním výrobních metod, vymyšlením nových efektivnějších motorů dochází ke zvětšování jejich výkonu při stejném počtu válců a stejném objemu. To je poté ještě umocněno použitím přeplňování. S nástupem hybridních a plně elektrických vozů se ukazuje, že je relativně jednoduché umístit do auta motor elektrický o vysokém výkonu v porovnání s motorem spalovacím, uvážíme-li normy, které musí spalovací motor splňovat. Z toho důvodu si myslím, že je patrné další směřování vývoje – implementace elektrických motorů

do čím dál více automobilů. To se bude dít jak cestou plně elektrických automobilů, tak i hybridních automobilů. Dle mého názoru budou hlavně hybridní vozy velmi populární za pár let z důvodu snížené spotřeby drahého fosilního paliva a možnosti výroby elektřiny k pohybu vozidla za jeho pohybu. Je ale možné, že se rozsáhlé užívání hybridních automobilů jakožto vývojového kroku přeskóčí úplně a lidstvo přejde přímo k plně elektrickým automobilům.

U dat z amerického energetického úřadu je detailněji specifikován daný typ pohonu automobilu a to ve třech sekcích – PHEV, Elektrický pohon a Spalovací motor. Nalezneme zde hlavně informace o spotřebě vozu na dálnici, ve městě a kombinovanou spotřebu. To jsou informace velmi důležité vzhledem k rostoucím cenám pohonných hmot a snaze výrobců uspokojit požadavky zákazníků o ekonomičnost automobilu. Dále zde jsou emise CO₂ a dojezd vozidel. K následující analýze vývoje parametrů vozidel využiji právě těchto údajů. Primárně se hybridním a elektrickým automobilům věnuji až později, nyní jsem je však pro úplnost zahrnul i v některých následujících analýzách.

Jelikož se zákazníci často rozhodují o koupi automobilu na základě kombinované spotřeby, rozhodl jsem se vynést průměrnou kombinovanou spotřebu vozů v průběhu let do grafu.



Graf 21: Průměrná kombinovaná spotřeba

V grafu 26 jsou vynesena vozidla se spalovacím motorem, s kombinací spalovacího motoru a elektromotorů a plně elektrická vozidla. U zážehového motoru lze vidět postupně se snižující spotřebu benzínu. Jedná se o nejstabilnější průběh a lze předpokládat, že trend bude pokračovat i nadále i přes zpomalení v posledních pár letech. Vznětový motor má mnohem proměnlivější průběh. To se děje vlivem dodávek a pick-upů, které často využívají tento motor a zároveň mají větší spotřebu než osobní automobily. V letech s malým množstvím těchto vozidel jde průměrná hodnota okamžitě dolů. Celkově však lze říci, že vozy se vznětovým motorem dosahují lepších hodnot spotřeby paliva než vozy se zážehovým motorem. Bohužel konkrétně pick-upy jsou v Americe velmi populární. Jedná se o vozidla, která jsou schopná téměř všeho. Pětimístné varianty dokážou uvést celou rodinu, na korbě je poté spousta místa na jakýkoli náklad, zpravidla umí táhnout těžké přívěsy a obzvláště modely s pohonem všech kol si poradí i s jízdou mimo silnice.

Nevýhodou je vysoká spotřeba paliva, která je spojena se silnými motory, byť například EcoBoost automobilky Ford je schopen velkých točivých momentů bez nutnosti velkého počtu válců (nejsilnější EcoBoost má 4 válce). Problémem je, že tento typ vozidla je těžké dále zlepšovat. Menší motory budou nedostatečné do podmínek, pro které je pick-up určen. Zákazníky navíc spotřeba paliva či produkované emise příliš netrápí.

Poté se dostáváme k hybridním automobilům. Ty jsou zde pouze benzínové, jelikož vznětový motor se u hybridních automobilů používá jen zřídka. Zde je spotřeba při provozu pouze na spalovací motor bez pomoci motorů elektrických. Opět zde nalezneme vozidla s velmi vysokou spotřebou, která průměrnou hodnotu spotřeby značně ovlivňují. Opět se jedná i o pick-upy. Z hlediska dotací výroba hybridních pick-upů dává smysl pro zákazníka, pro životní prostředí však toto řešení téměř nemá efekt. Brzy bychom se měli setkat s pick-upem Tesla Cybertruck, který bude plně elektrický. Osobně se obávám, že se nebude jednat o náhradu typického řidiče pick-upu. Pokud však bude Cybertruck úspěšný, mohlo by to otevřít oči mnoha lidem, kteří se domnívají, že plně elektrické auto nelze použít jako terénní či nákladní automobil. Lze vidět oblast, na kterou bychom se měli zaměřit mimo klasické osobní automobily. Pokud se nevyřeší spotřeba paliva, se kterou vzniká emise úzce souvisí u nákladních vozidel a jiných dopravních prostředků, je ekologické snažení téměř k ničemu. Druhým závěrem je potom celosvětovost těchto řešení. Pokud bude jedna země využívat automobily o malé spotřebě a jiná země, obzvláště potom země velikosti USA, mnohem vyšší, výsledek bude opět zanedbatelný.

Přesto všechno můžeme říct, že spotřeba paliva je menší u hybridních automobilů i bez použití hybridního systému. Tato spotřeba totiž platí pro hybridní automobily typu HEV a PHEV, které k pohonu nevyužívají elektrický motor, popřípadě se jedná o MHEV hybridy, u kterých je benefit využití elektromotoru malý a spíše se tím využívá jinak ztracené brzdná energie. Pokud jsme u MHEV schopni vypnout asistenci elektromotoru, je tak učiněno. V porovnání se vznětovým motorem zde ovšem nejsou velké rozdíly. V obou případech navíc v posledních letech dochází k mírnému nárůstu, ten by se dle aktuálního snažení výrobců nicméně měl brzy zpomalit, či úplně zastavit.

Žlutou čarou jsou znázorněna elektrická auta přes tzv. MPGe, Miles Per Gallon Equivalent, česky potom ekvivalentní ujeté míle na jeden galon. Jedná se o ekvivalent k ujetým milím na jeden galon neboli MPG, vypočítaný přes potenciál energie. MPGe se stanoví použitím množství elektřiny o stejné potenciální energii, jako má jeden galon benzínu. Když se potom vezme v úvahu spotřeba elektřiny elektromobilu, dostaneme počet mil, které je schopen elektromobil ujet. Logicky mají elektrická auta výhodu v této oblasti, jelikož spalovací motor má oproti elektrickému velmi nízkou účinnost a z potenciální energie paliva je tak velmi malá část převedena na pohyb vozidla. Imperiální jednotky jsem, jak již bylo řečeno dříve, převedl na metrické, v tomto případě l/100km. Z grafu vidíme, proč jsou elektromobily technologií budoucnosti. Z jejich zdroje energie elektřiny, jsou schopny využít mnohem větší část než motory spalovací. V kombinaci z hrozby vyčerpání fosilních paliv potom není divu, proč mnoho výrobců investuje velké množství peněz do vývoje elektromobilů.

Elektrické a hybridní auta se tedy umístily lépe než automobily pouze se spalovacími motory, proto jsem se rozhodl vytvořit tabulku s auty pouze se spalovacími motory s nejlepší kombinovanou spotřebou.

Rok	Výrobce	Model	Počet válců	Objem [l]	Typ paliva	Kombinovaná spotřeba [l/100km]
1986	Chevrolet	Sprint ER	3	1.0	benzín	5,9
1987	Chevrolet	Sprint ER	3	1.0	benzín	6,0
1988	Chevrolet	Sprint Metro	3	1.0	benzín	6,0
1989	Geo	Metro	3	1.0	benzín	6,0
1990	Geo	Metro XFI	3	1.0	benzín	6,0
1991	Geo	Metro XFI	3	1.0	benzín	6,0
1992	Geo	Metro XFI	3	1.0	benzín	6,0
1993	Geo	Metro XFI	3	1.0	benzín	6,0
1994	Geo	Metro XFI	3	1.0	benzín	6,0
1986	Honda	Civic CRX HF	4	1,5	benzín	6,1

Graf 22: Automobily se spalovacím motorem s nejlepší kombinovanou spotřebou

Nejzajímavější je, dle mého názoru, že všechny automobily jsou z minulého století. V tabulce se s prvním automobilem z tohoto století setkáme až na 89. pozici, což je zároveň první přeplňovaný automobil. Jedná se o Volkswagen Jetta z roku 2000. Zdá se tedy, že přeplňování nutně nenapomáhá spotřebě paliva. Zároveň se zdá, že starší automobily, speciálně jednodušší modely z osmdesátých a devadesátých let se svou spotřebou nemají konkurenci. Navíc je většina automobilů poháněna benzínem, přitom právě vznětové motory poháněné naftou bývají považovány za úspornější. S prvním automobilem se vznětovým motorem se setkáme na 25. pozici v podobě Nissanu Sentra z roku 1984. Tím se dostávám k poslednímu zjištění. Japonské automobilky v prvních 100 pozicích zaujímají 44 %, pokud však uvážíme i Geo Metro, automobil vyráběný Suzuki uvedený v Americe pod značkou Geo, dostáváme 63 %. Vzhledem k tomu, že se jedná o data z amerického trhu, kde je automobilek poměrně velké množství, je touto dominantní převahou ukázáno, jak velmi neúspěšná americká auta bývají.

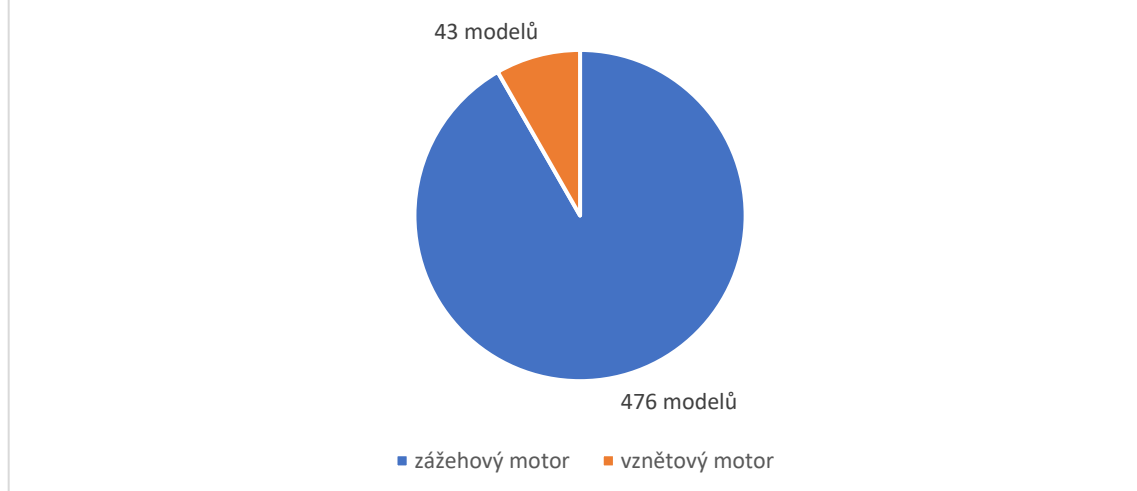
Z amerických automobilek s nejlepší spotřebou paliva se setkáváme nejčastěji s Chevroletem a Pontiaquem s motory převážně tříválcovými o objemu 1 litru.

Posledním údajem zde jsou emise CO₂, které jsou minimálně pro výrobce čím dál důležitějším parametrem. To vychází ze zvyšujících se nároků norem regulujících automobily.

Při analýze množství zplodin zjistíme, že často korespondují i se spotřebou, a tudíž dospějeme k zjištění, že hybridní vozy produkují nejmenší množství zplodin, pokud neuvažujeme vozy elektrické, které mají teoreticky nulové množství emisí CO₂. Otázkou přepočtu emisí vytvořených elektrárnami při výrobě elektrické energie a následně přepočtu podle spotřeby elektřiny automobilu se zde zabývat nebudu. Jedná o téma diskutované na různých internetových stránkách a není pro tuto práci důležité.

První otázkou, kterou jsem se u hybridních automobilů zabýval, je jaký typ spalovacího motoru je používán. Z dat ze serveru Carfolio byl vynesena graf 28 zobrazující poměr vznětových a zážehových motorů u hybridních automobilů.

Preferovaný spalovací motor hybridních automobilů



Graf 23: Preferovaný spalovací motor hybridních automobilů

Z těchto dat je vidět velmi dominantní převaha motorů zážehových. Ještě extrémnějšího rozdílu bychom dosáhli vynesem dat z amerického emisního úřadu, kde není jediný hybridní vůz se vznětovým spalovacím motorem. To je zvláštním jevem, jelikož bych předpokládal, že vznětový motor s vyšším kroutícím momentem při nižších otáčkách bude výhodnější variantou pro pohon generátoru. Odpověď je nejspíše skryta v emisích. Zatímco vznětový motor z dostupných dat produkuje v průměru přes 120 g CO₂ na 1 km, zážehový necelých 108 g CO₂/km. U vznětového motoru se setkáme vždy s turbodmychadlem, u zážehových motorů většinou přepřehování nepotkáme, poté je poměrně oblíbené přepřehování turbodmychadlem, ale setkáme se i s mechanickým kompresorem. Vznětové motory jsou často o větším objemu a poměrně často i o větším počtu válců. Navíc jsou často použity u větších, těžších automobilů s pohonem všech kol určených pro dopravu i mimo silnice. Větší produkce emisí vznětových motorů tedy spíše z jiného použití těchto motorů než z jejich horších vlastností coby motoru v hybridních automobilech.

Podívejme se tedy na nejmenší hodnoty emisí CO₂ u hybridních automobilů.

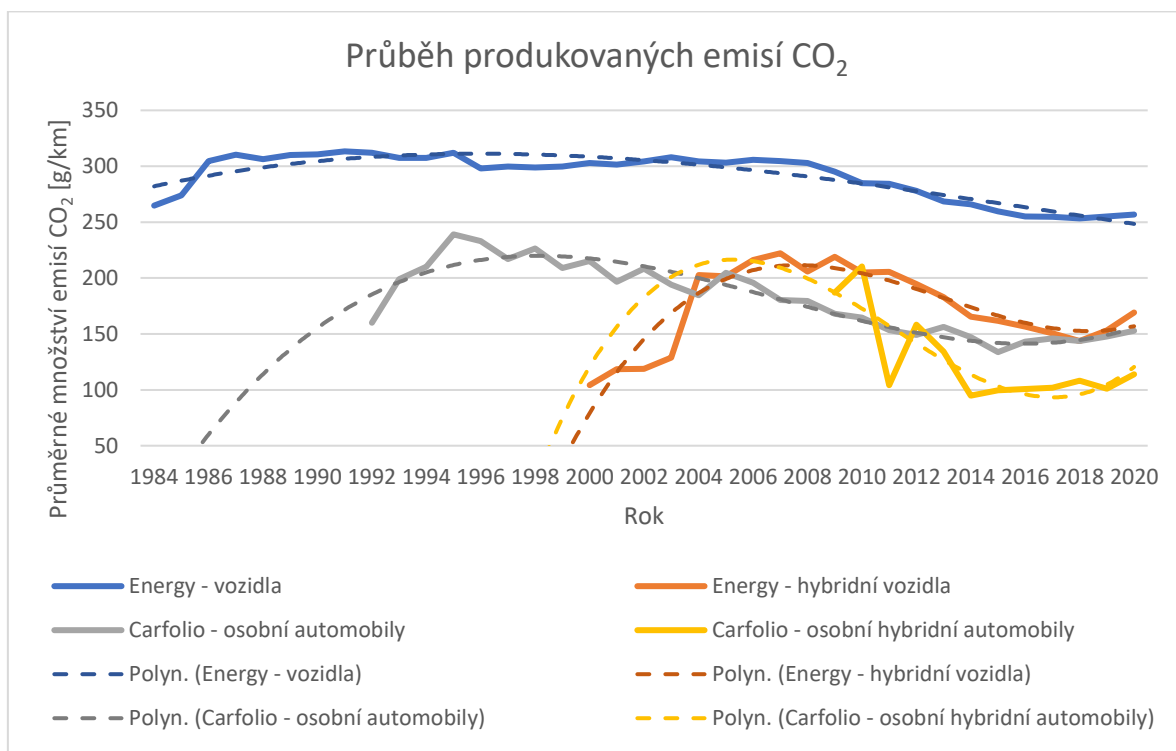
Rok	Výrobce	Model	Počet válců	Objem [l]	Emise CO ₂ [g/km]	Typ vozu
2019	BMW	i3 with Range Extender	2	0.6	13,67	Plug-in Hybrid
2019	BMW	i3s with Range Extender	2	0.6	13,67	Plug-in Hybrid
2020	BMW	i3 with Range Extender	2	0.6	13,67	Plug-in Hybrid
2020	BMW	i3s with Range Extender	2	0.6	13,67	Plug-in Hybrid
2017	BMW	i3 REX (94 Amp-hour battery)	2	0.6	18,02	Plug-in Hybrid

Tabulka 1: Nejmenší hodnoty produkovaných emisí CO₂ u hybridních automobilů

Z tabulky vidíme, že BMW se svým modelem i3 v různých variantách dosahuje velmi malých hodnot emisí CO₂, jelikož používají v tomto voze velmi malý dvouválcový spalovací motor o objemu 0,6 l. Varianty modelu i3 obsazují pozice až do desáté příčky, kde je posledním model i3 REX z roku 2015

s emisemi CO₂ necelých 25 g/km. Následně se umísťují nejrůznější výrobci používající motory čtyřválcové o objemu 1,4 a více a s nimi rychle stoupá množství produkovaných emisí.

Největší množství zplodin v excelové tabulce potom má Ferrari LaFerrari Aperta z roku 2017 s téměř 424 g/km. Vozy s vysokými hodnotami emisí zpravidla nejsou Plug-in hybridy a elektrický motor či motory používají ke zvětšení výkonu automobilu namísto vytvoření ekologičtějšího automobilu. Jedná se tedy o MHEV, případně sériový nebo paralelní hybrid. Závěrem se podívejme na vývoj emisí automobilů se spalovacím motorem a hybridní automobily ze dvou nezávislých zdrojů.



Graf 24: Průběh produkovaných emisí CO₂

Na grafu 29 je zobrazen průběh vypouštěných emisí ze serveru Carfolio obsahující pouze osobní vozidla a amerického emisního úřadu pod názvem Energy, kde jsou mimo osobní automobily i vozidla jako dodávky a pick-upy z amerického trhu. Vidíme, že i hybridní vozidla na americkém trhu dosahují horších hodnot vypouštěných emisí ve většině oblasti než osobní automobily ze serveru Carfolio. Z počátku nebyly hybridní systémy používány u pick-upů, které tento průměr značně zvyšují. Od roku 2018 jsou průměrné hodnoty podobné. Vozy bez hybridních systémů z amerického emisního úřadu potom mají emise o více jak 100 g/km horší než hodnoty z Carfolio. Nejlépe (alespoň v části, kde již je větší množství dat) jsou na tom hybridní automobily ze serveru Carfolio. V obou případech však platí, že hybridní automobily dosahují lepších hodnot lokálních emisí než automobily pouze se spalovacím motorem, právě proto jsou čím dál populárnější.

Celkově však data z obou zdrojů mluví jasně, emise se snižují a i přesto, že hybridní automobily opravdu produkují emisí méně, i automobily pouze se spalovacími motory hodnoty produkovaných emisí rok od roku snižují. Trend snižování při pohledu na nehybridní vozidla je velmi podobný a odlišuje jej nedostatek dat o emisích automobilů ze serveru Carfolio. Od roku 2000 mají spojnice trendu velmi podobný průběh. Stejný jev se objevuje i u hybridních vozidel. U všech průběhů nicméně klesání přechází v posledních letech do konstantnějších hodnot, případně se dokonce zdá, že by některé mohly růst. To by mohlo značit, že se pohybujeme na hranici možností dnešních spalovacích motorů a i hybridní vozidla jsou těmito motory omezeny.

Nyní máme představu nad nejlepšími a nejhoršími hodnotami emisí u hybridních automobilů a podívali jsme se i na historický průběh emisí jak hybridních automobilů, tak i automobilů bez hybridních systémů. Podívejme se tedy ještě na automobily bez elektrických motorů.

Rok	Výrobce	Model	Počet válců	Objem [l]	Typ paliva	Emise CO2 [g/km]
2013	Honda	Civic Natural Gas	4	1,8	zemní plyn	135,6
2014	Honda	Civic Natural Gas	4	1,8	zemní plyn	135,6
2015	Honda	Civic Natural Gas	4	1,8	zemní plyn	135,6
2012	Honda	Civic Natural Gas	4	1,8	zemní plyn	140,9
1984	Nissan	Sentra	4	1,7	nafta	154,3

Tabulka 2: Nejlepší hodnoty produkovaných emisí nehybridních automobilů

V tabulce je opět pět vozů s nejmenšími hodnotami emisí CO₂. Zde dominuje Honda Civic poháněná zemním plynem, následují automobily naftové. Čistě z hlediska zplodin CO₂ lze vyvozovat, že zemní plyn a nafta jsou nejlepšími pohonnými hmotami na základě poškozování ovzduší. Vznětové motory bohužel produkují oxidy dusíku, které jsou také škodlivými látkami, jejich produkce automobily bohužel není dobře zmapována a nemám ji tedy zpracovanou. Tyto automobily jsou z dat amerického emisního úřadu, ze serveru Carfolio jsou nejmenší hodnoty emisí 160 g/km. Pokud se podíváme na nejlepší hodnoty u Hondy Civic poháněné zemním plynem, všimneme si, že 135 g/km je stále více než průměrná hodnota hybridních automobilů, která dosahuje v roce 2020 114 g/km. Zemní plyn tedy je přívětivější variantou oproti benzínu, hybridním automobilům se však pořád jen těžko vyrovnává.

Zajímavým hybridním automobilem by potom tedy mohl být takový, který by místo benzínu spaloval právě zemní plyn. Toto řešení Toyota využila a při provozu motoru na CNG neboli stlačený zemní plyn automobil produkuje o 20 % méně oxidu uhličitého. S pohonem na zemní plyn se již můžeme poměrně často setkat u automobilů bez hybridních systémů, bohužel pro běžného řidiče věci spíše komplikují. Možným řešením jsou vozidla schopná provozu jak na benzín, tak na zemní plyn, obsahující palivové nádrže pro obě paliva. Taková vozidla bývají dražší. Žádný velký nástup CNG vozidel oblasti hybridů tedy také nelze předpokládat, alespoň dokud nebude cena zemního plynu výrazně nižší než benzínu či nafty.

K emisím spalovacích motorů se vrátím později v sekci, kde zároveň rozebírám hybridní automobily a jejich spalovací motory. Poměry výkonu ku objemu motoru a poměry výkonu ku hmotnosti také rozebírám v samostatné sekci po analýze hmotnosti automobilů. K hybridním a elektrickým automobilům se také vyjádřím až v příslušných sekcích ke konci práce.

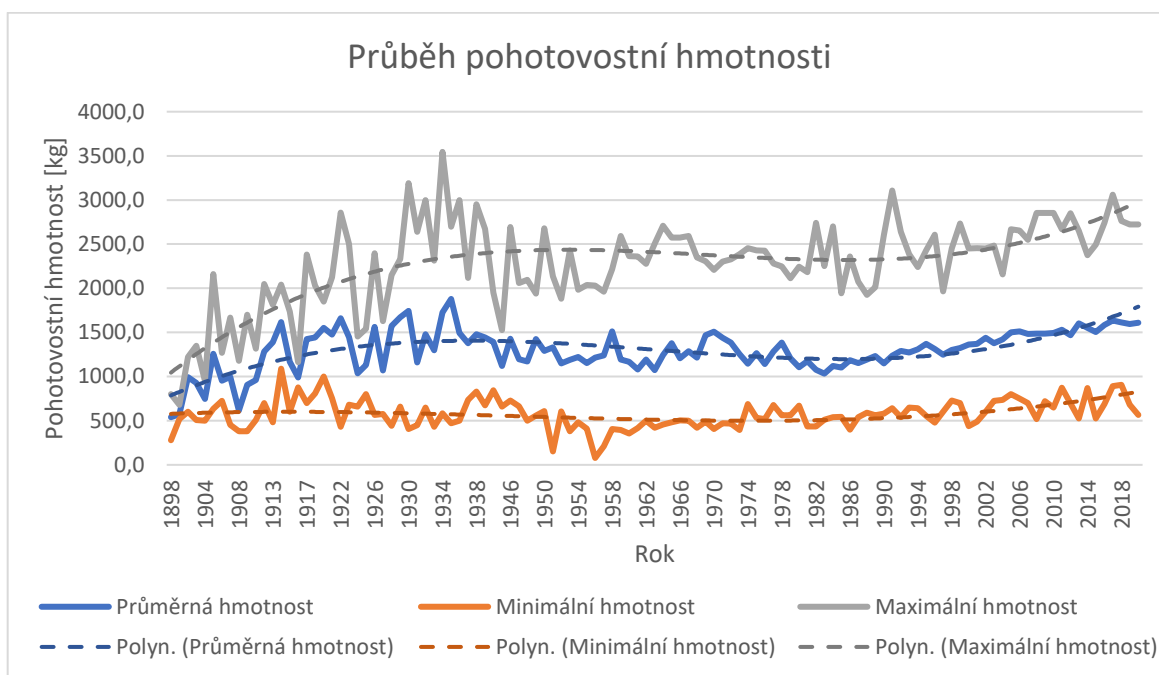
2.6) Velikost automobilu

Zde jsou parametry pohotovostní hmotnost, délka, šířka a rozvor. Infrastruktura před sto lety byla na úplně jiné úrovni než dnes. Silnice ve městě zdaleka nevypadaly jako dnes a dnešní nejmodernější dálnice se sítí tunelů a mostů by tehdy byly jen těžce představitelné. Proto si myslím, že se zejména velikost aut výrazně změnila v průběhu let. Dříve se svět měnil v závislosti na požadavcích automobilů, dnes se automobily mění v závislosti na okolním světě, a proto vnikly auta jako např. Smart, které jsou miniaturním městským vozem. S velikostí vozu, hlavně tedy délkou, potom úzce souvisí i hmotnost. Luxusní vozy jsou nejen dlouhé, aby nabídly zákazníkovi dostatek prostoru pro nohy, ale i těžké.

U hmotnosti je zajímavé, že s pokročilejší technologií výroby a novými materiály je možné vyrábět vozy lehčí, nicméně s novými bezpečnostními prvky spadajícími pod přísné regulační normy, snahou výrobců oddělit pasažéra od okolního světa hlukem izolujícími vrstvami a v neposlední řadě

elektrifikace celého vozu od senzorů v motoru přes výkonné rádio až po vestavěné kamery, je hmotnost opět do vozu přidávána. Dějí se tu tedy dva významné děje působící proti sobě.

Průměrnou pohotovostní hmotnost automobilů v průběhu let jsem vynesl do grafu. Dále jsem znázornil maximální a minimální hmotnost v daném roce. Tak získáme přehled nejen o průměrné hmotnosti, ale i minimální a maximální dosažené a budeme se moci zamyslet nad tím, jaký je historický vývoj a kterým směrem se ubírá.



Graf 25: Průběh pohotovostní hmotnosti

Jak je vidět, tak průměrná a maximální hmotnost se na počátku výrazně vyvíjí. Obě stoupají a maximální poměrně prudce. Automobily v této fázi postupně přichází k tvarům, které u automobilů známe dnes. V počátcích plátěné střechy byly nahrazeny u většiny vozů pevnými střechami, často nosnými, úzká kola z kočárů byla nahrazena širšími koly s pneumatikou pro zvýšení mechanické přilnavosti vozu atd. Dle spojnice trendu se maximální hmotnost cca od roku 1945 ustálí blízko 2 500 kg. Spojnice trendu potom tuto hranici překoná v roce 2007. K tomu dochází hlavně díky automobilům Mercedes, Cadillac, Rolce-Royce atp. Výjimečně se potkáme s automobilem jako MPV Toyota, nebo SUV Lexus. Obecně jsou to však všechno rozměrná vozidla, často velmi luxusního charakteru a méně, než osmiválcový motor je ojedinelé spatřit. Průměrná hmotnost po maximu v třicátých letech 20. století mírně klesá. V osmdesátých letech opět začne stoupat a s ní i mírně minimální hmotnost. To odpovídá bezpečnostním požadavkům, ale i osobním požadavkům zákazníků, které se částečně kompenzují s pokročilejšími materiály a technologiemi výroby. Zde jsem do tabulky zobrazil 5 nejtěžších automobilů:

Rok	Výrobce	Model	Počet válců	Objem [cm3]	Délka [mm]	Hmotnost [kg]
1934	Maybach	Zeppelin	12	7922	5486	3545
1930	Bugatti	Type 41 Royale	8	12763	4293	3191
1991	Lamborghini	LM002	12	5167	4950	3109
2017	Mercedes-Benz	Mercedes-Maybach S 600 Pullman	12	5980	6499	3060
1932	Franklin	Series 17	12	6810	3658	3000

Tabulka 3: Nejtěžší automobily

Na první pohled vidíme, že se jedná o velmi rozměrná vozidla, všechna s velkými motory a většina z minulého století. Mimo Lamborghini se jedná o vozy velmi luxusního charakteru určená pro dlouhé jízdy. Lamborghini LM002 lze spíše přirovnat k americkému Hummeru. Obě auta vypadají jako terénní, ale jejich terénní schopnosti nejsou v porovnání s konkurencí nijak závratné. Podobně jako Hummer vychází z armádní aplikace, ale zatímco Hummer sloužil dlouho předtím, než se z něj stalo silniční vozidlo, Lamborghini LM002 skončilo rovnou jako silniční vozidlo, jelikož o něj nebyl zájem pro armádní účely. Přesto s kůží potaženým, dřevem obloženým interiérem jde o luxusní terénní vůz. Zdá se tedy a při pohledu na značky jako je Bentley či Rolce Royce to opravdu platí, že luxus v oblasti automobilů přímo koresponduje s hmotností.

U minimální hmotnosti v grafu 21 nedochází k žádným významným změnám, oproti počátkům automobilů mírně klesla a poté od roku 1974 nabírá trend stoupání, ovšem téměř zanedbatelný. Opět se podíváme na pět nejlehčích vozů:

Rok	Výrobce	Model	Počet válců	Objem [cm3]	Délka [mm]	Hmotnost [kg]
1956	Brutsch	Mopetta	1	48	1700	78
1951	Bond	Minicar Mark A	1	197	2642	152
1956	Brutsch	Avolette	1	175	2400	185
1956	Brutsch	Avolette	1	125	2400	185
1957	Brutsch	V2N 175	1	174	3400	210

Tabulka 4: Nejlehčí automobily

Zde je vidět opět jasný vzorec. Všechna auta jsou velmi malá, jejich délka je téměř poloviční než vozů v přechozí tabulce, zároveň mají malé motory. Kdybychom tabulku rozšířili o dalších 10 vozů, tak se setkáme se 4 i 6 válci pořád relativně malých objemů a rozměrů. Zajímavý je i rok výroby, první lehký automobil z 21. století by byl až Caterham 7 Blackbird na 45. příčce. Jednoduchost aut minulého století zde tedy nejde ignorovat.

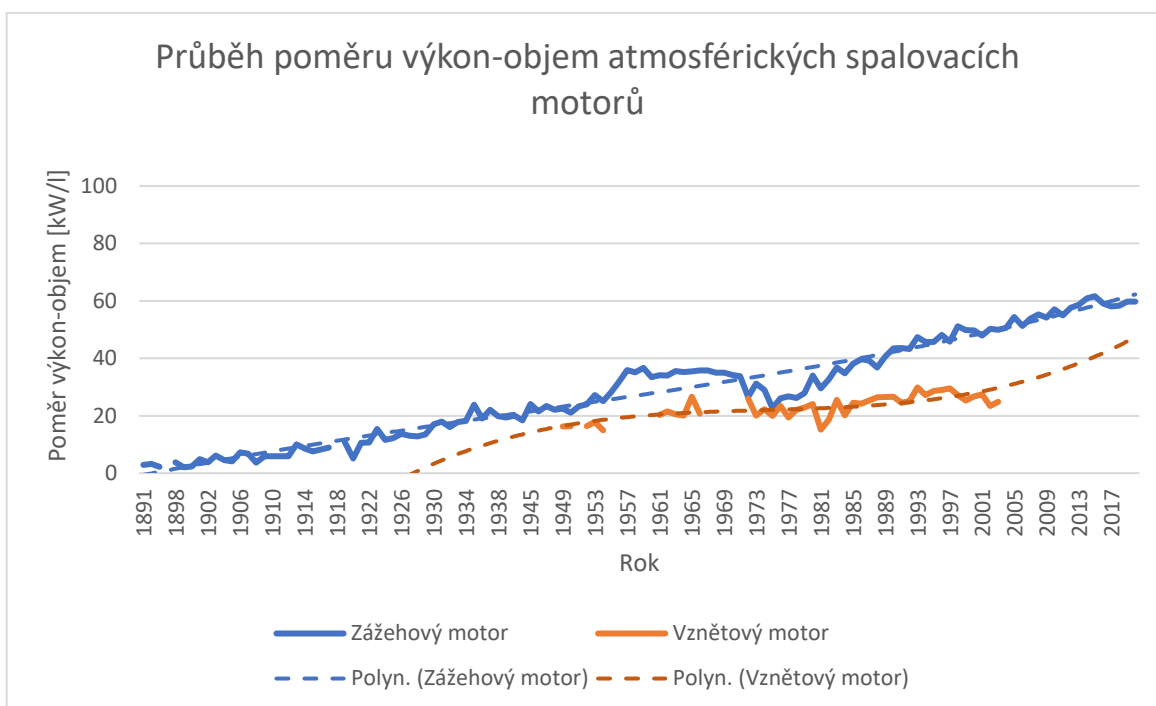
2.7) Poměry

U poměrů jsem zvolil poměr výkon-hmotnost udávající, jak výkonný motor vůz má vůči jeho hmotnosti a poměr výkon-litry udávající jaký výkon vůz má na jeden litr objemu motoru. Z prvního údaje lze určit, který automobil bude živější, zároveň z něj ale lze jasně vidět výkonový vývoj motorů – z velkého motoru s mnoha válci jsme obecně schopni získat velký výkon, bude ale velký, tím pádem i celý automobil a prudce naroste hmotnost celého vozu. To samé platí u motoru s velkým objemem, a proto považuji i druhý poměr výkon-litry za zajímavý parametr, na který se podíváme jako první.

Poměr výkon-objem nám navíc svým způsobem udává účinnost motoru. Čím větší výkon jsme schopni získat z malého objemu, tím účinněji motor využívá svého vnitřního prostoru. Nejedná se tedy zdaleka o účinnost ve smyslu tepelné účinnosti motoru. Předpokládám, že mnohem lepší čísla

spatříme u motorů přeplňovaných, které jsou schopné spálit ve stejném objemu mnohem větší množství směsi paliva a vzduchu.

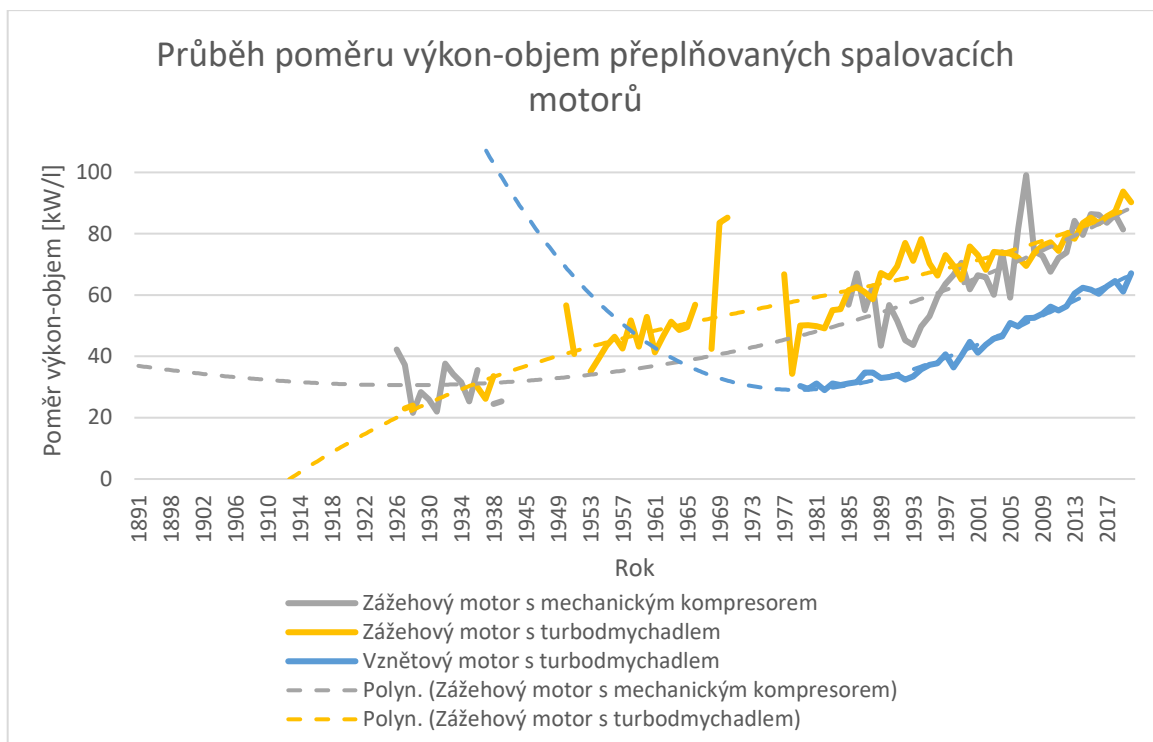
První grafické vyobrazení je pro atmosférické spalovací motory na grafu 22. Pro všechny grafy jsem použil průměrné hodnoty a na některé nejlepší se podíváme v tabulkách. Grafy jsou rozděleny na atmosférické a přeplňované spalovací motory pro vykreslení obou poměrů a obsahují osy ve stejném měřítku pro lepší názornost.



Graf 26: Průběh poměru výkon-objem atmosférických spalovacích motorů

Při pohledu na graf 22 okamžitě vidíme téměř konstantní nárůst poměru výkonu ku objemu u zážehového motoru. Dokonce i polynomická spojnice trendu třetího stupně zde vypadá jako přímka. Vzhledem k tomuto vývojovému trendu můžeme téměř jistě počítat s jeho budoucím pokračováním. V celém průběhu proběhly jenom dvě významné výchytky. Jedna roku 1958 k lepšímu poměru výkonu ku objemu motoru, která nemá přímou spojitost s žádnou významnou událostí. Druhou výchytkou je potom opět velká olejová krize, která poměr výkonu ku objemu u zážehových motorů zhoršila.

V návaznosti na tuto krizi lze konstatovat, že na vznětový motor nejspíše neměla vliv. Vzhledem k nedostatku automobilů před touto krizí bohužel nelze určit zdali k poklesu došlo nebo ne. Později probíhá velmi mírný nárůst výkonu vznětových motorů pokračující koncem atmosférických vznětových motorů začátkem 21. století v důsledku motorů přeplňovaných.



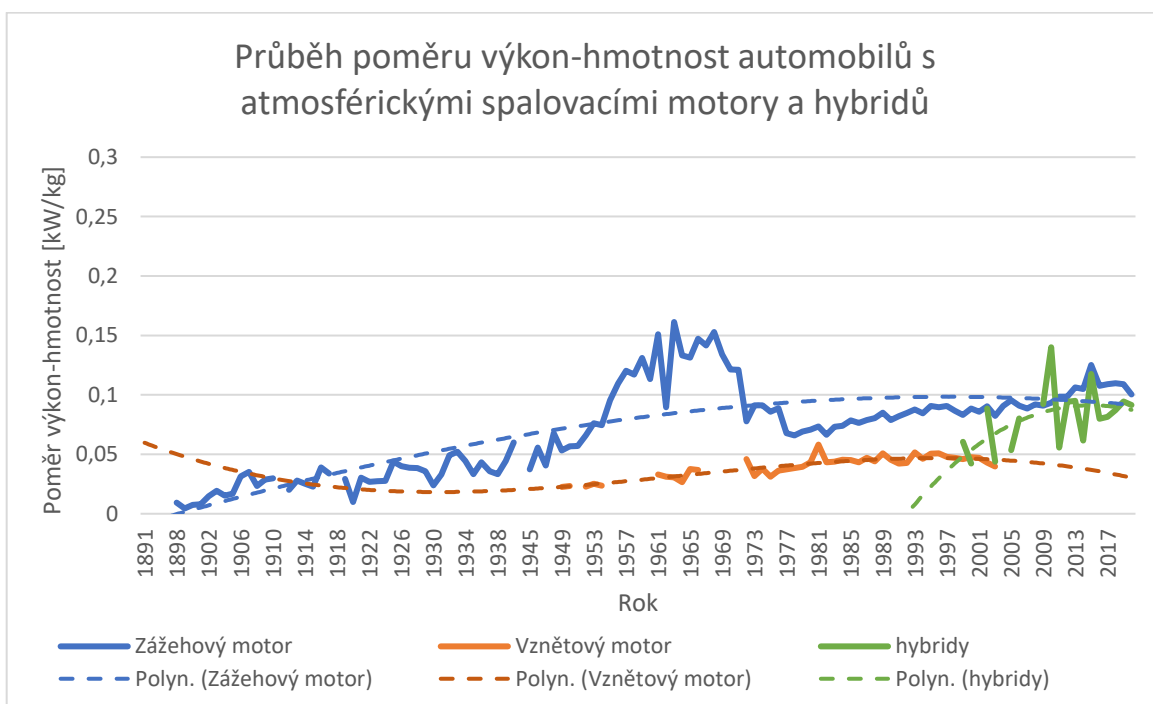
Graf 27: Průběh poměru výkon-objem přeplňovaných spalovacích motorů

Poměr výkonu ku objemu vyneseny pro přeplňované atmosférické motory v grafu 23 ukazuje, že vznětový motor přeplňovaný turbodmychadlem nastupuje na automobilovou scénu začátkem osmdesátých let minulého století. Jeho poměr výkonu ku objemu okamžitě nabírá na prudkém nárůstu a od devadesátých let je nárůst téměř konstantní.

Zážehový motor je tu přítomen ve dvou variantách. V kombinaci s mechanickým kompresorem se poprvé setkáváme dříve než v kombinaci s turbodmychadlem v první polovině 20. století. Poté vidíme pár let, kdy bylo použito turbodmychadla. Jedná se však stále o minimum případů, proto dochází i k vysoké výchylce v letech 1969 a 1970, kdy poměr výkonu ku objemu dosáhne hodnot větších jak 80 kW/l. Právě zde se objevuje Abarth, který dokázal z motoru malého objemu dostat relativně velký výkon na tehdejší dobu. Konkrétně přes 160 kW v roce 1969. Přeplňované motory se uchytily až koncem 20. století, kde vidíme přítomné všechny tři varianty. Připomínám, že u vznětového motoru v mé tabulce byl mechanický kompresor použit pouze dvakrát. Celkově lze říci, že zážehový motor s turbodmychadlem vykazuje lepší hodnoty poměru výkonu ku objemu než motory přeplňované mechanickým kompresorem. V roce 2007 dochází k ovlivnění automobily firmy Mercedes a Koenigsegg, které průměrnou hodnotu dostanou na její celkové maximum v grafu a to 99 kW/l. Mě nejvíce však překvapilo, že poměry zážehového motoru přeplňovaného turbodmychadlem a mechanickým kompresorem se sobě časem blíží. Z hlediska tohoto poměru tedy nelze v dnešní době říci, který typ přeplňování je lepší.

Celkově je vidět, že probíhá relativně stabilní růst výkonu spalovacích motorů bez nutnosti zvyšovat jejich objem. Nutno zdůraznit, že zde nebyly zahrnuty hybridní automobily. Ty budou mít tento poměr obzvláště příznivý. Je tomu tak, jelikož k pohonu vozidla stačí menší motor a výkon je poté doplněn motory elektrickými. Výkon automobilu je potom maximálním součtem výkonu elektrického motoru a motoru spalovacího. Vzhledem k nejasnosti takových údajů jsem hybridní automobily do grafů neuváděl. Nenajdeme zde ani elektromobily, pro které tento poměr nelze stanovit.

Kdybychom se chtěli podívat na nejlepší automobily s poměrem výkonu ku objemu, dostaneme velmi podobnou tabulku jako dostaneme v případě poměru výkonu ku hmotnosti pouze s tím rozdílem, že ještě více pozic obsadí automobilka Koenigsegg v čele taktéž s One:1 o poměru 197,1 kW/l. Následně se díváme na superauta automobilek jako Bugatti, Ferrari, McLaren a kupodivu je zde vůz M4S Wraith z roku 1986, což je pokus o superauto automobilky Dodge. Tyto automobily jsou v drtivé většině případů přepřňované turbodmychadlem. Prvními lidovými automobily jsou Volva, která jsou kupodivu přepřňovaná mechanickým kompresorem. Následují automobily Mercedes, Alfa-Romeo a jiné. Na 55. příčce bychom našli Mitsubishi Lancer Evolution VIII a následně IX z roku 2004 respektive 2005. Toto jsou automobily, které jsem osobně očekával na vyšších příčkách, jelikož poměr výkonu ku objemu byl jedním z nejimpresivnějších aspektů těchto automobilů v době jejich uvedení na trh. Jedná se však o čtvrtý a pátý nejstarší automobil v prvních 100 příčkách. Z toho lze vyvodit, že vývoj pokračuje stále kupředu a ze stejného objemu jsme schopni získat čím dál větší výkon. Velkou zásluhu na tom také bude mít přepřňování turbodmychadlem, které je zde velmi dominantní. Pro zajímavost první automobil s atmosférickým motorem je Ferrari F50 GT1 z roku 1996 na 101. příčce s poměrem 118,7 kW/l. U všech těchto automobilů najdeme zážehový spalovací motor, což by vzhledem k jeho běžně většímu výkonu a menšímu točivému momentu oproti motoru zážehovému nemělo nikoho překvapit.



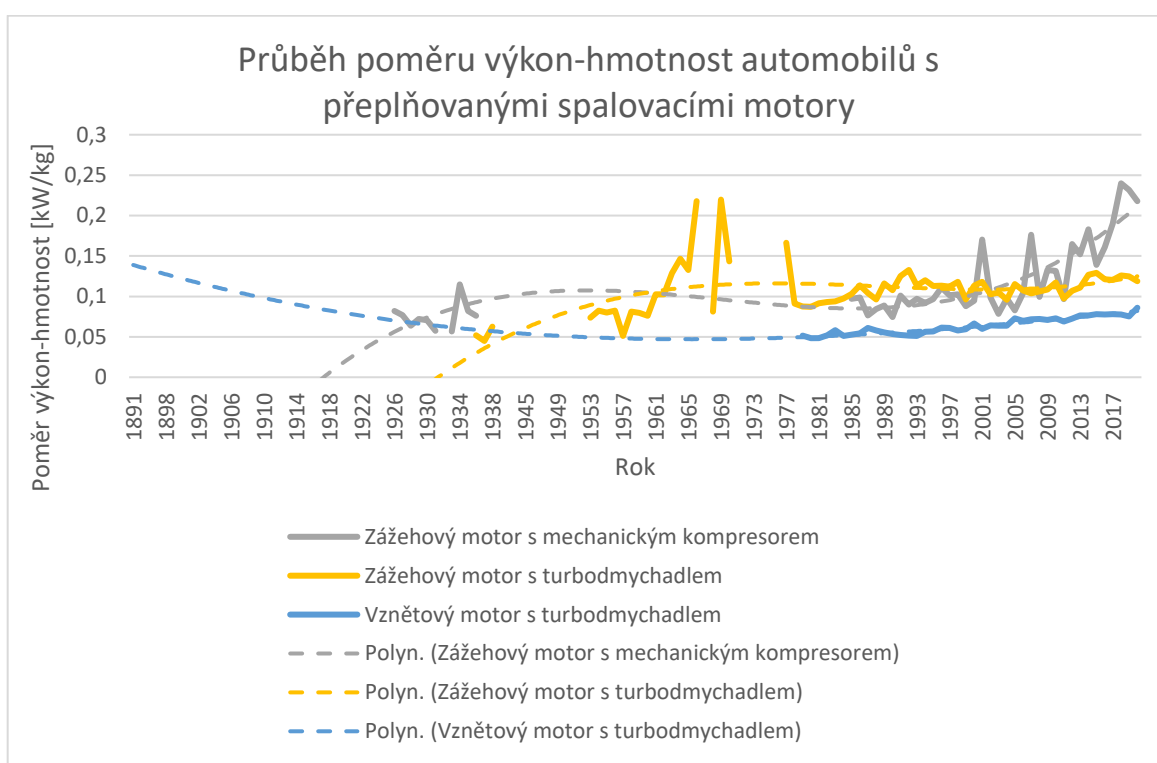
Graf 28: Průběh poměru výkon-hmotnost automobilů s atmosférickými spalovacími motory a hybridů

V grafu 24 jsou zobrazeny automobily s atmosférickými spalovacími motory a automobily hybridní. Elektromobily zde bohužel nejsou, jelikož jejich množství je poměrně malé a výsledky potom vysoce oscilující a nám nic neříkají. Jediný závěr, který by z nich bylo možné vyvodit je, že pokud použijeme menšího množství baterií a velmi výkonných elektromotorů, nejlépe jednoho na každé kolo, jsme schopni dosáhnout lepších poměrů než u automobilů pouze se spalovacím motorem. Podobně jako u předchozího poměru výkonu ku objemu i zde vidíme stejný průběh u zážehového motoru. Jeho růst je veskrze velmi stabilní s kladnou výchytkou kolem roku 1958 a poté propadem roku 1973 vlivem krize. I přes tvar spojnice trendu, která je touto výchytkou ovlivněna, můžeme říci, že stávající stabilní růst, který trvá od počátku osmdesátých let minulého století, nejspíše bude pokračovat i

nadále. Vznětový motor potom má klidnější průběh a před jeho koncem došlo ke stagnaci a následně poklesu poměru výkonu ku hmotnosti.

Hybridní automobily vzhledem k menšímu počtu dat také oscilují výrazněji, jejich trend nicméně dokonale zachycuje polynomická spojnice trendu. Oscilace se totiž snižuje a jde vidět, kde se hybridní automobily coby tohoto poměru nacházejí a nejspíše i budou nacházet. Zatímco elektromobily jsou omezeny převážně bateriemi, hybridní automobily jsou ovlivněny i limity spalovacího motoru. V oblasti hmotnosti by menší baterie i spalovací motor mohly být nejlehčím řešením, stále však nebudou konkurovat lehkým automobilům, které obsahují pouze spalovací motor. Potom vyvstává problém uvedení této hmotnosti do pohybu, k čemuž je potřeba větší výkon, tím pádem buď silnější elektromotory nebo spalovací motor, nebo obojí. Tohle bude často doprovázeno i zvýšením kapacity baterií, tím pádem jejich hmotnosti. Je tedy patrné, že u hybridních automobilů je velké množství proměnných, které je nutno rozumně balancovat.

Dnešním trendem je nicméně přepřehování, na které se podíváme v další grafu.



Graf 29: Průběh poměru výkon-hmotnost automobilů s přepřehovanými spalovacími motory

Na tomto grafu lze vidět, že tam kde atmosférický vznětový motor vykazoval maximum, přepřehovaný vznětový motor začal svůj vzestup. Velmi stabilní růst vykazuje v celé oblasti a tudíž není pochyb o dalším pokračování tohoto trendu. Tento vývoj lze připsat postupnému vývoji tohoto motoru a automobilu jako takového.

Zážehový motor s turbodmychadlem začíná na přelomu sedmdesátých a osmdesátých let sice výše než zážehový motor s mechanickým kompresorem, kolem roku 2000 však dochází k převzetí vedení motorem přepřehovaným mechanickým kompresorem. Z průměrných hodnot vyplývá, že automobily přepřehované turbodmychadlem od devadesátých let minulého století vykazují veskrze stejnou hodnotu poměru výkonu ku hmotnosti. K tomu nejspíše dochází vlivem rozšíření těchto motorů do běžných produkčních automobilů. Takových je většina modelů a výjimky z pravidla se

tak v průměrných hodnotách zcela ztratí, proto jsem automobily s nejlepším poměrem výkonu ku hmotnosti umístil do tabulky 3.

Zážehový motor s mechanickým kompresorem je celkově méně používaným řešením, nicméně velmi oblíbeným v USA, jak jsem již zmínil dříve. V posledních letech velká trojice automobilek Ford, Dodge a Chevrolet vyrobily velké množství automobilů s přeplňováním mechanickým kompresorem, nejčastěji motoru V8, ve snaze vyrobit nejvýkonnější automobil a pokořit své rivaly. Z tohoto „závodu“ potom vznikla auta jako například Dodge Demon produkční automobil s výkonem až 840 koňských sil neboli 626 kW. Se zvyšujícím se výkonem těchto automobilů a s téměř nezměněnou hmotností následně rapidně roste poměr výkonu a hmotnosti automobilu. Vzhledem k velmi malému použití tohoto přeplňování ostatními výrobci je ovlivnění speciálně automobilkou Dodge vysoké. Mezi jiné výrobce používající přeplňování mechanickým kompresorem v posledních letech je například Jaguar a Lotus. Jaguar ve svých motorech také dosáhl vysokého výkonu a Lotus se odjakživa drží minimalistické hmotnosti u svých automobilů. Tak jako tak je výsledkem vysoký poměr výkonu ku hmotnosti.

V případě tohoto poměru je velmi zajímavý pohled na nejlepší automobily, zde je tedy v tabulce zobrazeno deset vozů sestupně od nejlepšího poměru výkon-hmotnost.

Rok	Výrobce	Model	Počet válců	Výkon [kW]	Hmotnost [kg]	Výkon-hmotnost [kW/kg]
2014	Koenigsegg	One:1	8	998,2	1360	0,73
2015	Koenigsegg	Agera RS (1MW)	8	998,2	1395	0,72
2019	Koenigsegg	Jesko Absolut	8	952,7	1390	0,69
2019	Koenigsegg	Jesko	8	952,7	1420	0,67
2015	Koenigsegg	Agera RS	8	863,2	1395	0,62
2019	Bugatti	Contodieci	16	1174,4	1975	0,59
2012	Koenigsegg	Agera R	8	836,8	1415	0,59
2011	Koenigsegg	Agera R	8	818,4	1435	0,57
1992	Monteverdi	Hai 650 F1	8	477,1	850	0,56
2016	Bugatti	Chiron	16	1101,0	1995	0,55

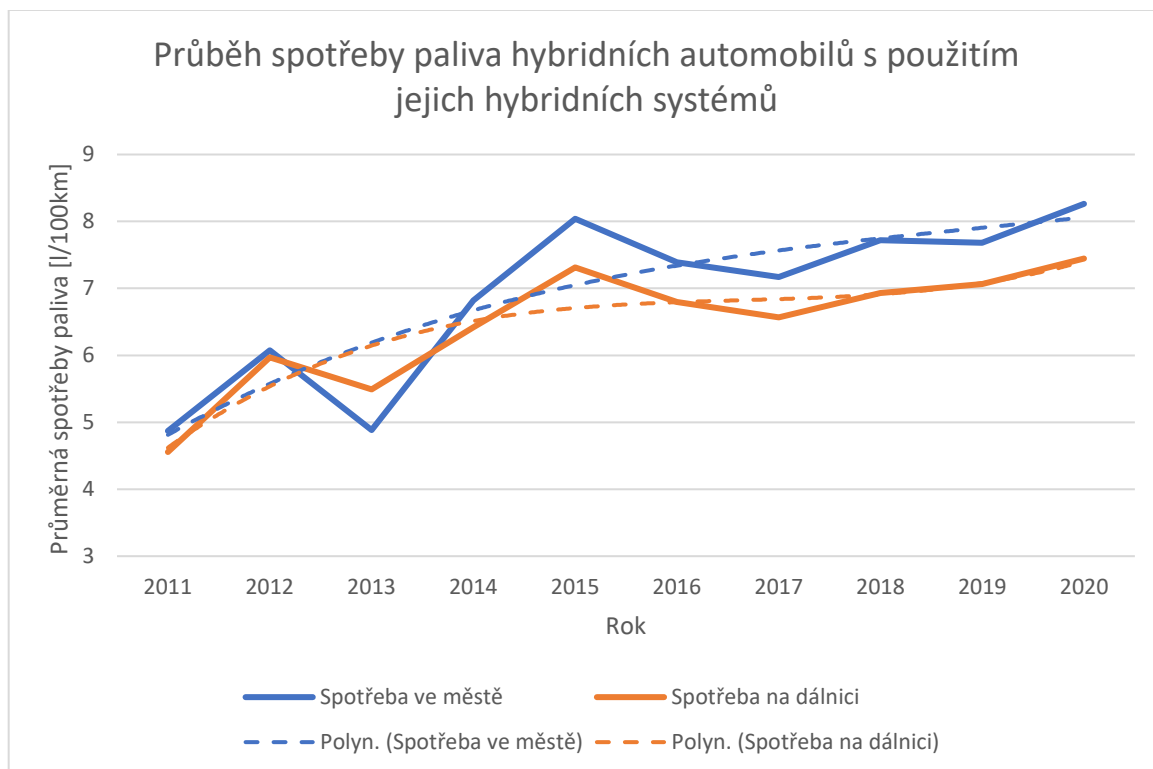
Tabulka 5: Automobily s nejlepším poměrem výkon-hmotnost

Vidíme, že Koenigsegg zde zaujímá velké množství příček, včetně té první. Jejich auta bychom viděli potom i na dalších příčkách spolu s jinými supersporty od výrobců jako jsou Ferrari, Bugatti, McLaren aj. Ještě zajímavější je, že kdybychom se podívali na nejlepší automobily v poměru výkon-objem tak Koenigsegg obsadí všech deset prvních pozic, takovou tabulku jsem nepovažoval za důležitou vynášet, jelikož jde o různé verze založené na modelu Agera, navíc sedm z těchto modelů vidíme i v této tabulce. Koenigsegg sám vyvíjí motory V8 speciálně pro své vozy. V posledních letech přistoupili i k 3D tisku turbodmychadla, díky čemuž jsou schopni vytvořit optimálnější vnitřní geometrii. Veskrze se jedná o stejný čím dál lepší motor. Většina součástí na jejich autech jsou potom vyrobeny z karbonu – velmi lehkého, ale pevného materiálu. Není tedy divu, že mají v této tabulce takové zastoupení.

Bugatti v této tabulce má dva vozy, oba s velmi výkonnými motory, tím jsou schopni dosáhnout velkého výkonu a umístit se v tabulce i přes jejich vyšší hmotnost. Zajímavostí je zde potom vůz Hai 650 F1 z roku 1992. Jedná se o nejméně výkonný vůz, ale zároveň i nejlehčí vůz v této tabulce, tyto parametry má téměř poloviční než konkurence. Jeho samotná přítomnost by se dala zpochybňovat. Jde o vůz, který byl vyroben pouze v 3 exemplářích a to spíše prototypového charakteru. Bez tohoto zajímavého automobilu by zde nicméně přibyl další automobil z dílny Koenigsegg.

2.8) PHEV, HEV

Sekce PHEV, HEV je vyhrazena pro hybridní automobily. Zde nalezneme údaje o spotřebě vozu ve městě a na dálnici, kdy jsou využívány oba typy motorů. Údaje jsem vynesl do grafu 30.



Graf 30: Průběh spotřeby paliva hybridních automobilů s použitím jejich hybridních systémů

V tomto grafu jsou vyneseny průměrné hodnoty spotřeby hybridních automobilů. Zatímco v grafu 26 byly hybridní automobily provozovány bez jejich elektromotorů a nebyl tedy využit plný potenciál těchto vozů, zde ano. Zatímco v grafu 26 se tedy spotřeba pohybuje ve většině průběhu výše než 9 l/100km, zde stěží dosáhneme hodnot vyšších než 8 l/100km. Provozování automobilu hybridního jako automobilu se spalovacím motorem je tedy velmi nevýhodné. Test spotřeby paliva probíhá po plném vybití baterie. Začíná se tedy s prázdnou baterií a opět se s prázdnou baterií končí. Je tím eliminována nepřesnost nabití baterií i vzdálenost, kterou automobil zvládne urazit na nabití ze sítě. Lze vidět, že celkově proběhl a stále probíhá nárůst spotřeby paliva hybridních automobilů. To je velmi zajímavým jevem, jelikož jak později v sekci elektrického pohonu uvidíme spotřeba elektřiny klesla, spotřeba paliva spalovacími motory nám také veskrze klesla, jak jsme viděli na grafu 29. Přestože spotřeba stoupá, její výsledné hodnoty v roce 2020, kdy jsou z průběhu největší, jsou stále menší než jakéhokoli automobilu obsahujícího spalovací motor za posledních 15 let z grafu 30. Stále tedy obecně platí, že hybridní automobily jsou z hlediska spotřeby paliva výhodnější než automobily bez hybridních systémů.

Dalším parametrem je Utility Factor, zkráceně UF. Ten udává podíl vzdálenosti ujeté na elektřinu proti vzdálenosti ujeté za použití spalovacího motoru k nabití baterií. Vychází se z průměrné ujeté vzdálenosti automobilem za jeden den. Tato ujetá vzdálenost se bude měnit v závislosti na vozidle. Z nasbíraných dat o denní ujeté vzdálenosti tímto automobilem potom vznikne vzdálenost průměrná. Vozidla používaná pro krátké přejezdy po městech budou tedy mít obecně průměrnou vzdálenost menší než automobily využívané k dlouhým cestám. Následně se určí, kolik je auto schopno v CD modu ujet, tzn. 100 % čistě na elektřinu. Předpokládá se, že nabití na 100 % proběhlo ze sítě, což je výhodnější, než za použití spalovacího motoru a generátoru ve vozidle.

Výroba elektřiny v elektrárně probíhá za mnohem větších účinností než v automobilu. Je tedy využito větší množství vložené energie na výrobu elektřiny. Navíc nejsou produkovány lokální emise automobilem. Pokud by bylo možné ujet celou vzdálenost s plně nabitými bateriemi, bude se UF rovnat 1, jinak řečeno 100 % vzdálenosti bylo ujeté na elektřinu bez nutnosti její výroby pomocí spalovacího motoru automobilu. Pokud se nerovná 1 znamená to, že bylo nutno zapojit spalovací motor a generátor k výrobě elektřiny a to následně snižuje hodnotu UF. Z toho plyne, že čím menší UF tím, alespoň teoreticky, hybridní automobil ujede méně procent vzdálenosti na elektřinu získanou ze sítě namísto spalovacího motoru. Nevýhodou je, že zde je plno proměnných – ujetá vzdálenost za den, nabíjení ze sítě v průběhu dne a zdali proběhlo nabití do 100 % před odjezdem vozidla z výchozí pozice. Tento koeficient je možné stanovit pro jízdu ve městě, po dálnici či kombinovaně. Ve výsledku automobily s vysokým UF budou ideální městská vozidla. Kombinovaný je relevantnější, proto jsem vytvořil tabulku se sestupně nejlepšími vozy podle jejich kombinovaného UF.

Pozice	Rok	Výrobce	Model	Počet válců	Objem	UF kombinovaný	Elektrický motor
1	2019	BMW	i3 with Range Extender	2	0.6	0,92	125 kW AC Ind
10	2016	BMW	i3 REX	2	0.6	0,83	125kW
11	2020	Karma	Revero GT (21-inch wheels)	3	1,5	0,80	175 a 175 kW DCPM
12	2019	Chevrolet	Volt	4	1,5	0,76	48 a 87 kW 3-Fázový AC
13	2018	Chevrolet	Volt	4	1,5	0,76	48 a 87 kW 3-Fázový AC
14	2016	Chevrolet	Volt	4	1,5	0,76	48 a 87 kW 3-Fázový AC
15	2017	Chevrolet	Volt	4	1,5	0,76	48 a 87 kW 3-Fázový AC
16	2020	Polestar	1	4	2.0	0,76	52, 85, 86kW 3-Fázový Sync
17	2021	Polestar	1	4	2.0	0,76	52, 85, 86kW 3-Fázový Sync
18	2020	Honda	Clarity Plug-in Hybrid	4	1,5	0,73	135kW AC PMSM
19	2021	Honda	Clarity Plug-in Hybrid	4	1,5	0,73	135kW AC PMSM
20	2018	Honda	Clarity Plug-in Hybrid	4	1,5	0,73	135kW AC PMSM

Tabulka 6: Hybridní automobily s nejlepším kombinovaným UF

Jasně zde tedy vede BMW i3, jelikož jeho různé konfigurace jsou umístěny na samotném vrcholu UF. Model i3 v různých konfiguracích zaujímá prvních deset příček, dovolil jsem si tedy většinu z tabulky vynechat. Z toho lze vyvodit například to, že by se mělo jednat o ideální městské auto. Pokud jej přes noc zvládneme nabít, jsme schopni 92 % průměrné vzdálenosti ujet pouze na elektřinu. To samozřejmě bude platit pouze v případě shody naší denně ujeté vzdálenosti s tou teoretickou, pokud by to bylo méně, je vlastník takového vozidla schopen používání tohoto hybridu po většinu času pouze v elektrickém režimu s nabíjením ze sítě z pohodlí domova.

Od 11. pozice se výrazně zvětšuje objem motoru a dochází k dalšímu zmenšování UF. U BMW i3 je základním konceptem automobilu vozidlo elektrické, které je v případě nutnosti schopno s pomocí velmi malého spalovacího motoru vyrábět elektřinu. Jedná se o hybridní automobil s Range Extenderem, neboli o sériový hybridní automobil. Motor tedy nepohání přímo kola v jakékoli situaci. S tím souvisí i veskrze silnější elektromotor než u dalších automobilů, které jsou pravými plug-in hybridy. Výjimkou je Honda Clarity, která má elektromotor o výkonu 135 kW. Automobily, obzvláště s čtyřválcovými motory od pozice 12., jsou určeny i pro delší cesty a jejich spalovací motor je určen pro častější použití a je schopen pohánět kola. Je tedy zcela pochopitelné, že UF bude klesat a spalovací motor se bude zvětšovat.

2.9) Elektrický pohon

V této sekci nalezneme údaje o elektrickém motoru vozidla, a to jak hybridního automobilu, tak čistě elektrického. Dále specifikaci nabíječky, pokud je automobil schopen nabíjení ze sítě, dále specifikaci alternativní nabíječky a časy nabíjení baterií vozidel oběma nabíječkami. Ne každý automobil je schopen být nabíjen alternativní nabíječkou, která je většinou výrazně rychlejší, jelikož nabíjí s větším výkonem. Posledním údajem je spotřeba elektřiny ve městě, na dálnici a kombinovaná spotřeba elektřiny.

Lze předpokládat, že vzhledem k velkému rozsahu výkonů elektrických motorů se tyto hodnoty budou velmi lišit u všech automobilů. Také je možné tyto motory umístit do vozu v různých počtech od jednoho po čtyři motory. Tím je možné získat poměrně vysoké výkony snadněji než v případě aut se spalovacími motory. Důkazem jsou již existující vozy o výkonu téměř 2000 koňských sil, ale i vozy v závěrečné fázi výroby, které vykazují podobné hodnoty. Pro představu nejvýkonnější spalovací motory v produkčním voze se pohybují kolem 1600 koní. Automobilů obsahující elektromotory je zatím malé množství a druhů elektromotorů je naopak množství velké. Tyto motory jsou také často schopny pracovat dle nabíjení ve dvou či třech výkonových konfiguracích a tím napomáhají snížení spotřeby elektřiny automobilu. Výkony elektromotorů jsem tedy nevynášel samostatně do žádného grafu ani tabulky, ale vzhledem k důležitosti tohoto údaje se s ním setkáme v mnoha tabulkách.

Zajímavým údajem potom může být spotřeba elektřiny. Dnes je nabíjení elektromobilů často dotováno a i díky tomu se jedná o výhodnější záležitost než tankování paliva. V budoucnu tomu tak nejspíš nebude, jelikož v případě většiny populace vlastníci a nabíjející elektromobily, by se dotace výrazně podepsaly na státních rozpočtech, případně rozpočtech výrobce, který by platil, či dotoval svým zákazníkům nabíjenou elektřinu. Na spotřebu elektřiny je tedy potřeba nahlížet stejně jako na spotřebu paliva, a protože si podle spotřeby paliva často vybíráme automobil, tak bude mít i spotřeba elektřiny stejnou funkci. Spotřeby elektřiny lze opět rozdělit na spotřebu ve městě, na dálnici a kombinovanou. Do tabulky jsem tedy vynesl sestupně automobily s nejmenší kombinovanou spotřebou elektřiny.

Rok	Výrobce	Model	Typ vozidla	Elektrický motor	Kombinovaná spotřeba elektřiny [kWh/100km]
2020	Tesla	Model 3 Standard Range Plus	EV	211 kW AC 3-Fázový	14,9
2017	Toyota	Prius Prime	Plug-in Hybrid	16 a 37 kW AC Ind	15,5
2018	Toyota	Prius Prime	Plug-in Hybrid	16 a 37 kW AC Ind	15,5
2019	Toyota	Prius Prime	Plug-in Hybrid	22 a 53 kW AC Ind	15,5
2020	Toyota	Prius Prime	Plug-in Hybrid	22 a 53 kW AC Ind	15,5
2021	Toyota	Prius Prime	Plug-in Hybrid	22 a 53 kW AC Ind	15,5
2014	McLaren	P1	Plug-in Hybrid	132kW	15,5
2015	McLaren	P1	Plug-in Hybrid	132 kW AC Sync	15,5
2017	Hyundai	Ioniq Electric	EV	88 kW AC PMSM	15,5
2018	Hyundai	Ioniq Electric	EV	88 kW AC PMSM	15,5

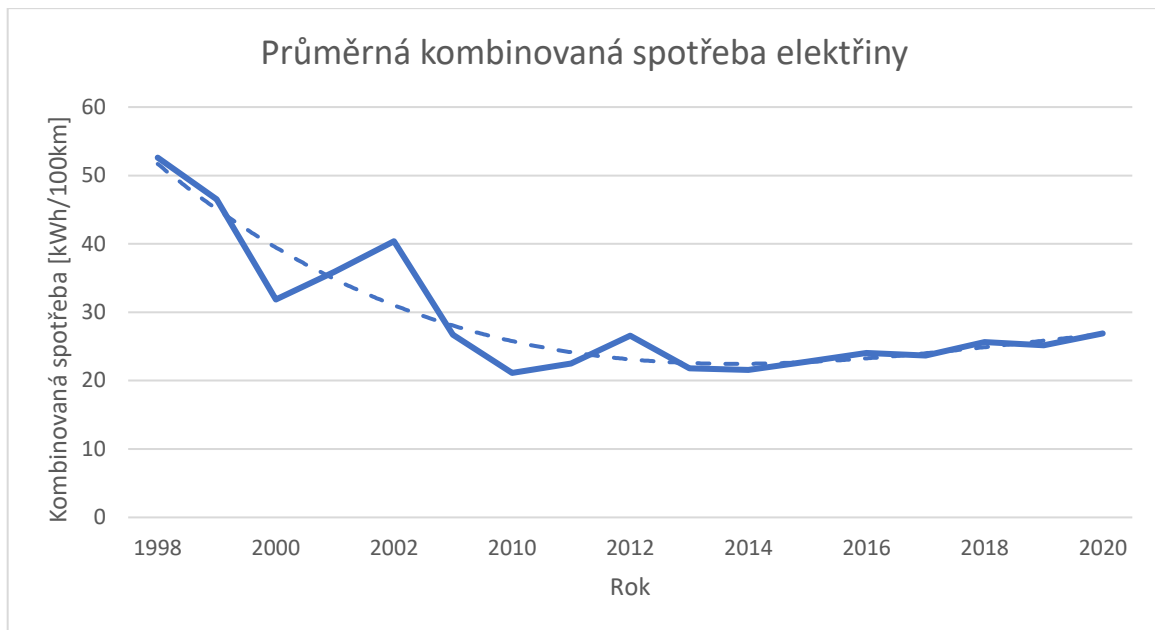
Tabulka 7: Automobily s nejlepší kombinovanou spotřebou elektřiny

Z údajů o výkonu elektrického motoru lze pozorovat, že výkonnější motor nutně nemusí znamenat větší spotřebu elektřiny, tak jak tomu obvykle bývá u spotřeby paliva ve spalovacích motorech. U hybridních vozidel je však nutno hledat zároveň i menší spotřebu paliva. Finančně bude příznivější větší spotřeba elektřiny a menší spotřeba paliva u hybridních vozů. Nejlépe tomu bývá u hybridních automobilů se spalovacím motorem čistě pro generátorickou funkci, nikoli i pro přímý pohon vozidla.

U elektromobilů, které jsou označeny EV, je spotřeba elektřiny stěžejní, jelikož se jedná přímo o produkt, za který bude zákazník platit. V tabulce deseti automobilů s nejmenší kombinovanou spotřebou elektřiny se umístily hned tři elektromobily, což je velmi dobré znamení. Obzvláště v případě elektromobilu Tesla Model 3, který stejně jako Model S i X klade velký důraz na dojezd. Dosahují toho vysokou kapacitou baterií, které bohužel zvyšují hmotnost automobilu. Tím zákonitě stoupá spotřeba elektřiny elektromotory, které musí automobil uvést do pohybu. Přesto Model 3 Standard Range Plus z roku 2020 je jasným vítězem nad konkurencí v této kategorii. Dále se výborně umístily plug-in hybridy Toyota a Hyundai, nicméně poté se opět shledáme s elektromobily Tesla. Těch v prvních 20 příčkách najdeme 9. I zde tedy lze vidět jeden z důvodů, proč je Tesla dominantním výrobcem plně elektrických bateriových automobilů. Za zmínku stojí BMW i3 bez Range Extenderu, které se taktéž umístilo poměrně vysoko.

Zvláštností této tabulky je McLaren P1, který je schopen provozu pouze na elektřinu, a dokonce je schopen dobíjení baterií ze sítě. Jedná se tak o plug-in hybrid, který je zároveň superautem s celkovým výkonem přes 900 koňských sil, kde většina pochází ze spalovacího motoru V8. Obecně elektromotory poháněné automobily mají vyšší spotřebu elektřiny na dálnici. McLaren P1 sice není výjimkou, jeho spotřeba elektřiny na dálnici je však oproti konkurenci výrazně méně navýšena oproti spotřebě ve městě. Z toho lze vyvodit vliv aerodynamiky na spotřebu, jev známý u automobilů se spalovacím motorem, který přetrvává i u automobilů s elektromotorem.

Než přejdeme k času nabíjení, který mě osobně velmi zajímá, podívejme se na grafické zobrazení průměrné kombinované spotřeby elektřiny automobily při provozu pouze na elektřinu.



Graf 31: Průměrná kombinovaná spotřeba elektřiny

Vidíme, že i v oblasti spotřeby elektřiny dochází k poklesu. To je, dle mého názoru, mnohem větším úspěchem než snížení spotřeby paliva v automobilu se spalovacím motorem. Elektromotor totiž na rozdíl od motoru spalovacího má velmi vysokou účinnost a je na této úrovni již velmi dlouho. Snižování spotřeby elektřiny vlivem lepší účinnosti elektromotorů nebude mít velký dopad. Velký dopad bude mít právě aerodynamika. V posledních letech se můžeme setkat s hybridními automobily, kde je dominantní pohon elektromotory a plně elektrickými automobily, které mají výrazně aerodynamičtější přední část automobilu. U plně elektrických aut není potřeba přísunu čerstvého vzduchu do motoru, celý přední nárazník a maska jsou tedy často zaceleny, což zlepšuje aerodynamiku automobilu.

Z grafu 31 lze vidět, že pokles byl velmi rychlý do roku 2013. Od roku 2013 došlo k mírnému nárůstu spotřeby elektřiny. To nejspíše souvisí s přibývajícím hmotností automobilů přidáváním baterií k dosažení většího dojezdu. Také se na trhu objevují automobily obecně větší, SUV, kombi a brzy nejspíše i plně elektrický pick-up. Takové automobily spotřebu elektřiny budou navyšovat oproti malým lehkým městským automobilům obsahujícím minimum baterií.

V poslední řadě se v této části podíváme na čas nabíjení. Čas nabíjení může pro někoho být důležitější než spotřeba. Je dobře známo, že elektrická auta stráví nabíjením mnohem více času než auta se spalovacími motory tankováním. Z počátku nebylo neobvyklé, když se auto nabíjelo i 8 hodin. Dnes již výrobci často umožňují rychlé nabití na hodnotu kolem 80 % a poté dobití do 100 % pomalu. Nutno však zdůraznit, že výrobci často tiše varují, že takové nabíjení rychle snižuje kapacitu baterií. Nicméně pokud se vydáme na dlouhou cestu, kterou naše elektrické auto nezvládne na jedno nabití, nebudeme chtít trávit několik hodin nabíjením. V další tabulce tedy můžeme vidět sestupně plug-in hybridní automobily podle rychlosti nabíjení při 240 V.

Rok	Výrobce	Model	Spotřeba ve městě PHEV [l/100km]	Čas nabíjení [h]	Kombinovaná spotřeba elektřiny [kWh/100km]
2014	Honda	Accord Plug-in Hybrid	4,79	0,67	18,0
2019	Mercedes-Benz	S560e	9,74	1,3	32,9
2020	Mercedes-Benz	S560e	9,74	1,3	32,9
2020	Mercedes-Benz	GLC350e 4matic	8,31	1,3	30,5
2018	Mercedes-Benz	C350e	8,83	1,5	34,8
2017	Mercedes-Benz	C350e	8,83	1,5	34,8
2016	Mercedes-Benz	C350e	8,83	1,5	34,8
2012	Toyota	Prius Plug-in Hybrid	4,79	1,5	18,0
2015	Toyota	Prius Plug-in Hybrid	4,79	1,5	18,0
2014	Toyota	Prius Plug-in Hybrid	4,79	1,5	18,0

Tabulka 8: PHEV s nejkratším časem nabíjení

Čas nabíjení samozřejmě závisí na velikosti baterií. Z této tabulky lze vyvodit hlavně to, že už jsme velmi blízko přijatelnému času nabíjení baterií pro vlastníka vozidla v případě, že k nabíjení nemá celou noc, ale chce rychle pokračovat v cestě. Čas 1,5 hodiny není pro mnoho lidí stále přijatelný oproti 5 minutám tankování paliva, ale ne vždy budeme potřebovat vůz nabít do 100 %, abychom dokončili trasu. Nutno uvážit, že se jedná o PHEV, které mají dojezd čistě na elektřinu v řádu desítek kilometrů, obvykle ne více než 60 km. Čas nabíjení tedy bude samozřejmě kratší než u automobilů plně elektrických, kde je kapacita baterií mnohem větší. Zároveň automobily Mercedes v této tabulce mají dvojnásobnou spotřebu elektřiny oproti nejlepším hodnotám, které jsme viděli v tabulce 7. Taktéž však mají téměř dvojnásobnou spotřebu paliva než Toyota Prius, což je automobil stvořený pro tyto hodnoty. Dále se podíváme na časy nabíjení elektromobilů do tabulky 9.

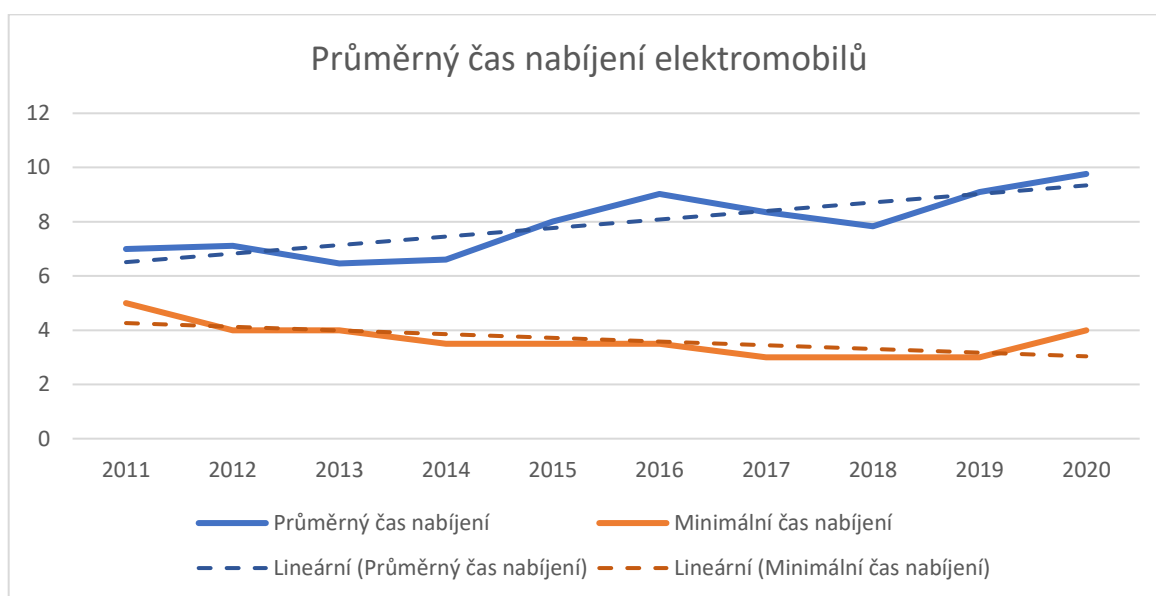
Pozice	Rok	Výrobce	Model	Čas nabíjení [h]	Kombinovaná spotřeba elektřiny [kWh/100km]
1	2019	Smart	EQ fortwo (coupe)	3	19,3
6	2017	Smart	fortwo electric drive convertible	3	20,5
7	2017	Mercedes-Benz	B250e	3,5	25,0
10	2014	Mercedes-Benz	B-Class Electric Drive	3,5	24,9
11	2016	Ford	Focus Electric	3,6	19,9
14	2016	Volkswagen	e-Golf	3,7	18,1

Tabulka 9: Elektromobily s nejkratším časem nabíjení

V této tabulce jsem opět některé automobily přeskočil, jelikož se opakovaly k zahrnutí více automobilů. Díky tomu vidíme, že jde o menší automobily, jejich kapacita baterií tedy také nebude

nijak závratná a čas nabíjení je tedy malý, přesto dvojnásobný oproti plug-in hybridům. Jak jsem již zmínil, je to způsobeno větším dojezdem plně elektrických automobilů, kterého je dosaženo skrz kapacitu baterií. Pro zajímavost bych zmínil, že první Tesla je až na 74. pozici s Modelem S z roku 2013 s 40kWh bateriemi, tedy jejich nejmenší nabízenou kapacitou. Tento automobil se při 240 V nabíjí 6 hodin. Nejdelší čas nabíjení má potom Tesla Model S Long Range Plus z roku 2020, tedy elektromobil zaměřený na maximální dojezd při jednom nabití, které trvá při 240 V 15,3 hodiny. U tohoto modelu není uvedena alternativní nabíječka, u podobné doby nabíjení Modelu X je s alternativní nabíječkou tento čas zkrácen na 4,4 h. Některé z těchto dlouze nabíjených automobilů můžeme vidět v tabulce č10, na kterou se za chvíli podíváme.

Toto nabíjení při 240 V je podstatné, jelikož se jedná o možnost každého motoristy a zároveň je tímto nabíjením udržována životnost baterií oproti rychlonabíjení. S vývojem hybridních a elektrických vozů potom lze předpokládat, že se bude zlepšovat čas nabíjení, životnost a kapacita baterií. Abychom viděli i vývoj času nabíjení graficky, připravil jsem si následující graf.



Graf 32: Průměrný čas nabíjení elektromobilů

V tomto grafu je vyneseny průměrný a minimální čas, za který je plně elektrický automobil nabit při 240 V. Oba průběhy jsem proložil lineární spojnicí. Z průměrného času nabíjení odvodíme, že roste. To koresponduje s rostoucím dojezdem elektromobilů, o kterém se hovoří v další kapitole. Jelikož jediná možnost, jak velmi výrazně zvýšit dojezd vozidla mimo účinnosti pohonného ústrojí, zlepšení aerodynamiky, použití tenčích pneumatik atp., je zvýšit kapacitu baterií. Toho dosáhneme použitím více baterií, které se budou nabíjet déle. Tento růst nejspíše bude ještě chvíli pokračovat, dokud nedosáhnou výrobci takového množství baterií v automobilech a dojezdu, který bude dostačovat i těm nejnáročnějším zákazníkům.

V případě minimální hodnoty času nabíjení, tak dochází k poklesu mimo poslední rok. Taková doba nabíjení se objevuje u malých městských aut určených pro kratší vzdálenosti. S pokračujícím vývojem baterií lze předpokládat, že tato hodnota bude i nadále klesat i přes nárůst v roce 2020.

2.10) Spotřeba a dojezd

Jsou zde informace o spotřebě automobilu ve městě, na dálnici a kombinovaná spotřeba, navíc i dojezd vozidla ve městě a na dálnici. Vše pro primární i alternativní palivo. Údaje o spotřebě zajímají téměř každého zákazníka, a proto jsem je shrnul již dříve v souvislosti se spalovacími motory.

Dojezd na jedno natankování není tak podstatným parametrem u spalovacích motorů, nejspíše i právě proto tento údaj u těchto vozů není. Je to způsobeno rychlou možností doplnění paliva. Totéž potom bude platit i pro hybridní vozy. Kde ovšem narážíme na velkou překážku jsou elektrické vozy s jejich dlouhým časem nabíjení. Zákazníky je tedy často požadován co největší dojezd. Pokud bychom se podívali na hodnoty dojezdů elektrických automobilů, nalezneme širokou škálu dojezdů začínajících na hodnotách 50 km a končících vysoko přes 500 km. Dominantním výrobcem zde je Tesla která, jak je patrné i z následující tabulky, nemá konkurenci co se maximálního dojezdu týká.

Rok	Výrobce	Model	Čas nabíjení při 240 V [h]	Dojezd na dálnici [km]
2020	Tesla	Model S Long Range Plus	15,3	617,7
2020	Tesla	Model S Long Range	12	577,0
2021	Tesla	Model X Long Range Plus	15	573,4
2019	Tesla	Model S Long Range	12	572,8
2020	Tesla	Model S Performance (19in Wheels)	12	558,4

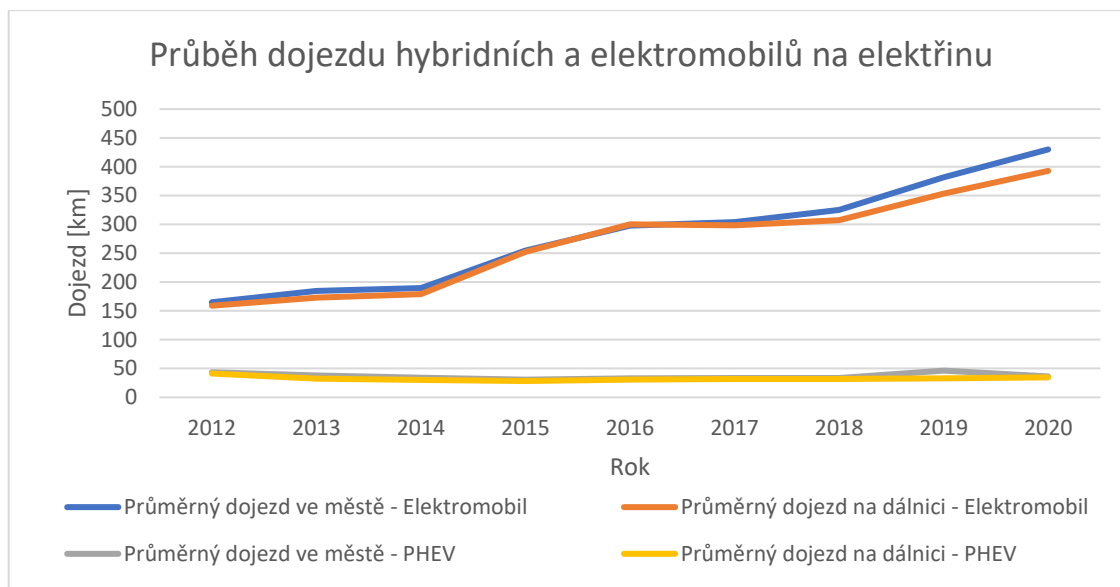
Tabulka 10: Elektromobily s maximálním dojezdem

V tabulce je uvedeno pouze pět vozů, jelikož další výpis by byl zbytečný. Prvních 90 příček jsou automobily Tesla různých variant. Ty nejlepší, alespoň v jejich dojezdu, jsou nazývány Long Range, což v překladu z angličtiny znamená Dlouhý dojezd. Je tedy vidět, že pokud se výrobce na tento parametr zaměří, lze dosáhnout velmi dlouhého dojezdu. V tabulce jsem potom uvedl i čas nabíjení těchto vozů. To jsem udělal z jednoduchého důvodu – čím větší množství a kapacita baterií, tím delší čas nabíjení. To můžeme potvrdit, když se podíváme do další tabulky, kde je uvedeno pět modelů s nejmenším dojezdem.

Rok	Výrobce	Model	Čas nabíjení při 240 V [h]	Dojezd na dálnici [km]
2013	Scion	iQ EV	4	50,9
2017	smart	fortwo electric drive convertible	3	80,5
2018	smart	fortwo electric drive convertible	3	80,5
2019	smart	EQ fortwo (convertible)	3	80,5
2017	smart	fortwo electric drive coupe	3	82,1

Tabulka 11: Elektromobily s nejkratším dojezdem

Okamžitě lze vidět, že čas potřebný k nabíjení se zkrátil na čtvrtinu, dojezd se ale zmenšil 7-krát. Tesla sama provádí výrobu a vývoj svých baterií a lze spekulovat, že jejich baterie mohou být lepší, než z divize Mercedes-Benz, tedy vůz Smart, rozdíl však nejspíše nebude obrovský. Dále je dobré zmínit, že tyto automobily mají zaujmout rozdílné zákazníky. Krátký dojezd nemusí být chybou vývoje vozu, obzvláště potom v případě automobilů Smart je krátký dojezd záměrem. Cílovou skupinu zde tvoří lidé přemísťující se po městě nejlépe s možností nabíjení elektrického auta v práci. Na završení tohoto tématu jsem vytvořil graf průměrného dojezdu automobilů. Jsou zde jak automobily PHEV, tak elektromobily.



Graf 33 Průběh dojezdu hybridních a elektromobilů na elektřinu

Z tohoto grafu vidíme, že průměrná hodnota dojezdu elektromobilů se zvětšila a vypadá, že se tak bude dít i nadále. Zlepšováním kapacity baterií jsou výrobci schopni umísťovat baterie o vyšší kapacitě než dříve, motory poté na základě grafu o spotřebě elektřiny elektromobilů a hybridů spotřebovávají menší množství energie z těchto baterií. U elektromobilů je dojezd stěžejní, baterie totiž stále trvají i při rychlonabíjení podstatně delší dobu dobít než natankovat palivo. Je tedy snaha o co největší dojezd elektromobilů, aby se zákazník mohl vydat i na delší cesty. Jak jsem již zmínil, tak výrobci se vždy nesnaží udělat elektromobil s co největším dojezdem, trend ovšem ukazuje, že většinou tomu tak je. K tomu dochází hlavně vlivem Tesly. Ta má v tabulce velké zastoupení a své automobily nabízí v různých variantách vždy s poměrně velkými dojezdy, kde u některých modelů jde o jejich primární cíl. Zvrátit trend růstu by mohlo dosažení dojezdu, který by dostačoval i těm nejnáročnějším zákazníkům, nebo dobíjení baterií za čas podobný času tankování paliva samozřejmě se zachováním životnosti baterií.

V případě PHEV se setkáváme s velmi mírným klesáním průměrného dojezdu. Spíše však jde o konstantní trend, jelikož baterie jsou drahé a jejich množství v automobilu bude tedy výrazně ovlivňovat jeho cenu. Navíc baterie budou těžké a zhorší dynamiku vozu. Hybridní automobily jsou schopné elektřinu pro elektromotory vyrobit pomocí spalovacího motoru a jeho nádrž lze dotankovat stejně rychle jako u kteréhokoli automobilu se spalovacím motorem. Není tak velkých baterií třeba. Z průzkumu dokonce vyplývá, že velké množství majitelů PHEV hybridů je používá jako klasické automobily a vůbec je nedobíjí ze sítě. Právě to je hlavní výhodou plug-in hybridů, její nevyužívání potom značí, že dojezd na elektřinu z baterií nebude těmito řidiči požadován a umístování většího množství baterií pro zákazníky, kteří o ně nemají zájem, by bylo nesmyslným počínáním výrobců automobilů.

Závěrem bych poznamenal, že jelikož automobily používají rozdílné velikosti baterií, nemusí vyšší spotřeba nutně znamenat kratší dojezd.

Závěr

V teoretické části jsem v rychlosti shrnul některé důležité milníky automobilového průmyslu, které se z osobních automobilů následně rozrostly do nákladních a jiných vozidel. Zajímavým zjištěním bylo stárnutí elektromobilů či hybridních automobilů. Přestože dnes obě tyto technologie považujeme za novinku v automobilovém průmyslu, jejich princip využívaly automobily již dlouho před druhým desetiletím 21. století.

Po této krátké sekci jsem shrnul některé vynálezy spalovacího motoru, které jej ve vývojovém žebříčku posunuly dále a které dnes již běžně využíváme. Následně jsem se podíval na budoucnost spalovacího motoru pro mě nejzajímavější sekci teoretické části. Je vidět, že výrobci automobilů mají plno nápadů, nad kterými se dnes a denně zamýšlí. Ne všechny jsou proveditelné v produkčních automobilech. Perfektním příkladem může být Mercedes, který vymyslel vysoce účinný motor pro formuli 1, ten bohužel není použitelný v běžných automobilech, proto jsem se jím nezabýval. Tento motor a motory kterými jsem se zabýval mají jeden společný cíl – zlepšit účinnost. Je velmi jasné proč. S větší účinností přichází větší výkon a točivý moment, menší spotřeba, menší produkce emisí CO₂ či oxidů dusíku. Mimo zlepšení pístového spalovacího motoru se objevuje i návrat rotačního spalovacího motoru, obzvláště v souvislosti s vodíkem.

V mé praktické části se vodíkovými elektromobily či auty s vodíkovým spalovacím motorem nesetkáme. To plyne ze skutečnosti, že vodíkové automobily na běžných silnicích zatím téměř vůbec nenajdeme. Vodíkový spalovací motor mě velmi zaujal a jeho potenciál stejně jako potenciál palivových článků do budoucna nelze zanedbat. U spalovacích automobilů je výhodou možnost pomalého nástupu této technologie, jelikož lze konstruovat spalovací motor na spalování benzínu a alternativně i vodíku. Celkovým zjištěním potom bylo, že potenciál má vodíkový spalovací motor ať již pístový či rotační u nákladních automobilů, kamionů či prostředků hromadné dopravy.

Po spalovacích motorech se přesouvám v teoretické části k hybridním automobilům. Zde je vysvětleno, jak se hybridní automobily dělí na MHEV, HEV a PHEV. Zatímco základní princip využití elektromotoru k pohonu automobilu je shodný, způsob tohoto pohonu je rozdílný. I pomocí obrázků princip fungování hybridních automobilů v této části vysvětluji, včetně některých výhod a nevýhod konkrétní hybridní technologie. Významnými nevýhodami jsou zvýšená složitost automobilu často i jeho hmotnost. Hybridní automobily nejsou, alespoň v aktuální podobě, budoucností automobilového průmyslu. Jedinou výjimkou mohou být vodíkové spalovací motory, jelikož ty z principu nevytváří téměř žádné emise.

Dále se zabývám plně elektrickými automobily. Právě zde nalezneme FCEV neboli elektromobily s palivovými články a bateriové elektromobily BEV. Opět zde vysvětluji princip a výhody či nevýhody obou systémů. Dle mého názoru právě zde nalezneme budoucnost automobilové dopravy. Pro některá vozidla se pohon elektromotory nehodí, pro většinu osobních automobilů však ano. Pokud se vyřeší tři hlavní problémy bateriových elektromobilů, můžeme očekávat budoucnost s bateriemi. Problémy jsou kapacita, rychlost nabíjení a neekologická výroba. S bateriovými elektromotory se běžně setkáme již dnes stejně jako s hybridy a v praktické části se jimi zabývám. Elektromobily s palivovými články se nezabývám vzhledem k absenci dat. Zde je jediným významným problémem velikost nádrží na vodík, jinak FCEV vykazují oproti BEV spoustu pozitivních vlastností. Osobně se domnívám, že právě palivové články jsou budoucností. To konec konců částečně vyplývá i z praktické části.

V praktické části jsem po dokončení tabulky vynesl velké množství grafů, znázorňující dlouhodobý vývoj automobilů. Také jsem vynesl několik tabulek s nejlepšími a nejhoršími vlastnostmi v dané oblasti. U spalovacích motorů můžeme říci, že se stále jedná o nejběžnější řešení, poté následují hybridní automobily a poté bateriové elektromobily. U spalovacích motorů lze vidět dlouhodobé používání zážehového a vznětového motoru bez přeplňování, které je následně nahrazeno přeplňováním primárně turbodmychadlem. Nejvíce to poté platí u vznětových motorů, kde se s mechanickým kompresorem nesetkáme prakticky vůbec. Přeplňování poté výrazně přispívá ke zlepšování vlastností těchto motorů a nejvíce se podepsalo na poměrech výkonu ku objemu a výkonu ku hmotnosti.

Dále však zjistíme, že se jen těžko vlastnostmi vyrovnávají s hybridními automobily. Hybridní automobily zde vidíme spolu s elektrickými až v posledních 10 letech. I přes tento relativně krátký vývoj se ukázaly obrovské přednosti hybridních automobilů, hlavně co se týká emisí a spotřeby. Plug-in hybridy jsou nejvýznamnějším z hybridů, dle mého názoru, jelikož jde o automobil nejbližší plně elektrickému bateriovému automobilu. Zároveň jej však na rozdíl od elektromobilu lze používat téměř bez omezení, popřípadě s omezením klasických automobilů se spalovacím motorem. Přesto správným používáním jsou schopny snížit produkci emisí a spotřebu paliva. Proto zastávám názor, že by měly být propagovány více než plně elektrické automobily, protože se jedná o důležitý mezikrok k budoucnosti automobilové dopravy. Hybridní systémy lze navíc použít ve větším množství vozidel, než je provozovat jako plně elektrické.

Elektromobily jsou budoucností. Myslím, že toto tvrzení by mnoho lidí naštvalo, dokonce i mě. Přesto jde o můj názor, který byl touto prací zformulován. Existuje plno otázek, kterými jsem se v této práci nezabýval. Jednou z nejdiskutovanějších je produkce emisí při výrobě emisí pro tyto automobily. Tuhle otázku vhodně neřeší ani použití palivových článků. V praktické části jsem elektromobily v některých grafech musel vyloučit, jelikož průběh byl zcela nevyovídající o jakémkoli trendu. Ukazuje to nicméně velký potenciál elektromobilů. Lze udělat velmi malé kompaktní automobily s krátkým dojezdem určené k městské přepravě, nebo automobily větší s velkým dojezdem. Jednou z výhod elektromotorů je rekuperace jinak ztracené brzdné energie, dále jejich vysoký výkon, který je dostupný v oblasti nízkých rychlostí, kde se většina řidičů neustále pohybuje. Pro motorsport je potom příznivá absence ovlivnění hustotou vzduchu. Z grafů je patrné, že se vývoj ubírá stále kupředu optimálnímu řešení bateriových elektromobilů. Čas nabíjení se zkracuje a dojezd se prodlužuje. Nepochybuji, že budoucí vývoj problémy bateriových elektromobilů potlačí, možná i úplně eliminuje, přesto se mi nelíbí postoj vůči palivovým článkům. Ty jsou některými výrobci zcela ignorovány, či dokonce ponižovány. Jiní výrobci nicméně investují do vývoje elektromobilů s palivovými články obrovské peníze a jejich automobily fungují. Společným problémem je infrastruktura, která je aktuálně budována pro bateriové elektromobily i přes fakt, že vodík se zdá být výhodný jak u palivových článků, tak i zmíněných spalovacích motorů.

Z práce je patrné, že některé parametry v posledních letech stagnují a dále se příliš významně nevyvíjí. To je problémem převážně automobilů se spalovacími motory v oblasti spotřeby a emisí. Jejich konec spalování benzínu a nafty se blíží, naštěstí se však už pracuje v oblastech elektromobilů a vodíkových spalovacích motorů. U elektromobilů výsledky můžeme vidět kolem sebe. Na silnicích poslední dobou vídám stále více hybridních automobilů a elektromobilů. Ať už se nám to líbí nebo ne, přichází nová éra v automobilovém průmyslu.

Použité zdroje

- [1] Horse-Drawn Carriages Versus Electric Buggies - The Battle Continues in NYC. InsideEVs | Electric Vehicle News, Reviews, and Reports [online]. Copyright © 2021 [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://insideevs.com/news/321217/horse-drawn-carriages-versus-electric-buggies-the-battle-continues-in-nyc/>
- [2] Nicolas Joseph Cugnot's 1769 Steam Tractor. HistoryGarage - The history of things that get parked in a garage [online]. Copyright © 2021. [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://historygarage.com/nicolas-joseph-cugnots-1769-steam-tractor/>
- [3] steam engine | Definition, History, Impact, & Facts | Britannica. Encyclopedia Britannica | Britannica [online]. Copyright © Jarno Gonzalez Zarraonandia [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/steam-engine>
- [4] The world's first electric car | Collection stories | University Museum | University of Groningen. Top 100 University | Rijksuniversiteit Groningen [online]. Dostupné z: <https://www.rug.nl/university-museum/collections/collection-stories/wagentje-van-stratingh?lang=en>
- [5] La Jamais Contente : la voiture électrique qui a dépassé les 100 km/h... en 1899. Novethic | L'actualité de l'économie et la finance durable [online]. Copyright © 2016 [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.novethic.fr/actualite/energie/mobilite-durable/isrse/a-l-origine-la-jamais-contente-la-voiture-electrique-qui-a-depasse-les-100km-h-en-1899-147748.html>
- [6] Étienne Lenoir | Belgian inventor | Britannica. Encyclopedia Britannica | Britannica [online]. Copyright © Jarno Gonzalez Zarraonandia [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Etienne-Lenoir>
- [7] Historie Ford Model T – tady to všechno začalo – Classic Cars Bohemia s.r.o.. Veteráni na prodej – Classic Cars Bohemia s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.veteran-prodej.cz/2020/historie-ford-model-t-tady-to-vsechno-zacalo/>
- [8] Model T and Assembly Line - Henry Ford . Henry Ford - Home [online]. Dostupné z: <https://fordh.weebly.com/model-t-and-assembly-line.html>
- [9] Lohner Porsche Mixte [online]. Dostupné z: <https://auto-zer.com/photo/lohner-porsche-mixte-hybrid/05/default.html>
- [10] Automobil – Wikipedie. [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Automobil>
- [11] Carburetor | mechanics | Britannica. Encyclopedia Britannica | Britannica [online]. Copyright © Jarno Gonzalez Zarraonandia [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/carburetor>
- [12] Carburetor - New World Encyclopedia. Info:Main Page - New World Encyclopedia [online]. Dostupné z: <https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Carburetor>
- [13] Gasoline direct injection. Document Moved [online]. Copyright © 2021 Robert Bosch GmbH. All rights reserved. [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/powertrain/gasoline/gasoline-direct-injection/>

- [14] Gasoline direct injection - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Gasoline_direct_injection
- [15] Inventors of the Spark Plug. ThoughtCo.com is the World's Largest Education Resource [online]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/inventors-of-the-spark-plug-4074529>
- [16] Lodge Spark Plugs | Hemmings [online]. Dostupné z: <https://www.hemmings.com/stories/article/lodge-spark-plugs>
- [17] Oliver Lodge - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Oliver_Lodge
- [18] Etecno1 Diesel glow plugs history. diesel glow plugs manufacturer - Home page - Etecno1 [online]. Dostupné z: http://www.etcno1.it/info_text.php?info_id=1
- [19] 2-Stroke And 4-Stroke Engines – Whats The Difference?. LSU AgCenter [online]. Copyright © [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: https://www.lsuagcenter.com/portals/communications/news/news_archive/2005/december/news%20you%20can%20use/2stroke-and-4stroke-engines--whats-the-difference
- [20] 2-Stroke vs 4-Stroke - Which Is Better and What's the Difference? | Gold Eagle Co.. Superior Car Maintenance Products & Tips | Gold Eagle Co [online]. Copyright © Copyright 2021 Gold Eagle [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.goldeagle.com/tips-tools/2-stroke-vs-4-stroke-better-whats-difference/>
- [21] Turbocharger history - Cummins [online]. Dostupné z: <http://www.cummins.ru/en/components/turbo-technologies/turbocharger-history>
- [22] Who Invented The Supercharger And How Has It Changed?. Car Throttle [online]. Dostupné z: <https://www.carthrottle.com/post/who-invented-the-supercharger-and-how-has-it-changed/>
- [23] What is a Turbocharger and How Does it Work? - Eagle Ridge GM. Eagle Ridge GM: New & Used Car Dealership | Coquitlam, BC. [online]. Copyright © 2021, Eagle Ridge GM, [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.eagleridgegm.com/what-is-a-turbocharger-and-how-does-it-work/>
- [24] How Superchargers Work | HowStuffWorks. Auto | HowStuffWorks [online]. Dostupné z: <https://auto.howstuffworks.com/supercharger.htm>
- [25] MAHLE Powertrain | MAHLE Jet Ignition. MAHLE Powertrain | Home [online]. Dostupné z: <https://www.mahle-powertrain.com/en/experience/mahle-jet-ignition/>
- [26] Tiny friendly giant engine - Koenigsegg. Koenigsegg Automotive [online]. Dostupné z: <https://www.koenigsegg.com/gemera/tiny-friendly-giant-engine/>
- [27] Freevalve Technology - Fully variable valve actuation. Freevalve | Camless Engine Technology for Sustainable Engines [online]. Copyright © 2020 Freevalve [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.freevalve.com/freevalve-technology/>
- [28] Toyota's Developing A Hydrogen Combustion Engine! - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=3IPR50-soNA&list=WL&index=165>

- [29] Toyota Hybrid CNG | Prins Autogassystemen BV. Redirecting to <https://www.prinsautogas.com/en> [online]. Copyright © 2021 [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.prinsautogas.com/en/news/toyota-hybrid-cng>
- [30] Natural Gas Cars | Pros and Cons of CNG Powered Vehicles. Compare Car Insurance Quotes: Accurate, Fast, & Secure | Compare.com® [online]. Copyright ©2021 Compare.com. [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.compare.com/ways-to-save/vehicle/natural-gas-vehicles-guide>
- [31] ELUC. ELUC [online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1462>
- [32] What is MPGe?. Car and Driver: New Car Reviews, Buying Advice and News [online]. Copyright ©2021 Hearst Autos, Inc. All Rights Reserved. [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.caranddriver.com/research/a31863350/mpge/>
- [33] Dva pedály neznamenají vždy totéž: Čím se liší 5 různých typů automatických převodovek? - Autobible.cz. Autobible.cz - Předjedeme vaše představy! [online]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/dva-pedaly-neznamenaji-vzdy-totez-cim-se-lisi-5-ruznych-typu-automatickych-prevodovek/>
- [34] FEV is Driving Forward Hydrogen Internal Combustion Engine Development - FEV press release. FEV Group - Your development partner [online]. Dostupné z: <https://www.fev.com/en/coming-up/press/press-releases/news-article/article/fev-is-driving-forward-hydrogen-internal-combustion-engine-development.html>
- [35] e-Skyactiv X. Stylové, skvěle vybavené a oceňované vozy | Mazda CZ [online]. Dostupné z: <https://www.mazda.cz/o-nas/skyactiv-x/>
- [36] How Mazda Is Saving The Gasoline Engine - SkyActiv-X - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=yNSxow3W7ek>
- [37] Mazda's 'Skyactiv-3' Engine Could Be As Clean As Some Electrics With 56% Thermal Efficiency. Jalopnik [online]. Dostupné z: <https://jalopnik.com/mazdas-skyactiv-3-engine-could-be-as-clean-as-some-elec-1822516318>
- [38] Skyactiv-X: Mazda's Revolutionary Engine Explained - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=PT2Mt-tkJ_4
- [39] Mazda RX-VISION Rotary Sports Car Concept | Inside Mazda. Home | Inside Mazda [online]. Copyright © 2020 MAZDA NORTH AMERICAN OPERATIONS. ALL RIGHTS RESERVED. [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://insidemazda.mazdausa.com/mazda-news/mazda-new-sports-car-concept/>
- [40] Mazda Built A Hydrogen And Gasoline Powered Rotary Engine - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=U-n5L0cXcpg>
- [41] Engine efficiency - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Engine_efficiency#Internal_combustion_engines

- [42] Maximum efficiencies for internal combustion engines: Thermodynamic limitations – Sage Journals [online]. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1468087417737700#>
- [43] Hydrogen Powered Liquid Piston Rotary Go-Kart - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=TDFAjCOM3iQ>
- [44] 2.0-liter Dynamic Force Engine, a New 2.0-liter Direct-injection, Inline 4-cylinder Gasoline Engine | Toyota's New Powertrain | TNGA | Mobility | Toyota Motor Corporation Official Global Website. [online]. Dostupné z: <https://global.toyota/en/mobility/tnga/powertrain2018/engine/>
- [45] VC-Turbo Engine | INFINITI. INFINITI | Luxury SUVs, Crossovers, Sedans, and Coupes [online]. Copyright © Infiniti 2021 [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.infiniti.com/what-drives-us/power-and-performance/vc-turbo-engine.html>
- [46] INFINITI Reinvents The Gasoline Engine — VC-Turbo - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=A6H66xfEzC4>
- [47] VC-Turbo Engine | NISSAN | Technology. Nissan Motor Company Global Website [online]. Copyright © NISSAN MOTOR Co., Ltd. All Rights Reserved. [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: https://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/vc_turbo_engine.html
- [48] UPDATE: Wankel 2.0. The Return of the Rotary Engine. | Engineering.com. Engineering.com [online]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/story/update-wankel-20-the-return-of-the-rotary-engine>
- [49] High Efficiency Hybrid Cycle (HEHC) | LiquidPiston. LiquidPiston — Introducing the X mini engine [online]. Dostupné z: <https://www.liquidpiston.com/hehc>
- [50] Maybe there is a future for the internal combustion engine after all - Innovation Origins. [online]. Copyright © Innovation Origins 2021 [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://innovationorigins.com/en/maybe-there-is-a-future-for-the-internal-combustion-engine-after-all/>
- [51] A history of turbocharging | Mitsubishi Turbocharger. Mitsubishi Turbocharger | MHI Group [online]. Copyright © MITSUBISHI TURBOCHARGER AND ENGINE EUROPE B.V. [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.turbocharger.mtee.eu/a-history-of-turbocharging/>
- [52] Supercharger - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Supercharger>
- [53] Who Invented The Supercharger And How Has It Changed?. Car Throttle [online]. Dostupné z: <https://www.carthrottle.com/post/who-invented-the-supercharger-and-how-has-it-changed/>
- [54] What is a hybrid car? mild, full, plug-in & self charging hybrids explained | Auto Express. Auto Express | New and Used Car Reviews, News & Advice [online]. Copyright © Autovia Ltd 2021 [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.autoexpress.co.uk/car-news/96154/what-is-a-hybrid-car-mild-hybrids-full-hybrids-and-plug-in-hybrids-explained>

- [55] Understanding Hybrid Vehicles: The 4 Main Types | Motorlease Fleet Management & Leasing Solutions. Motorlease | Fleet Management Services & Vehicle Leasing Company [online]. Copyright © 2020 [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://motorlease.com/article/hybrid-vehicle-types/>
- [56] Plug-in hybrid and other electric vehicles | BMW.com. [online]. Copyright © BMW AG 2021 [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.bmw.com/en/innovation/Plug-in-hybrid-and-other-kinds-of-electric-cars.html>
- [57] Hydrogen fuel cell cars: what you need to know | BMW.com. [online]. Copyright © BMW AG 2021 [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.bmw.com/en/innovation/how-hydrogen-fuel-cell-cars-work.html>
- [58] Does Cold Weather Affect Lithium Batteries | Panther Vision. Hands-Free LED Lighting Products | Panther Vision [online]. Copyright © [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.panthervision.com/2020/02/11/how-does-cold-weather-affect-lithium-batteries/>
- [59] Supercapacitor - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Supercapacitor>
- [60] Chris Harris vs the Lamborghini Sián: an 807bhp, 217mph, V12 hybrid | Top Gear: Series 30 - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 06.07.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=xnANW6nYF9s>
- [61] Motortrend. Motortrend [online]. Dostupné z: <https://www.automobilemag.com/news/epa-vehicle-size-classes-make-no-sense/>
- [62] 150 let vývoje ceny ropy v jediném grafu | Investiční web. Zpravodajský portál pro investory | Investiční web [online]. Copyright ©2021 Investičníweb.cz [cit. 06.07.2021]. Dostupné z: <https://www.investicniweb.cz/investice/150-let-vyvoje-ceny-ropy-v-jedinem-grafu>
- [63] Automotive industry worldwide - statistics & facts | Statista. • Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online]. Dostupné z: <https://www.statista.com/topics/1487/automotive-industry/>

Zdroje tabulky excel

- [64] Car specs catalogue from the world's car manufacturers - browse specs by marque. World car specifications catalogue - database of auto specs [online]. Copyright © Carfolio.com [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.carfolio.com/car-makes/>
- [65] Fuel Economy Web Services. Fuel Economy [online]. Dostupné z: <https://www.fueleconomy.gov/feg/ws/index.shtml>
- [66] Technical specs, data, fuel consumption of cars. [online]. Copyright © 2010 [cit. 05.07.2021]. Dostupné z: <https://www.auto-data.net/en/>

Přílohy

Příloha 1: BP_data_Gergel