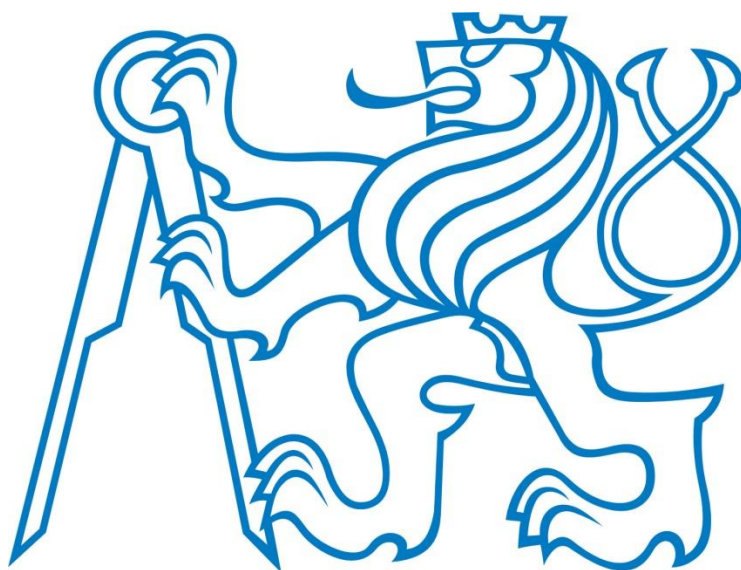


**České vysoké učení technické v Praze**



Fakulta dopravní  
Ústav logistiky a managementu dopravy

**Ekonomické a provozní srovnání elektromobilů  
s konvenčními automobily**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.

Autor práce: Bc. Ondřej Řezníček

Praha 2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní  
d e k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Ondřej Řezníček**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – LO – Logistika, technologie a management dopravy**

Název tématu (česky): **Ekonomické a provozní srovnání elektromobilů  
s konvenčními automobily**

Název tématu (anglicky): Economic and Operational Comparison of Electric Cars and  
Conventional Cars

### Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

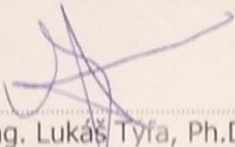
- Analýza cen ropy na světových trzích
- Analýza cen elektrické energie na světových trzích
- Kalkulace nákladů v dopravě, teoretické předpoklady
- Trh s elektromobily, základní charakteristika elektromobilu, vývoj cen baterií
- Elektromobily značky BMW, popis produktu BMW 360° Electric
- Ekonomika provozu elektromobilů, Plug-in hybridů a vozidel s konvenčním spalovacím motorem značky BMW, detailní kalkulace nákladů


- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Kalkulace nákladů silniční nákladní a osobní dopravy, FD ČVUT, metodika, dostupné z [www.fd.cvut.cz](http://www.fd.cvut.cz), 2014  
Kunst, J., Eisler, J., Orava, F. Ekonomika dopravního systému. Nakladatelství Oeconomica, Praha 2011  
Duchoň, B. Inženýrská ekonomika. C. H. Beck, 2007

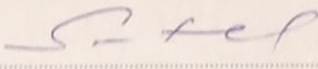
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2015**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

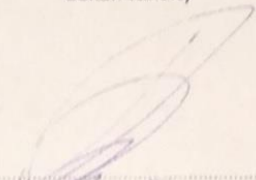
Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2016**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
.....  
doc. Ing. Lukáš Tyfa, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu logistiky a managementu dopravy

  
.....  
prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.  
děkan fakulty



Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

  
.....  
Bc. Ondřej Rezníček  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 15. června 2016

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením  
Doc. Ing. Zdeňka Říhy, Ph.D. a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých  
jsem čerpal.

V Praze dne 25.11.2016

Podpis .....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Zdeňku Říhovi, Ph.D. za odborné konzultace a za vedení při zpracování této diplomové práce a mým rodičům za vytrvalou podporu během celého mého studia.

## **Abstrakt:**

Téma své diplomové práce jsem zaměřil na srovnání všech dostupných alternativních paliv u automobilů. S ohledem na mé působení u značky BMW budou předmětem mého zkoumání automobily s konvenčním pohonem, které následně budou srovnány s moderními technologiemi sloužícími pro pohon osobního automobilu. Značka BMW má ve svém portfoliu několik zajímavých technických řešení, a proto jsem se rozhodl pro porovnání automobilů se zážehovým a vznětovým motorem a ke každému modelu jsem zvolil Plug-in hybrid nebo elektromobil. Na závěr jsem zpracoval ekonomickou analýzu výhodnosti jednotlivých vybraných modelů s různými koncepcemi pohonu, kterou jsem doplnil o výpočty a porovnání výhodnosti jednotlivých paliv při jejich různých cenách. Toto srovnání jsem aplikoval na srovnání vozů se stejným nájezdem a různým ročním nájezdem při měnící se ceně baterií a závěrem jsem srovnával elektromobil s nejprodávanějším vozem v České republice.

**Klíčová slova:** Ropa, Elektrická energie, Elektromobil, Plug-in Hybrid

A topic of my diploma thesis is focused on a comparison of all available alternative fuels in cars. Regarding my work in BMW will be the subject of my research vehicles with conventional drive that will subsequently be compared with modern technologies using for drive car. BMW has in its portfolio some interesting technical solutions and therefore I decided to compare cars with gasoline and diesel engines and for each model I chose a Plug-in hybrid car or electric car. In conclusion I compiled an economic analysis of the convenience of each selected model with different drive concepts that I supplemented with calculations and comparison of the convenience of individual fuels in their different prices. I applied that comparison to vehicles with the same raid and various annual ramp at the changing cost of batteries and in conclusion I compared the best-selling car in the Czech Republic.

**Key words:** Petroleum, electrical energy, Battery electric vehicle, Plug-in Hybrid

## Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíl práce .....	12
3	Analýza cen ropy .....	12
3.1	Složení .....	13
3.2	Cena ropy v historii .....	13
3.2.1	Závislost ceny ropy na kurzu amerického dolaru .....	15
3.2.2	Globální ropný zlom .....	15
3.3	Komplexní analýza ceny ropy .....	16
3.4	Budoucnost ceny ropy .....	18
3.5	Cena pohonných hmot.....	19
3.5.1	Minimální spotřební daň .....	19
3.5.2	Hrubé marže rafinérií .....	20
3.5.3	Podíl přepravy a maloobchodu na konečné ceně .....	20
3.5.4	Daň z přidané hodnoty .....	21
4	Elektrická energie .....	22
4.1	Složení ceny elektrické energie .....	22
4.1.1	Cena za odebranou jednotku energie .....	22
4.1.2	Pevná cena za měsíc.....	22
4.1.3	Poplatek za distribuci .....	23
4.1.4	Měsíční poplatek za rezervovaný příkon .....	23
4.1.5	Příspěvek na podporované zdroje .....	23
4.1.6	Poplatek za systémové služby.....	23
4.1.7	Poplatek Operátorovi trhu.....	23
4.1.8	Daň z elektřiny .....	24
4.2	Zvýhodněná cena elektrické energie .....	24
4.3	Vývoj ceny elektrické energie .....	25
4.4	Vývoj cen elektrické energie .....	26

5	Baterie .....	28
5.1	Vývoj akumulátorů .....	28
5.1.1	Olověný akumulátor.....	28
5.1.2	Akumulátory sodík – síra.....	29
5.1.3	Akumulátory nikl-kadmium.....	29
5.1.4	Akumulátory nikl-metalhydrid (Ni-Mh).....	29
5.1.5	Akumulátory lithium-metal-hydrid.....	30
5.1.6	Akumulátory-lithium-iontové .....	30
5.1.7	Budoucnost baterií Hliníko-vzduchové prototypy .....	31
5.2	Cena .....	32
5.3	Budoucnost .....	33
6	Elektromobil .....	35
6.1	Historie .....	35
6.2	Dobíjecí stanice .....	37
6.3	Ekologie.....	40
7	Plug-in hybrid vehicle (PEHV).....	40
7.1	Koncept hybridního pohonu .....	41
7.1.1	Paralelní hybridní uspořádání .....	42
7.1.2	Sériové hybridní uspořádání .....	42
7.2	Rozdíl mezi hybridy .....	43
7.2.1	Microhybrid .....	43
7.2.2	Mild hybrid .....	43
7.2.3	Full hybrid.....	44
7.2.4	Plug-in hybrid .....	44
8	BMW.....	45
8.1	Historický vývoj elektromobilů BMW.....	45
8.1.1	BMW 1602.....	45



8.1.2	BMW LS Electric .....	46
8.1.3	BMW 325 iX.....	47
8.1.4	BMW E1 .....	48
8.1.5	MINI E .....	49
8.1.6	BMW i3 .....	52
8.1.7	Akumulátor vlastní výroby .....	53
8.2	Hybridy BMW .....	54
9	BMW 360 Elektrik .....	55
9.1	Nabíjení doma.....	55
9.2	BMW Charge now .....	56
9.3	ParkNow .....	56
9.4	FLEXIBLE mobility - Alternativní program mobility .....	57
9.5	BMW i ConnectedDrive .....	57
9.6	DriveNow. ....	58
10	Náklady .....	58
10.1	Obecné pojetí nákladů .....	58
10.2	Výsledné náklady porovnávaných vozidel .....	59
10.2.1	Srovnání BMW řady 1 a BMW i3 .....	61
10.2.2	Srovnání BMW řady 2 Active Tourer.....	62
10.2.3	Srovnání BMW řady 3 .....	63
10.2.4	Srovnání BMW řady X5 .....	64
10.3	Vývoj nákladů.....	65
11	Závěr .....	69
12	Použité zdroje.....	71

# 1 Úvod

V současné době je silniční doprava považována za jednoho z největších znečišťovatelů ovzduší. Produkuje značné množství látek, které mají neblahý vliv nejen na lidský organismus v přízemní vrstvě, ale i na celkové klima na Zemi v globálním měřítku. Pohonné hmoty, které jsou v současnosti používány jako palivo pro silniční dopravu, jsou vyráběné na bázi fosilních paliv, především ropy. Vznik této strategické suroviny probíhá v přírodě po mnoho let, a proto již dnes k ropě přistupujeme jako k neobnovitelnému zdroji energie. Je zcela nevyhnutelné, že ropa bude dříve či později vytěžena a lidstvo tak přijde o možnost vyrábět benzin a naftu – fosilní paliva, bez kterých se v dnešní době neobejde provoz drtivé většiny automobilů s konvenčním spalovacím motorem. Přestože je kladen značný důraz na kvalitu paliva s cílem snižovat emise, jsou konstruovány automobily s nízkou spotřebou, nejsou tato opatření dostatečně účinná. Může za to zejména stále vyšší spotřeba energie, rostoucí těžba ropy, která by měla vrcholit v roce 2020 a s tím související, již zmíněný, nárůst emisí.

Evropská unie se snaží zastavit zvyšující se spotřebu ropy a paliv z ní vyrobených a především si klade za cíl, v co největší míře omezit tvorbu skleníkových plynů CO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>. Proto zavádí různá opatření, která zpříšňují emisní limity pro spalovací motory. V současné době je v platnosti zatím poslední emisní norma Euro 6, která donutila výrobce automobilů instalovat do vozidel se vznětovým motorem kromě filtru pevných částic i systém na vstříkávání roztoku AdBlue do výfukového potrubí. Do budoucna se s chystanou emisní normou Euro 7 zvažuje instalace podobných zařízení do automobilů se zážehovým motorem.

Dalším stupněm jak omezit závislost na ropných palivech je podpora alternativních paliv. V současné době se v souvislosti s alternativními palivy hovoří především o stlačeném zemním plynu CNG. Toto palivo, díky rychle rostoucí síti plnicích stanic, široké nabídce výrobců a modelů automobilů a relativní jednoduchosti použití, vytlačuje z trhu vozidla na pohon zkapalněným ropným plynem LPG. Mezi alternativní paliva dále můžeme zařadit pohon automobilu palivovými články nebo vodíkem. Tato technologie je zatím na začátku a vzhledem k tomu, že v České republice existuje pouze jedna plnicí stanice na vodík, odhaduje se, že k rozšíření této technologie by mohlo dojít nejdříve za 10 let.

S ohledem na aktuální téma alternativních paliv, bych Vám rád ve své diplomové práci přiblížil elektromobily, které jsou v současné době na vzestupu a investují do nich nejenom automobilky, ale i výrobci baterií či výrobci komunikačních technologií. Elektromobily patří mezi alternativně poháněná vozidla a v současné době se vezou na vlně rostoucí oblíbenosti jak ze stran výrobců, tak vedení měst či států a v neposlední řadě i zákazníků, což dokládají

každoročně zvyšující se počty prodaných vozidel. Pořízení elektromobilu s sebou nese výhody, jako jsou lokální nulové emise, jednoduchý a servisně nenáročný provoz nebo velice nízké náklady na jeden ujetý kilometr s ohledem na nízkou cenu jedné kilowatthodiny elektrické energie, která je v mnoha případech ještě dotovaná státem nebo energetickými společnostmi. Na druhou stranu mezi nevýhody můžeme zařadit vysokou vstupní investici na pořízení elektromobilu nebo jeho omezený dojezd. Elektromobily jsou vnímány jako jedna z možností udržitelnosti dopravy a jejich rozšíření je závislé nejenom na jejich osvojení samotnými řidiči, ale i na jejich technologickém vývoji. Rozšíření elektromobilů bude mít dopad nejen na automobilový průmysl, ale i na energetické systémy, kvalitu ovzduší, úroveň bydlení ve městech a další společenské oblasti.

Na rozšíření elektromobilů má a bude mít vliv mnoho faktorů. Nikdo v současné době nedokáže přesně odhadnout vývoj cen ropy a elektrické energie, stejně jako vývoj cen baterií resp. jedné kilowatthodiny její kapacity, i když zde je trend zatím jasně klesající. Všechny tyto faktory mohou mít vliv na výhodnost jednotlivých paliv. Proto jsem se rozhodl srovnat náklady různých druhů pohonů u různých typů automobilů, přičemž pro mé srovnání jsem si vybral značku BMW. Nejedná se o nejrozšířenější automobily v České republice, ale jedná se o značku, která z mého pohledu šla částečně jinou cestou při vývoji automobilů a v současné době má ve svém portfoliu nejvíce modelů poháněných plně nebo alespoň částečně elektrickou energií. Značka BMW měla historicky vždy blízko k elektromobilům, což vedlo k vytvoření samostatné značky BMW i, která se nikdy nezaměřovala na přestavbu klasických modelů na elektromobily, ale od základu postavila čistý elektromobil. Dále pak poznatky aplikovala na stavbu plug-in hybridních vozů. V současné době značka nabízí 6 modelů s elektrickým pohonem a další modely budou při obměně jednotlivých řad následovat. Automobilka plánuje, že každá modelová řada bude mít model poháněný elektřinou a dokonce se plánuje i několik výkonových stupňů, aby automobilka měla alternativu k různě výkonným spalovacím motorům.

Cílem má diplomové práce je zhodnotit jednotlivé modely a porovnat náklady na jeden ujetý kilometr u automobilu s konvenčním motorem a jeho ekvivalentu poháněného elektřinou. Do srovnání jsem vybral zatím všechny dostupné modely, tedy čistý elektromobil, zástupce nižší střední třídy, městský velkoprostorový vůz, sedan vyšší třídy a nakonec i největší SUV značky. Značka BMW se snaží produktově pokrýt celé modelové spektrum, aby dokázala zákazníkům nabídnout alternativu k vozům s konvenčním pohonem a to i v několika výkonových verzích. Další podporou prodeje může být i velice atraktivní cenová politika BMW Česká republika jako výhradního dovozce značky do České republiky. Žádný z uvedených vozů

není cenovým vrcholem, proto ve srovnání s běžnými modely jsou konkurenceschopnější. Na konci práce v několika různých grafech naleznete body zvratu, které určují výhodnost jednotlivých paliv za předem stanovených podmínek, jako jsou rozdíly mezi stejnými a různými ročními kilometrovými nájezdy, jaký vliv má klesající cena baterií nebo jak vychází srovnání nákladů na jeden ujetý kilometr elektromobilu BMW i3 s nejprodávanějším vozem v České republice Škodou Octavií.

## **2 Cíl práce**

Cílem této práce je představit nastupující technologii pro pohon osobních vozidel. Rozhodl jsem se práci zaměřit na vozy německé značky BMW, protože již tři roky pracuji jako produktový specialista u značky BMW a díky tomu budu srovnávat reálné naměřené hodnoty spotřeb jednotlivých vozidel. V této práci bych vám chtěl představit nové technologie a srovnat je s těmi stávajícími. V přehledu vybraných vozů najdete čistě elektrickou BMW i3 BEV, verzi s prodlužovačem dojezdu BMW i3 REX, které budu porovnávat s nejmenším zástupce mnichovské automobilky BMW řady 1 ve verzi 118i s benzínovým motorem a 118d s naftovým motorem. Dále jsem do porovnávání zařadil rodinný vůz BMW řady 2 Active Tourer, který je na našem trhu dostupný jak s benzínovými a naftovými motory tak nově v Plug-in hybridní verzi. Třetí porovnávanou řadou je BMW řady 3 se třemi verzemi pohonu. A na závěr jsem do porovnávání zařadil největší model BMW X5, který je neprodávanějším BMW v České Republice a jako první BMW byl dostupný v plug-in hybridní verzi.

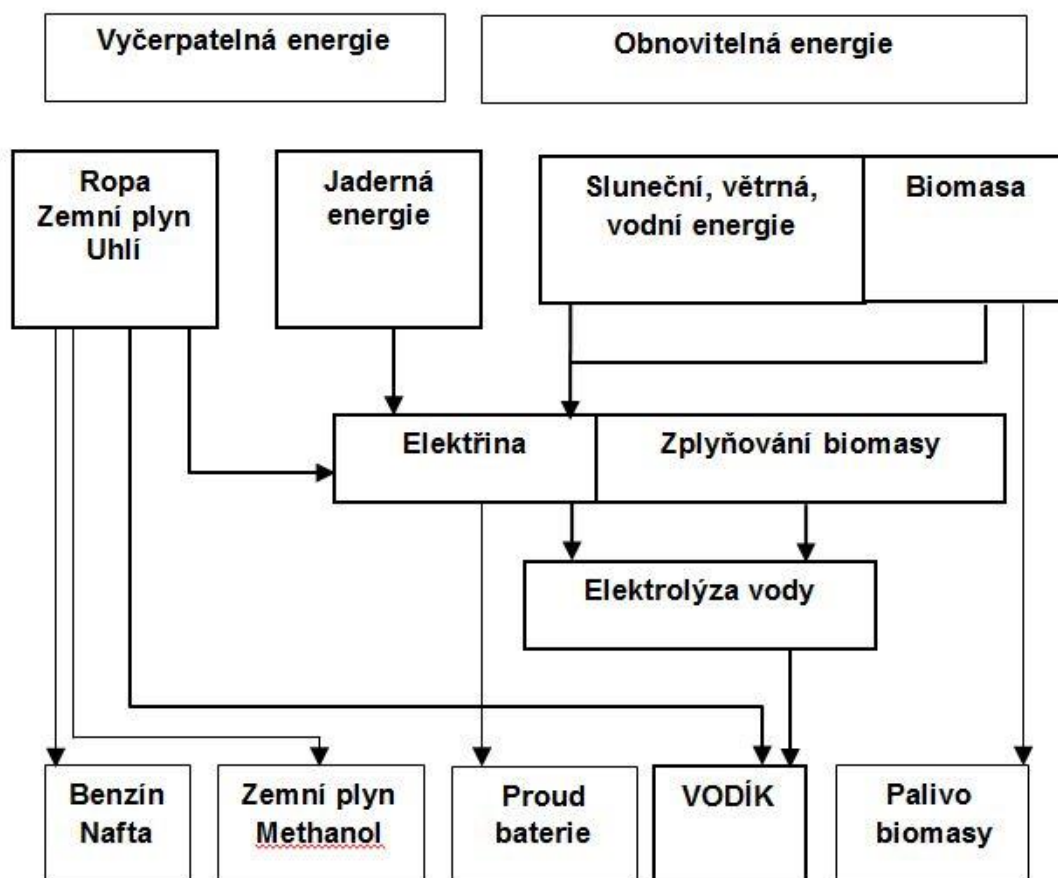
Při konečném porovnávání nákladů na jeden ujetý kilometr není mým cílem jasně stanovit, který pohon je v současné době nejlepší nebo nejlevnější, ale ukázat jak si stojí proti sobě stávající technologie a nové nastupující. Samozřejmě do porovnání není úplně možné zahrnout další faktory, které ovlivňují používání elektromobilů nebo Plug-in hybridů jako dostupnost a možnost nabíjecích stanic a dále využitelnost v každodenním provozu s ohledem na omezený dojezd. Vždy bude konečná volba pohonu na jednotlivém zákazníkovi, který bude volit pohon s ohledem na jeho individuální potřeby a jednotlivou skladbu provozu daného vozidla.

## **3 Analýza cen ropy**

O tom, jak úspěšná alternativní paliva v nejbližší době budou, rozhodne především cena ropy, která bude rozhodujícím parametrem ekonomické efektivity jednotlivých energetických zdrojů. Je důležité si uvědomit různé faktory, které výslednou cenu ropy ovlivňují. Ať už jde o faktory kvantifikovatelné a do jisté míry předvídatelné (růst HDP, kurz dolaru) nebo nekvantifikovatelné, které vykazují jistou míru stochastičnosti (přírodní katastrofy, politická situace v zemích vyvážejících ropu aj.).

### 3.1 Složení

Obr. č. 1 Složení energie



Zdroj: Podklady vedoucího diplomové práce

### 3.2 Cena ropy v historii

Cenu ropy můžeme sledovat od roku 1862. Tři roky poté, co se uskutečnil první ropný vrt za účelem získat naftu v Pensylvánii monopolem Johna D. Rockefellera Standard Oil. V té době byl barel, prodáván za cenu 75 centů. Konec 19. století byl pak bojem mezi třemi největšími těžařskými společnostmi, které vznikly podle místa těžby. Těžbu z Kaspického moře zahájil Ludwig Nobel, ale protože v Rusku nebyl odbyt, tak se spojil s evropskými trhy, francouzskou větví Rotschildů a propojili Baku s černomořským přístavem Batumi, odkud byla ropa dovážena do rafinerií v Rjece. Rotschildové se pak spojili ve Velké Británii s pobočkou Standard Oilu.

Po roce 1890 založil obchodník Marcus Samuel společnost Shell Transport and Trading a byl vyslán do Asie, kde měl nabídnout ruskou ropu za bezkonkurenční ceny. V té době také

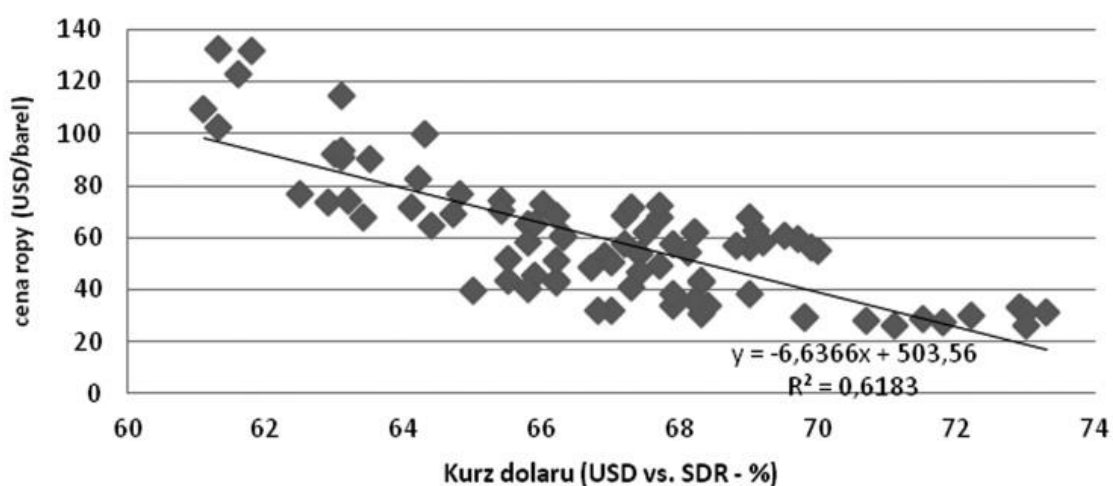
začala těžba v Indonézii pod kontrolou Royal Dutch Company, která se pak spojila se Samuelsonem v Royal Dutch – Shell. Standard Oil ale čelil zásahu antimonopolního úřadu, po kterém vznikla známá skupina „Sedm sester“ – Exxon, Mobil, Chevron, Gulf, Texaco, BP, Shell. Ta měla kontrolu nad celým světovým obchodem s ropou. Na začátku 60. let 20. století vstoupily do hry arabské státy a vznik organizace OPEC. Za posledních více než 50 let zažila cena ropy několikrát růst a pád.

Prvním ropným šokem byl prudký nárůst ceny ropy v roce 1973, kdy začala Egyptsko – Izraelská válka (Jom – Kipurská). Státy OPECu uvalily embargo na vývoz do států, které podpoří Izrael. Ke druhému ropnému šoku došlo v roce 1979 po tzv. islámské revoluci, kdy islámský režim začal vyvážet méně ropy, aby mohl mít vliv nad světovým obchodem. Do situace se vložil Saddám Hussain, který napadl Írán. Spojené státy americké na straně Iráku získaly od Íránu slib, že nebudou prodávat ropu americkým společnostem. Ostatní země OPECu navýšily těžbu ropy, aby zabránily kolapsu, a proto nebyl nárůst ceny ropy tak razantní jako při prvním ropném šoku. Třetí ropný šok nastal v roce 1990 během Války v Zálivu (invaze Iráku do Kuvajtu). Tento konflikt měl za následek přerušení dodávek od těchto dvou strategických zemí. Cena ropy vzrostla dvojnásobně. Počátkem roku 2008 ceny ropy poprvé překonaly hranici 100 USD, v polovině roku dokonce 147 USD. Tento výkyv netrval dlouho, již v prosinci byla cena na 40 USD za barel. [1]

### 3.2.1 Závislost ceny ropy na kurzu amerického dolaru

Nejdůležitějšími vyčíslitelnými faktory, které mají na cenu ropy vliv, jsou HDP poptávajících států a hodnota amerického dolaru, ve které je cena ropy vyjádřena. Těsnost závislosti ceny ropy a těchto faktorů vyjadřuje korelační koeficient a graficky znázorňuje regresní přímka.

Graf č. 1 Znázornění závislosti ceny ropy vyjádřená v USD a kurzu dolaru



Zdroj: [www.silnice-zeleznice.cz](http://www.silnice-zeleznice.cz)

Koeficient korelace v tomto případě je  $-0,787$ , což vypovídá o těsné nepřímé závislosti.

### 3.2.2 Globální ropný zlom

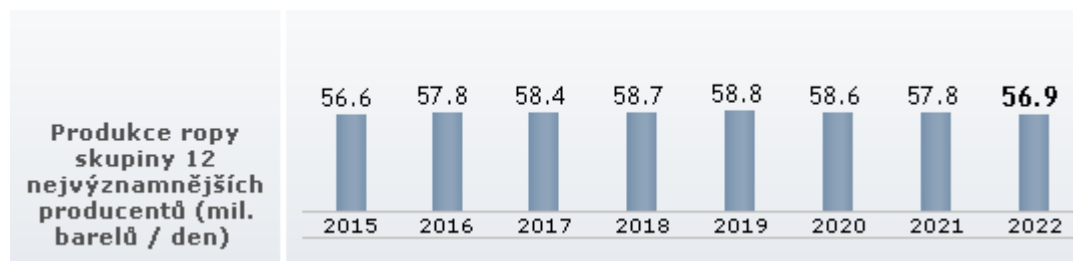
Oproti dřívějším předpokladům, které uváděly ropný zlom kolem roku 2019, se tohoto dočkáme o dva roky dříve, konkrétně v průběhu roku 2017. Důvodů je několik. Nestabilní bezpečnostní situace ve světě, absence regulace tržního prostředí v zemích jako Venezuela, Rusko, Čína, Írán, Libye, Saudská Arábie a neexistence politiky ropných kvót kartelu OPEC.

Protože tři čtvrtiny světové ropné produkce (i ropných rezerv) jsou soustředěny v rukou osmnácti největších ropných producentů, dojde k ropnému zlomu prakticky ve stejnou dobu, jakmile přestane růst souhrnná produkce této ropné "osmnáctky". Objem těžby osmnácti nevýznamnějších producentů činí 63,0 mil. barelů/den (74 % světové produkce ropy). Díky zemím, které již svého ropného zlomu dosáhly, USA (1971), Mexiko (2004), Norsko (2001),



Venezuela (2006), Nigérie (2005) a Velká Británie (1999), lze počet světových producentů omezit pouze na dvanáct.

Graf č. 2. Vývoj produkce ropy



Zdroj: [www.euroekonom.cz](http://www.euroekonom.cz)

Dvanáct nejvýznamnějších ropných producentů doputuje do ropného zlomu v roce 2019. Pakliže k těmto producentům přidáme 6 vyřazených zemí, u nichž k ropnému zlomu již došlo a jejichž produkce během následujících 20 let klesne na polovinu (USA, Mexiko, Venezuela, Nigérie, Velká Británie, Norsko), dostáváme se k ropnému zlomu o dva roky dříve. To znamená v roce 2017. Globální denní produkce ropy bude v tuto dobu činit 98 milionů barelů. Dál už na nás čeká pouze trvalý pokles těžby ropy. [2]

### 3.3 Komplexní analýza ceny ropy

V této části se budeme zabývat jednotlivými příčinami ropného šoku v roce 2008, které jsou výsledkem kauzální analýzy tohoto problému. Z pochopení vývoje ceny ropy v tomto období lze také obecně vysledovat základní faktory, které na ni budou působit i v nejbližší době. Za základní faktory můžeme považovat: poptávku po ropě, kurz amerického dolaru, spekulace, přírodní a ekologické vlivy, nabídku, respektive produkci ropy.

Produkce kartelu OPEC v roce 2008 klesala. OPEC reguloval množství ropy produkčními kvótami, které byly některými členskými státy porušovány za účelem dosažení vyšších zisků. Nestabilita dodávek mimo země OPEC byla také v tomto období podporována očekáváním nepokojů či teroristických útoků. Například v roce 2008 došlo k poklesu zvyšování těžby na západní Sibiři, která má největší podíl na produkci ropy v Rusku. Cenovou stabilitu negativně ovlivnil i válečný konflikt mezi Ruskem a Gruzii kvůli snaze Gruzie být členem NATO. Tato oblast zakavkazského regionu ale představuje důležitou trasu jak pro Gazprom, tak pro ropovod Nabucco. Také ropovod BTC, který spojuje Kaspické a Středozemní moře, vede jen pár desítek

kilometrů od míst bojů v Gruzii. Dalším producentem ropy je Írán, který se řadí mezi prvních pět exportérů světa. V první polovině roku 2008 zde však vyústil konflikt mezi USA – Izraelem a Íránem kvůli neustálé hrozbě jaderných a raketových programů.

Jedna z nejbohatších zemí Afriky, Nigérie, jejíž páteří je ropný průmysl, je sedmým největším exportérem ropy na světě. Zde došlo k přepadením povstalců či povstaleckých skupin, kteří chtěli dosáhnout zvýšení těžebních kvót právě kvůli rostoucí ceně. K ropným velmocím patří také Venezuela. Ta pod vedením H. Cháveze začala znárodňovat ropný průmysl. Chávéz také vyhrožoval zastavením exportu ropy do EU a USA ve snaze posílit svůj politický vliv jak doma, tak v zahraničí.

Vedle politické situace představuje další příčinu nárůstu ceny ropy pokles těžby, a to především v Severním moři v důsledku postupného vyčerpávání ložisek. S vyčerpáváním ložisek souvisí i další příčina – nabídka ropy. Neustálý pokles nových nalezišť a potvrzování Hubbertovy teorie ropného zlomu působí na cenu ropy. Za posledních 20 let také klesá zajímavost investic do ropných nalezišť, protože objevená ropa je těžko dostupná, a tak nutně stoupají náklady na její těžbu. Za nejpodstatnější vliv na cenu ropy však považujeme rostoucí poptávku po ropě. Ta je dána především rostoucím HDP ropu poptávajících zemí.

Ropa je obchodována v amerických dolarech. Vzhledem k hospodářské krizi hodnota USD klesala. Pokud dochází k deprecaci dolaru, společnosti těžící ropu v čele s kartelem OPEC přistupují ke snížení produkce ropy, což skrze nízkou nabídku ropy působí kladně na její cenu. Také inflace je důležitým faktorem, který ovlivňuje hodnotu dolaru, a tedy cenu ropy. Silnou inflační vlnu inicioval Alan Greenspan, nyní už bývalý ředitel centrální banky USA FED. Po teroristických útocích v roce 2001 se logicky začal destabilizovat ekonomický systém. Tomu chtěl FED zabránit, a proto započal s masivními investicemi do mezibankovního systému. Volná likvidita v mezibankovním systému tekla do mnoha různých typů aktiv. Tím se na několik dalších let podařilo předejít krizi na finančních trzích. To přivedlo ale USA do problémů a v roce 2008 klesla hodnota dolaru o 42 %.

Dalšími velice důležitými faktory, které ovlivňují hodnotu dolaru, jsou akciové a komoditní trhy. Jelikož jsou akciové trhy v době krize ovlivněny zejména sentimentem, můžeme finanční krizi přičíst i krátkodobý nárůst hodnoty dolaru od poloviny srpna 2008 a tím sražení ceny ropy. Za hlavního hybatele akciovými trhy můžeme považovat hypoteční krizi. Vývoj komoditního trhu je podobný tomu akciovému. Pokud se na akciovém trhu nedaří, uchylují se investoři k investicím do méně rizikových aktiv, jakými jsou právě komodity typu ropy. [3]

### 3.4 Budoucnost ceny ropy

Po ropném šoku v roce 2008 se odhady ceny ropy odborníků různily. Většinou se předpokládal opětovný nárůst cen ropy na úroveň 150 USD za barel. Na grafu je vidět, že žádný podobný scénář nenastal a ropa se cenově držela kolem 100 USD za barel. Pak ale přišel výrazný pád a v současné době se ropa prodává za ceny kolem 35 USD za barel, což znamená minimum za posledních 12 let. Tato cena je zapříčiněná několika faktory. Spojené státy americké jsou největším spotřebitelem ropy a musely jí značnou část dovážet. Následně přijaly zákon o zákazu vývozu ropy a objevení nových nalezišť se dokonce staly soběstačnými a v současné době dokáží vytěžit takové množství ropy, které jim pokrývá její spotřebu. Nově objevená břidlicová naleziště ve Spojených státech amerických způsobila nadprodukcí ropy, což mělo za následek snížení ceny a těžby ropy na Středním východě. Těžba břidlicové ropy je technologicky náročnější, dražší a za současné ceny hluboko pod 60 USD za barel nerentabilní. Pro těžaře je minimální cena rentability 50 USD za barel. V současné době má nízká cena za ropu vliv i na jiná odvětví a komodity. Těžaři snižují těžbu, omezují investice do modernizace. Nízká cena ropy dopadá i na trh s elektrickou energií. Ale výhled do konce roku 2016 by měl být rostoucí a cena ropy by se měla pohybovat kolem 60 USD za barel.

Co bude s cenou ropy dál, se odborníci nemohou shodnout a je to věc, která se špatně předpovídá. Zatímco Mezinárodní agentura pro energie EIA je přesvědčena, že se ropa už ke svým maximům nad úrovní 100 dolarů za barel nevrátí, řada analytiků má jiný názor. Další atak hranice 100 dolarů za barel očekávají někteří už v roce 2017. Současnou situaci přirovnávají k období 1997–1999, kdy cena ropy klesla až k 10 dolarům, ale pak se prudce zvýšila až na 150 dolarů za barel. Na obrat by tentokrát mohlo mít vliv především dění v USA. Stačí, aby se změnou prezidenta dostal zelenou republikánský projekt energetické soběstačnosti Severní Ameriky a ceny prudce vzrostou.

Graf č. 3 Vývoj cen ropy



Zdroj: <http://www.investicniweb.cz>

### 3.5 Cena pohonných hmot

Konečná cena, za kterou se pohonné hmoty na čerpacích stanicích v České republice prodávají, ovlivňují jak tržní faktory, tak administrativní vlivy. Administrativní faktory jsou přesně specifikované a zákonem dané a patří k nim spotřební daň, daň z přidané hodnoty, která je vyměřována i ze spotřební daně, nepřímo i zpřísnování maximálních limitů na obsah škodlivých látek, zvyšování minimálních požadovaných podílů bio složek nebo cena emisí CO<sub>2</sub> při zpracování ropy. Tržní faktory následně tvoří rozdílovou částku u jednotlivých stanic. Sem řadíme cenu ropy v USD, kurz koruny vůči dolaru, náklady na rafinaci, distribuci a marketing, zisk rafinérií, přepravců a obchodníků. Pro ceny benzínu jsou významné i sezonní výkyvy v poptávce/spotřebě. U cen nafty je v České republice sezonní vliv menší, neboť její velká část se spotřebovává v nákladní a hromadné osobní přepravě, kde je spotřeba v průběhu roku rovnoměrnější.

#### 3.5.1 Minimální spotřební daň

Směrnice Evropské komise 2003/96/ES ze dne 27. října 2003 upravuje strukturu rámcových předpisů Společenství o zdanění energetických produktů a elektřiny. V uvedené směrnici jsou tedy stanoveny minimální sazby spotřební daně, a to 0,359 EUR/l u

bezolovnatého benzínu a 0,330 EUR/l u nafty. Ve většině zemí je ovšem platná sazba spotřební daně vyšší než minimální stanovená sazba. Zároveň směrnice ukotvuje právo členských států používat odstupňované sazby spotřební daně, pokud tyto nejsou nižší, než stanovené minimální sazby. V české legislativě výši spotřební daně upravuje zákon č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů. Spotřební daň se týká vyrobených, anebo do Česka dovezených pohonných hmot. Dělí se dle kvality (oktanového čísla) na kategorie pod 95 oktanů, 95 – 98 oktanů a nad 98 oktanů. Výše daně dle zákona č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů, pro automobilové benziny s obsahem olova do 0,013 g/l je 12 840 Kč/1000 l. V přepočtu na jeden litr benzínu je sazba daně 12,84 Kč/l. Obsah škodlivého olova stanovuje norma ČSN EN 228 a bezolovnatý benzín může obsahovat pouze do 0,013 g/l. Aktuální sazba daně uvalená na střední oleje a těžké plynové oleje, a tedy na naftu sloužící pro pohon diesellových motorů je 10 950 Kč/1000 l. V přepočtu na jeden litr nafty je tedy sazba 10,95 Kč/l. Jistou úlevu na spotřební dani mají alternativní paliva, jako se stlačený zemní plyn CNG nebo zkapalněný ropný plyn LPG. U těchto pohonných hmot se spotřební daň nepočítá v jednotkách objemu, ale v hmotnostních jednotkách a zákon stanovuje sazbu 3 933 Kč/t.

### **3.5.2 Hrubé marže rafinérií**

V České republice se zpracováním ropy zabývají dvě společnosti. České rafinérské, a. s. má dva závody, jeden v Litvínově a druhý v Kralupech n. Vltavou a společnost PARAMO, a. s. vyrábí ropné produkty v Pardubicích. Hrubá marže je nejmenší položkou z výsledné ceny jednoho litru benzínu nebo nafty. Od roku 2010 se hrubá marže převážně pohybovala v rozmezí 0,5–3,5 % u benzínu a 3,0–6,5 % u nafty. Cena, za kterou evropské rafinérie prodávají surovou ropu a následně své produkty odběratelům, se jednotně odvíjí od ceny ropy na komoditní burze v Rotterdamu. Evropské rafinérie čelí sílící moderní konkurenci z Asie. Udržet se na trhu s pohonnými hmotami znamená velké investice do moderních technologií na zpracování ropy horší kvality a hlavně dostatečnou zpracovatelskou kapacitu.

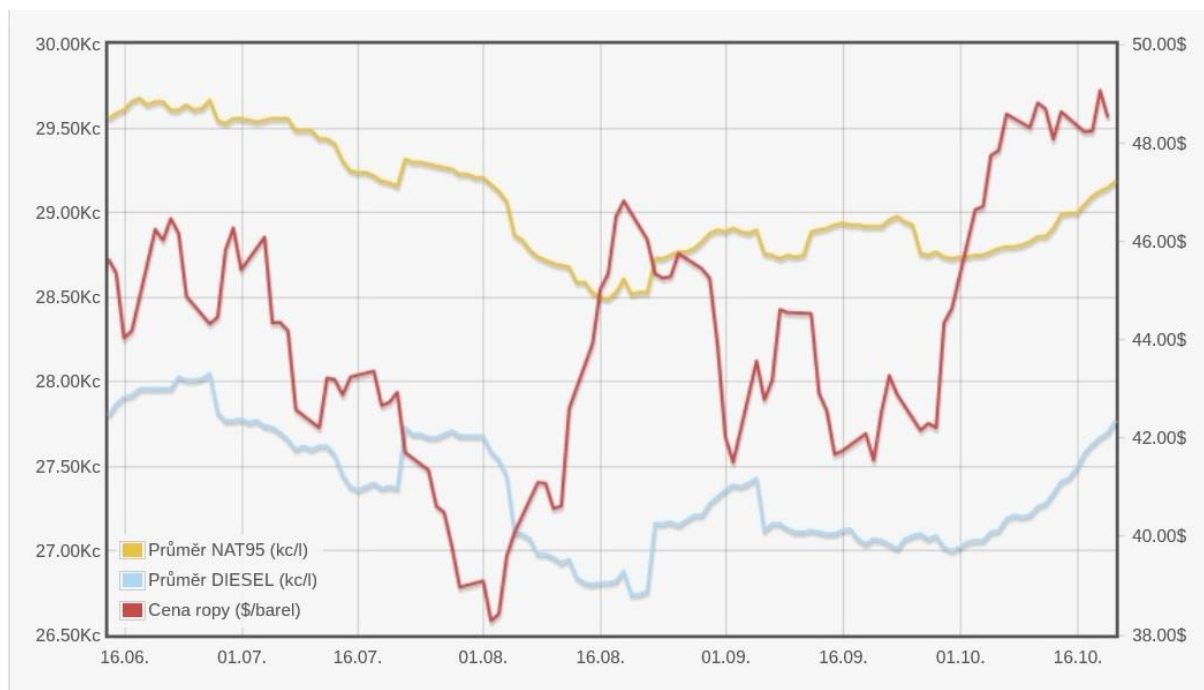
### **3.5.3 Podíl přepravy a maloobchodu na konečné ceně**

Další složkou ceny benzínu nebo nafty je podíl přepravy. Ten se v uplynulých dvou letech pohyboval mezi 7–12 %. Do přepravy se započítává pouze distribuce z rafinérie ke koncové čerpací stanici. Většinou případů jde o přepravu kamionovou, a tak i zde se do výsledné přepravní ceny promítá cena pohonných hmot.

### 3.5.4 Daň z přidané hodnoty

Daň z přidané hodnoty je upravena zákonem č. 235/2004 Sb., o dani z přidané hodnoty, ve znění pozdějších předpisů, a má univerzální charakter. Znamená to, že se týká nejen minerálních olejů, ale veškerých výrobků vyskytujících se na tuzemském trhu. Předmětem daně je dodání zboží za úplatu, pořízení zboží z jiného členského státu EU uskutečněné v tuzemsku nebo dovoz zboží z nečlenských států EU s místem plnění v tuzemsku. Základem daně je částka odpovídající úplatě, kterou má plátce obdržet za uskutečněné zdanitelné plnění. Do částky základu daně se přičítá i hodnota jiných daní, cel, spotřebních daní, daní ze zemního plynu, atd. Základní sazba daně platná od 1. 1. 2013 je 21 %. Snížená sazba daně platná k témuž datu je 15 %. V případě minerálních olejů a zemního plynu se uplatňuje sazba základní, tedy 21 %. [4]

Graf č. 4 Vývoj cen ropy, Naturalu 95 a Dieselu



Zdroj: <http://www.ceskybenzin.cz/>

## **4 Elektrická energie**

### **4.1 Složení ceny elektrické energie**

Celková cena elektrické energie je složena ze dvou částí. Z neregulované a regulované. V neregulované části hradíme dodavateli elektřiny platby za tzv. silovou elektřinu (skutečně dodaná a spotřebovaná elektřina ve vašem bytě) a pevnou cenu za měsíc (poplatek za činnost dodavatele, například za tvorbu vyúčtování, odpočty, evidenci a podobně). Celková cena elektřiny je pak ještě zdaněna 21% DPH.

#### **4.1.1 Cena za odebranou jednotku energie**

Samotná energie bývá počítána v kilowatthodinách (kWh) nebo tisícinásobných megawatthodinách (MWh). Zvolená cena bývá stále stejná. Pouze pokud elektřinou vytápíte nebo ohříváte vodu, část dne platíte v normálním vysokém tarifu (VT) a část dne v levnějším nízkém tarifu (NT).

#### **4.1.2 Pevná cena za měsíc**

Cena elektřiny nepokrývá jenom její výrobu nebo velkoobchodní nákup, protože dodavatel má řadu dalších nezbytných výdajů. Poskytuje zákaznický servis, komunikuje s úřady, investuje také do propagace. I když nespotřebujete ani trošku elektřiny, musíte dodavateli odvádět alespoň měsíční poplatek za samotnou existenci svého odběrného místa.

V regulované složce ceny platíme státu za distribuci elektřiny (například náklady spojené s údržbou, obnovou a rozvojem elektrizační soustavy či provádění odečtů), jistič (přičemž obecně platí, že čím více elektrospotřebičů v domě máte, tím roste hodnota jističe a tedy i poplatek), systémové služby (pro provozovatele přenosové soustavy – společnost ČEPS, aby předcházela rizikům v případě výpadků či nárůstu spotřeby v elektrizační soustavě), podporu výkupu elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie, činnost Operátora trhu (jeho hlavní činností je zajišťování bilance nabídek a poptávek na dodávky elektřiny) a daň z elektřiny (tzv. ekologická daň, pokrývá náklady spojené s údržbou životního prostředí). [5]

#### **4.1.3 Poplatek za distribuci**

V České republice probíhá přeprava energie direktivně, což je bezpečnější, ovšem svého distributora si nemůžeme vybrat svobodně. Na většině území spravuje elektrické dráty ČEZ Distribuce, na jihu republiky E.ON Distribuce a v Praze PRE distribuce. Distributor je pro daný region přesně daný. Regionálnímu správci elektrické sítě platíme distribuční poplatky, což je cca. 40% výsledné ceny elektrické energie, za každou odebranou megawatthodinu.

#### **4.1.4 Měsíční poplatek za rezervovaný příkon**

V rozvodné elektrické síti je pro odběrné místo rezervované určité množství energie, za což musíte platit, i když nakonec vůbec nic nespotřebujete. Měsíční poplatek za rezervovaný příkon závisí na velikosti hlavního jističe. Obecně platí, že početnější a náročnější spotřebiče vyžadují větší jištění a úměrně tomu stoupá také cena elektřiny.

#### **4.1.5 Příspěvek na podporované zdroje**

V České republice postupně dochází uhlí, které doposud bylo hlavním energetickým zdrojem. Cena elektřiny v sobě proto schovává investici do budoucna. Příspěvkem na podporované zdroje energie dotuje především výrobce „zelené elektřiny“, kteří mají většinou garantované výkupní ceny nebo dostávají finanční odměnu formou „zelených bonusů“.

#### **4.1.6 Poplatek za systémové služby**

Regionální distribuční síť propojuje celostátní přenosová soustava, kterou provozuje státem vlastněná akciová společnost ČEPS. Také údržba pátevní infrastruktury něco stojí, a tak musíme k ceně elektřiny připočítat poplatek za systémové služby.

#### **4.1.7 Poplatek Operátorovi trhu**

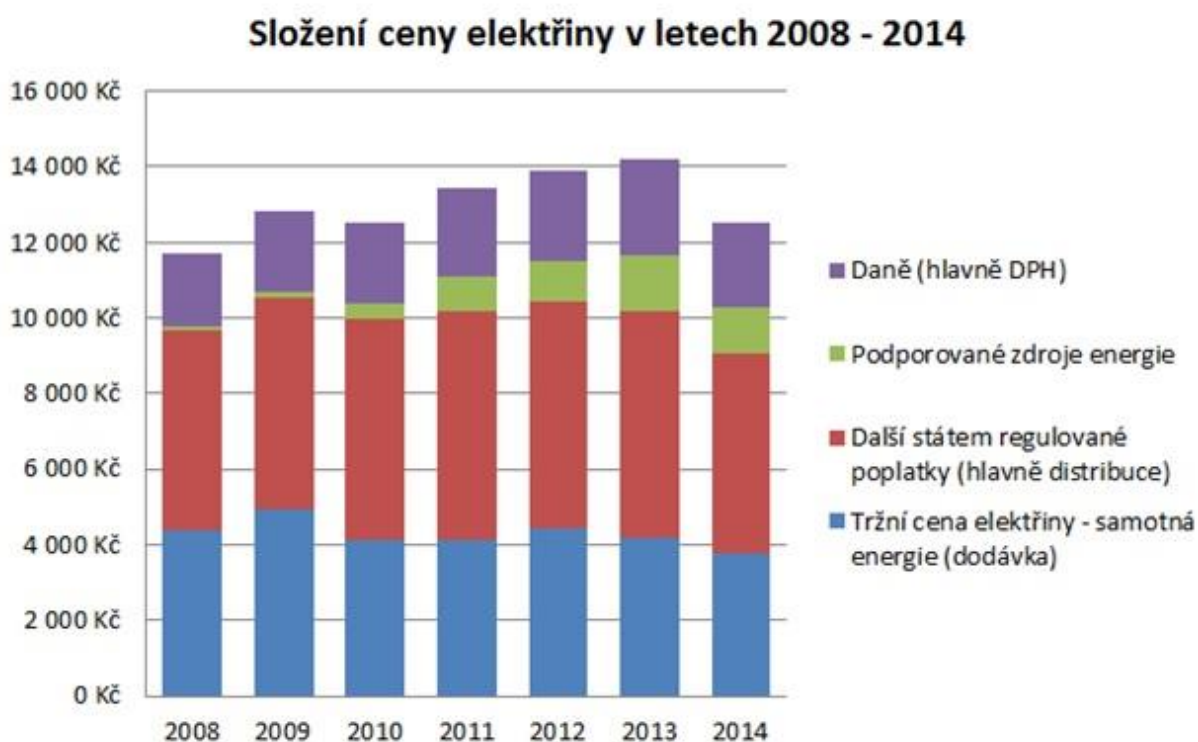
Státem vlastněná akciová společnost Operátor trhu s elektřinou (OTE) například vyřizuje formality, když domácnost nebo společnost mění dodavatele.



#### 4.1.8 Daň z elektřiny

Ke všem poplatkům jsme již přičetli daň z přidané hodnoty (DPH), respektive její základní sazbu 21 %. Cena elektřiny ještě bývá lehce zatížena ekologickou daní za odebranou megawatthodinu proudu včetně DPH. Výjimku představují „zelené tarify“. Elektřina vyrobená čistě z obnovitelných zdrojů energie, ekologickou daní zdražena není. [6]

Graf č. 5 Složení ceny elektřiny



Zdroj: [www.cenyenergií.cz](http://www.cenyenergií.cz)

#### 4.2 Zvýhodněná cena elektrické energie

V polovině roku 2013 schválil Energetický regulační úřad novou distribuční sazbu elektrické energie. Sazba D27d pro domácnosti a C27d pro společnosti je určena pro majitele elektromobilů. Tato sazba levnější elektrické energie umožňuje levnější nabíjení elektromobilů doma během večerních hodin a přes noc. Cena této elektrické energie se blíží výhodným cenám na veřejných dobíjecích stanicích. Sazba D27d patří mezi dvoutarifní sazby. Každý den je odběrateli účtována 16 hodin cena ve vysokém tarifu (VT) a 8 hodin výrazně levnější cena v nízkém tarifu (NT). Odběratel musí prokázat, že vlastní nebo užívá elektromobil. Pokud podmínku splňuje, dvoutarifovou sazbu D27d může využít pro celou svoji domácnost.

Minimálně 8hodinový úsek nízkého tarifu se musí pokaždé vejít do intervalu mezi 18. hodinou večerní a 8. hodinou ranní. Přesný čas určuje distributor (ČEZ, E.ON nebo PRE), jenž smí například rozhodnout, že zítra bude sazba D27d levnější od 18:00 do 22:00 a potom od 4:00 do 8:00 hodin. Právě správce elektrické rozvodné sítě obvykle zveřejňuje aktuální rozpis na svých internetových stránkách. [7]

### **4.3 Vývoj ceny elektrické energie**

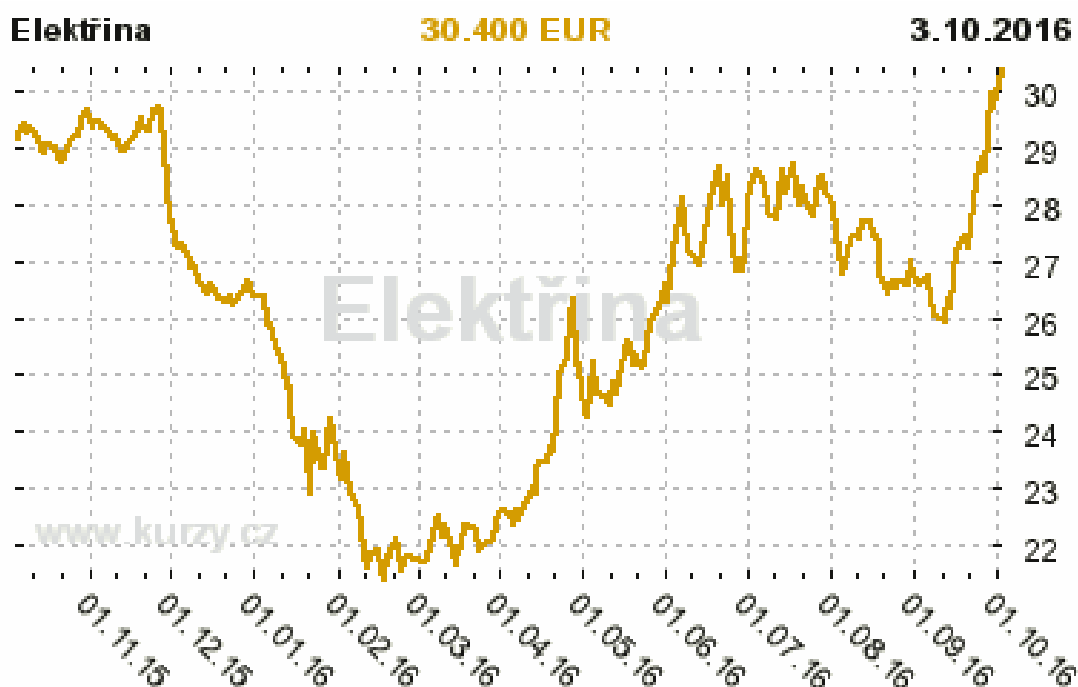
Je docel běžné, že se ceny elektrické energie neustále zvyšují, ale v období od roku 2008 došlo ve vývoji cen k několika zajímavým změnám.

Na konci roku 2008 se pro následující rok očekávalo prudké zdražení elektrické energie. Průměrná cena nakonec dosáhla 4,65 Kč/kWh, což bylo zvýšení o 50 haléřů oproti předchozímu roku a elektřina se tak stala nejdražší. Hlavním důvodem zdražení elektřiny byl v první řadě nárůst o 10 – 16 % ceny za distribuci. Energetický regulační úřad to odůvodnil nárůstem ceny na velkoobchodním trhu a nutností větší podpory elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Rok 2010 přinesl snížení cen silové elektřiny až o 30 %. Důvodem byla finanční krize. Na burzách klesla cena si o 15 %, koncový odběratel však pocítil pokles pouze o 4 %. Na ceně se projevilo zvýšení sazby DPH z 19 % na 20 % a oproti roku 2009 se trojnásobně zvedly příspěvky na obnovitelné zdroje z 50 Kč/MWh na 166 Kč/MWh. Za tímto nečekaným zvýšením stál především boom solárních elektráren. [8]

Ceny elektřiny pro rok 2011 se zvýšily jen nepatrně. Důvodem zdražení bylo zejména opětovné zdražení příspěvku na podporu obnovitelných zdrojů. Poplatek na obnovitelné zdroje energie se pro rok 2011 zvedl více než dvojnásobně – ze 166 Kč/MWh na 370 Kč/MWh. Následně však došlo k nečekané události. Cena elektrické energie stoupla díky havárii v japonské Fukušimě a následné odstávky německých jaderných elektráren.

Graf č. 6 Vývoj cen elektrické energie



Zdroj: kurzy.cz

Z grafu je vidět následný pokles silové elektřiny na burzách, od konce roku 2011 až do prvního čtvrtletí roku 2016, a to na základě několik důvodů. Jedním je nadbytek elektřiny na trhu a dalším důležitým faktorem je ekonomický útlum. Ekonomika sice pozvolna roste, ale stále převažuje nabídka nad poptávkou. Celkovou cenotvorbu ovlivňuje i nízká cena uhlí a emisních povolenek. Trh s elektřinou v České republice je závislý na největším trhu v Německu. Německo stejně jako Česká republika a zbytek Evropy se zavázalo masivně investovat do obnovitelných zdrojů elektrické energie. Cena elektřiny pod tlakem klesá a dostává se do „konfliktu“ s výrobními náklady. Proto se dostalo i na zavírání elektráren.

#### 4.4 Vývoj cen elektrické energie

Trh s elektřinou je naprosto zdevastovaný a velkoobchodní cena elektřiny dnes vůbec neodráží výrobní náklady. Diskuze o budoucnosti energetiky a cenách elektřiny je aktuální i v Česku, především v souvislosti s plánovanou dostavbou Temelína či rozvojem obnovitelných zdrojů. Energetický regulační úřad (ERÚ) přišel s úvahou, že kvůli „finančním dopadům na spotřebitele“ možná navrhne pozastavit či omezit naplňování Národního akčního plánu pro obnovitelné zdroje, v rámci kterého se Česko zavázalo v roce 2020 pokrýt 13,5 procenta

celkové spotřeby energie z obnovitelných zdrojů. Další vliv na celou problematiku obnovitelné energie může mít i prolomení nebo zachování těžebních limitů v českých hnědouhelných dolech a možnost využití odpadů v českých spalovnách.

Na druhou stranu si EU dala už před časem za cíl snížit do roku 2050 emise skleníkových plynů o 80 až 95 % pod úroveň roku 1990. Tato „cestovní mapa“ by měla pomoci prozkoumat možnosti, jak toho dosáhnout i při zajištění bezpečnosti dodávek a zachování konkurenceschopnosti.

Ve hře je několik scénářů, ale všechny vedou ke zdražování, tvrdí EK. Pokud se zachová současný energetický mix, tak ceny elektřiny porostou kvůli růstu cen fosilních paliv (plynu, uhlí a ropy), neboť poptávka po nich roste, zejména pak v Asii. Pokud se Evropa vydá cestou odklonu od „uhlíku“ (obnovitelné zdroje, vyšší účinnost a podobně), pak ceny elektřiny porostou kvůli nutnosti výrazných investic do nových technologií a infrastruktury.

Ceny elektřiny v EU porostou i v příštích desetiletích. Zlevnění nebo alespoň stabilizace cen by se lidé mohli dočkat až po roce 2030. Tvrdí to Evropská komise ve své energetické "cestovní mapě" do roku 2050. Zdražovat se přitom v následujících letech podle ní bude bez ohledu na to, zda energetická politika zůstane v současné podobě, nebo se vydá na cestu zbavování se závislosti na "uhlíku", tedy tradičních zdrojích, jako je třeba uhlí. Ceny elektřiny podle odborníků porostou také v Česku.

Graf č. 7 Odhadovaný vývoj cen elektrické energie



Zdroj: [www.patria.cz](http://www.patria.cz)

## 5 Baterie

Akumulátor je technické zařízení na opakované uchování energie, obvykle elektrické. Akumulátor je sekundární článek, který je potřeba nejdříve nabít a teprve potom je možné jej použít jako zdroj energie. Na rozdíl od sekundárních článků (akumulátorů), primární články dodávají energii ihned po svém sestavení a zpravidla je není možné dobít.

### 5.1 Vývoj akumulátorů

Baterie (akumulátor) je zařízení na opakované uchování elektrické energie. Většina akumulátorů je založena na elektrochemickém principu. Proud procházející v elektrochemickém akumulátoru vyvolá vratné chemické změny, které se projeví rozdílným elektrochemickým potenciálem na elektrodách. Množství energie v bateriích je měřeno v ampérhodinách.

Baterie jsou základní stavební částí elektromobilů. Svojí cenou a parametry jsou jedinou limitující součástí elektromobilů, bránící jejich masovému nasazení na našich silnicích. Různá zejména přenosná zařízení kladou na akumulátory stále větší požadavky (mobily, notebooky aj...), proto se od roku 1990 do jejich dalšího „raketového“ vývoje investují vysoké prostředky. Kromě kapacity akumulátorů se sledují také další parametry jako je hmotnost, cena, rozměry, rychlost dobíjení, paměťový efekt, počet možných hloubkových dobíjecích cyklů, samovybíjení a mnohé další. Tyto parametry budou jedním z klíčových ukazatelů, které ovlivní budoucnost elektromobilů ve světě.

U elektromobilů budeme hovořit o tzv. trakčních bateriích. Oproti klasickým startovacím bateriím jsou trakční baterie navrženy pro hluboké vybití a mnohem méně podléhají opotřebení elektrod při vybíjení a nabíjení. Používají se tedy na místech, kde se baterie pravidelně vybíjejí a nabíjejí – elektrické automobily, hybridy atd. Tyto baterie mají tlusté elektrody, které nejsou schopny dodat tak velký proud, jako startovací baterie, ale vydrží časté a hluboké vybíjení. [9]

#### 5.1.1 Olověný akumulátor

BMW k pohonu prvního elektromobilu použilo právě olověný akumulátor. V době uvedení se jednalo o zatím nedostupnější technologii uchování energie. Olověný akumulátor je známá cenově dostupná technologie, ale akumulátor má nízkou měrnou energii a výkon je velmi citlivý na vybíjecí a nabíjecí režim a s klesajícími teplotami, klesá i kapacita. Měrná kapacita (množství energie na kilogram) celkem jasně ukazuje, proč je tak těžké konkurovat

benzínu. Benzín obsahuje 11 kWh/kg, zatímco např. olovený akumulátor obsahuje pouze cca 40 Wh/kg. Litr benzínu obsahuje tedy 275krát více energie oproti olovenému akumulátoru. Při zachování rozumných rozměrů akumulátorů je dojezd na jedno nabití pouhých 50 km a snese pouhých 700 nabíjecích a vybíjecích cyklů.

### **5.1.2 Akumulátory sodík – síra**

System Na – S, případně Na-Ni-Cl má čtyřnásobně vyšší energetickou hustotu než akumulátor olovený. Pracovní teplota akumulátoru, který tvoří velké množství článků je 380 °C. Akumulátor je absolutně bezúdržbový a plynotěsný, jeho proudová účinnost je 1, což vede k energetické účinnosti přes 88 %. K udržení pracovní teploty je nutno z akumulátoru odebírat část energie, která se projevuje jako ztráta. Akumulátor o energii 10 kWh potřebuje na krytí těchto ztrát asi 80 W. Vozidla osazena tímto akumulátorem mají dojezd přes 100 km. Životnost je 1000 cyklů, respektive 30 000 km. Vzhledem k vysoké ceně akumulátoru je životnost stále ještě nedostatečná. Nutná je také tepelná izolace. Mezi výhody patří vysoká měrná energie a měrný výkon.

### **5.1.3 Akumulátory nikel-kadmium**

Jedná se o plně recyklovatelné a bezúdržbové akumulátory. Mají velkou životnost, 10 let nebo 2000 cyklů a vysokou energetickou hmotnost. Tyto akumulátory nemají tak výraznou závislost na teplotě a vybíjecím proudu jako olovené akumulátory. Vyznačují se větší spotřebou vody a ztrátami.

### **5.1.4 Akumulátory nikel-metalhydrid (Ni-Mh)**

Tyto akumulátory jsou dalším vývojovým stupněm nikel-kadmiových akumulátorů. Mají spoustu společených znaků a vlastností, jsou ekologičtější a dosahují vyšší měrné energie. Na druhou stranu jsou náchylnější na nabíjecí a vybíjecí proudy, jsou dražší a mají pouze poloviční životnost oproti Ni-Cd akumulátorům.

### **5.1.5 Akumulátory lithium-metal-hydrid**

Tato technologie je zárukou nejvyšší energetické hustoty a nejnižší hmotnosti ze všech uvedených akumulátorů pro elektromobily. Jsou odolné proti velkému přebíjení, vybíjení, zkratu, mechanickému poškození. Pracují v nejširším rozsahu teplot. Jejich vývojový potenciál je však považován z větší části za vyčerpaný. A proto se v dnešních elektromobilech setkáme především s Li-on bateriemi.

### **5.1.6 Akumulátory-lithium-iontové**

Lithium-iontová technologie má ze střednědobého a dlouhodobého hlediska mnohem lepší perspektivy. Tento poznatek se opírá o řadu předností, které tato technologie vykazuje. Lithium-iontový článek má podstatně lepší hustotu výkonu a na základě vyššího jmenovitého napětí i vyšší hustotu energie, než nikl-metalhydridové články. Dalšími přednostmi jsou jeho vysoká cyklická odolnost, a dlouhá životnost a podstatně nižší samovolné vybíjení. To znamená, že pokud svůj elektromobil v budoucnu necháte během dovolené stát, baterie se téměř nevybije. Kromě toho se tato technologie osvědčila již ve spotřebitelské elektronice: lithio-iontové baterie dodávají elektrickou energii mobilním telefonům, notebookům. Na základě těchto aspektů připadá lithio-iontovým technologiím role favorita v klíčových technologiích pro elektrifikaci pohonu. Požadavky na lithio-iontové technologie pro aplikaci v automobilech jsou ovšem podstatně vyšší než v oblasti spotřebitelské elektroniky.

Hybridní vozidla a elektromobily kladou na hustotu energie a výkonu rozdílné požadavky. Pro zvládnutí větších vzdáleností je do baterie nutno uložit více energie. U elektromobilů má proto přednost větší hustota energie. U hybridních vozidel stojí v popředí výkon: v krátkém časovém rozpětí je nutno hodně energie uložit a opět vydat. V současné době to dělá u bateriového článku pro hybridní aplikaci kolem 3000 wattů na kilogram specifického výkonu a cca 85 watthodin na kilogram specifické energie, u energetického článku pro elektromobily kolem 100 watthodin na kilogram. Při zvyšování hustoty energie a výkonu optimalizujeme v první řadě materiály používané v chemickém složení článků.

Požadavky hybridních vozidel a elektromobilů se liší i u nabíjecích cyklů. U hybridního pohonu je rozhodující hustota výkonu, to znamená, že během krátké doby je možno naakumulovat a odebrat velké množství energie. Je tomu tak zejména při zpětném získávání energie – tedy při brzdění a při zrychlení. Baterie se však přitom šetří – vybíjí se vždy jen

minimálně a ve skutečnosti se typicky využije méně než dvacet procent její kapacity. Z důvodu vysokého počtu nabití a vybití musíme baterii dimenzovat na více než jeden milion nabíjecích cyklů. U elektromobilu stačí jen 2500 až 3000 nabíjecích cyklů. Pro dosažení přijatelných dojezdů se zde však nabíjí například na 80 %, což baterii zatíží výrazně víc, a ta potom rychleji stárne. Oba typy baterií by měly v budoucnu vydržet po celou dobu životnosti vozidla. To znamená životnost více než dvanáct let nebo proběh 250 000 kilometrů. Lithium-iontová baterie má výhodnou teplotu – zjednodušeně řečeno teplotu lidského těla. Nejlépe se cítí při teplotě mezi plus 15 °C až plus 45 °C. V automobilu se však může teplota okolí pohybovat od minus 30 °C do plus 60 °C. Při nízkých teplotách výkonnost baterie slábne. S rostoucí teplotou naproti tomu klesá její životnost. To vyžaduje promyšlený teplotní management. Dá se jím jak zpomalit proces stárnutí, tak i zvýšit životnost a cyklická odolnost bateriového článku. Teplotní management však potřebuje energii i pro sebe – zvláště pro chlazení

Pro použití baterií v elektromobilech je důležité dodržet i bezpečnostní hlediska. U chemického složení bateriových článků se uplatňují elektrolyty odolné vůči vysokým teplotám a na nehořlavé materiály. Promyšlený tepelný management zajistí, že baterie pracuje stále v optimálním, a tím i bezpečném teplotním rozsahu a je tak zaručeno bezpečné fungování za jakéhokoliv provozního stavu. Nárazuvzdorný obal modulů zabezpečí, že bateriové články přežijí bez poškození i dopravní nehodu. V této souvislosti hraje významnou roli i bezpečnost místa, kde je baterie v autě zabudována. [10]

### **5.1.7 Budoucnost baterií Hliníko-vzduchové prototypy**

Baterie se skládá z hliníkových plátů. Elektrická energie je z nich získávána reakcí, při které se hliník za přítomnosti kyslíku a vody přeměňuje v materiál známý jako Alumina. Tato klasická oxidace probíhá u hliníku přirozeně, avšak je zastavena, jakmile Alumina pokryje celý povrch materiálu. V bateriích je navíc elektrolyt, který vrstvu neustále rozpouští, a tak může reakce probíhat dál. Uživatel jen musí do baterie čas od času dolít vodu. Jakmile je však chemickou reakcí „rozpuštěn“ veškerý hliník, je už baterie dále nepoužitelná a je potřeba ji vyměnit. Výměna by pak měla probíhat v autoservisu. Nejedná se o nijak časově náročnou operaci, ale jde samozřejmě o komplikaci. Autoři projektu tak svou baterii nevnímají jako primární zdroj energie elektromobilů pro každodenní pojížděky. Auta by měla mít stále běžné li-ion či jiné baterie, které lze nabíjet doma a jejichž životnost je podstatně delší. Běžné krátké jízdy by spotřebovávaly energii z obyčejných baterií, teprve delší cesta by do akce zapojila



hliníko-vzduchový článek. Sada baterií o hmotnosti asi 100 kilogramů by měla podle tvůrců elektromobilu dodat energii až na 3 000 kilometrů. [11]

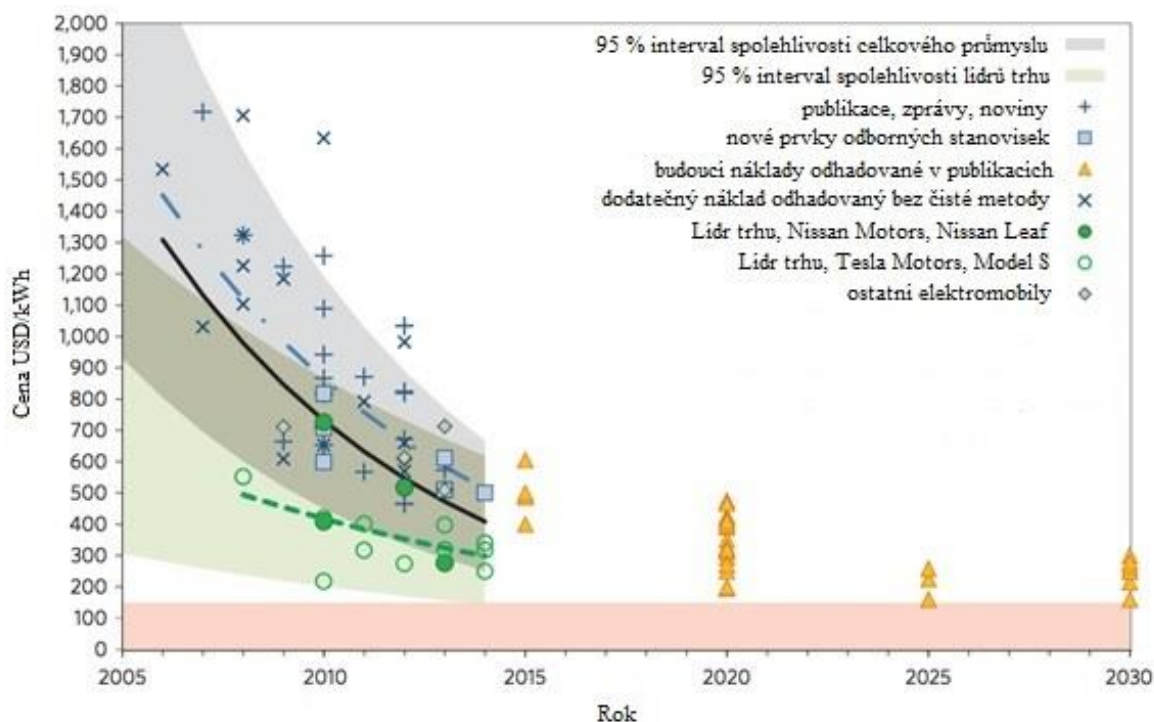
## 5.2 Cena

Nejobvyklejším ukazatelem ceny baterie je jednotka \$/kWh. Kilowatthodina je jednotka uložené energie, a čím je menší poměr cena/uložená energie, tím je baterie levnější. Dalším důležitým parametrem u baterií je jejich proudová zatížitelnost, neboli jaký okamžitý výkon nám může poskytnout a kolik zaplatím za 1kW výkonu. Taková cena se pak vyjadřuje v \$/kW. Pro hybridy je důležitý hlavně tento parametr, protože nepotřebují uchovávat mnoho energie v baterii, ale potřebují ji rychle odebrat při rozjezdu auta anebo rychle uložit při brždění auta. Naopak pro plug-in hybridy a elektromobily je důležitá cena \$/kWh, protože hlavním zdrojem energie pro jízdu auta je právě baterie. Je třeba si také uvědomit, že ideální baterie by byla taková, která by měla velký výkon i velkou kapacitu, avšak tyto parametry jdou často přímo proti sobě.

Z oblasti akumulátorů dodávaných pro elektromobily přichází pozitivní zprávy. Ceny akumulátorů pro elektromobily zažívají výrazný pád a podle studie publikované v Nature Climate Change již dosáhly na hodnotu, která byla původně očekávána až v roce 2020. I přesto zůstávají automobily na elektrinu dražší, než jejich konkurence vybavená spalovacími motory. Je ale možné, že se situace brzy obrátí, protože akumulátor je jednou z nejnákladnějších součástí elektromobilu. V roce 2013 vydala agentura IEA studii, podle které by se měly ceny běžných vozů a elektromobilů vyrovnat kolem roku 2020, kdy by měl akumulátor stát přibližně 300 dolarů za kilowatt hodinu kapacity. Nové výzkumy trhu ukazují na to, že největší firmy na trhu již nyní prodávají akumulátory za cenu pohybující se kolem \$300. Ceny jsou ve skutečnosti údajně až několikrát nižší než ukazovaly některé studie. Vzhledem k tomu, že pořizovací cena elektromobilu je jednou z překážek k masivnímu rozvoji elektromobility, dá se předpokládat, že v dalších letech budeme potkávat elektromobily na silnicích čím dál častěji, pokud si ceny akumulátorů pro elektromobily udrží klesající tendenci.

Podle této zprávy se průměrné ceny akumulátorů ještě v průběhu roku 2007 pohybovaly kolem 1000 dolarů za kWh kapacity. V roce 2014 klesly již na 410 dolarů, což znamená průměrný roční pokles o 14 %. Dle největších společností na trhu klesaly ceny pomaleji, ročně o 8 %, ale dosáhly v roce 2014 na 300 dolarů za kWh kapacity (v grafu označeny zeleně).

Graf č. 8 Vývoj cen baterií



Zdroj: <http://www.nature.com>

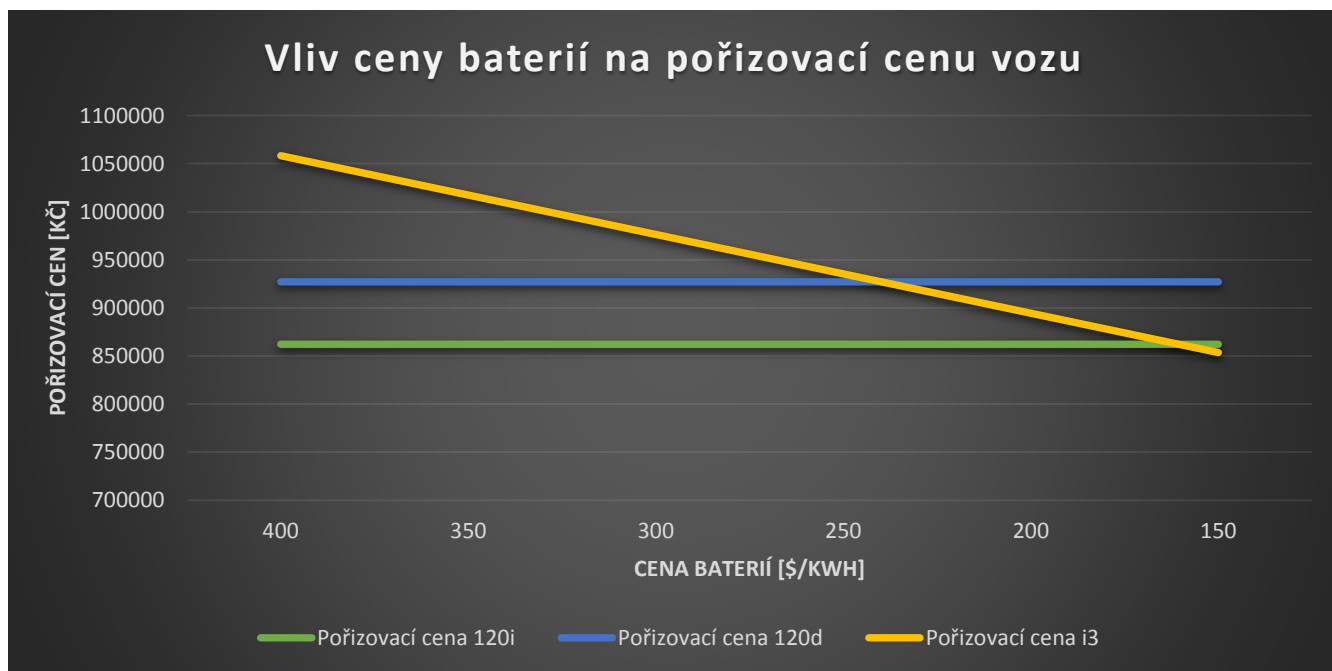
### 5.3 Budoucnost

Z výše uvedeného grafu je patrné, že výrobci automobilů v loňském roce nakupovali baterie za ceny okolo 400 dolarů za kWh. V roce 2010 se však odhadovalo, že 400 \$/kWh bude dostupnou cenou až v roce 2020. Studie dále odhaduje, že se ceny mohou propadnout až k 230 dolarům za kWh v letech 2017 – 2018, což jsou odhady těch nejoptimističtějších analytiků trhu.

Hraniční bod, od kterého již budou elektromobily výhodnější než běžné automobily, závisí na více faktorech, zejména na cenách za elektřinu, cenách za běžné automobily a cenách pohonných hmot, které v důsledku nízkých cen ropy úměrně klesají. Studie již nízké ceny za pohonné hmoty zohledňuje a předpokládá, že ceny akumulátorů se budou muset pohybovat kolem 250 dolarů, aby se staly konkurenčními k automobilům se spalovacími motory. Kromě finanční výhodnosti je důležité elektromobilitu „společensky přijmout“, aby se stala rovnocenným partnerem běžným automobilům, což je další překážka rozvoje automobilů na elektřinu. Pokud by ceny akumulátorů klesly pod 150 dolarů za kWh, znamenalo by to, že by se začaly efektivně šířit na trhu. Díky tomu bychom mohli pozorovat ojedinělý převrat v dopravě. K tomu ale musí ceny klesnout ještě přibližně na polovinu své současné hodnoty. Hodně se v současné době mluví o nových typech baterií, které mají potenciál transformovat

trh s elektromobily. Komerční průlom nové generace lithiových akumulátorů je podle sofistikovaných odhadů „stále relativně daleko“ a mnoho vylepšení akumulátorů je již nyní implementováno. Proto bude další pokles cen problematický. I přesto je zde řada možných úsporných vylepšení ve výrobě, znalostech a ekonomii, které již dříve pomohly ceny srazit na nižší úroveň. S cenami může zamíchat i zvýšená poptávka po elektromobilech, aktuální trend hovoří o 37 % růstu v Evropské Unii a v některých členských státech je růst i dvojnásobný (v některých je procentně i vyšší díky nízkému počtům elektromobilů v roce 2014). O zvýšení efektivity výroby se v současné době snaží společnost Tesla, která předpokládá snížení nákladů o 30 % díky otevření nového závodu na výrobu akumulátorů do roku 2017. Závěrem lze říci, že je velice pravděpodobné očekávat pokles cen na úroveň 200 dolarů za kWh a to v blízké budoucnosti i bez dalšího znatelného vývoje v oblasti akumulátorů a jejich chemického složení. Rozvoj elektromobilů je dnes pečlivě sledován, zejména díky možnému vlivu na množství produkovaných emisí, které mají potenciál značně snížit.

Graf č. 9 Závislost ceny vozu na ceně 1 kWh



Zdroj: Vlastní výpočet na základě ceny modelu BMW i3, a aktuálního kurzu dolaru.

## 6 Elektromobil

Elektromobilem je označováno vozidlo, které ke svému pohybu užívá elektromotor namísto klasického motoru na fosilní paliva. V současné době je elektrická energie, sloužící pro pohon automobilů, jednou z nejdůležitějších cest, do které automobilky nejvíce investují. Všichni velcí výrobci se v současné době snaží, i když rozdílnými způsoby, zařadit do svého portfolia čisté elektromobily anebo automobily, které využívají kombinaci elektromotoru a klasického spalovacího motoru. Když opominu současný stav baterií a jejich kapacity, které mají vliv na dojezd vozu, tak elektromobil má řadu nesporných výhod. V první řadě se jedná o lokální bezemisní provoz. Konstrukce elektromobilu byla a i nadále bude mnohem jednodušší. Tato koncepce pohonu znamená elektromotor, který má na rozdíl od konvenčních motorů velmi vysokou účinnost, spolehlivost a životnost. Provoz vozu je mnohem tišší a nepotřebuje, vzhledem ke konstrukci, složitá řešení motoru a převodovky s mnoha pohyblivými částmi. Tím pádem i celková údržba a servisní náklady jsou zanedbatelné. Elektromotor má menší rozměry i hmotnost což částečně dokáže kompenzovat velké akumulátory ve vozech. Elektromobil má mnoho kladů oproti klasickým automobilům. Z těch hlavních bych jmenoval zlepšení životního prostředí obyvatel velkých měst, snížení hladiny hluku, vysoká spolehlivost vozidla. Z národního měřítka je přínosem pohon na elektrickou energii, kterou si sami dokážeme vyrobit v potřebném množství. Nezávislost na dovozu ropy je velkou výhodou, na kterou se často zapomíná. Dalším lákadlem jsou minimální provozní náklady, umocněné (byť zatím skromnou) podporou státu. Záporné stránky elektromobilů jsou jednoznačné. Vysoká pořizovací cena, omezený dojezd a zatím nedostatečná síť dobíjecích stanic, i když nabíjet elektromobil lze prakticky kdekoliv, kde máte přístup k elektrické zásuvce.

### 6.1 Historie

Prvotní nástup elektromobilů se datuje do roku 1835 kdy profesor Sibrandus Stratingh z Groningen (Holandsko) navrhl malý elektromobil postavený jeho asistentem Christopherem Beckerem. První silniční vozidlo, které v soutěži prokazatelně překonalo rychlost 100 km/h, byl elektromobil Belgičana Camilla Jenatzyho v roce 1899. Elektromobil Torpédo KID dosáhl v roce 1902 dokonce rychlosti téměř 170 km/h. V této době již jezdila auta se spalovacím motorem, žádné však nebylo tak tiché, bezpečné a spolehlivé jako elektromobil o rychlosti výše uvedené ani nemluvě.

V roce 1900 jezdilo po silnicích Spojených států amerických víc elektromobilů než vozů se spalovacím motorem a dosahovaly velké obliby pro jednoduchost ovládání. V tomto roce bylo vyrobeno o třetinu více elektromobilů než automobilů. Zásadní zvrát ale přinesl velký Fordův nápor zavedením sériové výroby modelu „T“, který brzy ovládl trh pro svou nízkou cenu, ale i spolehlivost. Tím byl elektromobil na dlouhou dobu vytlačen z výroby i dalšího vývoje.

Situace se ovšem začala měnit na počátku 90. let. Kdy Kalifornie přijala zákon o vozidlech s nulovými emisemi. Ten stanovil zařazení od roku 1996 alespoň jednoho bezemisního vozidla do výroby všech výrobců, kteří chtějí prodávat svá auta na území státu Kalifornie. Od roku 1996 se na kalifornských cestách začaly objevovat dnes již kultovní elektromobily GM EV1. Stejný zákon se začal šířit i do dalších států a všichni významní výrobci rychle přispěchali se svými elektromobily. Mezi nejpočetnější patřily Toyota RAV4 EV, Ford Ranger EV, Honda EV Plus. Francouzská automobilka PSA vyrobila v letech 1997-2003 dosud největší sérii osobních elektromobilů na světě – Peugeot 106 Électrique a Citroën Saxo Électrique. Další významný rozvoj elektromobilů byl zastaven v roce 2004, kdy skončili soudní spory mezi výrobcem automobilů a Rady pro ovzduší (CARB) a došlo k sešrotování většiny elektromobilů samotnými automobilkami.

V České republice stál za vytvořením prvního elektromobilu Ing. František Křížík. V roce 1895 se rozjel elektromobil poháněný stejnosměrným elektromotorem o výkonu 3,6 kW. Druhý realizovaný elektromobil byl opatřen v každém zadním kole elektromotorem 2,2 kW. Třetí vůz jím postavený měl hybridní pohon pro prodloužení dojezdu. O znovu obnovení zájmu o elektromobil se přičinila ropná krize kolem roku 1970. V Československu byl elektromobil (s názvem Ema) vyvinut už v roce 1971, tento projekt byl však na pokyn vlády zastaven.

Na vývoji elektromobilů na počátku 90. let 20. století se podílel pobočný závod Škody Plzeň - Škoda Elcar v Ejpovicích. Prvním vyrobeným prototypem byla Škoda Shortcut. V roce 1997 spatřil světlo světa druhý prototyp elektromobilu postavený na základě vozu Tatra Beta. V tu samou dobu se v Evropě začaly sériově vyrábět elektromobily značek Citroen, Fiat, Peugeot, Renault. [12]

## 6.2 Dobíjecí stanice

Dobíjecí stanice jsou nedílnou součástí rozvoje elektromobilů. Nabíjecí stanice fungují a vypadají jako klasické čerpací stanice pohonných hmot. V současné době má majitel elektromobilu několik možností jak dobíjet vůz. Každý elektromobil je dodáván s klasickou nabíječkou na 220V. Dále je možné si v garáži nechat nainstalovat a zapojit třífázovou nabíječku, která dle instalovaného výkonu dokáže zkrátit nabíjení vozu na polovinu oproti nabíjení z 220V zásuvky. Poslední možností je využití některé z veřejných nabíjecích stanic. V současné době se počet stanice neustále zvyšuje a zvyšovat se bude i nadále. V současné době se všichni velcí distributoři elektřiny starají o rozšiřování infrastruktury mimo velká města v České republice a budují nabíjecí stanice u úřadů a nákupních center v menších městech a podél dálnic.

V České republice se můžeme setkat s dvěma typy veřejných nabíjecích stanic. Hlavní rozdíl je ve formě dobíjecího proudu což má vliv na rychlost nabíjení. Ultrarychlo dobíječky používají stejnosměrný proud a dokážou nabít baterie na 80 % kapacity za 30 min. Takových nabíječek je u nás zatím jen velmi málo. První postavila společnost ČEZ v roce 2012 a dnes jich provozuje celkem 8. Druhý nejběžnější typ nabíječek využívá střídavý proud a s ohledem na kapacitu baterií dokáže na 80 % nabít za 2,5 – 3,5 hod.

Obr. č. 2 Kombinovaná nabíjecí stanice pro rychlé i ultrarychlé nabíjení společnosti ČEZ

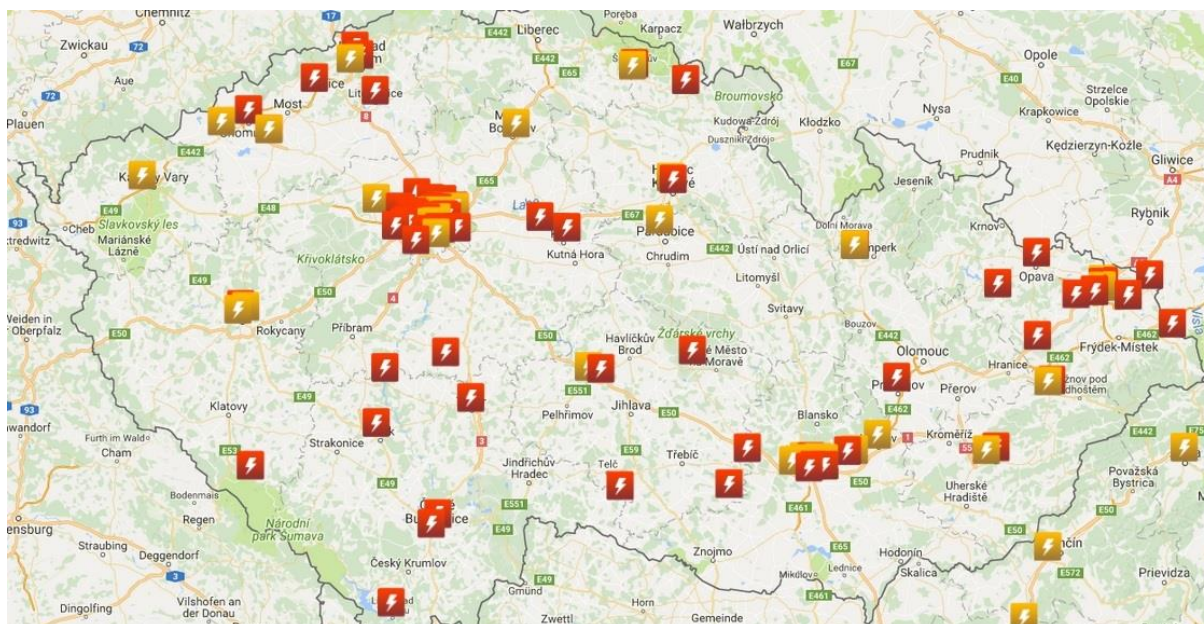


Zdroj: [www.cez.cz](http://www.cez.cz)

Nejvíce nabíjecích stanic provozuje skupina ČEZ a to 45 stanic po celé republice. Druhý největší počet má Pražská energetika a zatím pouhé 4 stanice provozuje společnost E.on. Celkem je v České republice v provozu 248 nabíjecích stanic, z toho 72 veřejných a 15 ultrarychlodobíjecích.

Malou podporou pro majitele elektromobilů může být dotovaná cena nabíjení. Zatím jediná společnost E.on dovoluje u svých stanic nabíjet zdarma. Společnost ČEZ si účtuje pouze paušální poplatek ve výši 150 Kč měsíčně bez DPH a PRE si účtuje paušální poplatek ve výši 30 Kč bez DPH na tři měsíce a k tomu 20 haléřů za minutu nabíjení.

Obr. č. 3 Mapa dobíjecích stanic v ČR



Zdroj: [www.hybrid.cz](http://www.hybrid.cz)

Prodej elektromobilů každým rokem roste o desítky procent. V některých zemích se na takto vysokých prodejích podílí statní dotace při koupi elektromobilu a další jiné zvýhodnění. Nejvyšší počty prodaných elektromobilů jsou v USA a neúspěšnějším prodejcem se stal Nissan s modelem Leaf. Další podobný výsledek přimělo výrobce k vývoji a výrobě nové generace, která vstoupila na trh v polovině roku 2013 s několika vylepšeními, které měly za následek snížení hmotnosti vozidla, instalaci kapacitnějších baterií a tím i prodloužení tolik diskutovaného dojezdu vozidla.

Z evropských statistik pro rok 2015 vyplývá, že bylo v Evropě prodáno 97 971 vozů, z toho 60 % jsou čisté elektromobily a zbytek jsou vozidla s plug-in-hybridní technologií. Nejvíce se daří elektromobilům v Norsku, Francii, Velké Británii a Nizozemsku. V každé zemi bylo prodáno přes 10 000 vozidel. Tady je vidět velký nárůst, když bylo v roce 2011 registrováno v Norsku 650 vozidel a v roce 2012 již 1300. Nejsmělejší plány má Čína, který by chtěl v roce 2020 prodávat 500 000 elektromobilů ročně. Evropský poměr vozidel s konvenčním motorem a elektromotorem je 0,76 %. V České republice je registrováno 790 elektromobilů což představuje 0,3 % ze všech registrovaných vozů.



## 6.3 Ekologie

Elektromobily neprodukují svým provozem výfukové plyny a i se započítáním výroby elektrické energie z klasických zdrojů (např. hnědé uhlí) je jejich bilance vlivu na životní prostředí obvykle lepší, než u automobilů se spalovacími motory. Firma ČEZ předpokládá, že v roce 2020 budou elektromobily dobíjené z běžné sítě nepřímo vypouštět do ovzduší o 73 % méně emisí CO<sub>2</sub> (44 g/kWh) než běžný automobil B-segmentu (164 g/kWh). V roce 2008 to bylo o 42 % méně (95 g/kWh). Jsou velmi tiché a mají nízké náklady na provoz. energii pro baterie lze získat z obnovitelných zdrojů tedy s velmi nízkou uhlíkovou stopou.

## 7 Plug-in hybrid vehicle (PEHV)

Hybridní systém pro pohon automobilů a jeho historie sahá k počátku vývoje automobilů. Na přelomu 19. a 20. století měla tato technologie stejně jako technologie elektromobilů přednost před spalovacími motory. Nakonec vlivem klesající ceny ropy, instalací elektrických startérů a zahájení seriové výroby Fordu T však tato technologie ustoupila spalovacím motorům. První vozidlo s hybridním pohonem se objevilo v roce 1898, kdy konstruktér Ferdinand Porsche uvedl převratné řešení. Použil spalovací motor pro pohon dynama, které nabíjelo několik akumulátorů uložených ve vozidle. Energie z akumulátorů pak sloužila pro pohon dvou elektromotorů umístěných v předních kolech. Šlo o předobraz sériového hybridu. Toto vozidlo nazývané Mixte a vyráběné v továrně Lohner dokázalo ujet až 50 km maximální rychlostí 50 km/h a stalo se obrovskou senzací na světové výstavě v Paříži roku 1900.

V roce 1915 uvedla na trh společnost Wood Motor Vehicle systém pohonu Dual Power. V podstatě se jednalo o technologii paralelního systému. Elektromotor pracoval v nízkých rychlostech a spalovací agregát se zapojil až v případě zvýšení rychlosti. V padesátých letech se znovu začalo uvažovat o této technologii s ohledem na rostoucí znečištění ovzduší. Americké automobilky v čele s General Motors začaly s hybridními automobily experimentovat a vzniklo hodně prototypů a přestavěných automobilů. Dalším kdo se začal více zajímat o tuto technologii, byl Američan Victor Wouk, který se začal zabývat otázkou baterií a jejich, na tehdejší dobu, nedostatečnou kapacitou. Wouk se podílel na využití nových Ni-Cd a lithiových baterií ve vozech. Uvědomoval si, že právě cesta kapacitnějších baterií je šance pro větší rozšíření hybridních vozidel. V 70. letech nakonec americká vláda a úřady přestaly vývoj hybridních automobilů podporovat a hybridní technologie se tak stala neperspektivní a automobilky se začaly zabývat vývojem elektromobilů.

Dalším důležitým mezníkem ve vývoji hybridů byl vynález rekuperace v roce 1979, která dokázala při brždění měnit kinetickou energii a ukládat jí zpět do baterií automobilů. Poprvé se tato technologie objevila ve voze Opel GT, který vlastnoručně přestavil David Arthurs. Ve stejné době představila automobilka Audi první „sériový“ hybridní koncept nazvaný Audi Duo. Jednalo se o přestavbu vozu Audi 100. Přední nápravu roztáčel klasický benzínový pětiválec a zadní nápravu poháněl elektromotor o výkonu 13 koní dodaný společností Siemens. Neexistovala žádná mechanická vazba mezi oběma motory a elektromotor čerpal energii z Ni-Cd baterií uložených v zavazadlovém prostoru, které šlo dobíjet z klasické zásuvky. Řidič měl možnost volby motoru. Další evolucí toho systému byla druhá generace Audi Duo a na zadní nápravě se objevil nový elektromotor o výkonu 29 koní a byl spojen s benzínovým dvoulitrem pomocí mezinápravového diferenciálu Torse a oba motory tak mohly spolupracovat současně. Automobilka po dvou prototypích přišla v roce 1990 se sériovou výrobou třetí generace Audi Duo postavené na základu Audi A4 s naftovým motorem a elektromotorem o výkonu 29 koní. Olověné baterie mohly být nabíjeny ze sítě a i pomocí motoru za jízdy. Bohužel sériová výroba skončila u 60 kusů. Největší revolucí v hybridní technologii bylo představení první generace Toyota Prius v roce 1997. Toto vozidlo vzniklo na žádost japonské vlády a smlouvy na ochranu země. Prius první generace se systémem THS (Toyota Hybrid System) byl vybaven benzínovým motorem s obsahem 1,5 litru o výkonu 43 kW a elektromotorem o výkonu 30 kW. Jednalo se o tzv. full hybrid, což znamená, že vůz je schopen čistě elektrické jízdy bez produkce emisí. Oba motory tak mohou pracovat, buď společně anebo každý zvlášť. Dodnes se Priusů prodalo přes milion kusů a vyrábí se už ve 3. generaci. [13]

## **7.1 Koncept hybridního pohonu**

Hybridní systém pro pohon automobilu se skládá z několika zdrojů energie. Většinou se jedná o kombinaci konvenčního motoru, benzínového nebo naftového, a elektromotoru, který čerpá energii z akumulátorů uložených ve vozidle. Tato koncepce auta sebou přináší několik výhod. U elektropohonu se jedná o nízkou hlučnost, vysokou účinnost elektromotoru, lokální nulové emise a městské zácpy zadarmo. Spalovací motor pak umožňuje jízdu vysokými rychlostmi po dálnicích a neomezený dojezd vozu. Největší výhodou je využití nejvyšší účinnosti jednotlivých pohonů a optimalizace pro co nejnižší spotřebu paliva. Nevýhodou je vyšší hmotnost a omezená variabilita zavazadlového prostoru, což je dáno instalací akumulátorů.

### **7.1.1 Paralelní hybridní uspořádání**

Paralelní hybridní systém používá k pohonu oba motory ve voze. Elektromotor může být umístěn v převodovce s mechanickou vazbou, anebo odděleně. Pokud je mezi motory mechanická vazba tak je motor ve většině případů umístěn v převodovce, což má spoustu výhod třeba standartní fungování pohonu všech kol i v čistě elektrickém režimu, lepší kooperace obou pohonů a využití spalovacího motoru jako generátoru elektrické energie. Další možností je technologie tzv. „elektrické čtyřkolky“ kdy elektromotor bez mechanické vazby pohání pouze jednu nápravu, ve většině případů tu zadní. Tento systém je levnější a méně technicky náročný a každý motor roztáčí jen jednu nápravu. Motory mohou fungovat současně, ale spalovací motor nemůže sloužit jako generátor. Výhoda takto postaveného hybridního systému je, že nezhoršuje jízdní a výkonové vlastnosti vozidla. Současným zapnutím obou zdrojů energie je možno při nízkých otáčkách spalovacího motoru zvýšit hnací sílu. V kombinovaném provozu zůstává spalovací motor trvale zapnut, teprve při velkém zrychlení, či větší zátěži (např. při jízdě do kopce) se zařadí hnací elektromotor, čímž se zvýší krátkodobě špičkový výkon. Tímto převýšením točivého momentu poskytuje paralelní hybrid výkonovou rezervu odpovídající velkoobjemovému spalovacímu motoru. Rovněž při elektrickém provozu může být následným zapnutím spalovacího motoru zlepšena dynamika jízdy. Tuto technologii používá drtivá většina současných hybridních vozidel, které využívají okamžitý nástup výkonu a točivého momentu elektromobilu a mohou mít instalovaný objemově menší spalovací motor při zachování dostatečných jízdních výkonů.

### **7.1.2 Sériové hybridní uspořádání**

Struktura sériového pohonu je zapojení elektromotoru jako hlavní pohonné jednotky a spalovacího motoru jako prodlužovače dojezdu. Někdy bývá tento typ hybridních aut označován jako E-REV (Extended Range Electric Vehicle) – elektromobil s prodlouženým dojezdem, protože sériové hybridy mají blíž spíše ke klasickým elektromobilům. Spalovací motor zde slouží většinou jako generátor, který dobíjí baterie. Pokud je však potřeba maximálního výkonu, je možné zapojení spalovacího motoru do pohonného řetězce. K pohonu automobilu je možné požit i více než jeden elektromotor, například umístění elektromotorů do nábojů kol. Výhodou je, že spalovací motor může být provozován ve velmi úzkém rozsahu otáček, nebo dokonce při jedné otáčce. Tím odpadají nevhodné body pracovní charakteristiky jako je volnoběh nebo spodní rozsah částečných zatížení, motor tedy může být

nastaven na optimální pracovní rozsah s nejvyšší účinností, čímž zároveň snižuje svoji spotřebu paliva. [14]

## **7.2 Rozdíl mezi hybridy**

Technologie hybridních vozů je dána koncepcí vozu anebo se dále hybridy rozlišují podle velikosti elektromotoru jeho funkce ve voze a dále kapacitou baterií.

### **7.2.1 Microhybrid**

Micro hybrid je vozidlo, které nemá instalovaný žádný elektromotor a ani baterie. Jedná se sériový automobil, který je vybaven funkcí Start/Stop. Dnes se již jedná o všechny automobily na trhu, protože tato technologie pomáhá výrobcům snižovat emise a spotřebu v městském provozu a plnit tak emisní normu Euro 5 a nově Euro 6. Tyto automobily jsou vybavené silnějším alternátorem a startérem, který je koncipován na desetitisíce startů za dobu životnosti vozidla. Úspora paliva u toho řešení je minimální, řádově cca. 5 %.

### **7.2.2 Mild hybrid**

Tento typ hybridního pohonu je složen většinou z velkého motoru, benzínového nebo naftového, výkonově malého elektromotoru a malých baterií, které neubírají místo v zavazadlovém prostoru a jsou většinou umístovány do motorového prostoru vozu. O pohon vozu se po celou dobu stará konvenční motor a elektromotor pouze asistuje, například při plné akceleraci vozu nebo při rozjíždění. Některé automobilky tento typ pohonu používají na eliminaci prodlevy řazení automatické převodovky. Není však možné jízdy pouze na elektřinu. Elektromotor dokáže vozu při potřebě maximální akcelerace dodat potřebný výkon a hlavně točivý moment, který je dostupný od nulových otáček. Hlavním přínosem mild hybridů není snižování spotřeby paliva, ale využití elektromotoru pro maximální dynamiku. Proto se tato technologie využívala pro výkonné motory sportovních vozidel.

### 7.2.3 Full hybrid

Full Hybrid je takový hybridní automobil, který se dokáže pohybovat pouze na elektřinu bez jakékoliv podpory konvenčního motoru. Jedná se konstrukčně nejnáročnější řešení, což se projevuje i na celkově vyšší prodejní ceně oproti klasickým automobilům. Takový automobil je schopen čistě na elektřinu ujet několik málo kilometrů. Prvním takto koncipovaným a masově rozšířeným automobilem byla Toyota Prius třetí generace. Díky omezené kapacitě baterií dokázala na elektřinu ujet nanejvýš 2km. Což usnadňovalo pohyb v kolonách, kdy řidič stál zadarmo a ještě nevypouštěl žádné emise. Tento automobil nebylo možné dobíjet ze zásuvky, takže se musel při dobíjení baterií spolehnout na rekuperaci brzděné energie nebo na motor, který fungoval jako generátor a dobíjel baterie.

### 7.2.4 Plug-in hybrid

Poslední a v současné době nejvíce používaným stupněm hybridizace je Plug - in hybrid, zkráceně označovaný jako PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle). Do této kategorie se řadí dvě koncepce pohonu. Méně častá, kdy hlavním pohonem je elektromotor a spalovací motor slouží jen jako jakýsi prodlužovač dojezdu. Ve voze jsou velkokapacitní baterie a dvouválcový motor s 10 litrovou nádrží, který funguje jen jako generátor. Této koncepcí využívá např. BMW i3 REX. Druhá varianta je vlastně model Full hybridu, který pohání konvenční motor a výkonnější elektromotor doplněný o kapacitnější baterie a možnost nabíjení přímo ze zásuvky. Většina výrobců nabízí u plug – in hybridů různé jízdní režimy. Automobil se může pohybovat čistě na elektřinu řekněme cca 30 km maximální rychlostí 120 km/h což je ideální u městského provozu. Nebo oba dva motory spolupracují v zájmu co nejnižší spotřeby. Konvenční motor se zapojuje, pouze pokud kapacita baterií klesne pod 10% a když není motor v plné zátěži tak částečně vozidlo pohání a částečně funguje jako generátor. Cesta na delší vzdálenost a při příjezdu do cílového města se mohou zase pohybovat čistě jen na elektřinu a nemusím platit vysoké vjezdové poplatky do centra měst. A v poslední řadě kooperace obou motorů k dosažení co nejvyššího kombinovaného výkonu. Prudká akcelerace kdy hybridní soustava poskytne maximální výkon. Nevýhodou může být instalace rozměrných baterií, které omezují objem zavazadlového prostoru popř. instalace menší palivové nádrže, která ustoupila bateriím.

Modelová situace pro uživatele těchto vozidel. Ráno sedám do nabitého automobilu, který si můžu vyhrát resp. vychladit, když ho mám zapojený v zásuvce. 20 km dlouhou cestu do práce zvládnou čistě na elektrickou energii. Při příjezdu do práce dám automobil nabít. Doba nabíjení cca 3 hodiny z 220V zásuvky. Odpoledne sedám do vozu a zase mě čeká 20km zpět

čistě na elektrickou energii. Popřípadě pokud zavítám odpoledne do vzdálenějšího nákupního centra, mám možnost nabíjet z veřejné nabíječky, protože většina center je má k dispozici a ještě parkuji na vyhrazených místech hned vedle vchodu. Pokud vyrážím o víkendu na nějakou delší cestu za zábavou či na chalupu, mám v záloze benzínový motor a hustou síť čerpacích stanic. Musím akorát myslet na omezenou variabilitu těchto vozidel.

## **8 BMW**

Automobilka BMW se začala zajímat o elektromobilitou na začátku 70. let 20. století. Na olympijských hrách v roce 1972 představila první dva prototypy poháněné elektřinou. Jednalo se o přestavbu modelu 1602 a v rámci olympijských her se staraly o přepravu organizačního výboru a jako podpora televizního štábu při bězích na dlouhé tratě.

### **8.1 Historický vývoj elektromobilů BMW**

#### **8.1.1 BMW 1602**

Na elektromobil BMW 1602 tak bylo nahlíženo spíše jako první experiment, než jako na perspektivní řešení. Ale vše začalo v roce 1969 vývojem dvou elektromobilů na technickém základu modelu BMW 02. Úkolem bylo posouzení využití elektromobilu v každodenním životě. V motorovém prostoru se ocitly olověné baterie, elektromotor se objevil místo převodovky a přes kardan byla poháněná zadní kola. Motor o max. výkonu 32 kW dodala společnost Bosch. Vozidlo nedisponovalo nabíjecím kabelem, takže byla nutná výměna vybitých baterií za nabité. Celé operace trvala krátkou dobu, protože všechny baterie vážící 350 kg, byly umístěny v motorovém prostoru na jedné paletě. Vůz dosahoval max. rychlosti 100 km/h a zrychlení z 0 na 50 km/h, zabralo 8s. A dojezd se pohyboval okolo 30 km.

Obr. č. 4 Sada olověných akumulátorů BMW 1602



Zdroj: [www.hybrid.cz](http://www.hybrid.cz)

Tab. č. 1 Technické parametry BMW 1602

<b>Technické parametry BMW 1602</b>	
<b>Motor</b>	stejnoseměrný elektromotor Bosch
Výkon/max. výkon	8 kW/17 kW
<b>Akumulátory</b>	10 olověných baterií Varta
Kapacita	10,8 kWh
Hmotnost	318 kg
<b>Jízdní parametry</b>	
Max. rychlost	65 km/h
Zrychlení 0-50 km/h	11,4 s
Dojezd v městském provozu	30 km

### 8.1.2 BMW LS Electric

Dalším pokračovatelem bylo v roce 1975 experimentální vozidlo postavené na základech BMW LS se zcela novými bateriemi a novým výkonnějším motorem. Ve voze se objevil nový stejnosměrný elektromotor Bosch a bylo zde na testování 10 olověných akumulátorů Varta a nový centrální systém na doplňování destilované vody. Poprvé byl ve voze i dobíjecí kabel. Ze standardní zásuvky trvalo plné nabití 14 hod. Vyhřívané přední sklo a zadní okno společně s elektrickým topením od společnosti Bauknecht převzaly úkol vytvářet uvnitř vozu příjemné klima. Dále se začalo u tohoto vozu uvažovat o rekuperaci brzděné energie.

Tab. č. 2 Technické parametry BMW LS Elektrik

<b>Technické parametry BMW LS Elektrik</b>	
<b>Motor</b>	stejnosemerný derivační elektromotor
Výkon/max. výkon	12 kW/32 kW
<b>Akumulátory</b>	12 olověných baterií Varta
Kapacita	12,6 kWh
Hmotnost	350 kg
<b>Jízdní parametry</b>	
Max. rychlost	100 km/h
Zrychlení 0-50 km/h	8 s
Dojezd v městském provozu	30 km

### 8.1.3 BMW 325 iX

Výzkumný projekt „Elektromobil s vysokokapacitními akumulátory“, spuštěný v roce 1981, nakonec vyústil roku 1987 v přestavbu osmi BMW 325iX. Tyto vozy sloužily jako testovací muly pro zbrusu nové bezúdržbové sodíko-sírové akumulátory (NaS). Tyto akumulátory měly třikrát větší hustotu energie a proto existovala možnost odbourání vysoké hmotnosti olověných akumulátorů. Elektromobil BMW řady 3 Touring se tak uplatnil jako doručovací vůz Německé pošty.

Tab. č. 3 Technické parametry BMW 325 xi

<b>Technické parametry BMW 325xi</b>	
<b>Motor</b>	stejnosemerný derivační ABB
Výkon/max. výkon	17 kW/22 kW
<b>Akumulátory</b>	vysokokapacitní sodíko-sírové
Kapacita	22 kWh
Hmotnost	265 kg
<b>Jízdní parametry</b>	
Max. rychlost	100 km/h
Zrychlení 0-50 km/h	9 s
Dojezd v městském provozu	150 km



## 8.1.4 BMW E1

Obr. č. 5 BMW E1



Zdroj: [www.hybrid.cz](http://www.hybrid.cz)

Díky předchozím zkušenostem a velice slibným výsledkům BMW urychlilo vývoj čistě elektrického vozu. V BMW si uvědomili, že je velice složité přestavovat již existující koncepci sériových vozidel, protože elektromobil má zcela jiné a hlavně specifické požadavky.

Proto se celý následný vývoj zaměřil na městské vozy, protože vozy s omezeným dojezdem se do města hodí nejlépe. Prvním od základu navrženým čistým elektromobilem bylo BMW E1, představené na autosalonu ve Frankfurtu v roce 1991. Vývojové centrum dostalo za úkol postavit vozidlo, které by v rámci města mělo dostatečný výkon, odvezlo pohodlně čtyři cestující a jejich zavazadla. Dále se kladl důraz na hmotnost, aby vozidlo nebylo moc těžké při použití sodíko-sírových akumulátorů, které vážily 200kg. Baterie se ze standardní zásuvky dobily za 6 hodin. Speciální dobíjecí stanice zvládla plné nabití za pouhé 2 hodiny. Na tehdejší dobu zaujaly i parametry 32 kW motoru s dojezdem 160km, který bohatě dostačoval na každodenní jízdu po městě. Na konstrukci vozu byl použit v první řadě hliník a recyklovaný plast na venkovní panely. Baterie byly umístěny pod zadními sedadly a elektromotor byl přímo na zadní poháněné nápravě.

Celkem vzniklo pět testovacích prototypů. V roce 1993 vyjela na silnice modernizovaná řada. Byla vybavena novým typem baterií. Pod zadní sedadla se nastěhovaly sodík-nikl-chloridové baterie a na zadní nápravu nový pohonný systém, který dokázal rekuperovat brzdovou energii a prodlužovat tím dojezd.

Tab. č. 4 Technické parametry BMW E1 1. a 2. generace

<b>Technické parametry BMW E1 1. / 2. generace</b>	
<b>Motor</b>	elektromotor s permanentními magnety, střídavý proud
Výkon/max. výkon	32 kW
<b>Akumulátory</b>	vysokokapacitní sodík-síra/ /sodík-nikl-chlorid
Kapacita	19,2/19 kWh
Hmotnost	200 kg
<b>Jízdní parametry</b>	
Max. rychlost	120/125 km/h
Zrychlení 0-50 km/h	6/5,6 s
Dojezd v městském provozu	150 km

### 8.1.5 MINI E

Po čase se opět vracíme k seriálu o historii elektromobilů BMW. Když společnost BMW Group v roce 2008 poprvé prezentovala MINI E, přišla s flotilou více než 600 čistě elektrických vozů určených pro každodenní použití. V roce 2008 tak automobilka BMW odstartovala pilotní projekt, jehož smysl spočíval v tom, že elektromobily byly dodány vybraným soukromým a firemním zákazníkům nejprve v USA a následně také v Evropě. Vývoj lithium-iontových akumulátorů v MINI E dosáhl nové úrovně, když výkon, kapacita i samotné rozměry dosáhly velmi dobrých hodnot. Zákazníci poprvé dostali speciální dobíjecí stanici známou jako „wall box“, jež dovolovala plné nabití v čase dvou a půl hodiny. Výkon, dojezd a každodenní využitelnost MINI E napomohly zvýšit zájem o elektrinou poháněné automobily a jejich přijetí v následujících letech. [15]

Tab. č. 5 Technické parametry Mini E

<b>Technické parametry MINI E</b>	
<b>Motor</b>	asynchronní elektromotor
Výkon/max. výkon	150 kW
<b>Akumulátory</b>	li-ion
Kapacita	35 kWh
Hmotnost	260 kg
<b>Jízdní parametry</b>	
Max. rychlost	152 km/h
Zrychlení 0-50 km/h	8,5 s
Dojezd v městském provozu	250 km

Po úspěšné sériové produkci Mini E v roce 2010 BMW představilo Concept Active E, který plně využil potenciál lithium-iontových baterií. Tento vůz, postavený na základě BMW řady 1 Coupé, disponoval před sériovou podobou elektromotoru a akumulátorů určených pro vyvíjené vozidlo MCV. Od roku 2011 bylo do dnešního dne vysláno do služby na tisíc kusů elektromobilu BMW ActiveE. S výkonem 125 kW a maximálním točivým momentem 250 Nm dokáže auto sprintovat z klidu na 100 km/h za pouhých devět sekund, zatímco nově navržené lithium-iontové akumulátory umožňují dojezd přibližně 160 kilometrů.

Tab. č. 6 Technické parametry BMW Active E

<b>Technické parametry BMW Active E</b>	
<b>Motor</b>	hybridní synchronní elektromotor s permanentními magnety
Výkon/max. výkon	125 kW
<b>Akumulátory</b>	li-ion
Kapacita	32 kWh
Hmotnost	450 kg
<b>Jízdní parametry</b>	
Max. rychlost	145 km/h
Zrychlení 0-80 km/h	9 s
Dojezd v městském provozu	160 km

Praktické zkoušky více než tisíce vozů se odehrály v roce 2011. Stejně jako v případě MINI E, i zde byla hlavním cílem vývoje tvorba vozidla označovaného jako MCV (Megacity Vehicle), tedy ideálního automobilu pro použití ve světových velkoměstech. V roce 2013 se koncept MCV přetvořil v sériovou výrobu úplně nového vozu. Jednalo se o od základu postavený elektromobil BMW i3. BMW vidí v elektrickém pohonu jednu z možných cest k naplnění potřeb individuální dopravy v budoucnu. Jeho mimořádná přednost spočívá v tom, že při provozu neprodukuje žádné škodliviny. Pro pohon elektrického automobilu elektřinou získanou z obnovitelných zdrojů (například větrné nebo vodní elektrárny), stává se i jeho provoz klimaticky neutrální, a tím zachovává přírodní zdroje a nepřivádí do ovzduší žádný dodatečný CO<sub>2</sub>. Elektromobilita na jednu stranu zajistí lepší životní prostředí ve městech a na stranu druhou současně umožní, aby se potřeby osobní dopravy naplňovaly odpovědnějším a dlouhodobě udržitelnějším způsobem. [16]

Obr. č. 6 BMW Active E



Zdroj: [www.hybrid.cz](http://www.hybrid.cz)

### 8.1.6 BMW i3

V roce 2013 automobilka BMW představila prvního zástupce nově vytvořené divize i., BMW i3. Jedná se o městský čtyřmetrový hatchback s čistě elektrickým pohonem, o poslední evoluci nejruznější předchůdců. Značka BMW si vždy zakládala na co nejnižší hmotnosti svých elektromobilů, proto na karoserii BMW i3 byly použity nejmodernější technologie a materiály. Revoluční je především skelet karoserie, který je vyroben u uhlíkového vlákna. Nápravy a podvozková platforma ukrývající baterie je z hliníku. Vše je doplněno o plastové segmenty karoserie, a aby byl automobil co nejšetrnější k přírodě, interiér je vyroben kompletně z recyklovaných materiálů nebo materiálů biologického původu. Díky této konstrukci se podařilo dosáhnout na elektromobil fantastické hmotnosti 1195 kg včetně 230 kg těžkých baterií. O pohon se stará trakční elektromotor o výkonu 125 kW umístěný na zadní nápravě spolu s jednostupňovou převodovkou. Celý pohonný systém se stará o fantastickou dynamiku. Zrychlení z 0 km/h na 100km/h trvá pouhých 7,2 s. Lithium-iontové baterie o kapacitě 25 kWh umožňují dojezd až 160 km na jedno nabití, které trvá 8 hodin z klasické zásuvky.

BMW i3 se nenabízí jen jako čistý elektromobil. V nabídce je ještě verze označená jako BMW i3 REX. Tato verze požívá malý dvouválcový spalovací motor jako prodlužovač dojezdu. Spolu s 10 litrovou nádrží dokáže prodloužit celkový dojezd na 400 km, ale prakticky má tento vůz neomezený dojezd.

V roce 2016 přišla první modernizace BMW i3, která spočívá v možnosti dokoupení baterií po kapacitě 33 kWh. Tyto baterie umožňují dojezd až 300km na jedno nabití.

Obr. č. 7 BMW i3



Zdroj: <http://www.carmagazine.co.uk>

### 8.1.7 Akumulátor vlastní výroby

Zdrojem energie pro BMW i3 je speciálně vyvinutý vysokovýkonný lithium-iontový akumulátor s osmi moduly a 96 články, který je prostorově nenáročně integrován do prostoru pod podlahou, v němž je optimálně chráněn. Akumulátor byl průběžně optimalizován v průběhu vývoje, aby bylo dosaženo požadované rovnováhy mezi výkonem, dojezdem, hmotností a životností. Články mají stejnou životnost jako celé vozidlo. BMW i3 dokáže s plně nabitým akumulátorem ujet až 160 kilometrů v každodenních podmínkách. Po letošní modernizaci, kdy se povedlo při zachování konstrukce, rozměrů i hmotnosti, je BMW i3 schopné ujet i více než 200 km. Instalace kapacitnějších baterií se projevila na délce nabíjení. Ze standartní zásuvky se doba prodloužila z 8 hodin na 12 hodin a úměrně tomu se prodloužila i nabíjení z rychlonabíjecích stanic.

## 8.2 Hybridy BMW

Historie hybridních vozidel již není tak atraktivní jako vývoj čistého elektromobilu. Ale i zde má BMW své zástupce. První řada hybridních vozidel nesla označení Activehybrid. Jednalo se o full hybridní koncepci, která byla relativně složitá a spíše než úsporu paliva měla za úkol nebídnou co nejlepší akcelerační hodnoty daného vozu.

Tato technologie se objevila například ve velkém SAC BMW X6, což není zrovna karoserie, která by byla předurčena k co nejmenší spotřebě paliva. Pod kapotou se ukrýval velký 8-válcový benzínový motor o výkonu 300 kW a dva elektromotory o výkonech 63 kW a 67 kW. Celkový výkon hybridní soustavy činil 357 kW a 780 Nm točivého momentu. V zavazadlovém prostoru byly ukryty NiMH baterie o kapacitě 2,4 kWh. Celý tento složitý systém vážící 260 kg dokázal ujet čistě na elektřinu pouhé 3 km. Smysl tohoto systému však nebyl v čistě elektrické jízdě, ale jako soustava pro co největší výkon, a pak elektromotory sloužily jako pohon v situacích, kdy bylo možné nezatížený spalovací motor vypnout a využít energii z baterií, která se ukládala rekuperací brzděné energie anebo pomocí spalovacího motoru, který fungoval jako generátor. Baterie nebylo možné dobíjet z klasické zásuvky.

Dalším vývojovým stupněm jsou v současné době tři Plug-in hybridní vozy, které zastupují novou značku s názvem iPerformance. V nabídce se jako první v roce 2015 objevilo SAV BMW X5 xDrive 40e. Následovaly další dva modely, BMW 330e a BMW 225xe Active Hybrid. Na konci roku 2016 se představí ještě model BMW 740e a příští rok na základech nové řady 5 bude k dispozici BMW X5 xDrive 40e.

Všechny modely z řady iPerformance využívají k pohonu zážehový motor, elektromotor a sadu baterií. Jedná se o Plug-in hybridní vozidla, to znamená, že je možné je dobíjet přes klasickou 230V zásuvku nebo pomocí veřejných nabíjecích stanic. Dobíjení zabere cca. 3 hodiny a akční rádius pouze na elektrickou energii se pohybuje kolem 30 km a na kombinovaný pohon je však neomezený. Jelikož se technické specifikace jednotlivých modelů liší, tak je naleznete podrobně v přehledu níže.

## 9 BMW 360 Elektrik

BMW je v současnosti jediným výrobcem, který nabízí majitelům elektrických nebo plug-in hybridních vozidel komplexní plán pro pokrytí individuálních potřeb elektrické mobility nad rámec svých vozidel. BMW i slučuje pod střešou 360° ELECTRIC mnoho inovativních produktů a služeb, které dělají z jízdy na elektrický pohon komfortní zážitek a každodenní potěšení: od jednoduchého nabíjení doma, přes pohodlné využití stále se rozrůstající infrastruktury nabíjecích stanic na cestách až po propojenou navigaci a možnost využití konvenčních vozidel k cestám na dovolenou prostřednictvím doplňkových mobilních služeb BMW.

### 9.1 Nabíjení doma

Elektromobily mají hodně výhod oproti konvenčním vozidlům – například jsou každé ráno „plně natankovaná“, protože je lze doma úplně jednoduše a pohodlně nabíjet pomocí standardního nabíjecího kabelu dodávaného s vozidlem. Ještě rychlejší a pohodlnější je to se zařízením BMW i „Wallbox“: Tato nabíjecí stanice k montáži na stěnu domu nebo garáže zvyšuje nabíjecí výkon, zkracuje tak dobu nabíjení a je ideálním doplňkem designu vozidel BMW i. Instalační služba, kterou lze prostřednictvím BMW i objednat, je součástí celého balíčku Wallbox, a přizpůsobuje se vašim speciálním požadavkům. Tuto službu dodává pro BMW společnost Bosch Automotive Service Solutions. K dispozici je po celém světě 14 000 speciálně vyškolených pracovníků. Tato služba, která je součástí balíčku, obsahuje návštěvu elektrikáře, který provede kompletní inspekci elektrických rozvodů, navrhne nejvhodnější umístění Wallboxu a zajistí kompletní instalaci zařízení. Dále se budou starat o kompletní servis i havarijní služby. A protože BMW i ručí za úplnou trvalou udržitelnost e-mobility, zprostředkuje vám BMW i také současně vhodnou smlouvu na dodávku ekoelektřiny z obnovitelných zdrojů od vybraného dodavatele energie.

Trvalá udržitelnost elektromobility je neoddělitelně spojena se zelenou energií. Protože v kombinaci se smlouvou na zelenou energii, jejímž prostřednictvím můžete své vozidlo nabíjet elektřinou vyrobenou z obnovitelných zdrojů, se elektromobilita stane 100% radostí z jízdy bez emisí. Produktové portfolio zelené energie BMW sahá od nákupu energie z obnovitelných zdrojů od ekologických poskytovatelů až po získávání energie vlastními řešeními „Moje zelená energie“ – například z přístřešku car port se solárními střešními panely.



## 9.2 BMW Charge now

Program ChargeNow ve spolupráci s BMW i, usnadňuje majitelům vozidel přístup ke všem veřejným nabíjecím stanicím zahrnutím do programu ChargeNow. Jedná se o jednoduchou čipovou kartičku, která umožňuje nabíjení na všech stanicích skupiny ČEZ a Pražské energetiky. Nabíjecí stanice sítě ChargeNow se pomocí služby BMW i ConnectedDrive Services zobrazují v navigačním systému. Vyhledání a využití veřejných nabíjecích stanic je pak obzvláště rychlé a jednoduché. Použití a zaplacení probíhá zcela jednoduše a bezhotovostně pomocí karty ChargeNow. Jednou za měsíc obdržíte podrobný přehled o jednotlivých nabíjeních a s nimi spojených nákladech.

BMW i3 dokáže díky připojenému BMW i navigačnímu systému a s pomocí BMW ConnectedDrive najít nejbližší umístěnou nabíjecí stanici a ukáže, zda je k dispozici – a v případě potřeby ji naplánuje do vaší trasy. Takže řidiči BMW i mohou zcela jednoduše nalézt jednu z četných nabíjecích stanic v městském prostoru a své vozidlo tam nabít.

Obr. č. 8 Čipová karta programu Charge Now pro veřejné nabíjecí stanice



Zdroj: [www.bmw.cz](http://www.bmw.cz)

## 9.3 ParkNow

ParkNow je další služba, která je součástí balíčku 360° Elektrik. Jedná se o inovativní řešení pro garantované a pohodlné parkování. Je navržen speciálně pro majitele BMW i na vybraných trzích, bohužel zatím tato služba není v České republice dostupná pro majitele, kteří nemají možnost nabíjení svého vozidla doma popřípadě ve firmě. ParkNow jim nabízí dlouhodobé parkování na vyhrazených parkovacích místech v garážích s nabíjecí stanicí. BMW svým zákazníkům vybere, zařídí nabíjecí stanici a doporučí nejvhodnější místo blízko jejich bydliště.

## **9.4 FLEXIBLE mobility - Alternativní program mobility.**

Tato služba je pouze pro majitele čistých elektromobilů. Jedná se o bezplatnou půjčovnu, kdy BMW zapůjčí konvenční vozidlo, pokud se chystáte na nějaký delší výlet nebo dovolenou nad rámec dojezdu vašeho BMW i.

## **9.5 BMW i ConnectedDrive**

Majitelé BMW i se mohou těšit na širokou paletu produktů a služeb pro vynikající podporu v každodenním životě. Mezi ně patří například aplikace BMW i Remote a služby BMW i ConnectedDrive Services pro navigaci. Se službami BMW i ConnectedDrive Services, které byly optimalizovány pro jízdu s elektrickým vozem, můžete využít maximální nabízený dojezd vašeho BMW i. A pokud by vaše vozidlo na cestách skutečně potřebovalo technickou pomoc, poskytne vám široké spektrum služeb i rychlou pomoc. S asistenčními službami se můžete na e-mobilitu kdykoliv spolehnout – a bez starostí si užívat radost z jízdy.

BMW i3 je prvním vozem, který je standardně plně připojen, řešení BMW i ConnectedDrive jsou navržena speciálně pro použití v elektřinou poháněných automobilech. Připojená BMW i navigace s funkcí Range Assistant zobrazuje aktuální dojezd dynamicky na mapě a dokáže vám nabídnout nejehospodárnější cestu do cíle vaší cesty. Aplikace BMW i Remote přenáší funkce BMW i3 do vašeho chytrého telefonu. Mnoho speciálních funkcí bylo navrženo speciálně na míru elektřinou poháněných automobilů. Pomocí aplikace je možné si navolit funkce nabíjení, chci nabíjet co nejlevněji nebo co nejrychleji. Při zapojení vozidla v síti si mohou vozidlo na dálku v létě vychladit popřípadě v zimě vytopit. Pomocí GPS lokalizace ve voze mám přehled a vidím, kde se momentálně nachází. A pak si mohu pomocí Google Maps z aplikace odeslat informace dovozu jako například přesnou adresu kam pojedu. Díky tomu se ukazuje, jak inteligentní, všestranná a komfortní může elektromobilita s BMW i3 být.

BMW i nabízí mnoho specializovaných služeb, které maximalizují váš komfort a zajistí mobilitu po dobu, kdy je vaše BMW i3 v servisu. Toto se týká jak termínů servisu a údržby, tak i oprav vozidel. Na přání jsou k dispozici náhradní vozidla nebo přeprava, jako např. náhradní vozy, jízdenky do veřejné dopravy, vouchery na taxi nebo odvoz.

Pokud byste byli někdy na cestách odkázáni na pomoc, pomůže vám mobilní služba BMW i Mobile Care. Třeba v případě úplného vybití akumulátoru.

## 9.6 DriveNow.

Jedná se o službu, která se zatím testuje a je k dispozici v San Francisku. Jedná o sdílení vozidel ve městě. K dispozici je flotila čistě elektrických vozidel BMW ActiveE, které si jednoduchým způsobem pomocí čipové kartičky či pomocí aplikace půjčíte, odemknete a odjedete. Platí se pak za každou minutu pronájmu. [17]

## 10 Náklady

### 10.1 Obecné pojetí nákladů

V obecné rovině je základním předpokladem ekonomické efektivnosti podniku rentabilita, kterou lze vyjádřit jako poměr dosaženého zisku a nákladů, které bylo potřeba vynaložit k realizaci daného výkonu. Výkonem rozumíme množství jednotek produkce označovaných jako tzv. kalkulační jednice. V silniční dopravě jsou za tyto jednotky obvykle považovány 1 kilometr.

Vraťme se však ke kalkulaci nákladů na jízdu autobusu. Sice jsme si nadefinovali kalkulační jednice, tedy nositele nákladů, ale to není vše. Nyní je potřeba rozdělit si náklady podrobněji. Nejprve si musíme určit, jaké náklady resp. jaké druhy nákladů nám při dané činnosti vznikají. Náklady, které jsou zcela jasně spojené s danou jednicí (např. k tomu, aby se autobus rozjel, potřebujeme pohonné hmoty, pneumatiky atd.), označíme jako přímé náklady. Náklady, které sice musíme vynaložit, ale jejich vztah k dané jednotce není tak jednoznačný, můžeme považovat za režijní náklady (též režie či nepřímé náklady). V další fázi je potřeba rozdělit náklady na ty, které nejsou závislé na objemu produkce či rozsahu dopravního výkonu, tzv. fixní náklady a náklady, které jsou závislé na výkonu (km, hod), tzv. variabilní náklady. [16]

Abych mohl určit výsledné náklady v korunách na jeden ujetý kilometr, využil jsem všechny hodnoty, které jsou spojené s provozem vozidla. V kalkulacích se objevují pouze ty hodnoty, které jsou rozdílné pro jednotlivé druhy pohonu. Stanovil jsem si porovnání vozidel na 5 let což je doba odpisů vozidel a roční nájezd 20 000 km, což je reálná hodnota i pro elektromobily. Z toho důvodu nebudu uvažovat v kalkulacích cenu za servisní práce, protože BMW v České Republice nabízí ke každému novému vozu balíček servisních služeb zdarma na 5 let nebo 100 000 km, což je drobná výhoda pro vozidla se spalovacím motorem, protože údržba je náročnější než u elektromobilů. Veličiny, které budu uvažovat pro kalkulaci, jsou v první řadě pořizovací cena vozidla, reálná spotřeba paliva a jeho cena, náklady na

pneumatiky, pojištění, údržbu a zákonem daném prohlídky. V rámci servisních prací budu uvažovat pouze náklady opotřebitelné díly, jako jsou brzdové destičky, brzdové kotouče, stíratka.

Všechny hodnoty uvedené v tabulce jsem nejprve před finálním sečtením přepočítal na jeden kilometr. Výsledná suma obsahuje

$$N = n_{odp} + n_{ser} + n_{údr} + n_{spot} + n_{ost} + n_{pneu}$$

$n_{odp}$  – náklady na odpisy

$n_{ser}$  – náklady na servis

$n_{údr}$  – náklady na údržbu

$n_{ost}$  – ostatní náklady

$n_{pneu}$  – náklady na pneumatiky

$n_{spot}$  – náklady na PHM

U každého srovnávaného modelu je v tabulce vidět výsledná hodnota pro celkové náklady na jeden ujetý kilometr při pětiletém provozu vozidla. Druhá hodnota je částka za jeden ujetý kilometr vypočítaná pouze z průměrné spotřeby a ceny paliva.

Dále jsem si dal za úkol v rámci kalkulace nákladů porovnat prodejní cenu naturalu 95 a elektřiny. V grafu naleznete přímkou, která je dělící hranicí výhodnosti mezi jednotlivými palivy. Srovnával jsem, za jakých cen paliv se vyplatí pořídit si automobil s konvenční pohonnou nebo elektromobil. K výpočtu jsem použil vzorec, ve kterém jsem zohlednil všechny kalkulované náklady a jako variabilní složku při výpočtu jsem zvolil cenu benzínu nebo elektřiny.

$$n_{celk} = n_{odp} + n_{sev} + n_{údr} + n_{ost} + n_{pneu}$$

$$\left( \frac{P_{el} * C_{el}}{100} + n_{el_{celk}} \right) - \left( \frac{P_{N95} * C_{N95}}{100} + n_{N95_{celk}} \right) = 0$$

## 10.2 Výsledné náklady porovnávaných vozidel

Při výpočtu výsledných nákladů jsem se zaměřil na kalkulaci celkových nákladů na jeden ujetý kilometr i na vnímané náklady na 1 km. Do celkových nákladů jsem započítal vše, co je spojené s provozem vozidla po dobu 5 let. První položkou byla základní ceníková cena s DPH vozidla. Do servisních nákladů jsem zahrnul pouze výměnu brzdových destiček v 50 000 km a

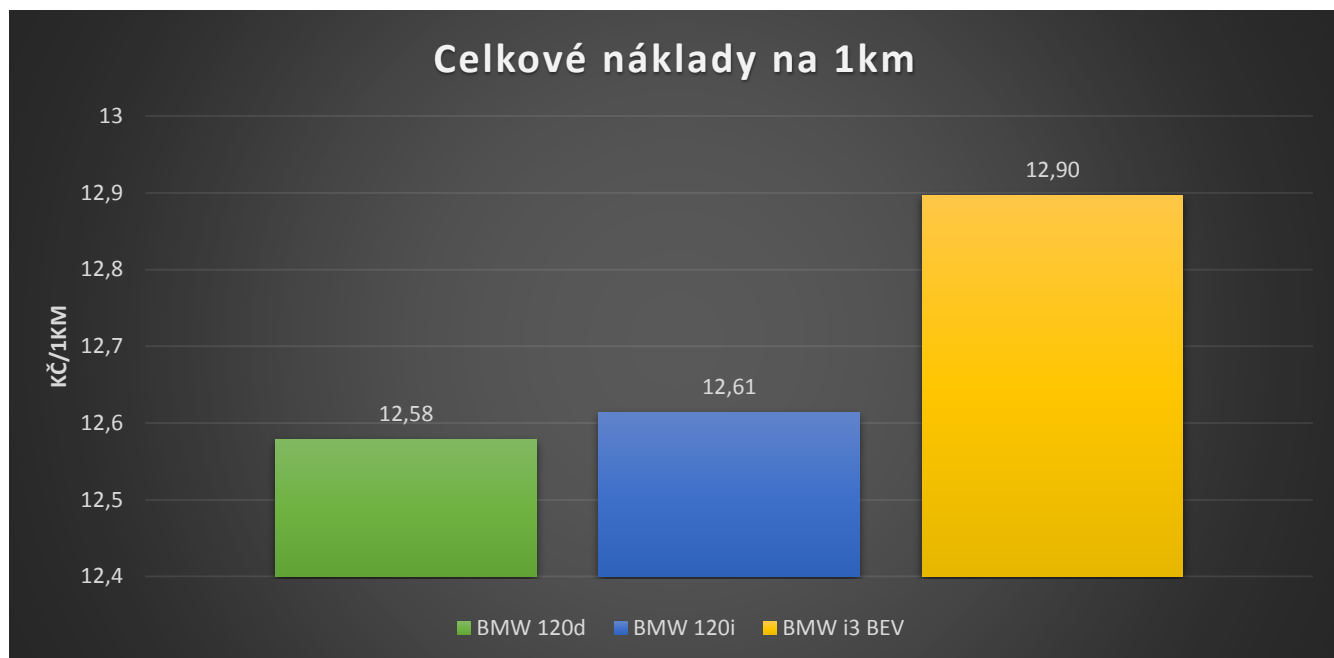
výměnu brzdových destiček a kotoučů ve 100 000 km. Zbylý servis jako je výměna oleje, palivového, olejového, pilového a mikrofiltru, je po dobu 5 let nebo 100 000 km na náklady společnosti BMW Česká republika, která tuto službu poskytuje ke každému nově prodanému vozu. Do nákladů na údržbu jsem zahrnul doplňování provozních kapalin jako je např. kapalina do ostřikovačů, výměna použitých stěračů nebo nečekané náklady spojené s pojistnou událostí na voze. V celkových nákladech je zohledněná i položka pneumatik s ročním proběhem 30 000 km. Poslední částkou jsou ostatní náklady, kde je zahrnuto zákonné pojištění, náklady na zákonné prohlídky STK a emise.

## 10.2.1 Srovnání BMW řady 1 a BMW i3

Tab. č. 19 Náklady BMW řady 1 a BMW i3 BEV

BMW 120i			BMW 120d			BMW i3 BEV		
Doba používání	rok	5,00	Doba používání	rok	5,00	Doba používání	rok	5,00
Nájezd	km/rok	20 000,00	Nájezd	km/rok	20 000,00	Nájezd	km/rok	20 000,00
Cena phm	Kč/l	29,70	Cena phm	Kč/l	28,50	Cena phm	Kč/l	3,80
Spotřeba paliva	l/100km	7,50	Spotřeba paliva	l/100km	5,50	Spotřeba paliva	kWh/100km	16,40
Cena vozidla	Kč	862 108	Cena vozidla	Kč	927 108	Cena vozidla	Kč	1 058 200
Pojištění	Kč/rok	5 800,00	Pojištění	Kč/rok	5 800,00	Pojištění	Kč/rok	2 700,00
Technická kontrola	Kč	1 100,00	Technická kontrola	Kč	1 100,00	Technická kontrola	Kč	1 100,00
Emise - bezínový motor	Kč	690,00	Emise - naftový motor	Kč	1 100,00	Emise - bezínový motor	Kč	0,00
Brzdy - 50 tis. Km	Kč	14 128,00	Brzdy - 50 tis. Km	Kč	13 341,00	Brzdy - 50 tis. Km	Kč	12 826,00
Brzdy - 100 tis. Km	Kč	30 550,00	Brzdy - 100 tis. Km	Kč	28 400,00	Brzdy - 100 tis. Km	Kč	28 987,73
Pneu	Kč	23 048,00	Pneu	Kč	23 048,00	Pneu	Kč	22 912,00
Proběh pneu	km	30 000,00	Proběh pneu	km	30 000,00	Proběh pneu	km	30 000,00
Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00
Suma servis	Kč	44 678,00	Suma servis	Kč	41 741,00	Suma servis	Kč	41 813,73
Suma ostatní náklady	Kč	7 590,00	Suma ostatní náklady	Kč	8 000,00	Suma ostatní náklady	Kč	3 800,00
Odpis	Kč/1km	8,62	Odpis	Kč/1km	9,27	Odpis	Kč/1km	10,58
Spotřeba	Kč/1km	2,23	Spotřeba	Kč/1km	1,57	Spotřeba	Kč/1km	0,62
Údržba	Kč/1km	0,09	Údržba	Kč/1km	0,09	Údržba	Kč/1km	0,09
Servis	Kč/1km	0,45	Servis	Kč/1km	0,42	Servis	Kč/1km	0,42
Ostatní náklady	Kč/1km	0,08	Ostatní náklady	Kč/1km	0,08	Ostatní náklady	Kč/1km	0,04
Pneu Kč	Kč/1km	1,15	Pneu Kč	Kč/1km	1,15	Pneu Kč	Kč/1km	1,15
<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>12,61</b>	<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>12,58</b>	<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>12,90</b>
<b>Vnímané náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>2,23</b>	<b>Vnímané náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>1,57</b>	<b>Vnímané náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>0,62</b>

Graf č. 10 Náklady BMW řady 1 a BMW i3 BEV



## 10.2.2 Srovnání BMW řady 2 Active Tourer

Tab. č. 20 Náklady BMW řady 2

BMW 225i xDrive Active Tourer			BMW 220d xDrive Active Tourer			BMW 225xe Active Tourer		
Doba používání	rok	5,00	Doba používání	rok	5,00	Doba používání	rok	5,00
Nájezd	km/rok	20 000,00	Nájezd	km/rok	20 000,00	Nájezd	km/rok	20 000,00
Cena phm	Kč/l	29,70	Cena phm	Kč/l	28,50	Cena phm	Kč/l	29,70
Spotřeba paliva	l/100km	8,10	Spotřeba paliva	l/100km	5,90	Spotřeba paliva	l/100km	6,50
Cena vozidla	Kč	967 304	Cena vozidla	Kč	971 308	Cena vozidla	Kč	958 100
Pojištění	Kč/rok	5 800,00	Pojištění	Kč/rok	5 800,00	Pojištění	Kč/rok	4 200,00
Technická kontrola	Kč	1 100,00	Technická kontrola	Kč	1 100,00	Technická kontrola	Kč	1 100,00
Emise - bezínový motor	Kč	690,00	Emise - naftový motor	Kč	1 100,00	Emise - bezínový motor	Kč	690,00
Brzdy - 50 tis. Km	Kč	14 446,00	Brzdy - 50 tis. Km	Kč	14 446,00	Brzdy - 50 tis. Km	Kč	14 446,92
Brzdy - 100 tis. Km	Kč	33 493,00	Brzdy - 100 tis. Km	Kč	31 387,00	Brzdy - 100 tis. Km	Kč	33 493,54
Pneu	Kč	23 048,00	Pneu	Kč	23 048,00	Pneu	Kč	23 048,00
Proběh pneu	km	30 000,00	Proběh pneu	km	30 000,00	Proběh pneu	km	30 000,00
Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00
Suma servis	Kč	47 939,00	Suma servis	Kč	45 833,00	Suma servis	Kč	47 940,46
Suma ostatní náklady	Kč	7 590,00	Suma ostatní náklady	Kč	8 000,00	Suma ostatní náklady	Kč	5 990,00
Odpis	Kč/1km	9,67	Odpis	Kč/1km	9,71	Odpis	Kč/1km	9,58
Spotřeba	Kč/1km	2,41	Spotřeba	Kč/1km	1,68	Spotřeba	Kč/1km	1,93
Údržba	Kč/1km	0,09	Údržba	Kč/1km	0,09	Údržba	Kč/1km	0,09
Servis	Kč/1km	0,48	Servis	Kč/1km	0,46	Servis	Kč/1km	0,48
Ostatní náklady	Kč/1km	0,08	Ostatní náklady	Kč/1km	0,08	Ostatní náklady	Kč/1km	0,06
Pneu Kč	Kč/1km	1,15	Pneu Kč	Kč/1km	1,15	Pneu Kč	Kč/1km	1,15
<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>13,88</b>	<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>13,18</b>	<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>13,29</b>
<b>Vnímané náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>2,41</b>	<b>Vnímané náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>1,68</b>	<b>Vnímané náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>1,93</b>

Graf č. 11 Náklady BMW řady 2

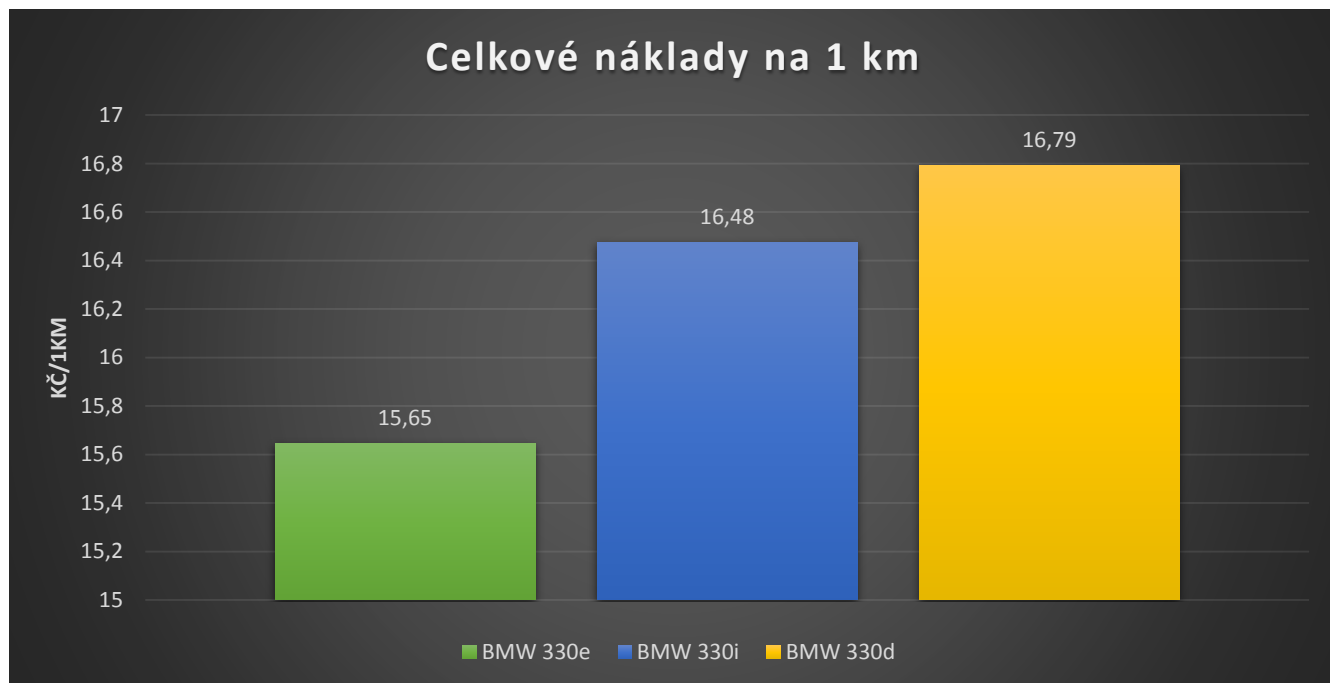


## 10.2.3 Srovnání BMW řady 3

Tab. č. 21 Náklady BMW řady 3

BMW 330i			BMW 330d			BMW 330e		
Doba používání	rok	5,00	Doba používání	rok	5,00	Doba používání	rok	5
Nájezd	km/rok	20 000,00	Nájezd	km/rok	20 000,00	Nájezd	km/rok	20 000,00
Cena phm	Kč/l	29,70	Cena phm	Kč/l	28,50	Cena phm	Kč/l	29,70
Spotřeba paliva	l/100km	8,90	Spotřeba paliva	l/100km	7,90	Spotřeba paliva	l/100km	7,10
Cena vozidla	Kč	1 187 030	Cena vozidla	Kč	1 255 930	Cena vozidla	Kč	1 157 598
Pojištění	Kč/rok	5 800,00	Pojištění	Kč/rok	7 200,00	Pojištění	Kč/rok	5 800,00
Technická kontrola	Kč	1 100,00	Technická kontrola	Kč	1 100,00	Technická kontrola	Kč	1 100,00
Emise - bezínový motor	Kč	690,00	Emise - naftový motor	Kč	1 100,00	Emise - bezínový motor	Kč	690,00
Brzdy - 50 tis. Km	Kč	14 128,69	Brzdy - 50 tis. Km	Kč	14 128,69	Brzdy - 50 tis. Km	Kč	14 128,69
Brzdy - 100 tis. Km	Kč	32 595,94	Brzdy - 100 tis. Km	Kč	32 595,94	Brzdy - 100 tis. Km	Kč	32 595,94
Pneu	Kč	26 588,00	Pneu	Kč	26 588,00	Pneu	Kč	26 588,00
Proběh pneu	km	30 000,00	Proběh pneu	km	30 000,00	Proběh pneu	km	30 000,00
Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00
Suma servis	Kč	46 724,63	Suma servis	Kč	46 724,63	Suma servis	Kč	46 724,63
Suma ostatní náklady	Kč	7 590,00	Suma ostatní náklady	Kč	9 400,00	Suma ostatní náklady	Kč	7 590,00
Odpis	Kč/1km	11,87	Odpis	Kč/1km	12,56	Odpis	Kč/1km	11,58
Spotřeba	Kč/1km	2,64	Spotřeba	Kč/1km	2,25	Spotřeba	Kč/1km	2,11
Údržba	Kč/1km	0,09	Údržba	Kč/1km	0,09	Údržba	Kč/1km	0,09
Servis	Kč/1km	0,47	Servis	Kč/1km	0,47	Servis	Kč/1km	0,47
Ostatní náklady	Kč/1km	0,08	Ostatní náklady	Kč/1km	0,09	Ostatní náklady	Kč/1km	0,08
Pneu Kč	Kč/1km	1,33	Pneu Kč	Kč/1km	1,33	Pneu Kč	Kč/1km	1,33
<b>Celkem</b>	Kč/1km	<b>16,48</b>	<b>Celkem</b>	Kč/1km	<b>16,79</b>	<b>Celkem</b>	Kč/1km	<b>15,65</b>
<b>Vnímané náklady</b>	Kč/1km	<b>2,64</b>	<b>Vnímané náklady</b>	Kč/1km	<b>2,25</b>	<b>Vnímané náklady</b>	Kč/1km	<b>2,11</b>

Graf. č. 12 Náklady BMW řady 3





## 10.2.4 Srovnání BMW řady X5

Tab. č. 22 Náklady BMW řady X5

BMW X5 35i xDrive			BMW X5 40d xDrive			BMW X5 40eDrive		
Doba používání	rok	5,00	Doba používání	rok	5,00	Doba používání	rok	5,00
Nájezd	km/rok	20 000,00	Nájezd	km/rok	20 000,00	Nájezd	km/rok	20 000,00
Cena phm	Kč/l	29,70	Cena phm	Kč/l	28,50	Cena phm	Kč/l	29,70
Spotřeba paliva	l/100km	11,20	Spotřeba paliva	l/100km	8,90	Spotřeba paliva	l/100km	8,90
Cena vozidla	Kč	1 666 782	Cena vozidla	Kč	1 799 382	Cena vozidla	Kč	1 806 904
Pojištění	Kč/rok	7 200,00	Pojištění	Kč/rok	7 200,00	Pojištění	Kč/rok	5 800,00
Technická kontrola	Kč	1 100,00	Technická kontrola	Kč	1 100,00	Technická kontrola	Kč	1 100,00
Emise - bezínový motor	Kč	690,00	Emise - naftový motor	Kč	1 100,00	Emise - bezínový motor	Kč	690,00
Brzdy - 50 tis. Km	Kč	18 370,22	Brzdy - 50 tis. Km	Kč	18 370,22	Brzdy - 50 tis. Km	Kč	18 370,22
Brzdy - 100 tis. Km	Kč	41 541,72	Brzdy - 100 tis. Km	Kč	41 541,72	Brzdy - 100 tis. Km	Kč	41 541,72
Pneu	Kč	28 780,00	Pneu	Kč	15 000,00	Pneu	Kč	28 780,00
Proběh pneu	km	30 000,00	Proběh pneu	km	28 780,00	Proběh pneu	km	30 000,00
Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00
Suma servis	Kč	59 911,94	Suma servis	Kč	59 911,94	Suma servis	Kč	59 911,94
Suma ostatní náklady	Kč	8 990,00	Suma ostatní náklady	Kč	9 400,00	Suma ostatní náklady	Kč	7 590,00
Odpis	Kč/1km	16,67	Odpis	Kč/1km	17,99	Odpis	Kč/1km	18,07
Spotřeba	Kč/1km	3,33	Spotřeba	Kč/1km	2,54	Spotřeba	Kč/1km	2,64
Údržba	Kč/1km	0,09	Údržba	Kč/1km	0,09	Údržba	Kč/1km	0,09
Servis	Kč/1km	0,60	Servis	Kč/1km	0,60	Servis	Kč/1km	0,60
Ostatní náklady	Kč/1km	0,09	Ostatní náklady	Kč/1km	0,09	Ostatní náklady	Kč/1km	0,08
Pneu Kč	Kč/1km	1,44	Pneu Kč	Kč/1km	0,75	Pneu Kč	Kč/1km	1,44
<b>Celkem</b>	Kč/1km	<b>22,21</b>	<b>Celkem</b>	Kč/1km	<b>22,06</b>	<b>Celkem</b>	Kč/1km	<b>22,92</b>
<b>Vnímání náklady</b>	Kč/1km	<b>3,33</b>	<b>Vnímání náklady</b>	Kč/1km	<b>2,54</b>	<b>Vnímání náklady</b>	Kč/1km	<b>2,64</b>

Graf č. 13 Náklady BMW řady X5



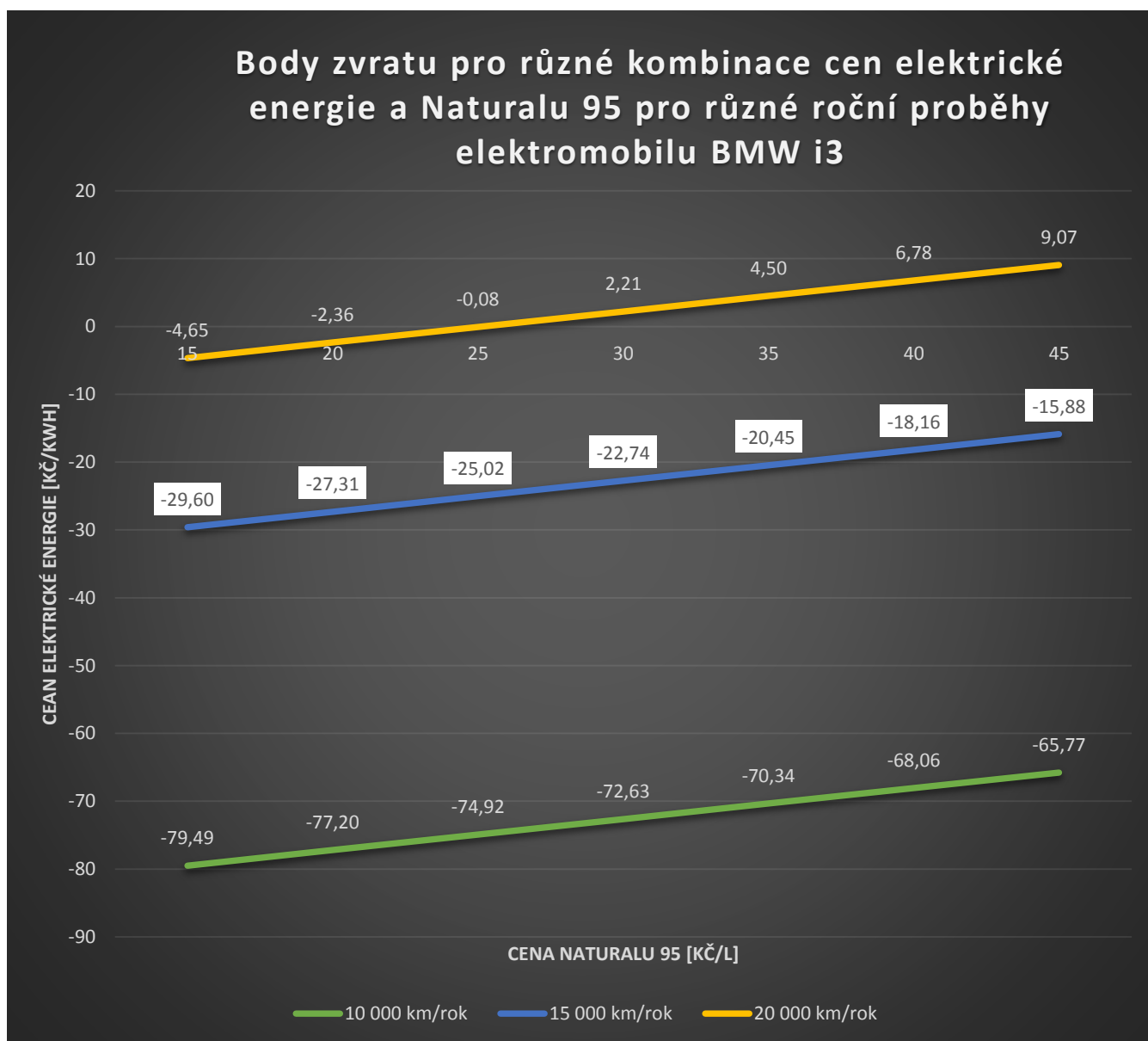
## 10.3 Vývoj nákladů

Dále jsem výše uvedené výpočty využil i pro výpočet a srovnání elektromobilu BMW i3 a BMW 120i. Především výpočty jsou kalkulovány u všech vozů s ročním nájezdem 20 000 km. Tento nájezd pro elektromobil není nereálný, když si uvědomíme, že na každý den by připadalo ujetí cca 54 km. Při srovnání pořizovací ceny elektromobilu BMW i3 a BMW 120i činí rozdíl 196 092 Kč. Což při jisté úspoře na spotřebě a částečně i servisních nákladech není úplně propastný rozdíl. Jak se ovšem změní výsledné náklady a jak výrazně se prohloubí nevýhodnost elektromobilu, pokud s ním ujedete pouze 10 000 km ročně.

Tab. č. 23 Náklady BMW i3 na 20 000 km/rok, 15 000 km/rok a 10 000 km/rok

BMW i3 BEV			BMW i3 BEV			BMW i3 BEV		
Doba používání	rok	5,00	Doba používání	rok	5,00	Doba používání	rok	5,00
Nájezd	km/rok	20 000,00	Nájezd	km/rok	15 000,00	Nájezd	km/rok	10 000,00
Cena phm	Kč/l	3,80	Cena phm	Kč/l	3,80	Cena phm	Kč/l	3,80
Spotřeba paliva	kWh/100km	16,40	Spotřeba paliva	kWh/100km	16,40	Spotřeba paliva	kWh/100km	16,40
Cena vozidla	Kč	1 058 200	Cena vozidla	Kč	1 058 200	Cena vozidla	Kč	1 058 200
Pojištění	Kč/rok	2 700,00	Pojištění	Kč/rok	2 700,00	Pojištění	Kč/rok	2 700,00
Technická kontrola	Kč	1 100,00	Technická kontrola	Kč	1 100,00	Technická kontrola	Kč	1 100,00
Emise - bezínový motor	Kč	0,00	Emise - bezínový motor	Kč	0,00	Emise - bezínový motor	Kč	0,00
Brzdy - 50 tis. Km	Kč	12 826,00	Brzdy - 50 tis. Km	Kč	12 826,00	Brzdy - 50 tis. Km	Kč	12 826,00
Brzdy - 100 tis. Km	Kč	28 987,73	Brzdy - 100 tis. Km	Kč	28 987,73	Brzdy - 100 tis. Km	Kč	28 987,73
Pneu	Kč	22 912,00	Pneu	Kč	22 912,00	Pneu	Kč	22 912,00
Proběh pneu	km	30 000,00	Proběh pneu	km	30 000,00	Proběh pneu	km	30 000,00
Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00
Suma servis	Kč	41 813,73	Suma servis	Kč	41 813,73	Suma servis	Kč	41 813,73
Suma ostatní náklady	Kč	3 800,00	Suma ostatní náklady	Kč	3 800,00	Suma ostatní náklady	Kč	3 800,00
Odpis	Kč/1km	10,58	Odpis	Kč/1km	14,11	Odpis	Kč/1km	21,16
Spotřeba	Kč/1km	0,62	Spotřeba	Kč/1km	0,62	Spotřeba	Kč/1km	0,62
Údržba	Kč/1km	0,09	Údržba	Kč/1km	0,12	Údržba	Kč/1km	0,18
Servis	Kč/1km	0,42	Servis	Kč/1km	0,56	Servis	Kč/1km	0,84
Ostatní náklady	Kč/1km	0,04	Ostatní náklady	Kč/1km	0,05	Ostatní náklady	Kč/1km	0,08
Pneu Kč	Kč/1km	1,15	Pneu Kč	Kč/1km	1,53	Pneu Kč	Kč/1km	2,29
<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>12,90</b>	<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>16,99</b>	<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>25,17</b>
<b>Vnímání náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>0,62</b>	<b>Vnímání náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>0,62</b>	<b>Vnímání náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>0,62</b>

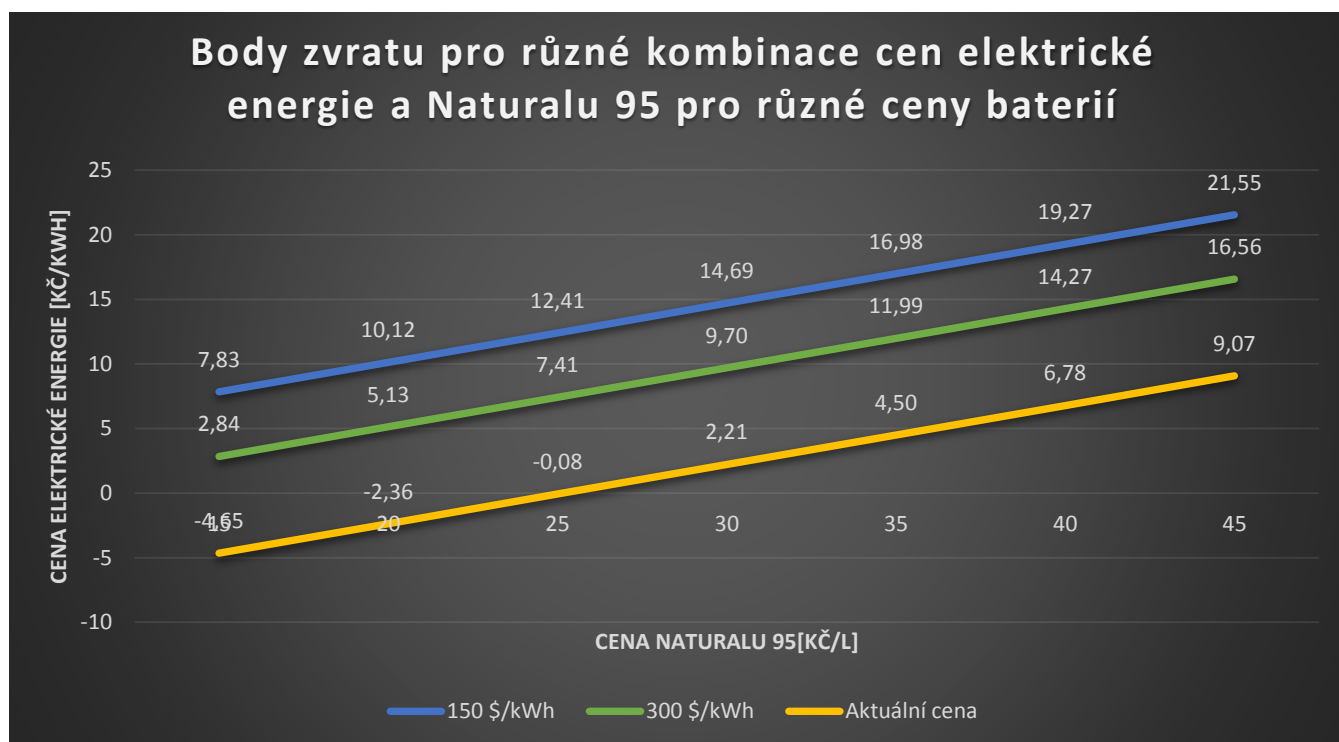
Graf č. 14 Body zvratu pro různé kombinace cen elektrické energie a Naturalu 95 pro různé roční proběhy elektromobilu BMW i3



Abych zmínil problematiku pořizovací ceny elektromobilů a hlavně ceny baterií, srovnával jsem i náklady na provoz při různých cenách baterií. V současné době je rozdíl mezi pořízením elektromobilu a benzínového automobilu přibližně 150 000 Kč. Jak se ovšem bude výhodnost jednotlivých paliv měnit, pokud budeme předpokládat, že cena jedné kilowathodiny bude neustále klesat. Proto v následujícím grafu najdete tři různé přímky. Jedna se týká

současných pořizovacích cen automobilů. Ale jakým směrem se bude přímka pohybovat, pokud do kalkulace započítáme odhadovanou cenu baterií v roce 2018, která by mohla být na úrovni 300 \$/kWh. Poslední přímkou se kalkulace s cenou baterií 150 \$/kWh, kdy se cena elektromobilu bude pohybovat na stejné úrovni jako cena benzínového automobilu.

Graf č. 15 Body zvratu pro různé kombinace cen elektrické energie a Naturalu 95 pro různé ceny baterií

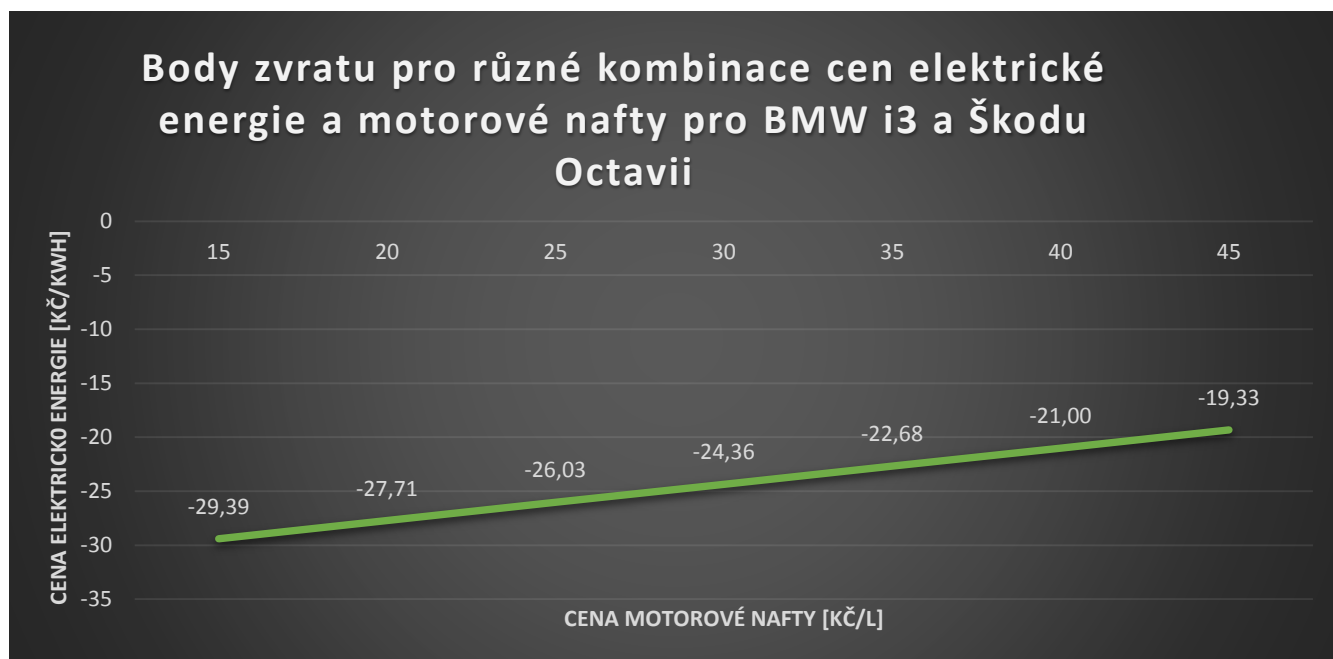


Jako poslední porovnání jsem zvolil kombinaci nákladů u dvou úplně rozdílných vozů. Uvědomuji si, že v současné době je elektromobil nákladná a především imageová záležitost, kde musím brát v úvahu vysokou pořizovací cenu. Dalším důvodem je i to, že značka BMW se řadí mezi prémiové výrobce, což se odráží na vyšších cenách vozidel, které vysoce přesahují průměrné ceny nových automobilů v České republice. Pro srovnání Škoda Auto prodala v první pololetí roku 2016 celkem 43 658 automobilů a BMW pouze 3262 automobilů. Proto jsem zvolil srovnání elektromobilu BMW i3 s nejprodávanějším vozem v České republice Škodou Octavií. Zde se rozdíl ještě více prohloubí. Škodu Octavii si za první pololetí roku 2016 pořídilo přes 15 000 zákazníků a naproti tomu se pro BMW i3 rozhodlo pouze 40 zákazníků.

Tab. č. 24 Náklady BMW i3 a Škoda Octavia 2,0 TDI

Škoda Octavia 2,0 TDI 110 kW			BMW i3 BEV		
doba používání	rok	5,00	doba používání	rok	5,00
nájezd	km/rok	20 000,00	nájezd	km/rok	20 000,00
cena phm	Kč/l	28,50	cena phm	Kč/l	3,80
Spotřeba paliva	l/100km	5,50	Spotřeba paliva	kWh/100km	16,40
cena vozidla	Kč	563 900	cena vozidla	Kč	1 058 200
pojištění	Kč/rok	5 800,00	pojištění	Kč/rok	2 700,00
technická kontrola	Kč	1 100,00	technická kontrola	Kč	1 100,00
emise - naftový motor	Kč	1 100,00	emise	Kč	0,00
brzdy	Kč	24 300,00	brzdy - 50 tis. Km	Kč	12 826,00
výměna oleje	Kč	19 732,00	brzdy - 100 tis. Km	Kč	28 987,73
pneu	Kč	7 600,00	pneu	Kč	22 912,00
proběh pneu	km	30 000,00	proběh pneu	km	30 000,00
Údržba	Kč/rok	9 000,00	Údržba	Kč/rok	9 000,00
Suma servis	Kč	44 032,00	Suma servis	Kč	41 813,73
Suma ostatní náklady	Kč	8 000,00	Suma ostatní náklady	Kč	3 800,00
odpis Kč/km	Kč/1km	5,64	odpis Kč/km	Kč/1km	10,58
spotřeba Kč/km	Kč/1km	1,57	spotřeba Kč/km	Kč/1km	0,62
Údržba Kč/km	Kč/1km	0,09	Údržba Kč/km	Kč/1km	0,09
servis Kč/km	Kč/1km	0,44	servis Kč/km	Kč/1km	0,42
Ostatní náklady Kč/km	Kč/1km	0,08	Ostatní náklady Kč/km	Kč/1km	0,04
Pneu Kč/km	Kč/1km	0,38	Pneu Kč/km	Kč/1km	1,15
<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>8,20</b>	<b>Celkem</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>12,90</b>
<b>Vnímané náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>1,57</b>	<b>Vnímané náklady</b>	<b>Kč/1km</b>	<b>0,62</b>

Graf č. 16 Body zvratu pro různé kombinace cen elektrické energie a motorové nafty pro BMW i3 a Škodu Octavii



## 11 Závěr

V celé diplomové práci jsem se věnoval nové nastupující technologii pohonu automobilů pomocí elektrické energie. Představil jsem jednotlivé technologie čistých elektromobilů, elektromobilů s prodlužovačem a plug-in hybridů, automobilů kombinujících jak spalovací motor, tak elektromotor. Na závěr práce jsem vytvořil nákladové srovnání jednotlivých druhů koncepcí v dostupných modelech značky BMW. Srovnával jsem konvenční motor zážehový i vznětový s ekvivalentem v podobě pohonu elektrickou energií.

Pokud se podíváme na grafy jednotlivých modelů a srovnáme náklady na jeden ujetý kilometr, nemohu přesně říct popř. doporučit, jaký typ pohonu zvolit. Rozdíly jsou viditelné nejenom mezi jednotlivými palivy, ale také mezi jednotlivými druhy a velikostmi vozidel.

Při porovnávání modelů s konvenčním pohonem benzínové BMW 120i a naftové BMW 120d s čistě elektrickým BMW i3 je velice zajímavé, že cena 196 000,- resp. 131 000,- je stále vysoká prvotní investice. Výsledné náklady na jeden ujetý kilometr při standartních cenách pohonných hmot a elektrické energie v řádu cca 0,30 Kč/km ve prospěch konvenčních paliv není nijak závratná částka, když uvážíme, že cena elektrické energie pro majitele elektromobilů je stále dotovaná jak v domácím použití, tak u veřejných nabíjecích stanic.

Dalším porovnávaným modelem je městské velkoprostorové BMW řady 2 Active Tourer. Úplně první věc, která zaujme je nejnižší pořizovací cena ze všech tří porovnávaných verzí. Proto konečný výsledek nákladů na jeden ujetý kilometr znamená, že plug-in hybridní verze je přijatelnou variantou k výkonově slabší naftové verzi 220d xDrive a je výrazně úspornější než srovnatelná benzínová varianta 225i xDrive.

Třetím testovaným model je BMW řady 3. Řada 3 ve variantách, benzínová 330i, naftová 330d a plug-in hybridní 330e, opět potvrzuje přívětivou cenovou politiku značky BMW, kdy je model 330e nejlevnější a oproti modelu 330d se šestiválcovým naftovým motorem dokonce o necelých 100 000 Kč. Proto je plug-in hybridní model v tomto srovnání na provoz nejvýhodnější.

Posledním modelem je, v České republice překvapivě nejprodávanější, BMW X5. Toto největší SUV značky si zákazníci oblíbili natolik, že tvoří přibližně 33% prodejů všech BMW v České republice. Proto tento model byl vůbec jako první nabízen i v plug-in hybridní verzi BMW X5 40 eDrive. Po srovnání a započítání všech nákladů naráží výhodnost provozu na velikost auta a vysokou spotřebu, která je v reálném provozu více než dvojnásobná oproti uváděné tabulkové hodnotě. Tento vůz byl primárně určen pro americký trh, kde představuje

alternativu k objemným benzínovým jednotkám, ale v České republice zatím prodejce nenaznačují, že by si zákazníci radši koupili hybrida místo verze s naftovým motorem.

Do této chvíle jsem celé srovnání nákladů kalkuloval na stejný roční nájezd 20 000 km/rok. Jak se ovšem změní výhodnost elektromobilu BMW i3, když by majitel ujel pouze 10 000 km/rok? Náklady na jeden ujetý kilometr vzrostou dvojnásobně a výsledný rozdíl činí 12,27 Kč/1 km. To je již velice vysoká hodnota, která opravdu znevýhodňuje pořízení elektromobilu. Podobná situace s ještě větším rozdílem nastává, pokud srovnávám BMW i3 a nejprodávanější vůz v České republice Škodu Octavii. Zde hraje největší rozdíl pořizovací cena obou automobilů.

V rámci posledního srovnání je jistý příslib do budoucna a především klesající cena baterií. Pokud bychom uvažovali stále klesající cenu baterií, která se momentálně pohybuje okolo 400 \$/1kWh, můžeme uvažovat, že pořizovací cena elektromobilu bude srovnatelná s konvenčními automobily, pokud cena baterií klesne na 150 \$/1kWh. V takovém případě je provoz elektromobilu levnější než provoz benzínového či naftového vozidla.

Pořízení jakéhokoliv automobilu s alternativním pohonem vždy bude volbou osobních preferencí a v současné době je to jistá image. Jisté výhody těchto automobilů, jako je v první řadě lokální bezemisní provoz, se projevují především ve velkých městech, kde jejich majitelé nemusí platit vysoké vjezdové daně do center nebo při dopravních kongescích, kdy mají tyto vozy nulové spotřeby. Další výhodnost pro potenciální uživatele elektromobilu mohou představovat státní dotace na pořízení elektromobilu popř. nulové takzvané showroomové daně, které se vypočítávají dle velikosti a výkonu daného spalovacího motoru. Na druhou stranu pořízení takového vozu s sebou nese i jistá omezení. Pokud bude chtít vlastník elektromobilu, co nejvíce využívat pohon na elektrickou energii, musí mít v první řadě, kde nabíjet. I když síť veřejných stanic se rozrůstá, pořád by měl mít vlastní nabíječku. Dále si každý vlastník musím uvědomit, že instalace velkých baterií omezuje přepravní kapacitu automobilu a zvyšuje jeho hmotnost, což se může projevit na užitečném zatížení vozu. Nedílnou součástí využívání především elektromobilu je i jisté plánování. I když se dojezdy u stejně velkých baterií neustále prodlužují, pořád se bavíme o celkovém dojezdu kolem 300 – 400 km. Toto omezení mohou svým způsobem řešit právě hybridní vozidla, která mají k dispozici spalovací motor a dojez tak je neomezený.

## 12 Použité zdroje

- [1] Říha, Z., Honců, M., & Jírová, V. (2011). Oil Price Analysis. Oil Price Analysis; In: Mathematical Models and Methods in Modern Science (stránky 66-70). New York: WSEAS Press.
- [2] Zemánek, J. [cit 10.10.2016], dostupno na <http://www.euroekonom.cz/analyzy-clanky.php?type=jz-ropny-zlom>
- [3] Říha, Z., Honců, M., & Jírová, V. (2011). Oil Price Analysis. Oil Price Analysis; In: Mathematical Models and Methods in Modern Science (stránky 66-70). New York: WSEAS Press.
- [4] Ondrová, E., [cit 10.10.2016], dostupno na <http://www.finance.cz/zpravy/finance/124190-dane-tvori-vice-nez-polovinu-ceny-benzinu/>
- [5] Autor neznámý [cit 10.10.2016], dostupno na <http://www.cenyenergie.cz/cena-elektřiny-z-ceho-je-složena/#/promo-ele>
- [6] Autor neznámý [cit 10.10.2016], dostupno na <http://www.cenyenergie.cz/cena-elektřiny-z-ceho-je-složena/#/promo-ele>
- [7] Autor neznámý [cit 10.10.2016], dostupno na <http://www.cenyenergie.cz/d27d/#/promo-ele>
- [8] Volf, T., [cit 10.10.2016], <https://www.novinky.cz/ekonomika/395632-elektřina-na-burze-zlevňuje-rychle-lidem-na-fakturach-jen-pomalů.html>
- [9] Autor neznámý [cit 10.10.2016], dostupno na <http://elektromobil.vseznamu.cz/baterie-v-elektromobilech>
- [10] Firemní literatury společnosti Robert Bosch GMBh.
- [11] Vokáč, L., [cit 10.10.2016], dostupno na [http://auto.idnes.cz/baterie-z-ras-nebo-hliniku-096-/automoto.aspx?c=A140616\\_231839\\_automoto\\_vok](http://auto.idnes.cz/baterie-z-ras-nebo-hliniku-096-/automoto.aspx?c=A140616_231839_automoto_vok)
- [12] Vejbor, J., [cit 10.10.2016], dostupno na <http://www.elektromobily-os.cz/stru%C4%8Dn%C3%A1-historie-elektromobilu>
- [13] Horčík, J., [cit 10.10.2016], dostupno na <http://www.hybrid.cz/clanky/historie-hybridnich-aut-1-dil>
- [14] Sajdl, J., [cit 10.10.2016], dostupno na <http://www.autolexicon.net/cs/articles/hybridni-pohon/>
- [15] Horčík, J., [cit 10.10.2016], dostupno <http://www.hybrid.cz/40-let-elektromobilu-bmw-mini-e-2008>
- [16] Horčík, J., [cit 10.10.2016], dostupno <http://www.hybrid.cz/40-let-elektromobilu-bmw-active-e-2010>



- [17] Firemní literatura společnosti BMW Česká republika
- [18] Říha, Z., Tichý, J., Kalkulace a modelování v dopravě

## Seznam zkratek

$n_{odp}$	náklady na odpisy
$n_{ser}$	náklady na servis
$n_{údr}$	náklady na údržbu
$n_{ost}$	ostatní náklady
$n_{pneu}$	náklady na pneumatiky
$n_{spot}$	náklady na PHM
EU	Evropská unie
OPEC	Organizace zemí vyvážejících ropu
ČR	Česká republika
USD	Americký dolar
USA	Spojené státy americké
LPG	Zkapalněný ropný plyn
CNG	Stlačený zemní plyn
kWh	Kilowatthodina
CO	Oxid uhelnatý
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
NO <sub>x</sub>	Oxidy dusíku
BEV	Battery electric vehicle
REX	Range extender
HDP	Hrubý domácí produkt
USA FED	Federální rezervní systém Spojených států amerických
MWh	Megawatthodina
PHEV	Plug-in electric vehicle
VT	Vysoký tarif
NT	Nízký tarif
EK	Evropská komise
Na	Sodík
Ni	Nikl
Cd	Kadmium
Li-on	Lithium-iont
GM	General Motors
THS	Toyota hybrid system

## Seznam obrázků

Obr. č. 1 Složení energie

Obr. č. 2 Kombinovaná nabíjecí stanice pro rychlé i ultrarychlé nabíjení společnosti ČEZ

Obr. č. 3 Mapa dobíjecích stanic v ČR

Obr. č. 4 Sada olověných akumulátorů BMW 1602

Obr. č. 5 BMW E1

Obr. č. 6 BMW Active E

Obr. č. 7 BMW i3

Obr. č. 8 Čipová karta programu Charge Now pro veřejné nabíjecí stanice

## Seznam grafů

Graf č. 1 Znárodnění závislost ceny ropy vyjádřená v USD a kurzu dolaru

Graf č. 2. Vývoj produkce ropy

Graf č. 3 Vývoj cen ropy

Graf č. 4 Vývoj cen ropy, Naturalu 95 a Dieselu

Graf č. 5 Složení ceny elektřiny

Graf č. 6 Vývoj cen elektrické energie

Graf č. 7 Odhadovaný vývoj cen elektrické energie

Graf č. 8 Vývoj cen baterií

Graf č. 9 Závislost ceny vozu na ceně 1 kWh

Graf č. 10 Náklady BMW řady 1 a BMW i3 BEV

Graf č. 11 Náklady BMW řady 2

Graf č. 12 Náklady BMW řady 3

Graf č. 13 Náklady BMW řady X5

Graf č. 14 Body zvratu pro různé kombinace cen elektrické energie a Naturalu 95 pro různé roční proběhy elektromobilu BMW i3

Graf č. 15 Body zvratu pro různé kombinace cen elektrické energie a Naturalu 95 pro různé ceny baterií

Graf č. 16 Body zvratu pro různé kombinace cen elektrické energie a motorové nafty pro BMW i3 a Škodu Octavii

## Seznam tabulek

Tab. č. 1 Technické parametry BMW 1602

Tab. č. 2 Technické parametry BMW LS Elektrik

Tab. č. 3 Technické parametry BMW 325 xi

Tab. č. 4 Technické parametry BMW E1 1. a 2. generace

Tab. č. 5 Technické parametry Mini E

Tab. č. 6 Technické parametry BMW Active E

Tab. č. 7 Technické parametry BMW 225xe Active Tourer

Tab. č. 8 Technické parametry BMW 225i xDrive Active Tourer

Tab. č. 9 Technické parametry BMW 220d xDrive Active Tourer

Tab. č. 10 Technické parametry BMW 330e iPerformance

Tab. č. 11 Technické parametry BMW 330i

Tab. č. 12 Technické parametry BMW 330d

Tab. č. 13 Technické parametry BMW X5 40 eDrive

Tab. č. 14 Technické parametry BMW X5 40d xDrive

Tab. č. 15 Technické parametry BMW X5 35i xDrive

Tab. č. 16 Technické parametry BMW i3 BEV

Tab. č. 17 Technické parametry BMW 120i

Tab. č. 18 Technické parametry BMW 120d

Tab. č. 19 Náklady BMW řady 1 a BMW i3 BEV

Tab. č. 20 Náklady BMW řady 2

Tab. č. 21 Náklady BMW řady 3

Tab. č. 22 Náklady BMW řady X5

Tab. č. 23 Náklady BMW i3 na 20 000 km/rok, 15 000 km/rok a 10 000 km/rok

Tab. č. 24 Náklady BMW i3 a Škoda Octavia 2,0 TDI

## Příloha 1

### BMW 225xe Active Tourer



#### Hmotnost

Pohotovostní hmotnost EU (kg)
Max. povolená hmotnost (kg)
Povolené zatížení (kg)
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)

#### Motor

1 585	Válce/ventily	4/4
2 045	Zdvihový objem (cm <sup>3</sup> )	1 998
515	Zdvih/vrtání (mm)	94,6/82,0
1 105/980	Výkon/otáčky (kW (k)/1/min)	170 (231)/5 000
	Max. točivý moment (Nm/1/min)	350/1 250
	Kompresní poměr (:1)	10,2

#### Jízdní výkony

Maximální rychlost (km/h)
Zrychlení 0-100 km/h (s)

#### Spotřeba paliva

235	Město (l/100 km)	8,3–8,1
6,3	Mimo město (l/100 km)	5,5–5,4
	Kombinovaná (l/100 km)	6,5–6,4
	Spotřeba energie BMW eDrive (kWh/100 km)	
	Emise CO <sub>2</sub> (g/km)	152–148
	Objem palivové nádrže cca (l)	51

## Příloha 2

### BMW 220d xDrive Active Tourer



#### Hmotnost

Pohotovostní hmotnost EU (kg)
Max. povolená hmotnost (kg)
Povolené zatížení (kg)
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)

#### Motor

1 585	Válce/ventily	4/4
2 045	Zdvihový objem (cm <sup>3</sup> )	1 995
515	Zdvih/vrtání (mm)	90,0/84,0
1 105/980	Výkon/otáčky (kW (k)/1/min)	140 (190)/4 000
	Max. točivý moment (Nm/1/min)	400/1 750
	Kompresní poměr (:1)	16,5

#### Jízdní výkony

Maximální rychlost (km/h)
Zrychlení 0-100 km/h (s)

#### Spotřeba paliva

222	Město (l/100 km)	5,5-5,3
7,3	Mimo město (l/100 km)	4,6-4,4
	Kombinovaná (l/100 km)	4,9-4,7
	Spotřeba energie BMW eDrive (kWh/100 km)	
	Emise CO <sub>2</sub> (g/km)	129-124
	Objem palivové nádrže cca (l)	51

## Příloha 3

### BMW 225i xDrive Active Tourer



#### Hmotnost

Pohotovostní hmotnost EU (kg)
Max. povolená hmotnost (kg)
Povolené zatížení (kg)
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)

#### Motor

1 585	Válce/ventily	4/4
2 045	Zdvihový objem (cm <sup>3</sup> )	1 995
515	Zdvih/vrtání (mm)	90,0/84,0
1 105/980	Výkon/otáčky (kW (kJ)/1/min)	140 (190)/4 000
	Max. točivý moment (Nm/1/min)	400/1 750
	Kompresní poměr (:1)	16,5

#### Jízdní výkony

Maximální rychlost (km/h)
Zrychlení 0-100 km/h (s)

#### Spotřeba paliva

222	Město (l/100 km)	5,5-5,3
7,3	Mimo město (l/100 km)	4,6-4,4
	Kombinovaná (l/100 km)	4,9-4,7
	Spotřeba energie BMW eDrive (kWh/100 km)	
	Emise CO <sub>2</sub> (g/km)	129-124
	Objem palivové nádrže cca (l)	51



Příloha 4  
**BMW 330i**



<b>Hmotnost</b>		<b>Motor</b>	
Pohotovostní hmotnost EU (kg)	1 545 [1 570]	Válce/ventily	4/4
Max. povolená hmotnost (kg)	2 045 [2 055]	Zdvihový objem (cm <sup>3</sup> )	1 998
Povolené zatížení (kg)	575 [560]	Zdvih/vrtání (mm)	94,6/82,0
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)	945/1 180 [945/1 180]	Výkon/otáčky (kW (k)/1/min)	185 (252)/5 200
		Max. točivý moment (Nm/1/min)	350/1 450–4 800
		Kompresní poměr (:1)	10,2
<b>Jízdní výkony</b>		<b>Spotřeba paliva</b>	
Maximální rychlost (km/h)	250 [250]	Město (l/100 km)	8,4–7,9 [7,4–7,0]
Zrychlení 0-100 km/h (s)	5,9 [5,8]	Mimo město (l/100 km)	5,4–5,1 [4,9–4,7]
		Kombinovaná (l/100 km)	6,5–6,1 [5,8–5,5]
		Emise CO <sub>2</sub> (g/km)	151–143 [136–129]
		Objem palivové nádrže cca (l)	60

Příloha 5  
**BMW 330d**



**Hmotnost**

Pohotovostní hmotnost EU (kg)
Max. povolená hmotnost (kg)
Povolené zatížení (kg)
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)

1 615

2 090

550

990/1 170

**Motor**

Válce/ventily	6/4
Zdvihový objem (cm <sup>3</sup> )	2 993
Zdvih/vrtání (mm)	90,0/84,0
Výkon/otáčky (kW (k)/1/min)	190 (258)/4 000
Max. točivý moment (Nm/1/min)	560/1 500–3 000
Kompresní poměr (-:1)	16,5

**Jízdní výkony**

Maximální rychlost (km/h)
Zrychlení 0-100 km/h (s)

250

5,6

**Spotřeba paliva**

Město (l/100 km)	6,0–5,8
Mimo město (l/100 km)	4,6–4,3
Kombinovaná (l/100 km)	5,0–4,9
Emise CO <sub>2</sub> (g/km)	131–129
Objem palivové nádrže cca (l)	57

## Příloha 6

### 330e iPerformance



<b>Hmotnost</b>		<b>Motor</b>	
Pohotovostní hmotnost EU (kg)	1 735	Válce/ventily	4/4
Max. povolená hmotnost (kg)	2 195	Zdvihový objem (cm <sup>3</sup> )	1 998
Povolené zatížení (kg)	535	Zdvih/vrtání (mm)	94,6/82,0
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)	1 000/1 260	Výkon/otáčky (kW (kJ)/1/min)	135 (184)/5 000–6 500
		Max. točivý moment (Nm/1/min)	290/1 350–4 250
		Kompresní poměr (:1)	11,0
<b>Jízdní výkony</b>		<b>Spotřeba paliva</b>	
Maximální rychlost (km/h)	225	Město (l/100 km)	-
Zrychlení 0-100 km/h (s)	6,1	Mimo město (l/100 km)	-
		Kombinovaná (l/100 km)	2,1–1,9
		Emise CO <sub>2</sub> (g/km)	49–44
		Objem palivové nádrže cca (l)	41

Příloha 7  
**BMW 120d**



<b>Hmotnost</b>		<b>Motor</b>	
Pohotovostní hmotnost EU (kg)	1 450 [1 465]	Válce/ventily	4/4
Max. povolená hmotnost (kg)	1 940 [1 955]	Zdvihový objem (cm³)	1 995
Povolené zatížení (kg)	565 [565]	Zdvih/vrtání (mm)	90,0/84,0
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)	900/1 090 [900/1 090]	Výkon/otáčky (kW (kJ)/1/min)	140 (190)/4 000
		Max. točivý moment (Nm/1/min)	400/1 750–2 500
		Kompresní poměr (-:1)	16,5
<b>Jízdní výkony</b>		<b>Spotřeba paliva</b>	
Maximální rychlost (km/h)	228 [228]	Město (l/100 km)	5,5–5,0 [5,1–4,6]
Zrychlení 0-100 km/h (s)	7,1 [7,0]	Mimo město (l/100 km)	3,9–3,6 [3,9–3,5]
		Kombinovaná (l/100 km)	4,5–4,1 [4,3–3,9]
		Emise CO <sub>2</sub> (g/km)	118–108 [114–103]
		Objem palivové nádrže cca (l)	52



Příloha 8  
**BMW 120i**



**Hmotnost**

Pohotovostní hmotnost EU (kg)	1 380 [1 395]
Max. povolená hmotnost (kg)	1 870 [1 885]
Povolené zatížení (kg)	565 [565]
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)	870/1 090 [870/1 090]

**Motor**

Válce/ventily	4/4
Zdvihový objem (cm <sup>3</sup> )	1 598
Zdvih/vrtání (mm)	85,8/77,0
Výkon/otáčky (kW (kJ/1/min))	130 (177)/5 000
Max. točivý moment (Nm/1/min)	250/1 500–4 500
Kompresní poměr (-:1)	10,5

**Jízdní výkony**

Maximální rychlost (km/h)	225 [222]
Zrychlení 0-100 km/h (s)	7,4 [7,2]

**Spotřeba paliva**

Město (l/100 km)	7,8–7,4 [7,6–7,1]
Mimo město (l/100 km)	4,9–4,7 [4,9–4,6]
Kombinovaná (l/100 km)	6,0–5,7 [5,9–5,6]
Emise CO <sub>2</sub> (g/km)	139–132 [137–129]
Objem palivové nádrže cca (l)	52

## Příloha 9

### BMW i3



#### Spotřeba

Spotřeba energie BMW eDrive (kWh/100 km)

12,6 / 13,1\*

Kombinované emise CO<sub>2</sub> (g/km)

0.0

Energetická třída (s prodlužovačem dojezdu:  
CO<sub>2</sub> bilance)

A+

#### Dojezd a čas nabíjení

Dojezd na elektřinu (km)

300–312\*\*\*

Dojezd na elektřinu, reálný (km)

200

Kapacita lithium-iontového akumulátoru  
(kWh)

27,2

Rychlonabíjení, například rychlonabíjecí  
stanice: DC; 125 A; 50 kW (80 %)

Do 40 min.

Doba nabíjení vysokonapěťového  
akumulátoru (h) při 16 A (80 %)

7,5

#### Hmotnost

Pohotovostní hmotnost EU (kg)

1.320

Max. povolená hmotnost (kg)

1.670

Povolené zatížení (kg)

425.0

Povolené zatížení nápravy vpředu/vzadu (kg)

750/955

#### BMW eDrive/Pohon

Elektromotor: Výkon (kW)

125.0

Elektromotor: Točivý moment (Nm)

250.0

## Příloha 10

### BMW X5 xDrive 35i



#### Hmotnost

Pohotovostní hmotnost EU (kg)
Max. povolená hmotnost (kg)
Povolené zatížení (kg)
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)

#### Motor

2 105	Válce/ventily	6/4
2 785	Zdvihový objem (cm <sup>3</sup> )	2 979
715	Zdvih/vrtání (mm)	89,6/84,0
1 255/1 570	Výkon/otáčky (kW (kJ)/1/min)	225 (306)/5 800–6 400
	Max. točivý moment (Nm/1/min)	400/1 200–5 000
	Kompresní poměr (:1)	10,2

#### Jízdní výkony

Maximální rychlost (km/h)
Zrychlení 0-100 km/h (s)

#### Spotřeba paliva

235	Město (l/100 km)	11,3–11,2
6,5	Mimo město (l/100 km)	6,9–6,9
	Kombinovaná (l/100 km)	8,5–8,5
	Emise CO <sub>2</sub> (g/km)	199–197
	Objem palivové nádrže cca (l)	85



## Příloha 11

### BMW X5 xDrive 40d



<b>Hmotnost</b>	<b>Motor</b>	
Pohotovostní hmotnost EU (kg)	2 185	Válce/ventily 6/4
Max. povolená hmotnost (kg)	2 865	Zdvihový objem (cm³) 2 993
Povolené zatížení (kg)	715	Zdvih/vrtání (mm) 90,0/84,0
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)	1 320/1 585	Výkon/otáčky (kW (kJ)/1/min) 230 (313)/4 400
		Max. točivý moment (Nm/1/min) 630/1 500–2 500
		Kompresní poměr (:1) 16,5
<b>Jízdní výkony</b>	<b>Spotřeba paliva</b>	
Maximální rychlost (km/h)	236	Město (l/100 km) 6,8–6,8
Zrychlení 0-100 km/h (s)	5,9	Mimo město (l/100 km) 5,6–5,5
		Kombinovaná (l/100 km) 6,0–6,0
		Emise CO <sub>2</sub> (g/km) 159–157
		Objem palivové nádrže cca (l) 85



## Příloha 12

### BMW X5 xDrive 40e



Hmotnost	Motor	
Pohotovostní hmotnost EU (kg)	2 305	Válce/ventily 4/4
Max. povolená hmotnost (kg)	2 980	Zdvihový objem (cm <sup>3</sup> ) 1 997
Povolené zatížení (kg)	750	Zdvih/vrtání (mm) 90,1/84,0
Povolené zatížení přední/zadní nápravy (kg)	1 250/1 755	Výkon/otáčky (kW (kJ/1/min)) 180 (245)/5 000–6 500
		Max. točivý moment (Nm/1/min) 350/1 250–4 800
		Kompresní poměr (:1) 10,0
Jízdní výkony	Spotřeba paliva	
Maximální rychlost (km/h)	210	Město (l/100 km) –
Zrychlení 0-100 km/h (s)	6,8	Mimo město (l/100 km) –
		Kombinovaná (l/100 km) 3,4–3,3
		Emise CO <sub>2</sub> (g/km) 78–77
		Objem palivové nádrže cca (l) 85

## Příloha 13

### Škoda Octavia 2,0 TDI



Zdvihový objem	1968 ccm	Druh paliva	nafta
Počet válců	4	Objem nádrže	50 litrů
Počet ventilů	16	Spotřeba ve městě	6.4 litrů na 100 km
Točivý moment	320 Nm	Spotřeba mimo město	4.1 litrů na 100 km
Točivý moment	1750 otáčky/min	Spotřeba - kombinovaně	4.5 litrů na 100 km
Výkon	110 kW		
Výkon	150 koní		
Výkon	3500 otáčky/min		
Maximální rychlost	213 km/h		
Zrychlení z 0 na 100 km/h	8.7 s		