



40 let elektromobility u BMW Group **Cesta od BMW 1602 k BMW i3.**

Až na konci roku 2013 sjede z výrobní linky v Lipsku první BMW i3, bude to završení 40letého vývoje v BMW. Všechno začalo v roce 1972 na olympijských hrách v Mnichově, kde se na startovní čáře objevila dvě testovací vozidla poháněná elektřinou. Přepracované modely 1602 sloužily jako dopravní prostředky pro členy organizačního výboru a byly nasazeny také jako podpora pro televizní štáb kameramanů při bězích na dlouhé vzdálenosti. Nicméně 350 kilogramů těžké olověné akumulátory s dojezdem přibližně 60 kilometrů se těžko hodily do sériového vozu. S tímto vědomím BMW spustilo sérii výzkumných a vývojových projektů s cílem přinést technologicky vylepšený a úspornější elektrický pohon do běžných vozů.

První poznatky přineslo v roce 1975 experimentální vozidlo postavené na základu BMW LS se zcela novými bateriemi a motorem. Později v osmdesátých letech byl spuštěn program pojmenovaný „Elektromobil s vysokokapacitními akumulátory“, který poskytl cenné informace s využíváním sodíko-sírových akumulátorů. BMW dále zkonstruovalo speciální zařízení na testování elektromotorů se zabudovaným měřidlem výkonu. Kromě samotných akumulátorů se testy primárně zaměřily na zdokonalování pohonné jednotky a ovládání. Pro fázi testování vzniklo na základech BMW 325iX osm testovacích mul, které se následně velice dobře osvědčily ve službách Německé pošty.

Velmi slibné výsledky testování urychlily počátek vývoje čistě elektricky poháněného automobilu BMW. Vzhledem k tomu, že předchozí experimentální vozy jezdily na základech již existujících modelů, které nešlo zcela ideálně upravit pro specifické požadavky elektromobilu, měl být další postup zcela jiný. Vývoj se u BMW zaměřil na městské vozy, protože vozy s omezeným dojezdem se do města hodí nejvíc. První účelově postavená studie elektricky poháněného vozu do města a blízkého okolí se poprvé představila na frankfurtském autosalonu 1991 a jmenovala se BMW E1. Tato studie už tenkrát vyčnívala z davu svojí nízkou hmotností a vysokou úrovní bezpečnosti, za niž vděčila lehké konstrukci a pevné karoserii.



Technické parametry také stály za pozornost. Výkon 32 kW, točivý moment 150 Nm a dojezd přibližně 160 km představovaly příslib každodenní využitelnosti.

Kromě pěti prototypů E1 se v rámci projektu objevilo dalších dvacet pět testovacích vozů na podvozku řady 3. Mezi lety 1992 a 1996 sloužilo osm těchto vozů jako pojízdné laboratoře pro testování nejrůznějších motorů, převodovek a akumulátorů za běžného provozu na ostrově Rujana v Baltském moři. Získané informace poskytly cenné poznatky pro další rozvoj elektromobility. Projekt skončil v roce 1997.

V roce 2008 se na silnici dostala flotila přibližně 600 plně elektrických vozů MINI E, určených pro každodenní soukromé využití. Nasbírané poznatky z pilotního projektu přetavilo BMW Group v okamžitý vývoj produkční verze. Konkrétně potenciál použitých lithium-iontových akumulátorů v MINI E nabyl nových rozměrů. Jen o rok později se na počátku roku 2010 prostřednictvím světové premiéry BMW Concept ActiveE celý svět dozvídá, kam až BMW dokázalo posunout své aktivity v oblasti výzkumu a vývoje elektrinou poháněných vozů. 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. Právě tento vůz stál u zrodu budoucího sériového BMW i3. Elektrický systém pohonu konceptu BMW i3 je dokonalým příkladem toho, čeho může dosáhnout systematický rozvoj. Pohonná jednotka zabere při stejném výkonu o 40 procent méně prostoru než v MINI E.

BMW 1602 Electric (1972).

Program odstartoval v roce 1969 stavbou dvou experimentálních vozidel na technických základech modelové řady BMW 02. Úkolem bylo zjistit, zda je elektromobil vhodný pro každodenní praktické využití. Do prostoru pro převodovku se vměstnal elektromotor na stejnosměrný proud s maximálním výkonem 32 kW. Za jeho vývojem stála společnost Bosch a sílu na zadní kola přenášelo převodové ústrojí a kardanový hřídel. O chlazení se postaral 140W větrák ovládaný termostatem. Agregát vážící 85 kg čerpal energii z dvanácti standardních 12voltových olověných baterií Varta, jež byly vyskládány na paletě uvnitř motorového prostoru.

Svazek baterií vážil masivních 350 kilogramů. Z motorového prostoru bylo možné všechny akumulátory vyjmout jako jeden celek a nahradit je tuctem čerstvě nabitých. BMW 1602 zrychlovalo z klidu na 50 km/h za 8 s a dosahovalo maximální rychlosti 100 km/h. Ve městě měl vůz dojezd



asi 30 kilometrů, přičemž při konstantní rychlosti 50 km/h se hodnota dojezdu zdvojnásobila. Pro testovací účely se BMW rozhodlo nasadit prototypy na Olympijských hrách v Mnichově v roce 1972. Zde našly mimo jiné uplatnění jako podpůrná vozidla pro olympijský maraton. Už tehdy elektromotor sloužil zároveň jako generátor a umožňoval nevyužitou kinetickou energii ukládat zpět do akumulátorů. Brzy se však ukázalo, že specifické nedostatky elektrického pohonu lze vyřešit pomocí lepších a výkonnějších akumulátorů. Na BMW 1602 tak bylo nahlíženo spíše jako první experiment, než jako na perspektivní řešení.

BMW 1602 Electric (1972): Technické údaje	
Motor	stejnoseměrný derivační elektromotor (Bosch)
Výkon/max. výkon	12 kW/32 kW
Akumulátory	12 olověných baterií (Varta)
Kapacita	12,6 kWh
Hmotnost	350 kg
Jízdní parametry	
Nejvyšší rychlost	100 km/h
Zrychlení 0–50 km/h	8 s
Dojezd v městském provozu	30 km

BMW LS Electric (1975).

V červnu 1975 BMW spustilo nový program, v té době držený přísně pod pokličkou. Jako základ pro další výzkumný prototyp posloužilo vysloužilé BMW LS, jehož testovací martyrium započalo v prosinci 1976.

Stejnoseměrný (DC) elektromotor použitý v BMW 1602 vystřídala nová generace stejnosměrného motoru Bosch. Nové poznatky mělo přinést i 10 olověných akumulátorů Varta se systémem Aquamatic (zajišťuje automatické centrální doplňování destilované vody).

Bylo to poprvé, kdy součástí vozidla byl dobíjecí konektor a kabely s odpojovacím mechanismem. Díky nim bylo možné tento vůz dobíjet ze standardní domácí zásuvky za 14 hodin. Přestože bubnové brzdy na voze zůstaly, v budoucnu se primárně počítalo s brzdami schopnými rekuperovat kinetickou energii. Převody se spojily v jeden kompaktní blok a pomocí šroubů byly přimontovány k motoru. Vyhřívání přední sklo a zadní okno společně s elektrickým topením od společnosti Bauknecht převzaly úkol vytvářet uvnitř vozu příjemné klima.

BMW LS Electric (1975): Technické údaje



Motor	stejnosemřný elektromotor (Bosch)
Výkon/max. výkon	8 kW/17 kW
Akumulátory	10 olověných baterií (Varta)
Kapacita	10,8 kWh
Hmotnost	318 kg
Jízdní parametry	
Maximální rychlost	65 km/h
Zrychlení 0–50 km/h	11,4 s
Dojezd v městském provozu	30 km

BMW 325iX (1987–1990).

Výzkumný projekt „Elektromobil s vysokokapacitními akumulátory“, spuštěný v roce 1981, nakonec vyústil roku 1987 v přestavbu osmi BMW 325iX s pohonem všech kol na vozy s předním pohonem. Sloužily jako experimentální vozidla pro odzkoušení zbrusu nových bezúdržbových sodíko-sírových akumulátorů (NaS), které byly vyvinuty přímo pro použití v elektromobilech společnosti Asea Brown Boveri (ABB). S hustotou energie třikrát vyšší než u běžných olověných akumulátorů představoval tento typ velký skok kupředu. Poprvé existovaly realistické vyhlídky na vylepšení známých nedostatků elektropohonu v podobě vysoké hmotnosti a značných prostorových nároků akumulátorů. Kromě toho se testovaly a dále vylepšovaly všechny elektrické komponenty pohonu. Další inovaci představovala řídicí jednotka elektrického pohonu, která kontrolovala a regulovala dobíjení ze zástrčky, tok energie mezi motorem a akumulátory, stejně jako chladicí okruh systému.

Kompletní řídicí elektronika se nacházela v kompaktním boxu umístěném vedle motoru. Tým pracující na projektu se u tohoto elektricky poháněného BMW řady 3 poprvé rozhodl provést testy v běžném provozu. BMW řady 3 Touring se tak uplatnilo jako doručovací vůz Německé pošty, ostatní prototypy prokázaly své kvality jako městské automobily provozované místními a státními orgány. Tyto zatěžkávací zkoušky byly realizovatelné kromě jiného i proto, že testovací prototypy měly na palubě nezávislé dieselové topení s oběhem horké vody.

BMW 325iX (1987–1990): Technické údaje	
Motor	stejnosemřný derivační elektromotor (ABB)
Výkon/max. výkon	17 kW/22 kW
Akumulátory	vysokokapacitní sodíko-sírové



Kapacita	22 kWh
Hmotnost	265 kg
Jízdní parametry	
Maximální rychlost	100 km/h
Zrychlení 0–50 km/h	9 s
Dojezd v městském provozu	150 km

BMW E1 a E2 (1991–1993).

Povzbuzeno pozitivními výsledky ve vývoji sodíko-sírových akumulátorů, zadalo vedení BMW divizi BMW Technik GmbH úkol vyvinout zcela od základů elektromobil, jehož úkolem bylo zjistit výhody a nevýhody elektrického pohonu v praktickém provozu. Při výzkumu se hledělo především na dostatečný výkon pro každodenní provoz, dostatečný rádius a hodně prostoru pro čtyři cestující a jejich zavazadla. To vše při zachování vysokých standardů bezpečnosti a minimální hmotnosti. Po pouhých deseti měsících práce se výsledek předvedl na frankfurtském autosalonu v roce 1991. Prototyp nesl označení BMW E1. Tento městský vůz kompaktních rozměrů měřil na délku 3460 mm, na šířku 1648 a na výšku 1500 mm. Rozvor 2325 mm umožňoval víceúčelově navržený interiér. Ještě dnes, po dvaceti letech, mnohá z technických řešení tohoto vozu nepřestávají udivovat.

Tak například karoserie byla systematicky odlehčována a disponovala rámem z lisovaných hliníkových profilů, zatímco venkovní panely byly zhotoveny převážně z recyklovatelného plastu. Z hliníku se vyrobila kapota a víko zavazadlového prostoru. Vysokovýkonné akumulátory vážící 200 kilogramů technici umístili do bezpečnostního rámu pod zadní sedadla, elektromotor vlastní konstrukce byl společně s převodovkou umístěn přímo v zadní nápravě. Nový koncept v oblasti elektroniky zase znamenal dva hlavní moduly, které zajišťovaly inteligentní dozor nad všemi elektronickými systémy. Jejich teplo se navíc využilo k vytápění interiéru. Akumulátory se ze standardní zástrčky dobily za šest hodin a pouhé dvě hodiny to trvalo, když jste je připojili ke speciální nabíjecí stanici. S dojezdem až 160 km dokázalo BMW E1 pokrýt spádové oblasti těch největších světových metropolí.

Druhá, vyspělejší verze BMW E1 se představila ve Frankfurtu roku 1993. Byla vybavena novým typem akumulátorů NaNiCl_2 (sodík-nikl-chlorid). Akumulátory známé pod jménem Zebra představovaly obrovský pokrok, jelikož nezlepšovaly pouze životnost, ale také dojezd a výkon. Pohonný systém v BMW E1 byl navíc navržen tak efektivně, že energie vyrobená



v průběhu zpomalování vozidla se automaticky vracela zpět do akumulátorů. O rok předtím však značka BMW sejmula plachtu z konceptu E2 na autosalonu v Los Angeles. Byl odvozen od první generace E1, avšak proporce této studie i výkon byly upraveny speciálně pro americký trh.

BMW E1, 1./2. generace (1991–1993): Technické údaje	
Motor	elektromotor s permanentními magnety, střídavý proud
Výkon/max. výkon	32 kW
Akumulátory	vysokokapacitní sodík-síra/ /sodík-nikl-chlorid
Kapacita	19,2/19 kWh
Hmotnost	200 kg
Jízdní parametry	
Maximální rychlost	120/125 km/h
Zrychlení 0–50 km/h	6/5,6 s
Dojezd v městském provozu	150 km

BMW 325/BMW electric (1992–1997).

Na počátku devadesátých let poskytla třetí generace BMW řady 3 základ pro dvacet pět experimentálních vozů, které sloužily k testování a zdokonalování nových komponentů elektrického pohonu, jež postupně směřovaly do sériové podoby. V první generaci těchto prototypů se objevilo osm vozů, jež se na německém ostrově Rujana zúčastnily doposud největšího testování v praktickém provozu. Na tomto projektu se záštitou německého ministerstva výzkumu a technologií spolupracovala řada dalších společností. Další šestice doplnila vozový park bavorské vlády. Problémy se sodíkovo-sírovými akumulátory v roce 1993 přesunuly pozornost k akumulátorům sodík-nikl-chlorid, známým z BMW E1. Jeden vůz BMW 325 z rujanské ostrovní flotily dokonce jezdil s nikl-kadmiovými akumulátory (NiCd). V průběhu vývoje byly použity elektromotory s výkonem až 45 kW. Společně s převodovkou vážily 65 kilogramů. Významného pokroku bylo rovněž dosaženo při dobíjení akumulátorů – s použitím rychlodobíjení bylo možné akumulátory nabít na 75 procent kapacity během pouhých 40 minut. Inženýrům se také povedlo během jízdy rekuperovat až 20 procent energie.

Testování nejrozumnějších motorů, převodovek a akumulátorů mezi roky 1992 a 1996 přineslo množství podrobných údajů, které poskytly cenné záchytné body pro další rozvoj. Největší pokrok, a to jak z hlediska výkonu, tak i dojezdu, představovala desítka experimentálních vozů druhé



generace z let 1995 až 1997. Zářivě žluté modely BMW „electric“ používala v rámci BMW zejména technická oddělení automobilky.

BMW 325/BMW electric (1992–1997): Technické údaje	
Motor	elektromotor s permanentními magnety, střídavý proud
Výkon/max. výkon	32 kW/45 kW
Akumulátory	vysokokapacitní sodík-síra/ /sodík-nikl-chlorid
Kapacita	21,7/29 kWh
Hmotnost	260/350 kg
Jízdní parametry	
Maximální rychlost	128/135 km/h
Zrychlení 0–50 km/h	8/6 s
Dojezd v městském provozu	120/150 km

MINI E (od roku 2008).

Když společnost BMW Group v roce 2008 poprvé představila MINI E, přišla s flotilou více než 600 čistě elektrických vozů určených pro každodenní použití. Odstartoval tak pilotní projekt s velkým významem, 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 zcela nové úrovně, když výkon, kapacita i samotné rozměry dosáhly působivých 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 elektřinou poháněné automobily a jejich přijetí v následujících letech.

Poznatky získané každodenním využíváním byly vyhodnoceny a nasměrovány přímo do procesu vývoje produkčních vozů. V té době již BMW prezentovalo své plány s vývojem sériové verze vozu MCV určeného pro velké světové metropolitní oblasti.

MINI E (od roku 2008): Technické údaje	
Motor	asynchronní elektromotor
Výkon/max. výkon	150 kW
Akumulátory	lithium-iontové
Kapacita	35 kWh
Hmotnost	260 kg



Jízdní parametry	
Maximální rychlost	152 km/h
Zrychlení 0–50 km/h	8,5 s
Dojezd v městském provozu	250 km

BMW ActiveE (od roku 2010).

Na počátku roku 2010, přibližně rok po debutu MINI E, učinilo BMW Group další velký krok vstříc sériovému elektromobilu. Představilo studii BMW Concept ActiveE. Tento vůz, postavený na základě BMW řady 1 Coupé, disponoval předsériovou podobou elektromotoru a akumulátorů určených pro vyvíjené vozidlo MCV. Od roku 2011 bylo do dnešního dne vysláno do služby na tisíc kusů BMW ActiveE. S výkonem 125 kW a maximálním točivým momentem 250 Nm dokáže BMW ActiveE sprintovat z klidu na 100 km/h za pouhých devět sekund, zatímco nově navržené lithium-iontové akumulátory umožňují dojezd přibližně 160 kilometrů. Mezitím BMW Group oznámilo, že své MCV bude prodávat prostřednictvím nově vzniklé značky BMW i od roku 2013. Elektromotor, převodovka i napájecí elektronika byly kompletně vyvinuté přímo společností BMW Group.

BMW ActiveE (2010): Technické údaje	
Motor	hybridní synchronní elektromotor s permanentními magnety
Výkon/max. výkon	125 kW
Akumulátory	lithium-iontové
Kapacita	32 kWh
Hmotnost	450 kg
Jízdní parametry	
Maximální rychlost	145 km/h
Zrychlení 0–50 km/h	9 s
Dojezd v městském provozu	160 km

Srovnání s MINI E jasně ilustruje technický pokrok společnosti BMW Group v průběhu několika let: elektrický pohonný systém v připravovaném BMW i3 zabírá o přibližně 40 procent méně místa než v experimentálním prototypu z roku 2008 se stejným výkonem.

Více informací o značce BMW spolu s fotografiemi je k dispozici v českém jazyce na: www.press.bmwgroup.com/pressclub/p/cz/startpage.htm nebo mezinárodních stránkách <https://www.press.bmwgroup.com>

Veronika Jakubcová
Corporate Communication Manager
BMW Group Česká republika

