



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

## ELEKTROMOBILITA A ENERGETIKA

ELECTROMOBILITY AND POWER ENGINEERING

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Pospíšil

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2023



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **David Pospíšil**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**  
Akademický rok: 2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Elektromobilita a energetika

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Dlouhodobým cílem EU je podpora zvyšování podílů elektromobilů v dopravě. Zvýšení počtu elektromobilů ale přinese zvýšené nároky na rozvodnou síť a spotřebu elektrické energie. Je otázkou, kolik elektromobilů je schopná česká rozvodná síť zásobovat a na kolik vystačí kapacita zdrojů. Práce bude zaměřena na analýzu kapacitních možností zdrojů a rozvodné sítě a různých nabíjecích stanic.

### Cíle bakalářské práce:

- zpracovat rešerši možnosti nabíjení elektromobilů,
- zpracovat rešerši a studii dopadů rozšíření elektromobility na rozvodnou síť v ČR,
- zpracovat studii dopadů do elektroenergetiky v ČR.

### Seznam doporučené literatury:

Elektromobilita v silniční dopravě a 21. století: mezinárodní vědecká konference Ústavu ekonomiky a managementu dopravy a telekomunikací Fakulty dopravní ČVUT v Praze : 10. ročník : Poslanecká sněmovna parlamentu ČR, Praha, 7. dubna 2010 : sborník prezentací. Praha: Fakulta dopravní ČVUT, 2010.

LEAL FILHO, Walter a Richard KOTTER, ed. E-mobility in Europe: trends and good practice. Cham: Springer, [2015]. Green energy and technology. ISBN 978-3-319-13193-1.

HONIŠ, René. Přenosová soustava České republiky. [Ostrava: Moravskoslezský energetický klastr, 2013]. ISBN 978-80-905392-3-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá elektromobilitou v České republice a analyzuje její dopady na rozvodnou síť, elektroenergetiku a možnosti nabíjení elektromobilů. V úvodní části byly popsány různé způsoby nabíjení elektrických vozidel a předpokládaná budoucí potřeba nabíjecích stanic. Následně byly zkoumány dopady elektromobility na rozvodnou síť a elektroenergetiku, které ukázaly zvýšenou zátěž vlivem elektromobility a nutnost úprav infrastruktury. V závěru každé kapitoly byly shrnuty výsledky a navržena možná řešení problémů vznikající v souvislosti s rozvojem elektromobility.

### **Klíčová slova**

Elektromobilita, elektromobil, rozvodná síť, nabíjecí stanice, energetika

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis focuses on electromobility in the Czech Republic and analyses its impacts on the power grid, electro-energetics and the charging possibilities of electric vehicles. The introductory section describes different ways of charging electric vehicles and forecasts future demand for charging stations. Subsequently, the impacts of electromobility on the power grid and electro-energetics were examined, which showed an increased load due to electromobility and need for modification of the infrastructure. At the end of each chapter, the results were summarized and possible solutions were proposed of the problems arising from the development of electromobility.

### **Key words**

Electromobility, electric car, power grid, charging stations, energy

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

POSPÍŠIL, David. *Elektromobilita a energetika* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/145811>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Martin Lisý.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Elektromobilita a energetika** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....  
Datum

.....  
*David Pospíšil*



## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Martinovi Lisému, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce.

## OBSAH

Úvod.....	11
1 Historie elektromobilů .....	12
2 Dobíjecí stanice.....	13
2.1 Aktuální počet dobíjecích stanic .....	14
2.2 Predikce budoucí výstavby dobíjecích stanic.....	15
2.3 Možnosti nabíjení elektromobilů.....	17
2.4 Druhy dobíjecích stanic a konektorů.....	18
2.4.1 AC nabíjení.....	18
2.4.2 DC nabíjení.....	19
2.4.3 Konektory pro dobíjení střídavým proudem.....	19
2.4.4 Konektory pro dobíjení stejnosměrným proudem .....	20
2.5 Shrnutí .....	21
3 Rozvodná síť.....	23
3.1 Vliv elektromobility na rozvodnou síť ČR.....	24
3.2 Výkonové dopady.....	25
3.3 Schopnost připojení velkých nabíjecích center .....	27
3.4 Shrnutí .....	28
4 Energetika .....	30
4.1 Spotřeba elektromobilů .....	30
4.2 Aktuální stav energetiky v ČR .....	31
4.3 Predikce vývoje energetického sektoru.....	32
4.4 Obnovitelné zdroje a akumulace energie .....	33
4.5 Baterie .....	34
4.6 Shrnutí .....	35
5 Závěr .....	37
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	39
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	42

## **Úvod**

Elektromobilita je velice diskutované téma poslední doby, ať už výrobci automobilů, širokou veřejností nebo vládami jednotlivých zemí. EU se zásadně angažuje v podpoře elektrických vozidel, která nabízí mnoho výhod od jednodušší konstrukce, tiššího chodu, snížení smogu ve velkých městech až po elektrický pohon, který může využívat energii z obnovitelných zdrojů. Avšak nástup elektromobility doprovází určitá úskalí, jedná se o nedostatek nabíjecích stanic, nepřipravenost elektrické sítě nebo nedostatečná výroba elektřiny a mnoho dalších problémů, které se musí vyřešit. Vzhledem k této skutečnosti se značně různí názory na nástup elektromobility.

Bakalářská práce obsahuje možnosti nabíjení elektromobilů, jejich dopad na rozvodnou síť ČR a v energetice.

Úvodní kapitola se věnuje krátké historii elektromobilů od počátků až do současnosti, jak ve světě, tak i v České republice. Zároveň nastiňuje aktuální stav nabíjecích stanic v ČR a predikce budoucí výstavby. Popisuje různé druhy způsobu nabíjení, které lze využít na veřejných místech nebo doma, a poskytuje přehled nejrůznějších konektorů, které se nejčastěji používají.

Druhá kapitola se zabývá rozvodnou sítí elektrické energie v ČR, jejím vývojem v posledních letech a připraveností soustavy na stále se zvyšující počet elektromobilů. Dále se zaměřuje na predikci rozšiřování elektrického vedení v důsledku elektromobility.

Poslední kapitola popisuje stále se zvyšující spotřebu elektrické energie v posledních letech, současný stav a predikce elektrického mixu do budoucna v závislosti na rozvoji elektromobility.

## 1 Historie elektromobilů

Historicky první elektromobil byl sestaven holandským profesorem Sibrandusem Stratinghem a jeho asistentem Christopherem Beckerem roku 1835, zatímco první automobil se spalovacím motorem byl zkonstruován přibližně o 50 let později. V rozvoji elektromobilů pomohl zejména francouzský fyzik Gaston Planté svým vynálezem olovněné baterie v roce 1859. Tohoto vynálezu si všiml i český elektrotechnik František Křížík, který dokončil svůj první elektromobil roku 1895. Celkem sestrojil tři modely z toho dva čistě elektrické a jeden elektrický s kombinací spalovacího motoru zajišťující zvětšený dojezd, jinak řečeno hybrid. Na přelomu 19. a 20. století nastal obrovský rozmach elektrických aut. Elektromobily překonaly spoustu tehdejších rekordů například v maximální uvažované vzdálenosti, překročení rychlosti 100 kilometrů v hodině roku 1899 a hned tři roky na to dosažení rychlosti téměř 170 kilometrů v hodině. V roce 1911 bylo registrováno dvojnásobně větší množství elektromobilů než automobilů se spalovacím motorem. Této skutečnosti chtěl využít americký podnikatel William C. Whitney s cílem vybavit každé velké město v USA elektrickými taxíky. Krátký dojezd chtěl vyřešit výměnou vybité baterie za novou plně nabitou, avšak podcenil zásobu baterií ve skladu a poruchovost taxíků, což mělo za následek budování špatné pověsti elektromobilů. Vynalezením startéru v roce 1912 skončilo složité startování spalovacích aut, které si začaly získávat silnější pozici na trhu. Zejména zásluhou Henryho Forda a jeho Modelu T, který měl masovou a rychlou výrobu. Následkem této výroby se razantně snižovala cena a elektromobily začaly být několikanásobně dražší. S poklesem elektromobilů byla také spojena malá maximální rychlost, která se pohybovala mezi 23 až 32 km/h a jejich krátký dojezd okolo 50 až 65 km. Na druhou stranu u automobilů se spalovacími motory se zvyšoval výkon a ceny klesaly. [1], [2], [3]

Během druhé světové války se všechny finance investovaly do zbrojního průmyslu a vývoj elektromobilů stagnoval. Další vzestup zájmu o elektromobilitu nastal v 70. letech 20. století důsledkem ropné krize. Většina velkých automobilek se pokusila navrhnout a vyrábět elektrická vozidla. Jinak to nebylo ani u tehdejšího Československa, ve kterém vznikl za spolupráce VUT (Vysoké učení technické) a Výzkumného ústavu elektrických strojů točivých (VÚES) v Brně první elektromobil Ema 1. Poté nastal znovu útlum po elektromobilitě a až v roce 2008 se elektromobilita dostávala z ústraní a její prodeje se začaly postupně zvyšovat. To bylo zásluhou americké automobilky Tesla, která uvedla na trh sportovní vůz s názvem Tesla Roadster. [2]



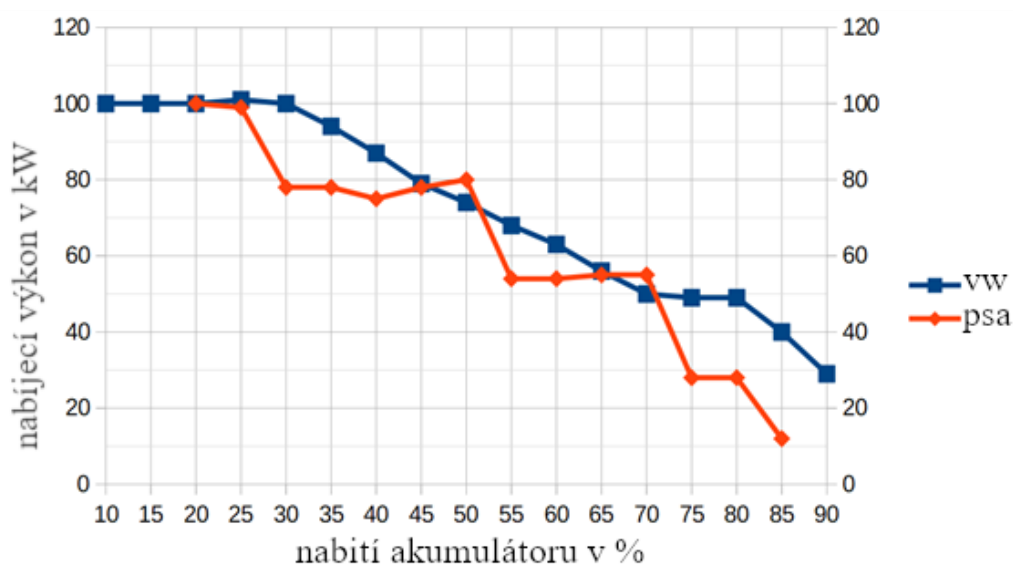
Obrázek 1 Vysokorychlostní elektromobil La Jamais Contente [1]

## 2 Dobíjecí stanice

Každý uživatel má přirozenou snahu doplnit energii ve svém automobilu, co možná nejrychleji, nejlevněji a nejbližší, ale čas dobíjení elektromobilů se nemůže rovnat s rychlostí tankování benzínu nebo nafty. Dobíjení může trvat v řádu minut nebo i hodin v závislosti na výkonu dobíjecí stanice a typu elektromobilu. Na druhou stranu se EV (elektrické vozidlo) může nabíjet u nákupního centra po čas nákupu, doma během noci, v práci apod. Proto je nepostradatelnou podmínkou rozvoje elektromobility výstavba nových dobíjecích stanic.

Výkon stanice při daném napětí baterie se zvyšuje se vzrůstající velikostí proudu, avšak ztráty při nabíjení rostou s druhou mocninou proudu. Takže při velkém proudu jsou ztráty mnohonásobně větší. Ztráty lze snížit pomocí vyššího napětí v baterii, ale je potřeba lepší izolace vodičů, což má za následek nárůst ceny a hmotnosti. Avšak ztráty při nabíjení nejsou tak markantní, protože maximální výkon nabíjecí stanice se neustále snižuje v důsledku zvýšení teploty baterie, které je způsobeno zvyšujícím se odporem. Z obrázku 2 je zřejmé, že maximální výkon nabíjení je dosahován až do zhruba 30 % kapacity baterie, poté začíná klesat. Tento nabíjecí výkon je však zřídka kdy využíván kvůli rychlejší degradaci baterie a nedostatečné rezervě dojezdu. Nejčastěji uživatelé elektromobilů dobíjejí baterii od 30 % do 80 %, protože od 80 % nabití akumulátoru nastává další razantní pokles výkonu, a proto většina výrobců doporučuje nabíjet elektromobil do 80 % kapacity. [4]

Při nízké energii v baterii je proces nabíjení rychlejší, nicméně s rostoucím stupněm nabití se snižuje rychlost dobíjení. Snížení rychlosti je způsobeno chemickým složením a vnitřním odporem. Klíčovou vlastností je chlazení baterií, jelikož výkon je závislý na její teplotě, která by se měla optimálně pohybovat v rozmezí, cca 15 až 40 °C. Problém s chlazením baterie nastává u levnějších elektromobilů, kde není zajištěno dostatečné chlazení (pouze vzduchem), což lze najít například u Nissanu Leaf. U novějších elektromobilů dochází k poměrně značnému zlepšení chlazení, avšak stále může docházet k přehřívání, zejména při nabíjení u vysokovýkonných stanic. To má za následek omezení výkonu nabíjení, aby se baterie nepřehřála. Rychlost dobíjení baterie ovlivňuje také její stáří a technický stav. Obecně platí, že čím víc je baterie stará a elektromobil má více najetých kilometrů, tím bude rychlost dobíjení stále pomalejší a kapacita menší. Palubní systémy usilují o zachování baterie v nejlepším stavu, takže pokud systém zjistí velký vnitřní odpor bude nucen snížit rychlost dobíjení. [4], [5]

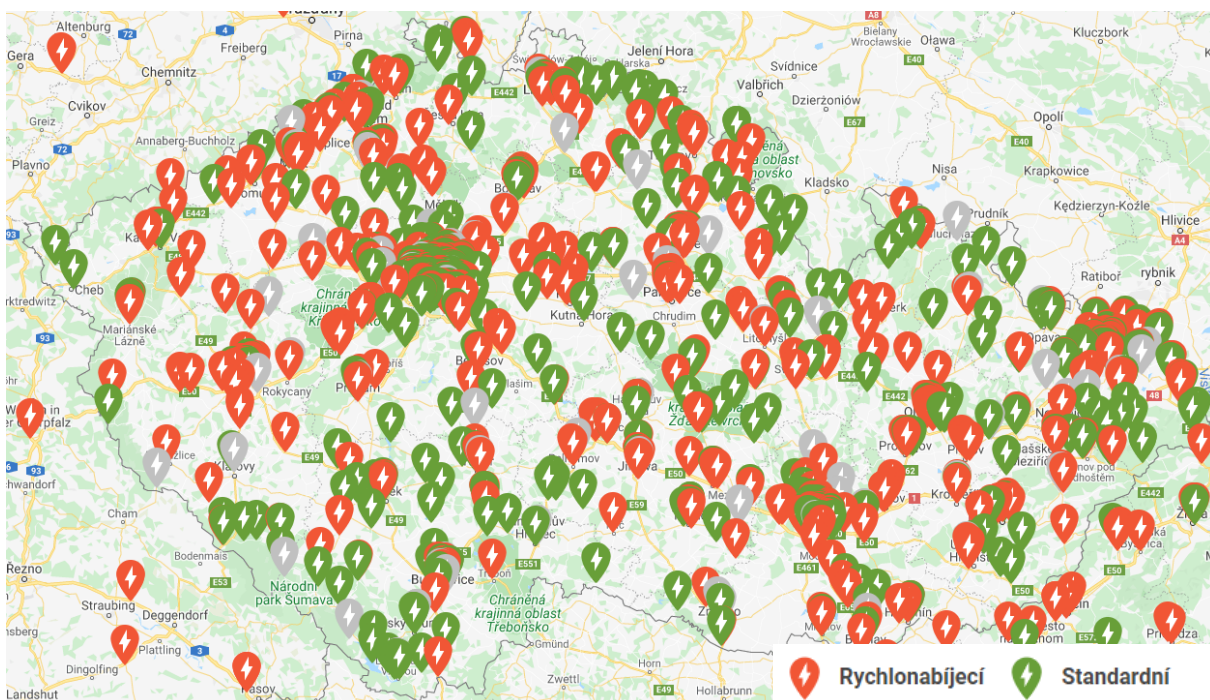


Obrázek 2 Nabíjecí křivka [4]



## 2.1 Aktuální počet dobíjecích stanic

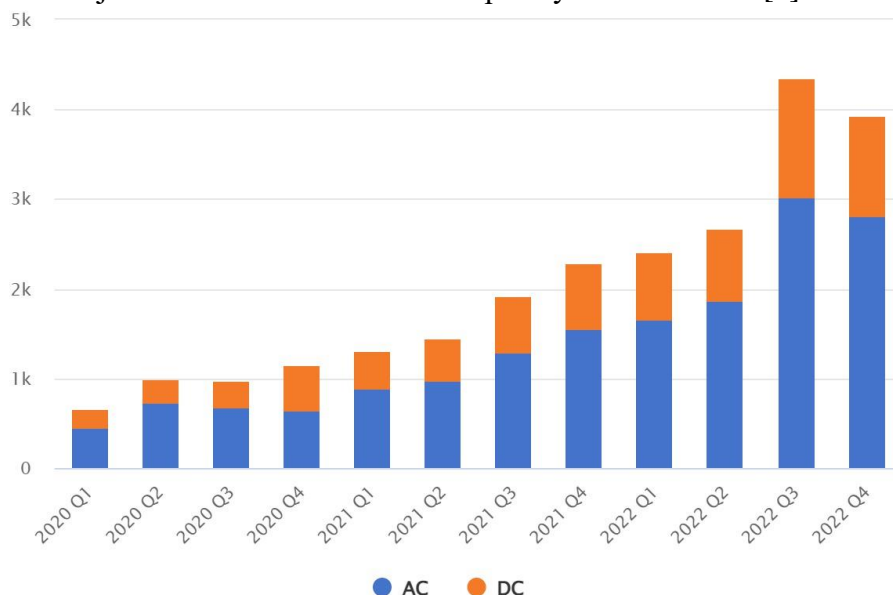
Počet nabíjecích stanic k 31. prosinci 2022 je podle evidence ministerstva průmyslu a obchodu veřejně dostupných 1364 a disponují 2643 dobíjecími body pro elektromobily nebo plug in hybridy. Nejvíce stanic vlastní tři největší elektroenergetické skupiny, jmenovitě skupiny ČEZ, PRE a E.ON. Poskytovatelé nabízejí buď tzv. rychlodobíjecí vysokovýkonné stanice na stejnosměrný proud nebo jejich různé kombinace na střídavý proud, které využívají různý počet zásuvek typu 2 jako jsou Mennekes, Schuko respektive CHAdeMO a CCS. Zásuvky a konektory jsou detailněji popsány v kapitole níže. Největší koncentrace dobíjecích stanic se nachází ve třech největších městech v Praze, Brně a Ostravě. V současné době se v každém větším městě vyskytuje aspoň jedno veřejné nabíjecí místo. Zároveň s rozvojem infrastruktury počet stanic rapidně vzrůstá a pokrývají se čím dál menší města. Nejčastěji se staví v blízkosti obchodních center, dálnic a rychlostních komunikací dále na parkovištích u úřadů, veřejných společností apod., kde se ve velké míře využívá budování stanic bez potřeby větších stavebních zásahů a povolenacích procesů. V současnosti je počet nabíjecích stanic dostačující, možná i předimenzovaný, protože většina současných majitelů elektromobilů disponuje domácím nabíjením, což způsobuje, že veřejné stanice jsou využívány jen zřídka a jsou často volné. Samozřejmě, že míra obsazenosti závisí na lokalitě a denní době. Tento stav používání nabíjecích stanic však platí do určité doby a počtu elektromobilů. [6], [7]



Obrázek 3 Mapa dobíjecích stanic v ČR k roku 2021 [8]

Podle informací EAFO (European alternative fuels observatory) je na území ČR vybudováno celkem 3195 dobíjecích bodů z čehož 2815 je na střídavý proud a 1100 na stejnosměrný proud. K informacím EAFO je však nutno podotknout, že nevychází zcela ze státem garantovaných oficiálních zdrojů, ale i ze zájmových sdružení a asociací, které v sobě obsahují neveřejné dobíjecí body neboli domácí dobíjecí infrastrukturu. Z obrázku 4 je zřejmé, že se za poslední roky prudce zvedá počet nově vybudovaných stanic. Počet nabíjecích stanic je počítán podle AFIR (Alternative fuels infrastructure regulation), který od roku 2019 používá jinou metriku výpočtu, a proto se v grafu uvažuje až od roku 2020. Jak už bylo řečeno výše, výpočet uvažuje i neveřejné dobíjecí stanice a menší změny u AFIR, tyto faktory vedly

v posledním kvartálu roku 2022 ke snížení počtu stanic. Nejedná se tudíž o příliš přesný model, ale nastiňuje lehký přehled o neveřejných stanicích a typu nabíjení (AC, DC). Přesný počet veřejných stanic je zaznamenán ministerstvem průmyslu a obchodu. [9]

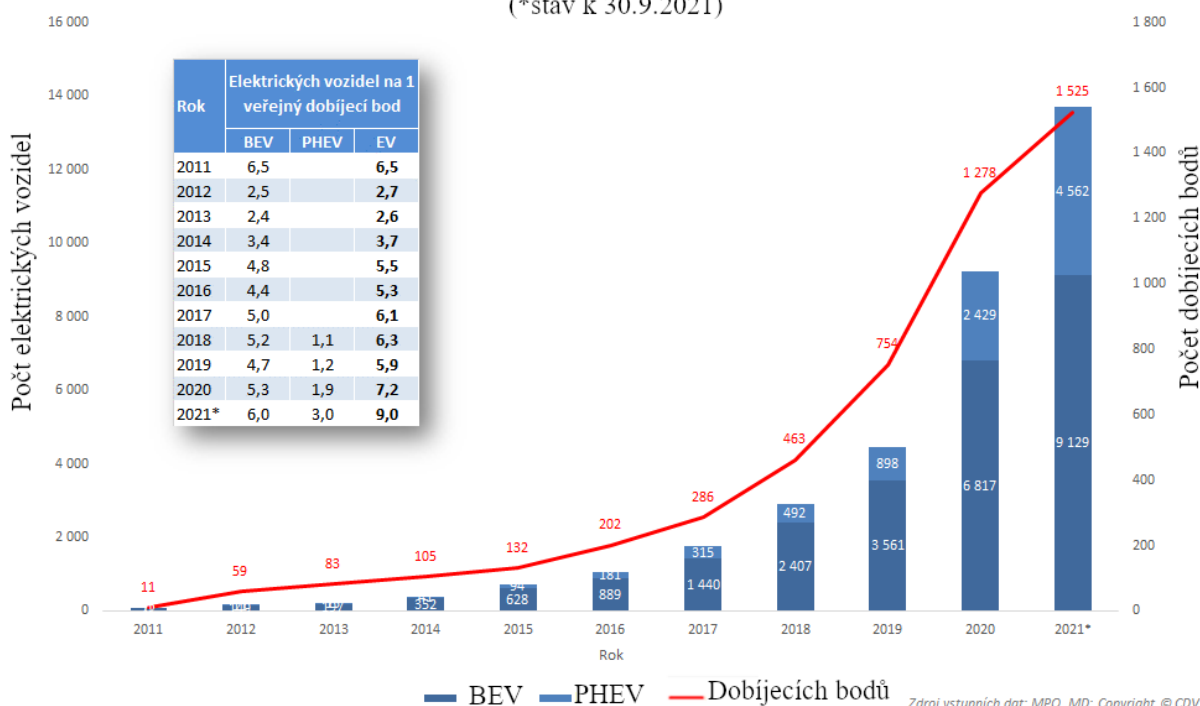


Obrázek 4 Přehled počtu dobíjecích stanic v ČR podle EAFO [9]

## 2.2 Predikce budoucí výstavby dobíjecích stanic

Posledních pár let zažívá elektromobilita období dynamického rozvoje ve všech aspektech, počínaje výstavbou a rozvojem nabíjecích stanic, zvětšující se nabídkou i poptávkou, zlepšení vlastností elektromobilů a končící legislativou. Tento dramatický růst byl způsoben několika důvody. Zejména dříve se mluvilo o ekologičnosti elektromobilů, proto

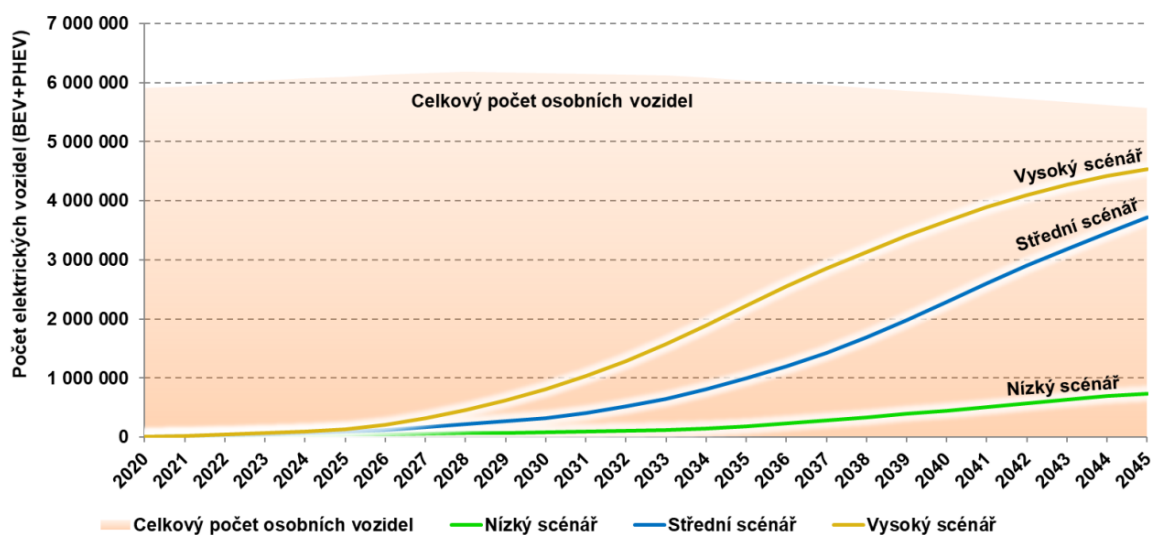
Kumulativní vývoj počtu registrací elektrických vozidel a dobíjecích bodů v ČR  
(\*stav k 30.9.2021)



Obrázek 5 Vývoj počtu elektrických vozidel a dobíjecích bodů v ČR [10]

získávali velice rychle na popularitě. Důležité je však podotknout, že elektromobily rozhodně nejsou zcela bez emisí, jak se hlavně dříve tvrdilo. Jeden z největších problémů je výroba baterií, při které vzniká kvůli energetické náročnosti obrovské množství oxidu uhličitého. Následně je velice důležitý faktor způsob výroby elektřiny, zda se energie získává z ekologických zdrojů. Elektromobily pomáhají obzvláště snižovat smog a hluk ve velkých městech i když v některých státech EU musí být vybaveny reproduktorem vydávající zvuk, aby si chodci byli vědomi jejich přítomnosti. K datu 30.6.2021 bylo v centrálním registru evidováno 8533 čistě elektrických vozidel a na každý dobíjecí bod připadalo 8,8 elektrických vozidel včetně hybridů. Zatímco k 30.6.2022 se už počet osobních elektrických vozů vyšplhal na 12325, což je nárůst zhruba o 45 %. Množství prodaných elektromobilů bude mít velký vliv na možnosti dobíjení v důsledku počtu dobíjecích míst na jedno EV. Dle obrázku 5 je patrné, že počet elektromobilů a nabíjecích stanic v posledních letech dynamicky roste. [10], [11]

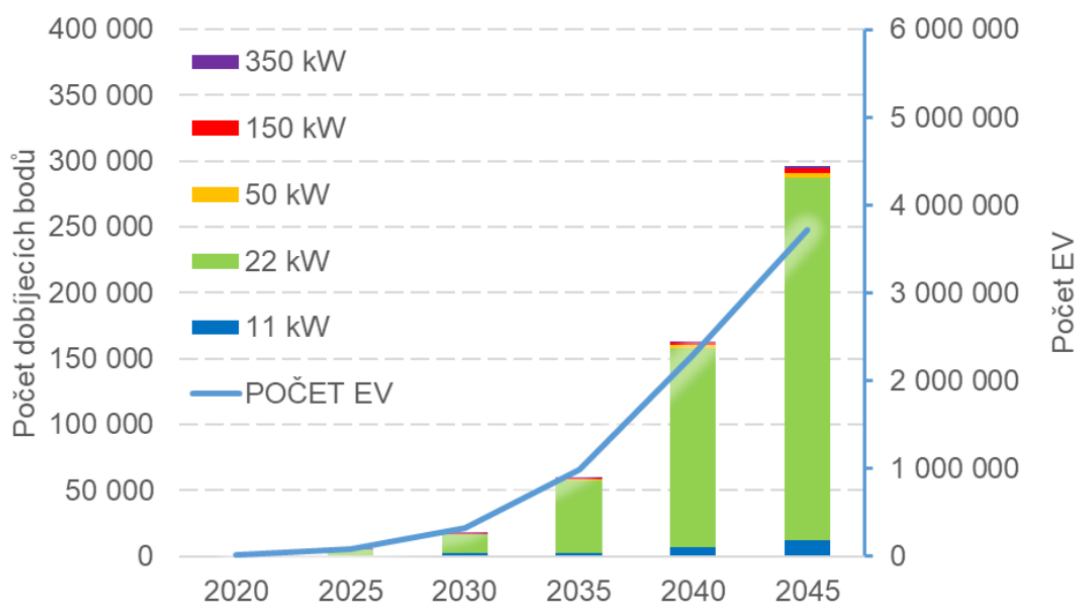
Z dostupných dat lze předpokládat, že trend růstu elektromobilů bude i nadále pokračovat. Růst elektromobility bude záviset především na cenové dostupnosti vozidel, kvalitativních parametrech (dojezd, komfort), stavbě infrastruktury, celkových nákladech vlastnictví vozidla, vnějších omezujících faktorech (poplatková a daňová politika, emisní politika), vývoj konkurenčních způsobů mobility (fosilní paliva, vodík). Většina výrobců automobilů plánuje uvedení nových elektromobilů a investují do elektromobility obrovské množství peněz. Postupný přechod trhu s elektromobily z počátečního nasazení na celoplošnou segmentovou akceptaci lze očekávat během příštích cca 10 až 20 let, což odpovídá predikci z obrázku 6. Střední scénář, který se jeví jako nejpravděpodobnější, předpokládá, že kolem roku 2035 bude po českých silnicích jezdit 1 milion elektrických vozidel a tento počet bude i nadále rapidně růst. S takovým rychlým nárůstem počtu elektromobilů je nutno postavit dostatečnou infrastrukturu nabíjecích stanic, která dostatečně pokryje požadovanou potřebu. Proto je nezbytný její dostatečný kontinuální růst, přizpůsobení legislativy a energetické infrastruktury pro budoucí co možná nejrychlejší výstavbu. Pokud toho nebude dosaženo, lze očekávat snížení počtu nově prodaných elektromobilů, zvýšený počet nehod v důsledku nebezpečného nabíjení a nespokojenost některých stávajících uživatelů. [6], [12]



Obrázek 6 Predikce počtu osobních automobilů ve třech scénářích v ČR [12]



Výstavba dobíjecích stanic je především podpořena vládními dotacemi, které činí přibližně 4 miliardy Kč. Kromě využití dotací se očekává výstavba veřejných i neveřejných stanic na podnikatelské bázi. Mnoho společnosti se podílí na výstavbě ať už z důvodů dotací, rozšíření svých služeb nebo pozitivním PR. Aktualizovaný národní plán čisté mobility odhaduje v nízkém scénáři, že bude v Česku v roce 2030 jezdit okolo 84 tisíc elektromobilů a při vysokém scénáři dokonce až 810 tisíc. Velký rozptyl je zapříčiněn značným množstvím faktorů. Střední scénář očekává přes 300 tisíc elektrických vozů a tomu by měla odpovídat infrastruktura čítající okolo 20 tisíc dobíjecích bodů. Z obrázku 7 je zjevné, že infrastruktura dobíjecích stanic v segmentu osobních automobilů při středním scénáři bude zlomová už v roce 2030. Z výstupů modelu také vyplývá, že poměr mezi elektromobily a počtem veřejných dobíjecích stanic bude konvergovat k hodnotě 13 elektromobil/dobíjecí stanice. Což je poměrně značný nárůst oproti současné hodnotě zhruba 9 EV/dobíjecí stanice. Pokud bude dosaženo relativně optimálního pokrytí, měla by tato hodnota být dostačující, protože poměrně značná část uživatelů bude stále využívat domácího nebo firemního nabíjení. [6], [12], [13], [14]

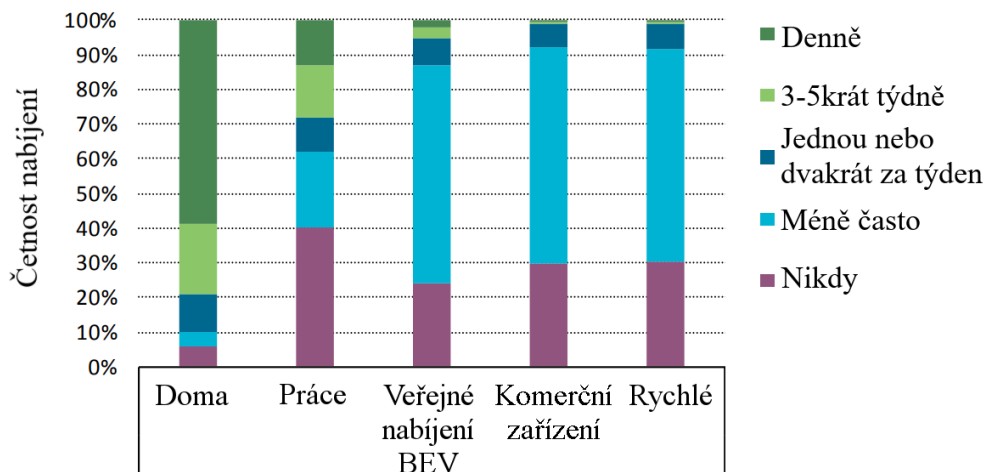


Obrázek 7 Střední scénář potřebných dobíjecích stanic v segmentu osobních automobilů v ČR [12]

### 2.3 Možnosti nabíjení elektromobilů

Výzkum provedený v Norsku, které má největší míru rozvoje elektromobility v Evropě, udává, že naprostá většina uživatelů elektrických vozidel preferuje domácí dobíjení. Z toho lze usuzovat, že podobný způsob dobíjení je a bude preferován i v ČR. Domácí nabíjení je oblíbené, protože se jedná o nejlehčí, nejpohodlnější a nejekonomičtější způsob dobíjení. Jelikož jsou v současnosti elektromobily stále dražší než automobily se spalovacím motorem, proto si elektromobil zpravidla kupují lidé s vlastní nemovitostí a s možností tohoto nabíjení. Další v pořadí je dobíjení elektromobilu v zaměstnání, které pravděpodobně využívají zejména lidé, kteří nemají přístup k domácímu nabíjení nebo je pro ně výhodnější. Oba způsoby nabíjení spadají do kategorie neveřejného dobíjení. Jelikož dobíjení doma nebo v práci probíhá při nižších výkonech, tak zatížení sítě nebude markantně ovlivněno a projeví se až při větším počtu EV. Poslední kategorií je takzvané veřejné dobíjení například u obchodních center. Z průzkumu vyplývá fakt, že lidé vlastníci elektromobilu mají v drtivé většině přístup k domácímu nebo pracovnímu nabíjení. Jedná se tedy o významný faktor při koupi elektromobilu a v současnosti

si EV pořídí zejména ti uživatelé, kteří disponují přístupem k těmto druhům nabíjení. Tento předpoklad platí jen do určité doby. Zpravidla se uvažuje, že od roku 2030 se budou registrované elektromobily rozdělovat rovnoměrně mezi majitele s možností a bez možnosti dobíjení doma nebo v práci, protože automobily se spalovacím motorem začnou být zřejmě ekonomicky nevýhodné v důsledku uplatnění environmentálních nástrojů, politiky uhlíkové daně atd. [15]



Obrázek 8 Využívané způsoby dobíjení elektromobilů v Norsku [15]

V současnosti se na území ČR nachází pár velkých nabíjecích center, které jsou umístěny buď poblíž významných silničních tahů, nebo v blízkosti důležitých komplexů a obchodních center. V následujících letech lze očekávat výstavbu větších a více takových center, které budou stále potřebnější v důsledku rozvoje elektromobility a nemožnosti domácího nebo pracovního nabíjení některých uživatelů. Na nabíjecí stanici lze obvykle najít více druhů konektorů pro nabíjení, ale naštěstí dochází k postupnému sjednocování.

## 2.4 Druhy dobíjecích stanic a konektorů

Dobíjecí stanice se zpravidla dělí na stanice se střídavým napětím (AC) nebo se stejnosměrným napětím (DC). Také je lze dělit podle výkonu na pomalé, středně rychlé a rychlé stanice. Pomalé se většinou využívají na dobíjení přes noc. Středně rychlé nabijí elektromobil zhruba za 3 hodiny v závislosti na velikosti baterie a obvykle se vyskytují u obchodních domů. Nakonec rychlému nabíjení trvá přibližně 30 minut doplnění baterie do kapacity 80 %.

Jedna z výhod elektromobilů je úložný prostor v přední části, avšak tento prostor se obvykle využívá pro skladování přechodek nebo kabelů, protože v praxi se lze setkat s celou řadou používaných konektorů, zejména jsou rozdílné dle dané země.

### 2.4.1 AC nabíjení

Dobíjení střídavým proudem je uzpůsoben každý elektromobil a zpravidla se nazývá pomalé nabíjení. Palubní systém musí střídavý proud převést na stejnosměrný, který se následně ukládá do baterie. Z tohoto důvodu je tento proces nabíjení pomalejší. Vozidla jsou vybavena nabíječkou, která pracuje při podmínkách 1×230 V z běžné sítě. Případně dvojfázovým nebo trojfázovým proudem 3×400 V. V současnosti je stále hojně využívána

běžná zásuvka neboli Schuko, avšak při častějším nabíjení se doporučuje průmyslový typ zásuvky pro vyšší zátěž, protože na rozdíl od běžné zásuvky je dimenzovaná pro trvalý odběr při plném zatížení a nemělo by u ní docházet k přehřátí nebo vyhoření, které zpravidla nastává u starších běžných zásuvek. Bohužel tento způsob nabíjení je velice pomalý, a proto je v současnosti nahrazován tzv. wallboxem, který umožňuje trojfázové nebo jednofázové nabíjení, které nabízí větší výkon. Také zajišťuje dodatečnou ochranu v případě poruchy a nastavuje maximální možný výkon s ohledem na další spotřebiče. Takže běžná 230 V zásuvka při proudu 10 A může nabíjet maximálním výkonem 2,3 kW. Většina elektromobilů využívá jednofázovou nabíječku s výkonem 7,4 kW, takže pro její plné využití je potřeba 32 A, které se v rodinných domech obvykle nenachází. Jedna z nejrozšířenějších AC nabíjecích stanic je od skupiny ČEZ (obrázek 9). [16], [17]



Obrázek 9 AC nabíjecí stanice od společnosti ČEZ [17]

#### 2.4.2 DC nabíjení

Možnost dobíjení stejnosměrným proudem mají téměř všechny elektromobily, zpravidla se nazývá rychlé dobíjení. Nabíjecí výkon je ovlivněn především nabíječkou, napětím a kapacitou baterie. Jak už bylo řečeno výše, při rychlém nabíjení je ideální doplnit baterii do 80 % kapacity, protože poté se rychlost nabíjení začíná rapidně snižovat a dochází k větším ztrátám a degradaci baterie. Momentálně nejčastější typ rychlonabíjecích stanic operuje s výkony do 50 kW, ale v současné době se staví stále více dobíjecích stanic s výkony 100 až 350 kW, které se zpravidla umísťují u významných silničních tahů, kde je požadavek na nejrychlejší doplnění energie. Jelikož se DC nabíječka nachází mimo vozidlo nedochází k tak velkému přehřívání a dosahuje se větších výkonů. Provozovatelé infrastruktury taktéž nabízejí středně rychlé DC nabíječky 22 až 25 kW pro vozidla s nízkým výkonem AC. Výhodou je rychlejší nabíjení než v případě AC a větší kompatibilita. [16], [18]



Obrázek 10 DC nabíjecí stanice od společnosti ČEZ [18]

#### 2.4.3 Konektory pro dobíjení střídavým proudem

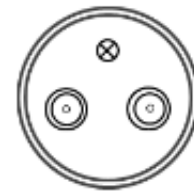
Typ 1 SAEJ1772 v současnosti využívají zejména automobilky z Asie např. Nissan nebo Mitsubishi. V rámci Evropy je lze najít u některých modelů v Peugeotu nebo v Citroenu. Typ 1 je jednofázová zásuvka, která umožňuje jednofázové nabíjení střídavým proudem až do výkonu 7,4 kW (230 V, 32 A). Tvar konektoru je kruhový a obsahuje pět připojovacích kolíků. [6]

Typ 2 IEC62196 nazývaný též Mennekes je druhý typ konektoru vyvinutý německou společností Mennekes a používá se ve většině elektromobilů a plug-in hybridů. Jedná se o zásuvku umožňující nabíjení třífázovým střídavým proudem až do výše 43 kW (400 V, 63 A). Hojně se využívá u evropských automobilek např. BMW, Volkswagen. Obvykle dosahuje výkonu 22 kW (400 V, 32 A). Konektor se skládá z osmi připojovacích kolíků a má tvar nepravidelného kruhu. Důležitou výhodou zásuvky je podpora automatického uzamknutí systému. [6]



Obrázek 11 Typy AC konektorů [16]

Schuko je běžná evropská 230 V zásuvka, která umožňuje nabíjet střídavým proudem do výkonu 3,7 kW (230 V, 16 A).



Obrázek 12 Schuko konektor [6]

#### 2.4.4 Konektory pro dobíjení stejnosměrným proudem

CHADEMO konektor je určen pro rychlé nabíjení stejnosměrným proudem do výše 50 kW. Vznikl v Japonsku a dříve se používal u automobilky Nissan, který pro evropský a americký trh přešel na konektory CCS. Takže konektory CHADEMO jsou momentálně používány hlavně v Japonsku. Výhoda konektoru je v tom, že podporuje technologii V2X neboli zpětnou dodávku energie například napájení domu z baterie elektromobilu, ale tuto technologii nepodporuje skoro žádný elektromobil, kvůli velkému snížení životnosti baterie. [6], [16], [19], [20]



Obrázek 13 Typy DC konektorů [16]

CCS vychází z typu konektoru 1 nebo 2, ale na rozdíl od typu 1 a 2 umožňuje rychlé nabíjení stejnosměrným proudem pomocí dvou spodních kontaktů. CCS typu 1 je běžnější ve Spojených státech, zatímco v Evropě se nejčastěji používá CCS typu 2, který je nejrozšířenějším konektorem zejména kvůli tomu, že elektromobil má pouze jednu zásuvku. V případě použití konektoru CHADEMO je potřeba, aby vůz měl alespoň dvě zásuvky.

Konektory CCS nejsou kompatibilní s CHADEMO nabíjecími stanicemi, proto je pro nabití potřeba speciální adaptér, který je těžce k sehnání. [6], [16], [20]

## **2.5 Shrnutí**

Současní uživatelé elektrických vozidel používají v drtivé většině případů domácí nabíjení. Důvodem je stále nedostatečně pokrytá dobíjecí síť, vyšší cena elektromobilů, pohodlnost a ekonomická výhodnost. Tyto faktory způsobují, že většina majitelů má vlastní nemovitost a přístup k domácímu nabíjení. Avšak s klesajícími cenami EV lze očekávat, že počet uživatelů, kteří nebudou disponovat touto možností dobíjení, bude růst. Nabíjení v práci je další vhodnou variantou, protože zde většina lidí tráví podstatnou část dne. Firmy by tím mohly nabídnout další atraktivní benefit pro zaměstnance a stát se pracovně zajímavějšími. Zároveň výstavba podpořená dotacemi nebo daňovými výhodami, povede k rychlejšímu růstu takových stanic a snížení náporu na veřejné stanice. V určitých situacích však nastává problém například při omezené parkovací ploše nebo její úplné absenci, především ve velkých městech jako Praha, Brno apod. Možným řešením se jeví výstavba podzemních garáží s možností připojení nabíjecích stanic, avšak to by vedlo k poměrně značnému zdražení budov a delší výstavbě, nemluvě o problematice, pokud by došlo ke vznícení elektromobilu. Proto se tato možnost nezdá příliš reálná a je nutné volit jiné možnosti nabíjení například u obchodních center, významných budov apod. Další nesnáz může nastat při nedostatečném výkonu vývodů (výstupů z distribuční sítě), které jsou probrány v další kapitole. Avšak domácí i firemní nabíjení bude probíhat v delších časových intervalech, takže stanice s menšími výkony (AC i DC) budou dostačující, což znamená, že napěťová síť nebude tolik zatěžována. Klíčovými prvky pro pokrytí nabíjecí sítě jsou stanice a v budoucnu velká nabíjecí centra u obchodních domů, významných budov a vytižených silničních tahů atd. V těchto lokalitách s vysokými požadavky na rychlé doplnění kapacity, bude nutné instalovat stanice s vysokými výkony, zejména v oblasti silničních tahů, aby bylo možné co nejdříve pokračovat v cestě. Bohužel s narůstajícím nabíjecím výkonem budou růst i ztráty a baterie se budou více ohřívat. Pokud bude chlazení baterie nedostatečné dojde ke zvýšení její teploty nad optimální mez a systém bude muset zareagovat snížením dobíjecího výkonu, jinak by došlo k rychlejší degradaci baterie, popřípadě k závadě.

Stavba nabíjecích stanic čelí problémům v oblasti schvalovacích procesů, nedostatečných vývodů a ekonomické návratnosti. Jako jedno z možných řešení se nabízí výstavba nabíjecích stanic se solárními panely a bateriovým úložištěm, případně brát v úvahu jejich budoucí implementaci. To by sice zvýšilo náklady a délku realizace, avšak baterie by pomohly regulovat výkonové špičky a tím snížit zátěž na vývody. Solární panely by zase zlepšily celkovou návratnost, konkurenční schopnost a ekologické dopady, avšak výhodnost závisí na poloze stanice. V některých místech nebudou solární panely výhodné, ale v budoucnu lze očekávat snížení ceny a zvýšení efektivity solárních panelů, což povede ke zlepšení ekonomické návratnosti. Rychlost růstu těchto stanic je omezena nedostatečným množstvím jak baterií, tak solárních panelů a v případě větší penetrace elektromobility by mohlo dojít k příliš pomalé instalaci nabíjecích stanic, a tudíž k jejich nedostatku. Proto je důležité dostatečně rychle budovat stanice a zároveň zohledňovat budoucí implementaci hlavně baterií a eventuálně solárních panelů.

V současnosti se průměrný počet nabíjecích stanic na jedno elektrické vozidlo pohybuje kolem devíti a očekává se, že v budoucnu bude vyšší, a to konkrétně třináct. Avšak tyto hodnoty nemusí přesně vystihovat dostupnost nabíjení, jelikož některé nabíjecí stanice mohou být přetížené, zatímco jiné zřídka využívané nebo umístěné příliš daleko od uživatele. Pro dostatečné pokrytí potřeby nabíjení elektromobilů je důležité brát v úvahu růst počtu EV, které závisí na několika faktorech jako je cena, dojezd, daňová politika, komfort atd. Je proto výhodnější přistupovat k instalaci nabíjecích stanic s ohledem na vyšší scénáře penetrace



elektromobility, aby bylo možné zajistit dostatečnou kapacitu pro budoucí potřeby i za předpokladu, že dojde k předimenzování počtu nabíjecích stanic. Zároveň je zapotřebí predikovat jejich potřebný počet v jednotlivých oblastech. První krok při výstavbě dobíjecí stanice vede na stavební úřad, kde je potřeba absolvovat uzemní a stavební řízení a získat stavební povolení. Vzhledem k tomu, že elektromobilita není přímo zmíněna v zákoně, mohou mít jednotlivé úřady různé požadavky. V budoucnu se však předpokládá jeho doplnění, což se snaží realizovat i Evropská unie, která stanovila minimální požadavky v oblasti elektromobility pro všechny nové stavby. Proces stavebního úřadu vyžaduje stanoviska Policie ČR, Hasičského záchranného sboru, vlastníků veřejné dopravní a technické infrastruktury a zároveň stavba musí být v souladu s technickými normami. Pokud však při stavebních úpravách nedojde k zásahu do nosných konstrukcí, může být výstavba povolena i bez stavebního povolení, což závisí především na charakteru nabíjecí stanice například zastřešení, počet dobíjecích stojanů, umístění.

V současné době lze zaznamenat řadu různých druhů nabíjecích konektorů (CCS, CHADEMO, Typ 1, Mennekes), které znepríjemňují provoz EV. Tyto faktory vyvolávají potřebu sjednocení na jeden standardizovaný typ, což je cílem i Evropské unie.

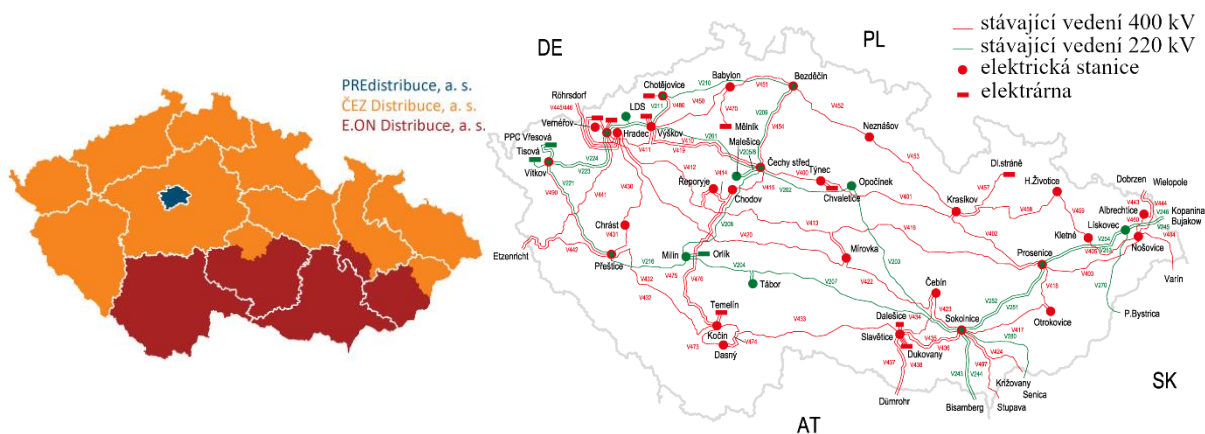
Solární panely umístěné přímo na voze se jeví jako jedna z atraktivních alternativ v oblasti nabíjení elektromobilů. Tato technologie by měla vést ke snížení potřeby použití nabíjecích stanic a jejich spotřebě. Některé automobilové společnosti již začaly aplikovat toto řešení například Aptera, Lightyear, Hyundai, nicméně některá konstrukční řešení nejsou optimální, protože pouze umístila solární panely na vozy, které nebyly designovány na jejich efektivní využití. Jejich nevýhodou je malá efektivita, vysoká cena a určitá závislost na přírodních podmínkách, protože například v Itálii bude mnohem více získané energie než v Norsku. Současně nastává otázka ekonomické výhodnosti, jelikož výroba solárních panelů je stále relativně drahá a v menší míře. Lze očekávat, že masivní implementace tohoto řešení bude možná až po snížení ceny, zvýšení efektivnosti a aplikování chytrých konstrukčních řešení.

### 3 Rozvodná síť

Rozvodná elektrická síť se používá k přenosu elektrické energie z místa výroby do odběrného místa. Dělí se na distribuční a přenosovou soustavu. Velké rozvodné soustavy vznikaly ve 20. století zásluhou Zákona o soustavné elektrizaci státu z roku 1919. Během 20. let bylo pokryto téměř 70 % tehdejšího Československa, avšak první celkové pokrytí se podařilo až v 60. letech, včetně propojení se zahraničím. [21]

Přenosová soustava je využívána k přenosu velkých výkonů na velké vzdálenosti od zdrojů se značnou výrobou elektrické energie k masivním rozvodnám a představuje takzvanou páteř elektrizační soustavy. Dále je nedílnou součástí infrastruktury, která propojuje elektroenergetické soustavy se zahraničím. Na území kontinentální Evropy fungují přenosové sítě v rámci synchronně propojeného systému, které propojují přes 30 států. Česká republika provozuje vedení na hladině 400 kV a 220 kV. Přenosová soustava na rozdíl od distribuční má téměř všechny vedení a transformátory propojeny, takže síť připomíná propletenou pavučinu, ve které se všechny prvky vzájemně elektricky ovlivňují. Provozovatelem přenosové soustavy je společnost ČEPS, jehož jediným akcionářem je Česká republika v zastoupení Ministerstva průmyslu a obchodu. Bezpečný, kvalitní a spolehlivý provoz je zajištěn pomocí dispečerského řízení, manipulací s přenosovou soustavou a spoluprací s výrobcí elektřiny atd. Regulace je zajištěna pomocí ovládání výkonu z akumulace energie z jednoduše regulovaných zdrojů, především vodních přečerpávacích elektráren. Společnost ČEPS provozuje více než 3700 kilometrů vedení 400 kV, přibližně 1850 kilometrů vedení 220 kV a 84 kilometrů vedení 110 kV. Přenosová soustava je převážně spojena 2 rozvodnami, výjimkou je vedení mezi Hradcem a Výškovem. [22], [23], [24]

Distribuční soustava funguje jako propojovací prvek mezi přenosovou soustavou a koncovým odběratelem elektrické energie. V České republice se skládá ze sítí s napětovými hladinami 110 kV a nižšími, které dodávají elektřinu na kratší vzdálenosti. Některé části distribuční soustavy nejsou vzájemně propojeny, takže se vzájemně neovlivňují. Hlavní dopad mají na přenosovou soustavu, které dodávají nebo odebírají výkon. Nedílnou částí distribuční sítě jsou linky velmi vysokého napětí, které vycházejí z elektrických stanic přenosové soustavy. Největšími provozovateli distribuční sítě v ČR jsou tři společnosti z toho dvě české ČEZ, PRE a zahraniční E.ON. Každá oblast pro rozvod energie spadá pod správu dané firmy, jejichž činnost kontroluje Energetický regulační úřad. Největší pokrytí zajišťuje skupina ČEZ, která provozuje více než 10 tisíc km velmi vysokého napětí (110 kV), přes 51 tisíc km vysokého napětí (22 kV) a zhruba 106 tisíc km nízkého napětí (0,4 kV) k datu 31.12.2021. Některá důležitá vedení přenosové i distribuční sítě se takzvaně zdvojují neboli se staví dvě vedení vedle sebe, aby se zvýšila spolehlivost dodávek elektrické energie. [22], [23], [24], [25]



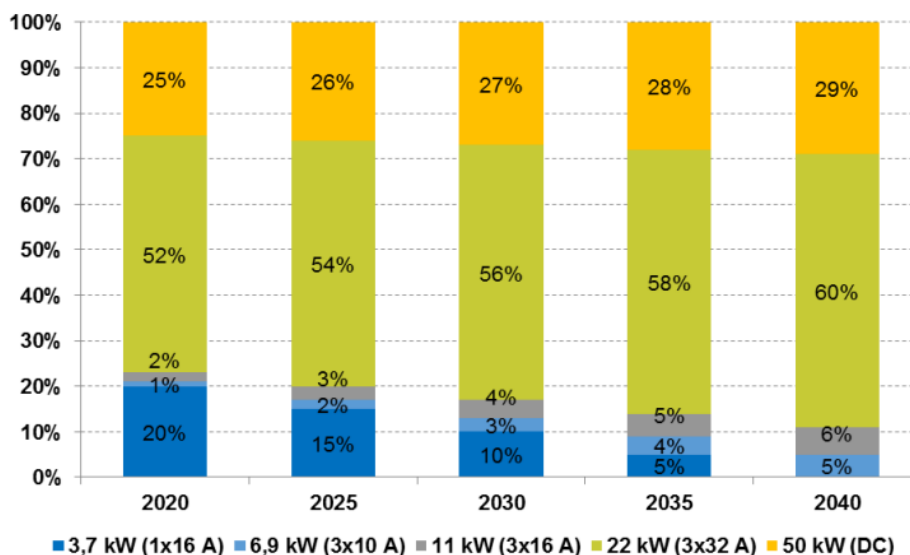
Obrázek 14 Distribuční soustava [26]

Obrázek 15 Přenosová soustava ČR  
k datu 31.12.2020 [27]

### 3.1 Vliv elektromobility na rozvodnou síť ČR

Českou republikou kvůli poloze ve středu Evropy prochází velké množství elektřiny do sousedních států, a to je jeden z důvodů proč disponuje poměrně robustní distribuční a přenosovou soustavou, která se neustále rozvíjí a obnovuje. Síť je v současnosti provozována tak, že většina vývodů je zatížena do 40 %. Jelikož se nabíjecí stanice, které mají zásadní vliv na rozvodnou síť, rozmáhají postupně, nemá cenu uvažovat, co by se stalo s rozvodnou soustavou, kdyby po České republice najednou jezdilo například milion elektrických vozidel. Spíše je důležité predikovat růst počtu elektromobilů a dobíjecích stanic o jmenovitých výkonech. Provozovatelé soustav proto neustále sledují vývoj spotřeby a nutnost nových připojení, které rozhodují o rozložení výkonů v místě a v čase. Takže se soustředí spíše na postupný vývoj sítě a tomu přizpůsobují své investice.

Podle druhu zvoleného nabíjení se určuje příkon dobíjecí stanice. Při dobíjení v práci nebo doma se neuvažuje razantní změna vývoje velikosti příkonů z důvodu velikosti hlavních jističů a kvůli technickým omezením provozovatelů distribučních soustav v závislosti se zvýšenou platbou spojenou s většími jističi. Růst velikosti příkonů se uvažuje v případě veřejného a komerčního dobíjení, kde důležitou roli hraje doba dobití elektromobilu. Předpovídaný vývoj příkonů dobíjecích stanic zobrazuje obrázek 16, který zahrnuje pouze komerční dobíjení s ohledem na dříve zmíněný výzkum z Norska. Důvod přijetí pouze samostatného komerčního dobíjení je ten, že zahrnuje jak pomalé, tak rychlé dobíjení, zatímco veřejné uvažuje s rychlými dobíjecími stanicemi pouze v blízkosti velkých silničních tahů. Z obrázku 16 je zřejmé, že nejčastější současný výkon komerčních stanic je 22 kW a předpokládá se, že jeho zastoupení se mírně zvýší i v budoucnosti. Na druhém místě se umístily stanice s výkonem 50 kW, jejichž počet je o polovinu nižší než u stanic s výkonem 22 kW. Avšak budoucí výkonové zastoupení se může značně lišit v závislosti na potřebách uživatelů a technologickém pokroku, takže je možné, že stanice s výkonem 50 kW a vyšším se stanou dominantními. [6]

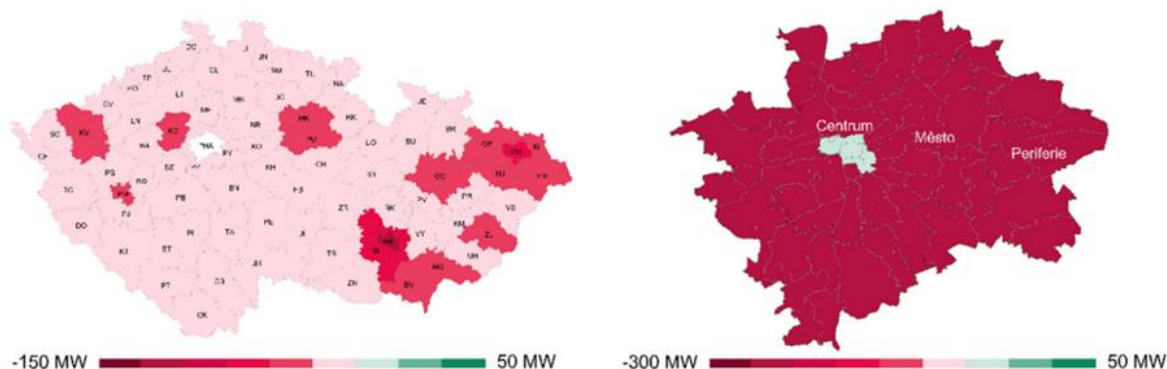


Obrázek 16 Příkon komerčních dobíjecích stanic v ČR [6]

Studie A25 NAP SG je zaměřena na analýzu rozvoje dobíjecích stanic v závislosti na rostoucím množství elektromobilů a jejich dopad na distribuční síť v ČR. Analýza zahrnuje jednotlivé scénáře požadovaného výkonu dobíjení v letech 2025, 2030 a 2040, rozsáhlé podklady o sítích atd. Avšak neuvažuje řízení dobíjecích stanic, akumulaci energie, omezení špičky výkonu a další chytrá řešení. Největší nárůst výkonu v důsledku elektromobility se očekává v Ostravě, Olomouci, Brně a nejvíce na území hlavního města Prahy. V roce 2040 se



začínají objevovat vývody neboli výstupy z rozvodné sítě, které v důsledku elektromobility mají překročenou stanovenou mez. Střední scénář, který se jeví jako nejrealističtější, požaduje do roku 2040 výstavbu téměř 2000 nových distribučních transformačních stanic a rekonstrukci 780 km nízkonapěťového vedení. U vysokonapěťové vedení se vyskytují problémy zejména v oblastech venkovského charakteru a v Praze. Do roku 2040 bude nutno vybudovat u středního scénáře přes 200 km nových venkovských vedení, více než 100 km nových kabelů a kolem 10 nových transformoven pro vysoké napětí. I u vysokého scénáře počtu elektromobilů do roku 2040 jsou výsledné předpoklady pro VN (vysokonapěťové) sítě relativně snadno uskutečnitelné. Problematické vývody odpovídají asi 2 % současné výměry sítí VN. Tato nízká hodnota je převážně zapříčiněna obnovou sítě, která se navrhuje v maximální možné míře tak, aby mohla absorbovat dodatečný výkon a vytěšňovala úzká místa. Nejvíce problematické se jeví dlouhé venkovní vývody, zásobující venkovské oblasti a malá města, které jsou často tvořeny nevyhovujícími délkami vývodů. Řešením problému je rozložení zatížení mezi původní a nový vývod nebo zaústění nově vzniklých úseků do nových 110 kV rozvodů. Potíže také nastávají v okolí Prahy, nejvíce v centru. Řešením je výstavba nových kabelových smyček ve středu, vylepšení tří transformátorů nebo výstavba zcela nové rozvodny v centru. Dalším problémem jsou vývody zásobující sídlištní zástavby, které navazují na distribuční síť. Finanční náklady u středního scénáře do roku 2040 se předpokládají ve výši 7,9 miliard korun, avšak uvedená částka nezahrnuje náklady na přirozenou obnovu distribuční sítě, která se odhaduje ve výši 171 miliard Kč do NN (nízkonapěťových) sítí a 71 miliard Kč do VN sítí. Lze očekávat, že skutečné částky se budou lišit od předpokládaných v důsledku opomenutí některých faktorů nebo neočekávaných událostí, jako jsou vysoká inflace, změna ekonomické situace atd. [28]

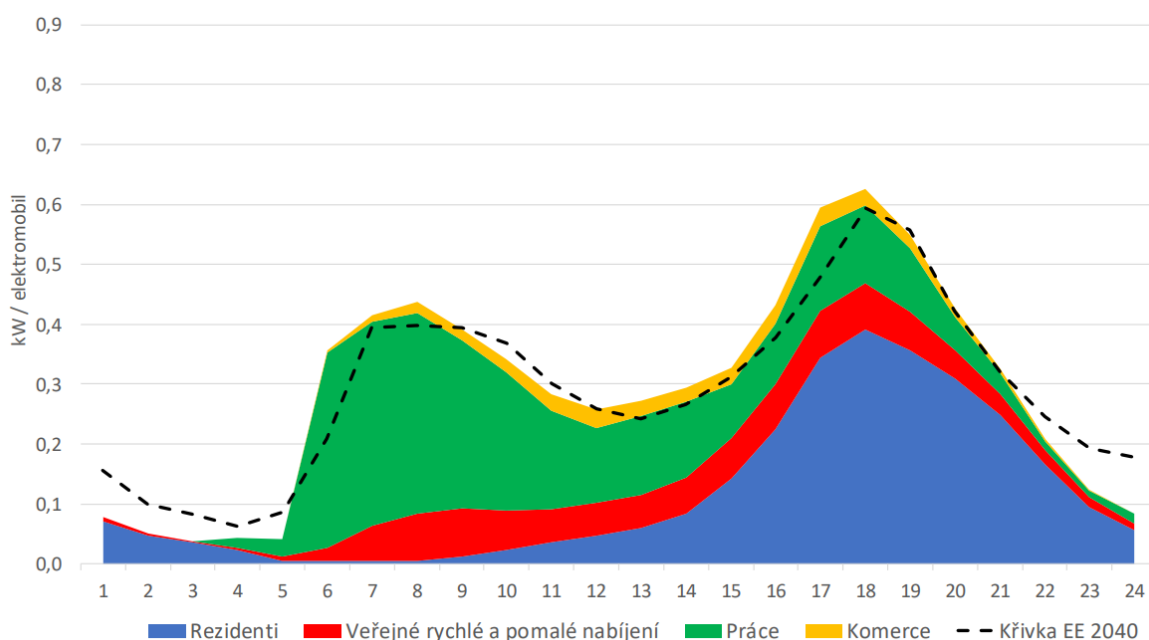


Obrázek 17 Připojitelnost dobíjení do nízkonapěťových sítí v ČR pro vysoký scénář 2040 [28]

### 3.2 Výkonové dopady

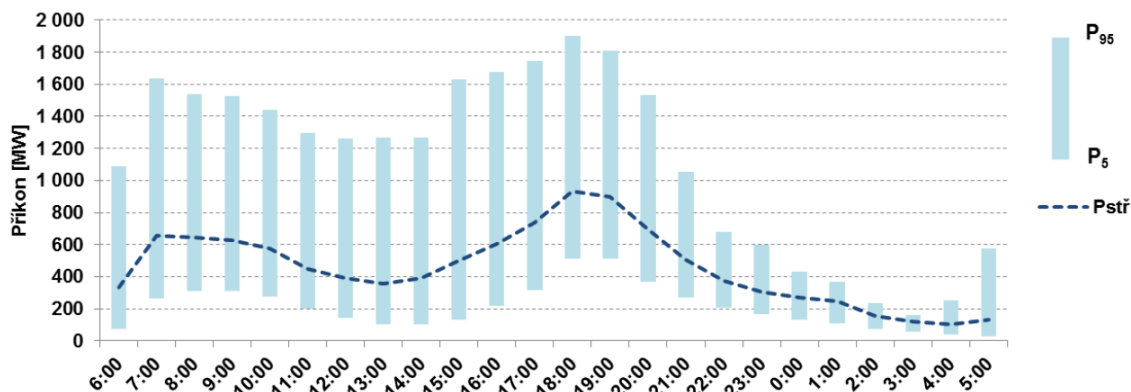
Časy zahájení dobíjení se zjistily pomocí dat o pohybu obyvatelstva z monitorování mobilních telefonů během pracovních dní. Jelikož jednotlivé vývody mají typickou zásobovací oblast, tak při jejich zprůměrování by docházelo k zavádějícím výsledkům. Proto studie pracuje s tzv. nabíjecími křivkami, které mají svůj charakteristický průběh odpovídající spotřebované energii automobilu během celého dne. Při sečtení poměrných hodnot jednotlivých křivek lze vytvořit model pro téměř jakýkoliv vývod. Charakteristické křivky pracují s hodnotami počtu automobilů, typů a preferencí nabíjení, avšak neuvažují žádnou možnost zmírnění nabíjecích špiček např. chytré sítě nebo cenovou motivaci zákazníka. Většina uživatelů elektromobilů s přístupem k domácímu dobíjení zahajuje nabíjení po příjezdu ze zaměstnání. Lze očekávat, že počet příjezdů počínaje 14. hodinou začne narůstat a dosáhne špičky okolo 18. hodiny, po které bude následovat výrazný útlum. Pomalé dobíjení v zaměstnání má dvě složky, kde první je tvořena příjezdem pracovníků do zaměstnání a druhá se skládá z dobíjení firemních vozidel zejména ke konci pracovní doby. Lze tedy předpokládat,

že u firemního nabíjení nastanou dvě výrazné špičky, kde méně markantní je odpolední kolem 18. hodiny, zatímco druhá, která je ranní dosahuje maxim mezi 7. a 8. hodinou. Veřejné a komerční pomalé dobíjení částečně využívají všichni provozovatelé elektromobilů. Z obrázku 18 jsou zřejmé dvě špičky během dne. První je při příjezdu zaměstnanců do práce. Následně přichází mírný propad a postupný růst vrcholící okolo 17. hodiny, kdy přichází na řadu popracovní aktivity. Rychlé veřejné dobíjení se nachází zejména v blízkosti významných silničních tahů. Časy zahájení dobíjení jsou tedy ovlivněny hustotou provozu během dne. Při zahrnutí změn vlivem zmírnění nabíjecích křivek by došlo k výrazné změně rozložení. V budoucnu lze očekávat snahu snížení výkonových špiček, kde se jako nejjednodušší řešení jeví finanční motivace uživatele. Lze tedy předpokládat, že rezidenti začnou nabíjet v pozdějších hodinách a nabíjení se rozloží po čas noci. Což bude mít za následek snížení výkonové špičky kolem 18. hodiny a využití levnějšího nočního proudu. Takové nabíjení lze očekávat i u firemních vozidel. [6], [14], [28]



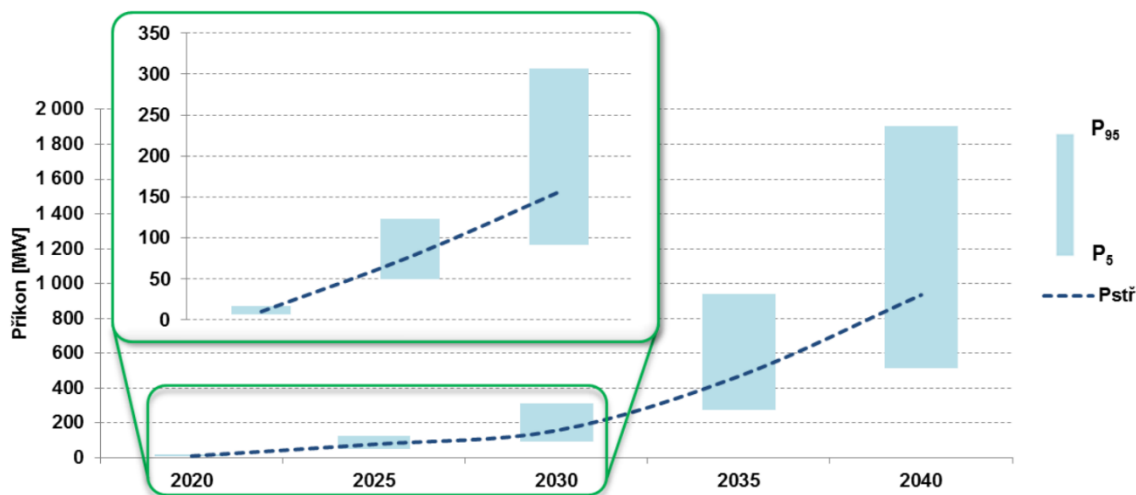
Obrázek 18 Sestava nabíjecích křivek na jeden elektromobil v roce 2040 v ČR [28]

Nízký scénář uvažuje, že výkonové dopady elektromobility budou pro rok 2040 dosahovat velikosti 1 MW, pro střední scénář až 2 MW a vysoký scénář pracuje s maximální hodnotou výkonu 7 MW v nízkonapěťových sítích. Na obrázku 20 jsou výkonová data převedena na hodinové rozlišení ve formě denního diagramu. Příkony pro jednotlivé hodiny jsou uvedeny ve tvaru sloupců, kde spodní hranice příkonu odpovídá 5. percentilem (P5) a horní hranice je ohraničena 95. percentilem (P95) maximálního soudobého výkonu. Z těchto dat lze určit maximální hodnoty, které se očekávají v daných hodinách a jsou určeny včetně značných rozptýlů. Avšak dimenzování elektrické soustavy by se mělo provádět podle horní hranice výkonových maxim. Nejpravděpodobnější hodnoty výkonů v jednotlivých hodinách se pohybují v okolí střední hodnoty, která je znázorněna čárkovanou čarou. Výkonové špičky závisí především na výkonu nabíjecích stanic a počtu elektromobilů, proto je důležité pro správce elektroenergetické sítě aktualizovat daná data, aplikovat chytrá řešení snižování výkonových špiček a dostatečně obnovovat a rozvíjet elektrickou soustavu, aby nedošlo k překročení povoleného limitu. [6], [28]



Obrázek 20 Denní diagram středního scénáře dobíjení elektromobilů v roce 2040 v ČR [6]

Výkonové špičky ovlivňující elektrickou síť budou vlivem rozvoje elektromobility stále razantnější. To také vyplývá z obrázku 19 a 20, a proto se v budoucnu očekává snaha jejich zmírnění při použití různých způsobů. Může se jednat například o akumulaci energie, cenovou motivaci zákazníka dobít elektromobil mimo špičkové hodiny nebo využití takzvané chytré technologie, která komunikuje zároveň s elektromobilem, dobíjecí stanicí a nadřazenou elektrizační soustavou kvůli optimalizaci aktuálního výkonu a nabíjecího cyklu. Denní výkonové špičky způsobené elektromobilitou jsou tedy výzvou pro energetické sítě, ale zároveň přináší i nové možnosti. Pokud budou sítě dostatečně připraveny a využije se potenciálu akumulace energie mohou být mnohem stabilnější a flexibilnější. Naneštěstí to sebou přináší nemalé investice do rozvoje, obnovy energetické sítě a zároveň hledání nových nebo vylepšených technologií.



Obrázek 19 Střední scénář výkonových dopadů v ČR [6]

### 3.3 Schopnost připojení velkých nabíjecích center

Nabíjecí infrastruktura nemůže být vždy v síti rozložena podle použité metody řešení typových vývodů. Minimálně při větším časovém intervalu lze očekávat, že začnou vznikat lokality s vysokou koncentrací dobíjecích stanic neboli nabíjecí centra. Budou se pravděpodobně objevovat u nákupních center, důležitých silničních tahů, parkovacích domů a podobně. U větších center je pravděpodobné, že budou napájeny samostatným vývodem, zatímco menší nabíjecí centra budou připojena do stávající sítě vysokého napětí. Pro vysoký scénář sítě pro rok 2040 byl proveden výpočet, který ukazuje možnost připojení nabíjecích

center o velikosti 1 a 2 MW do sítě. Tyto hodnoty odpovídají soudobému odběru 20 a 40 rychlonabíjecích stanic o výkonu 50 kW. Takto velká centra začnou pravděpodobně vznikat až s více rozvinutou elektromobilitou. Jako limitní hranice zatížení je zvoleno 40 % jmenovité zatížitelnosti vývodu. Na rozdíl od limitu 50 % si zachovává větší rezervu pro další vývoj spotřeby. Vyhodnocení zahrnuje plánovanou obnovu sítě, ale neuvažuje její další posílení vlivem elektromobility. Z obrázku 21 je patrné, že i při vysokém scénáři rozvoje elektromobility bude možno připojit velkou část vývodů s nabíjecím výkonem o velikosti 1 MW. Pro nabíjecí centra o výkonu 2 MW platí opačná situace a přibližně 70 % vývodů nebude schopno napájet tato centra. Proto u center s výkonem větším než 2 MW bude nutno vybudovat separátní vývody. [28]

Malé výkonové dopady dálničních nabíjecích center lze očekávat u menšího celkového počtu elektromobilů cca 10-20 %, kdy se u komunikace bude dobít přibližně 10 % energie spotřebované při jízdě. Špičky těchto výkonů se budou pohybovat mezi 1 až 2 MW a ve většině případů je bude možno připojit do stávající VN sítě. Pokud penetrace elektromobility dosáhne 50 %, tak už výkonové špičky dosahují nadkritických hodnot a bude nutno vybudovat nové vývody o délce přibližně 250 km. Jelikož nákupní centra disponují poměrně robustním napájením, tak dodatečné investice do sítě by bylo nutno provést až při počtu elektromobilů, které odpovídá vysokému scénáři roku 2040. [28]

PDS	Podíl vývodů se schopností připojit nabíjecí centrum se soudobým oběrem		
	1 MW	2 MW	3 MW
ČEZ Morava	67 %	19 %	-
ČEZ sever	89 %	38 %	-
ČEZ střed	65 %	15 %	-
ČEZ východ	75 %	23 %	-
ČEZ západ	93 %	36 %	-
E.ON východ	82 %	27 %	-
E.ON západ	87 %	30 %	-
PREdi	61 %	55 %	46 %

Obrázek 21 Schopnost vývodu pojmout výkon nabíjecího centra pro vysoký scénář sítě v roce 2040 v ČR [28].

### 3.4 Shrnutí

Vzhledem k poloze a historickému vývoji disponuje Česká republika relativně robustní elektrickou sítí, která je rozdělena na distribuční a přenosovou. Kde distribuční soustava je zodpovědná za přivádění elektřiny zákazníkům, tedy domácnostem, firmám, průmyslu apod. Na druhé straně, přenosová soustava distribuuje z velkých elektráren do regionů, měst a zahraničí, kde ji dále přebírají distribuční společnosti. Vzhledem k rozvoji elektromobility lze předpokládat zvýšené zatížení sítě, což přináší výzvy pro společnosti provozující elektrickou síť. Proto tyto společnosti zahrnují do svých modelů růst elektromobility a přizpůsobují podle ní své investice do obnovy a rozvoje elektrizační soustavy.

Výkony jednotlivých nabíjecích stanic budou mít velký dopad na zatížení sítě, protože při výkonu 50 kW je nápor mnohem větší než při 4 kW. Z toho vyplývá, že je důležitá komunikace mezi provozovateli nabíjecích stanic a distribučních soustav. Pokud bude společnost spravující síť znát plánovaný počet a výkon jednotlivých stanic, včetně možných budoucích rozšíření, může zajistit potřebné úpravy vývodů, transformátorů a dalších prvků sítě,

aby byla dosažena optimální kvalita. Jelikož nabíjení v domácnostech a firmách pracuje s menšími výkony o delších intervalech dobíjení, není nutná taková úroveň komunikace. Zároveň by zvýšení výkonu stanic mohlo vést k nedostatečné kapacitě jističů a potřebě její výměně a nárůstu finančních nákladů.

Při předpokládaném nárůstu elektromobility lze očekávat, že výzvy spojené s elektroenergetickou sítí se nejvíce projeví ve velkých městech, zejména v Praze, Brně a Ostravě. V souvislosti s tím bude nezbytné řešit problémy s vývodou a zvážit rekonstrukci současných vedení a transformačních stanic, popřípadě instalaci úplně nových. Další komplikace se vyskytují v blízkosti malých měst a vesnic, protože zde jsou vývody tvořeny často nevyhovující délkou. Obzvláště při dřívějších budování sídlištních zástaveb se nepočítalo s rozvojem elektromobility, což znamená, že je zde možno nalézt mnoho problematických vývodů. Proto při budoucí výstavbě nabíjecích stanic v sídlištních lokalitách bude potřeba rekonstrukce současných výstupů distribuční sítě. Pokud si nájemníci budou dobíjet elektromobil přímo z bytu, mohou nastat jak problémy s bezpečností, tak s výkonem sítě. Například by mohlo dojít k vyhoření bytu, přetížení sítě nebo k výpadku proudu. Tento způsob nabíjení lze převážně očekávat v případě nedostatečného počtu veřejných stanic nebo při příliš vysoké ceně nabíjení. Kolem 2 % celkové výměry vysokonapěťového vedení může vykazovat určitá rizika při rozvoji elektromobility. Avšak horší situace nastává u distribuční sítě, u které bude nutné provést rozsáhlejší úpravy a vynaložit větší investice. Pro zajištění dostatečné kapacity sítě je důležité zohlednit výkonové špičky, které se výrazně mění v různé dny a hodiny. Z tohoto důvodu je klíčové navrhovat síť na maximální hodnoty těchto špiček, aby byla dosažena maximální stabilita. V průběhu pracovních dnů se očekává nejvyšší napěťový výkon kolem 18. hodiny, kdy se majorita lidí vrací z práce a provozují po pracovní aktivitu. Tudiž nastane větší koncentrace současného nabíjení elektromobilů a uživatelé využijí buď rychlejší veřejné stanice nebo pomalejší domácí boxy. V této době se také předpokládá dobíjení firemních vozidel, která budou méně vytížená než během pracovní doby. V ranních hodinách mezi 7. a 8. hodinou dochází k druhé, méně výrazné špičce, kdy zaměstnanci začínají využívat firemní nabíjecí stanice. K regulaci napěťových špiček mohou být využity chytré sítě, akumulární technologie nebo cenová motivace zákazníka. Chytrá síť bude moci komunikovat s elektromobilem, nabíjecí stanicí a distribuční sítí, aby se dosáhlo co nejefektivnějšího a nejstabilnějšího nabití.

Vysoký scénář sítě pro rok 2040 předpokládá stavbu velkých nabíjecích center o velikosti 1 a 2 MW respektive 20 a 40 stanic s výkonem 50 kW. Tato centra budou vznikat až s více rozvinutou elektromobilitou v blízkosti velkých obchodních středisek. Bez nutnosti stavby nových vývodů lze připojit přibližně 70 % nabíjecích center s výkonem 1 MW, zatímco pro 2 MW centra platí opačná situace a bude nutno vybudovat separátní vývody.



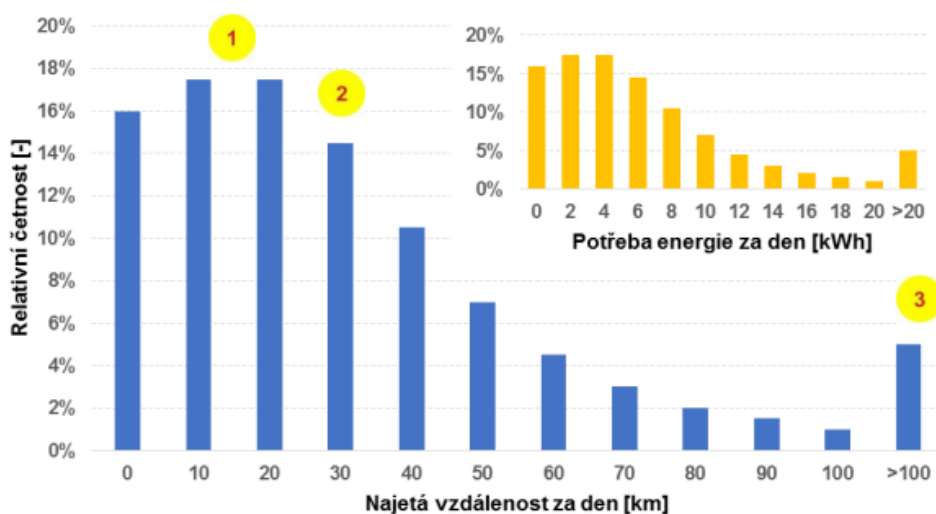
## 4 Energetika

Elektrická energie je nedílnou součástí každého státu. Lze předpokládat, že se spotřeba elektřiny bude i nadále zvyšovat ať už vlivem automatizace nebo rostoucím počtem domácích spotřebičů. Avšak největší dopad na spotřebu bude mít rozšíření elektromobility. Vzhledem k tomu, že elektromobilita je prosazována převážně kvůli ekologii a snížení závislosti na ropě, tak je nutné zvýšit podíl výroby z obnovitelných zdrojů. To znamená, že je potřeba nejen zvýšení výroby elektrické energie, ale i přechod na čistší zdroje, a to přináší mnoho úskalí. Jeden z problémů je, že obnovitelné zdroje dodávají elektřinu nestabilně, protože jsou závislé na přírodních podmínkách, a proto je nutné vyrovnávat přebytečný výkon například pomocí akumulace energie. [29]

### 4.1 Spotřeba elektromobilů

Dnešní průměrná spotřeba elektromobilů se pohybuje v rozmezí mezi hodnotami 15 až 30 kWh/100 km. Pro srovnání jeden litr nafty odpovídá zhruba energii 10 kWh. Konkrétní hodnota spotřeby závisí na velikosti EV, způsobu jízdy, okolní teplotě a charakteru provozu. Malé elektromobily například Hyundai Kona dosahují spotřeby menší než 13 kWh/100 km, zatímco velké EV jako Tesla Model X při dynamické jízdě dosahují i přes 30 kWh/100 km. Elektromobily disponují výhodou oproti spalovacím automobilům, že velká část systémů je řízena elektronicky a pomocí vhodných aktualizací lze zlepšit jejich účinnost, jak v minulosti dokázala například automobilka Tesla. Další nezpochybnitelnou výhodou je možnost tzv. rekuperace neboli částečného ukládání energie z brzdění zpátky do baterie. Bohužel zásadní nedostatek je významný pokles kapacity baterie v zimních měsících, který je ovlivněn mnoha faktory, jako je teplota okolního prostředí, typ a chlazení baterie atd. Obecně dochází ke snížení o 10 až 30 %. Větší spotřeba v zimních měsících je způsobena zejména vytápěním elektromobilu, který se vytápí buď z baterie nebo tepelným čerpadlem, které sice zvyšuje účinnost vytápění, ale zároveň zvyšuje náklady na výrobu. Důvodem snížení kapacity je i neideální teplota bateriových článků. Pokud tedy teploty akumulátoru budou atakovat teplotu nižší než optimální, tak bateriové články budou mnohem méně efektivní kvůli pomalejší chemické reakci. Tento problém lze vyřešit vytápěním baterie, ale výsledná spotřeba energie je zpravidla vyšší než bez vyhřívání. [30], [31]

Z obrázku 22 je patrné, že nejčastější denně ujetá vzdálenost je v rozmezí 10 až 20 km. V České republice průměrná najetá vzdálenost osobního automobilu činí 32 km za den. Méně než 6 % uživatelů překoná najetou vzdálenost 100 km, takže v současné době jsou kapacity



Obrázek 22 Počet najetých km osobních automobilů v rámci jednoho dne v ČR [6].

baterií pro průměrné denní cestování dostačující, ale při delších trasách se může vyskytnout problém s dojezdem do požadovaného dobíjecího bodu. [6]

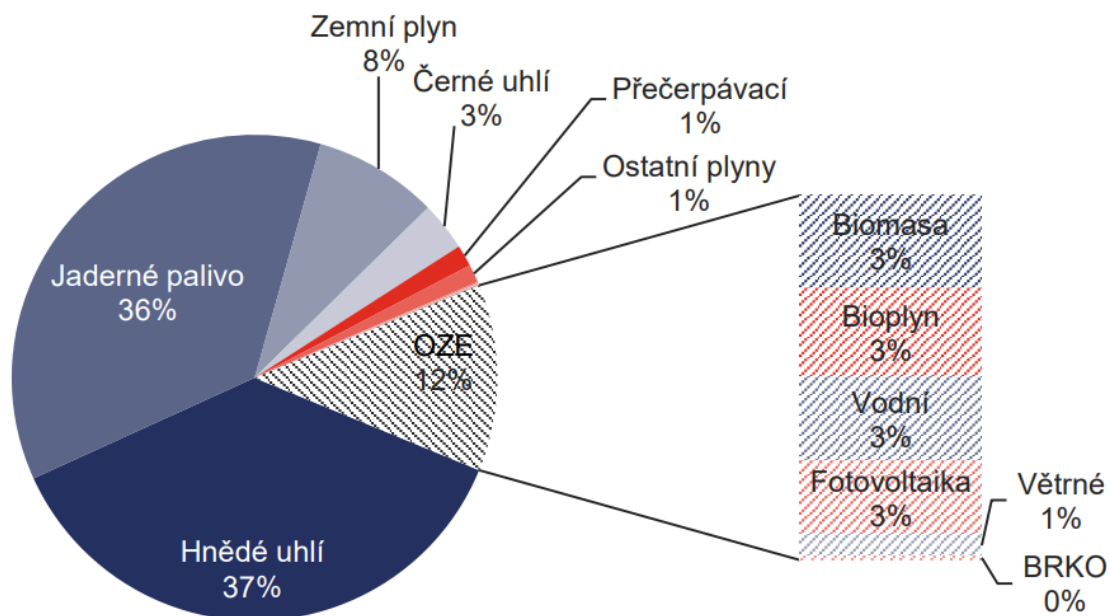
Pro výpočet roční spotřeby elektrické energie elektromobilu uvažujeme průměrnou spotřebu 20 kWh/100 km a průměrný denní nájezd 32 km, který za rok dosáhne zaokrouhleně 12 tisíc km. Důležité je brát v potaz účinnost nabíjení, která je v rozmezí 80 až 90 % a výpočet uvažuje s konzervativnější hodnotou 80 %.

$$W_{rok} = \frac{\eta_{100\%}}{\eta_{80\%}} \cdot d_{rok} \cdot W_{spotřeby} = \frac{1}{0.8} \cdot 12000 \cdot 0,2 = 3000 \text{ kWh} \quad (1)$$

Průměrná spotřeba za rok jednoho elektromobilu je podle rovnice (1) 3000 kWh. Pokud nastane střední scénář studie NAP pro rok 2040, tak bude po českých silnicích jezdit okolo 2,3 milionu elektromobilů a budou tvořit okolo 35 % všech osobních automobilů. Jejich roční spotřeba bude dosahovat 7 TWh, to je zhruba 10 % celkové výroby elektrické energie v České republice, což odpovídá přibližně jednomu bloku v Temelíně, který za rok vyprodukuje okolo 8 TWh energie.

#### 4.2 Aktuální stav energetiky v ČR

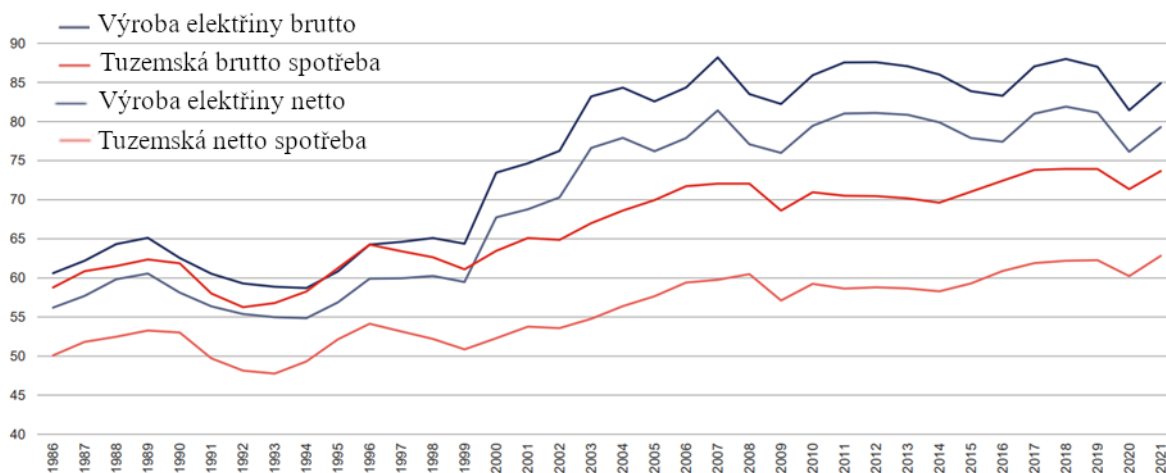
Česká republika má poměrně významná ložiska uhlí, z kterého se vyrábí okolo 40 % elektřiny. Výroba energie z tohoto zdroje klesá, především v důsledku přísnějších ekologických podmínek, což vede k navýšení výroby paroplynových elektráren, které mají přibližně poloviční emisní stopu. Bohužel v roce 2022 došlo k nečekaným geopolitickým událostem, které zkomplikovali dodávky plynu a zapříčinili zvýšení výroby elektřiny z uhlí. Avšak je pravděpodobně, že tato událost povede ještě k rychlejší aplikaci obnovitelných zdrojů energie, které v současnosti produkují zhruba 13 % celkové výroby. Největší problém s obnovitelnými zdroji je pravděpodobně jejich nestabilita, jelikož výkon závisí na intenzitě světla, síly větru apod. Proto se často budují plynové elektrárny, které zvládnou skvěle tlumit výkonové špičky. Avšak nevýhodou těchto elektráren je závislost na fosilních palivech konkrétně na zemním plynu. Samozřejmě je možnost jeho nahrazení tzv. bioplynem, ale takové množství není



Obrázek 23 Podíl paliv a technologií na výrobě elektřiny brutto v roce 2021 v ČR [35].

v současné době možné ekonomicky vyrobit. Výhodou České republiky je možnost relativně efektivně ukládat část energie prostřednictvím přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé stráně. Dvě jaderné elektrárny Temelín a Dukovany jsou nedílnou součástí energetické mixu ČR a vyrábí cca 36 % celkové elektrické energie. Plánuje se také výstavba nového bloku v Dukovanech. [32], [33], [34], [35]

Spotřeba elektřiny závisí na několika významných faktorech jako je cena, energetická účinnost, počet zařízení atd. V posledních letech se klade velký důraz na minimalizaci ztrát energie jak u spotřebičů, tak budov. I přes veškerou dosaženou úsporu roste celková spotřeba elektřiny a v budoucnu se očekává ještě razantnější růst vlivem elektromobility. Zároveň tepelná čerpadla se stávají velmi populárními, což pravděpodobně povede k vyšší spotřebě. Následující obrázek zobrazuje vývoj brutto, netto spotřeby a výroby elektřiny. Kde brutto představuje celkové množství elektřiny. Zatímco netto zohledňuje vlastní spotřebu na výrobu elektřiny, jako jsou ztráty v sítích a spotřeba při přečerpávání ve vodních elektrárnách atd. Z obrázku 24 je patrné snížení spotřeby elektřiny v době ekonomických krizí např. u hospodářská krize v roce 2008 atd. Což bylo zapříčiněno snížením produkce výrobků z důvodu nedostatečné poptávky. Avšak návrat do původních hladin netrval dlouho a pokračoval dlouhodobý trend mírného růstu spotřeby. [35]



Obrázek 24 Dlouhodobý vývoj spotřeby a výroby elektřiny v TWh v ČR [35].

### 4.3 Predikce vývoje energetického sektoru

Budoucnost energetiky stojí před celou řadou výzev. Největší z nich je pravděpodobně útlum produkce z uhelných elektráren a zvyšování výroby z obnovitelných zdrojů. Společnost ČEPS společně s MPO vypracovává každý rok hodnocení zdrojové připravenosti, které bere v potaz současné trendy a zaměřuje se převážně na spolehlivost, soběstačnost a emisní stopu energetiky v ČR.

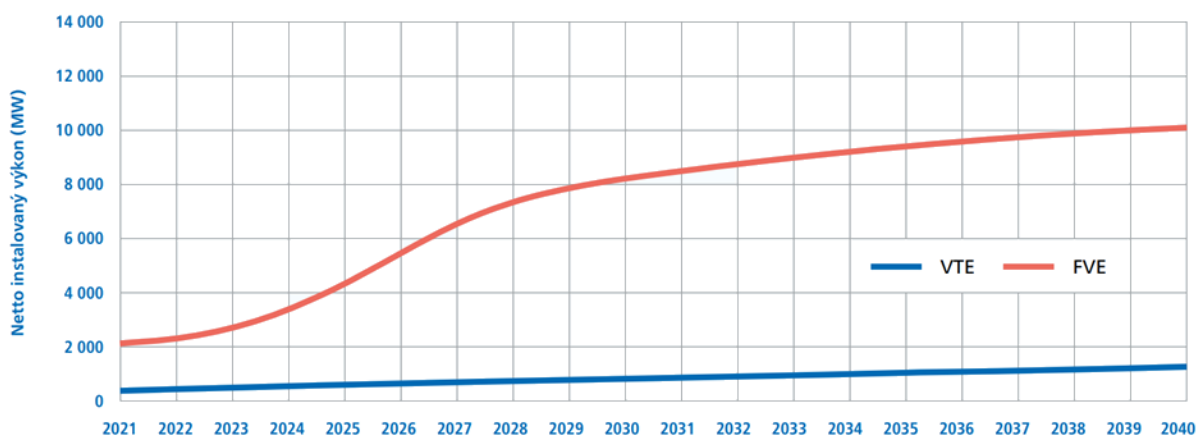
Energeticko-klimatický plán počítá se zvyšováním energetické účinnosti a s růstem podílu obnovitelných zdrojů na 22 % z konečné spotřeby energie do roku 2030. Daná hodnota by měla být dosažena převážně značným zvýšením výrobní kapacity solárních elektráren. [36]

Jak už bylo řečeno v předchozí kapitole, velká část elektřiny se získává z uhelných elektráren, ale tento zdroj se vyznačuje značnou produkcí emisí CO<sub>2</sub>. Proto je požadován postupný útlum, aby se splnil jeden z hlavních dekarbonizačních cílů. Dalším důvodem pro snížení jsou stále rostoucí ceny emisních povolenek. V průběhu posledních let se uhelné zdroje modernizovaly, aby jejich provoz plnil emisní normy. Nicméně pro dosažení klimatických cílů nebude tato ekologizace dostatečná. Absence tohoto zdroje způsobuje problém s dostatečnou



výrobou elektrické energie. Možným řešením je pokrytí spotřeby plynovými elektrárnami, které nemusí být dostatečné a nastává zde problém se závislostí na zemním plynu. Plynové elektrárny dosahují specifického výkonu při požadované periodě, proto se do roku 2014 využívaly zejména pro regulaci sítě. Za náhradu uhelných výroben elektřiny a tepla se považují hlavně díky regulační schopnosti a poloviční emisii CO<sub>2</sub> na MWh oproti uhlým. V České republice se nachází dvě jaderné elektrárny. Temelín se dvěma bloky, kde každý dosahuje výkonu až 1069 MW a s délkou životnosti na hranici 60 let, tj. do roku 2060. Druhá Dukovany disponující čtyřmi bloky s výkonem až 477 MW. Její momentální životnost je 30 let, ale provozovatel plánuje rekonstrukci v první polovině třicátých let, která prodlužuje provoz až na hranici 60 let, tj. zhruba do roku 2046. V této elektrárně se plánuje výstavba nového bloku s instalovaným výkonem 1140 MW, který by měl být v provozu do roku 2040. Pro určité období se předpokládá souběžné fungování všech bloků včetně nového. Tento předpoklad je důležitý pro provedení útlumu uhelných elektráren a snížení emisní stopy. U vodních elektráren se neočekávají žádné významnější změny. [36], [37], [38], [39]

Hlavní náhrada za úbytek elektřiny z uhelných zdrojů jsou fotovoltaické elektrárny (FVE), které na konci roku 2020 dosahovaly instalovaného výkonu 2071 MW. Běžné využití tohoto maxima je v ČR cca 1000 h/rok. V oblasti výroby elektřiny z větrných zdrojů (VTE) se instalovaný výkon pohyboval okolo 340 MW a čas maximálního využití zhruba 2050 h/rok. Z hotovená predikce vývoje fotovoltaických a větrných elektráren vychází z dokumentů Analýza rozvoje energetických zdrojů do roku 2040 včetně dopadů na bezpečnost a spolehlivost ES ČR a Aktualizace potenciálu větrné energie v České republice. Analýza zohledňuje dotační programy, očekávané financování, přírůstky výkonu bez dotační podpory atd. Tato predikce počítá s využitím přes 9000 ha půdy pro fotovoltaické parky, které budou stavěny převážně na tzv. brownfieldech to jsou plochy, které jsou nedostatečně využívány a zanedbané. Avšak při takto velkých rozlohách nelze vyloučit stavbu ani na méně bonitních plochách. Také se předpokládá stavba decentralizovaných elektráren na soukromých a komerčních budovách. Tyto kroky jsou snahou o snížení emisí skleníkových plynů ve snaze přispět k ochraně životního prostředí a udržitelnému rozvoji energetického sektoru. [36], [37], [38], [39]



Obrázek 25 Predikce instalovaného výkonu fotovoltaických a větrných elektráren v ČR [37]

#### 4.4 Obnovitelné zdroje a akumulace energie

Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů a její akumulace jsou klíčové pro přechod na udržitelnou energetiku a rozvoj elektromobility. S ohledem na ekologičnost se elektromobilita stala populárnější, přičemž její výhodou je hlavně absence lokálního znečištění, což je

důsledkem absence výfukového systému. Avšak je důležité brát v potaz veškeré ekologické dopady, jako je nepřímé znečištění, které vzniká při výrobě baterií a získávání energie z neekologických zdrojů. Z tohoto důvodu se v současné době vynakládá značná snaha na přechod k obnovitelným zdrojům, které nabízejí menší ekologické dopady na životní prostředí. Avšak výroba a použití těchto zdrojů energie s sebou nese řadu výzev a problémů. Mezi hlavní překážky se řadí vysoké náklady, vysoký rozptyl výkonu, který je dán závislostí na přírodních podmínkách zejména na světelných a povětrnostních a s tím spojenou nutností redukce výkonových špiček například akumulací energie. Další výzvou je rozložení obnovitelných zdrojů v krajině. Výstavba větrných a solárních elektráren na velkých plochách může mít dopad na krajinný ráz a na faunu a flóru v dané oblasti. Proto je důležité jejich správné začlenění do krajiny nebo výstavba na tzv. brownfieldech.

Existuje řada různých technologií pro ukládání energie jako jsou baterie, vodní nádrže, setrvačnický, stlačený vzduch nebo výroba vodíku. Výzkum a vývoj v této oblasti pokračuje a očekává se, že v budoucnu se objeví ještě více inovativních řešení. Jedny z nejpoužívanějších technologií pro akumulaci jsou baterie, které se momentálně využívají v menším měřítku a pro krátkodobý čas, protože jsou stále poměrně drahé a s omezenou kapacitou nebo přečerpávací vodní elektrárny, kde se ukládá větší množství energie po delší čas. V budoucnu lze očekávat, že baterie budou stále oblíbenější, protože se jejich cena a kapacita bude i nadále zlepšovat v důsledku rozvoje elektromobility. Pokud elektrické vozidlo nebude využíváno, může jeho baterie sloužit jako akumulační zdroj. Tento proces se nazývá Vehicle to Grid (V2G). To znamená, že pokud je poptávka po elektřině vyšší než nabídka, může energii dodávat zpět do sítě. Naopak při přebytku může být EV nabíjeno. Tento proces může být velmi užitečný pro optimalizaci dodávek elektřiny. Avšak elektromobil a nabíjecí stanice musí tuto technologii podporovat. Zároveň dochází k značné degradaci baterie, a proto současná většina elektromobilů tuto funkci neumožňuje. Lze předpokládat, že dokud nedojde k výraznému nárůstu kapacity je tato technologie méně využitelná. Česká republika má významné zásobníky na plyn, které by mohly být využity pro skladování vodíku. Tato skutečnost by mohla vést k budoucímu budování vodíkové akumulace. Jedná se totiž o jeden z nejlepších způsobů ukládání energie po delší časové období například přes zimní měsíce. Avšak v současné době je stále v rané fázi vývoje a existuje řada technologických a ekonomických výzev, které je třeba řešit. Jako jsou například nízká efektivita, vysoké náklady na výrobu, skladování a distribuci. Nicméně, s rostoucí poptávkou po čisté energii, je považována za jednu z možných řešení výkonových špiček. [40]

## 4.5 Baterie

Jedna z nejdůležitějších komponent ovlivňující jízdní vlastnosti elektromobilu je baterie. V současnosti se nejvíce využívají lithiium-iontové akumulátory, které v dnešní době dosahují dojezdu okolo 450 km v závislosti na jejich velikosti. Bohužel nevýhodou je vysoká hmotnost, která zvyšuje spotřebu vozidla. Avšak z toho plyne jedna výhoda, jelikož se těžké baterie umísťují do podvozku, tak je těžiště elektromobilu blíže k zemi a zlepšuje se kontrola vozidla na vozovce. Dalším problémem je jejich hořlavost. Nutné je podotknout, že šance na vzplanutí elektromobilu je výrazně nižší než u vozidla se spalovacím motorem. Avšak v případě vznícení je velice obtížné EV uhasit, protože baterie obsahuje hořčík, který při svém hoření produkuje kyslík, takže oheň nepotřebuje dodávku kyslíku ze svého okolí. Nedávný pokrok v oblasti kapacity akumulátorů byl způsoben zejména nárůstem poptávky. Předpokládá se, že poptávka po bateriích bude v budoucnosti i nadále narůstat, což povede k dalšímu vývoji, který bude mít za následek zvýšení účinnosti a snížení nákladů na baterie, a to použitím méně vzácných kovů např. menším množstvím kobaltu. [41]

Jelikož je výroba akumulátoru velice energeticky náročná. Vzniklo několik studií, které se zaměřují na množství spotřebované energie při výrobě. Ale většina z nich je diametrálně

odlišných, protože některé studie počítají jenom s výrobou bateriových článků, elektrod atd. Jako relevantní se jeví studie IVL (IVL Swedish Environmental Research Institute) a dokument Global EV Outlook od IEA, které analyzují předešlé studie. Z IVL vyplývá, že spotřebovaná energie se pohybuje v rozmezí 350 až 650 MJ na kWh kapacity. Z toho je nejvíce energie vyžadována na výrobu elektrod, elektrolytu a pro těžbu a rafinaci surovin. Lze předpokládat, že se spotřeba elektrické energie pro výrobu akumulátoru bude snižovat důsledkem pokračujícího vývoje a zvyšování sériovosti. [41], [42]

Bateriová akumulace je jedním z klíčových prvků pro intenzivnější využívání solárních a větrných elektráren. Lze předpokládat, že dojde k jejímu rozvoji kvůli poklesu cen technologie a stavbě nových fotovoltaických elektráren. Pravděpodobně se budou používat jak malá úložiště pro rodinné domy, tak i velká stacionární centra dosahující výkonů až desítek MW. Rychlost rozvoje bude podmíněna ekonomické návratnosti investice. Očekává se s obdobným vývojem jako v Německu jen posunutý v čase. Po roce 2030 by mělo být pokryto 20 % podílu výkonu FVE, kde je uvažován poměr výkonu a kapacity baterií 1 MW na 2 MWh energie. [37]

#### **4.6 Shrnutí**

Elektromobilita se stává stále populárnější, ale s růstem počtu EV na silnicích se zároveň zvyšuje poptávka po elektřině. Celkový nárůst dodávek elektřiny způsobené elektromobilitou závisí na mnoha faktorech, jako je jejich spotřeba, účinnost nabíjení a denní ujetá vzdálenost. Tyto faktory ovlivňují množství elektřiny, které bude potřeba vyrobit, stejně jako její ekologickou udržitelnost. Spotřeba elektromobilů se významně liší, tento rozdíl je především dán stylem jízdy, jízdními podmínkami, typem a efektivností vozu, která je ovlivněna aerodynamikou, způsobem chlazení baterie a s tím spojenou její teplotou, tloušťkou pneumatik atd. Podle výše uvedeného výpočtu je spotřeba jednoho elektromobilu zhruba 3000 kWh za rok. Nicméně se jedná o teoretický výpočet, jehož skutečná hodnota může vykazovat určité odchylky, avšak i přesto lze tuto hodnotu použít pro orientační představu. V případě, že by se střední scénář studie NAP penetrace elektromobility pro rok 2040 stal realitou, tak by se po českých silnicích pohybovalo zhruba 2,3 milionu elektrických vozidel (35 % všech osobních automobilů), jejichž spotřeba by dosáhla hodnoty 7 TWh, což odpovídá zhruba 10 % celkové výroby energie. Zhruba stejnou produkci má jeden blok v Temelíně nebo předpokládaný výkon nového bloku v Dukovanech. Větší množství vozidel s elektrickým pohonem než se spalovacím motorem lze předpokládat až za delší časový horizont, pravděpodobně až při snížení ceny, zvýšení dojezdu a zajištění potřebné infrastruktury nabíjecích stanic. Pokrytí takové spotřeby lze relativně snadno docílit pomocí elektráren na fosilní paliva, ale to je v rozporu s hlavním důvodem, proč je elektromobilita tak propagována, a to je její ekologičnost.

Česká republika, jako mnoho jiných zemí, stojí před výzvou zajistit dostatečné množství energie pro svoji ekonomiku a obyvatelstvo. Aktuální energetický mix zahrnuje různé zdroje, ale největší složku tvoří fosilní paliva, především uhlí, z kterého se vyrábí zhruba 40 % celkové elektřiny. Tento podíl se však postupně snižuje, a to zejména díky přísnějším ekologickým požadavkům. Proto se do popředí dostávají obnovitelné zdroje elektřiny, které produkují okolo 13 % celkového množství elektřiny. Avšak v budoucnu se očekává jejich růst, zejména solárních, popřípadě větrných elektráren. Tyto zdroje však trpí nestabilitou, což je způsobeno vlivem proměnlivých přírodních podmínek jako je síla větru nebo intenzita slunečního světla. Z tohoto důvodu se pro tlumení výkonových špiček využívají paroplynové elektrárny, které produkují zhruba o polovinu méně emisí CO<sub>2</sub> než uhelné. Zde však nastává problém se závislostí na zemním plynu. Nedílnou součástí energetického mixu jsou dvě jaderné elektrárny, Temelín a Dukovany, které dohromady vyrábějí okolo 36 % celkového množství elektřiny. V reakci na rostoucí poptávku po elektřině a snahu minimalizovat emise skleníkových plynů se předpokládá výstavba nového bloku v Dukovanech, který by měl těmto cílům pomoci. Zároveň

se v posledních letech klade velký důraz na minimalizaci ztrát energie, zejména u spotřebičů a budov. Ačkoli se relativně úspěšně snižuje jejich energetická náročnost, tak celková spotřeba stále mírně stoupá a v budoucnu lze očekávat ještě větší nárůst vlivem elektromobility.

Akumulace energie má schopnost regulovat výkonové špičky. Zvýšení podílu obnovitelných zdrojů a rozvoje elektromobility povede k větší fluktuaci výroby a distribuce energie, což bude vyžadovat spolehlivou síť. S tímto problémem může pomoci účinná akumulace elektřiny. Existují různé technologie pro její skladování, včetně přečerpávacích vodních elektráren, setrvačnicků, kompresorů, baterií, výroby vodíku a každá z nich má své výhody a nevýhody. S rozvojem elektromobility se baterie budou stávat stále důležitějším prvkem pro akumulaci energie. V současné době jsou však stále poměrně drahé a mají omezenou kapacitu, což způsobuje vysoké náklady na skladování. Nicméně s vývojem technologií se očekává, že se stanou levnějšími a dojde k nárůstu kapacity. Navíc, s větší sériovostí a efektivnější výrobou, se baterie stanou přístupnějšími a více rozšířenými, a tudíž umožní lepší ekonomickou návratnost. Otevírá se zde také možnost využití baterií přímo uvnitř elektrických vozidel pro obousměrný přenos elektřiny, ale zde nastává sada problémů. Tato technologie V2G musí být podporována jak elektromobilem, tak nabíjecí stanicí. Zároveň dochází k mnohem rychlejší degradaci baterie, a proto v současnosti není tato technologie hojně využívána. Aby došlo k její masivní implementaci je zapotřebí buď značný nárůst kapacity baterie, nebo snížení degradace. Při výrobě baterií může nastat problém s nedostatkem vzácných kovů a lithia, a proto bude nutné docílit dostatečné těžby a snížit jejich potřebný výrobní podíl. Jiné technologie akumulace energie mají výhody pro určité aplikace. Přečerpávací vodní elektrárny jsou vhodné jako dlouhodobé úložiště, zatímco setrvačnický a kompresory jsou užitečné pro krátkodobé akumulace, protože poskytují okamžitou reakci. V budoucnu by se výroba vodíku mohla stát významným prvkem akumulace energie, ale nejdříve je nutné vyřešit několik problémů jako jsou vysoké náklady na výrobu, skladování a distribuci, což je spojené s nízkou efektivitou současných vodíkových technologií. Celkově lze říci, že akumulace energie bude pravděpodobně klíčová k dosažení cílů energetického systému.

## 5 Závěr

Bakalářská práce se zabývá dopady elektromobility na rozvodnou síť, elektroenergetiku České republiky a možností nabíjení. Je velmi pravděpodobné, že automobily se spalovacími motory budou nahrazeny elektrickými vozidly, a to z důvodu zmenšení závislosti na ropě, přísnějšími normami EU, politice nebo přechodu na obnovitelné zdroje energie a s tím spojené ekologičnosti. Proto je důležité se na tento rozvoj připravit, protože elektromobilita přináší jak spoustu výhod, tak i úskalí, které je třeba vyřešit, jako například dostatek nabíjecích stanic, pokrytí zvýšené spotřeby, robustnější elektrickou síť atd.

První část práce se zabývá nabíjecí infrastrukturou a nastiňuje krátkou historii elektromobilů. Většina uživatelů elektrických vozidel v současnosti preferuje domácí nabíjení. Jelikož se jedná o nejpohodlnější a zároveň zpravidla nejekonomičtější způsob doplnění energie. Nicméně v budoucnu se očekává, že tento způsob bude tvořit menší podíl, zejména kvůli zlepšené cenové dostupnosti elektromobilů, protože obyvatelé panelových domů nebudou mít obvykle možnost takového nabíjení u své budovy. Další variantou je nabíjení v práci, kde většina lidí pobývá podstatnou část dne, kterou lze využít pro doplnění energie v elektromobilu. Firmy by tím dosáhly jak nového benefitu pro zaměstnance, tak lepší PR. Zároveň dotačně nebo daňově zvýhodněná výstavba takových stanic by probíhala mnohem rychleji, což by vedlo ke sníženému náporu na veřejné stanice. Momentálně na jedno elektrické vozidlo včetně hybridů připadá zhruba 9 dobíjecích bodů a za posledních pár let proběhla jejich poměrně rapidní výstavba. Do budoucna se očekává ještě s rychlejším budováním stanic nejvíce u obchodních center a významných silničních tahů. U kterých bude zásadní rychlost dobíjení, která je převážně dána výkonem nabíjecí stanice. Lze tedy předpokládat, že v okolí dálnic budou hlavně stanice s výkonem přesahující 50 kW, které dobijí vozidlo během pár minut, ale s větším výkonem rostou i ztráty. Rychlost doplnění energie elektromobilu je podmíněna stavem jeho baterie a zároveň zajištěním její optimální teploty. V dnešní době se setkáváme s mnoha různými typy nabíjecích konektorů pro elektromobily (CCS, Chademo, Typ 1 atd.), což může být pro uživatele EV zdrojem potíží. Proto se vynořuje potřeba sjednocení na jeden standardizovaný typ, což je i cílem Evropské unie.

Následující kapitola se věnuje dopadům elektromobility na elektrickou síť v České republice. Jelikož se ČR nachází uprostřed Evropy, tak slouží jako tranzitní země a přenáší masivní množství elektřiny. To zároveň s historickým vývojem přispělo k poměrně robustní elektrické síti. Výkony nabíjecích stanic mají velký dopad na zatížení sítě, a proto je důležitá komunikace mezi provozovateli stanic a distribučních soustav. Pokud bude společnost spravující síť znát počet stanic o jmenovitých výkonech v budoucí plánované výstavbě, může zajistit potřebné úpravy pro stabilitu sítě. Předpokládá se, že největší problémy s elektroenergetickou infrastrukturou nastanou v oblasti velkých měst zejména v Praze. Zde bude nutné zvážit rekonstrukci stávajících vedení a transformačních stanic, popřípadě výstavbu zcela nových. Další komplikace nastává u venkovských vedení, které jsou často tvořeny nevyhovujícími délkami vývodů. Zároveň u dřívějších sídlištních zástaveb lze najít řadu nevyhovujících vývodů. Proto EU stanovila minimální požadavky v oblasti elektromobility pro všechny nové stavby. Pouze 2 % celkové výměry vysokonapěťového vedení se jeví jako problematické, proto se zde neočekává výrazná změna. Pro zajištění dostatečné stability sítě je zapotřebí zohlednit výkonové špičky, které budou zpravidla v pracovní dny dosahovat maxim kolem 18 hodiny. Hlavní důvod je příjezd uživatelů elektromobilů z práce a začátek nabíjení firemních vozidel. Tyto nárůsty výkonů lze snížit pomocí akumulace energie nebo vhodnou motivací uživatelů elektromobilů například zlevněním dobíjení mimo špičkovou dobu, popřípadě zavedením tzv. chytré sítě, která reguluje rychlost nabíjení. Jednotlivé scénáře pracují s relativně velkou výkonovou odchylkou, a proto by se síť měla dimenzovat na maximální predikované zatížení.

Nárůst počtu elektrických vozidel je spojen s větší poptávkou po elektřině, které bude potřeba vyrobit více a zaručit její ekologickou udržitelnost. Spotřeba elektromobilů se významně liší v závislosti na mnoha parametrech (typ a efektivita vozu, styl jízdy atd.). Podle výše uvedeného výpočtu je průměrná spotřeba jednoho elektromobilu 3000 kWh za rok. Nicméně se jedná o teoretický výpočet, takže reálná hodnota může vykazovat určité odchylky, ale pro orientační představu je dostačující. V současnosti jezdí po českých silnicích malá část vozidel na elektrický pohon, ale očekává se, že do roku 2040 se bude v ČR pohybovat okolo 2,3 miliónu takových vozidel, což odpovídá zhruba 35 % všech osobních automobilů a jejich spotřeba dosáhne hodnoty 7 TWh, což odpovídá zhruba 10 % celkové výroby energie nebo předpokládanému výkonu nového bloku v Dukovanech. V současnosti energetický mix České republiky zahrnuje různé zdroje, ale největší složka je tvořena fosilními palivy, především uhlí. Avšak očekává se, že tento podíl bude v důsledku přísnějších ekologických požadavků klesat. Proto se do popředí dostávají obnovitelné zdroje, které produkují okolo 13 % celkového množství elektřiny. Zároveň se očekává jejich značný růst, zejména solárních elektráren. Bohužel tyto zdroje trpí nestabilitou, která je způsobena vlivem proměnlivých přírodních podmínek. Proto bude nutná regulace výkonových špiček. Z tohoto důvodu se používají paroplynové elektrárny, které produkují méně emisí CO<sub>2</sub> než uhelné. Avšak problém nastává se závislostí na zemním plynu. Další řešení snížení výkonových špiček je akumulace energie, pro kterou existuje celá řada různých způsobů. V současnosti jsou nejvíce využívány přečerpávací vodní elektrárny, které se hodí zejména pro dlouhodobější skladování energie. S rozvojem elektromobility se budou baterie dále zlepšovat a poskytovat lepší ekonomickou návratnost. Lze tedy očekávat jejich budoucí značné využití pro akumulaci energie. Závěrem lze konstatovat, že akumulace energie bude pravděpodobně zásadní pro dosažení stanovených cílů energetického systému.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BERGMANN, Petr. Historie elektromobilů od prvního elektromotoru po současnost. In: *Elektrickévozy.cz* [online]. České Budějovice: ArteMan, 2021 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://elektrickévozy.cz/clanky/historie-elektromobilu-od-prvniho-elektromotoru-po-soucasnost>
- [2] DUSIL, Tomáš. EMA 1. In: *Auto.cz* [online]. Praha: Czech News Center, 2017 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/ema-1-toto-je-prvni-ceskoslovensky-elektromobil-jak-vznikl-jezdil-a-kde-je-dnes-k-videni-104521>
- [3] WAGENKNECHT, Martin. Historie elektromobilů: 1. díl – úsvit elektromobilů. In: *Fdrive.cz* [online]. Praha, 2016 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/1-era-elektromobilu-185>
- [4] Elektromobil pro všechny. První kilometry s VW ID.3 křížem kráčem Českem. In: *Idnes.cz* [online]. Praha: Mafra, 2020 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/auto/magazin/vw-volkswagen-id-3-elektromobil-jizda.A200830\\_075713\\_auto\\_testy\\_nyv?zdroj=vybava\\_idnes](https://www.idnes.cz/auto/magazin/vw-volkswagen-id-3-elektromobil-jizda.A200830_075713_auto_testy_nyv?zdroj=vybava_idnes)
- [5] BENEŠ, Petr a Tomáš KAZDA. Chování baterie elektromobilu během cesty v mrazu. In: *Autonabijecka.cz* [online]. Brno: Phoenix Contact, 2021 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.autonabijecka.cz/chovani-baterie-elektromobilu-behem-cesty-v-mrazu/>
- [6] *Dílčí studie pro pracovní tým A25 - Predikce vývoje elektromobility v ČR* [online]. Praha: MPO, 2018 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/konference-seminare/2018/11/Studie-NAPS-SG-A25\\_Elektromobilita.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/konference-seminare/2018/11/Studie-NAPS-SG-A25_Elektromobilita.pdf)
- [7] Seznam veřejných dobíjecích stanic — stav k 31. 12. 2022. *Mpo.cz* [online]. Praha: MPO, 2023 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/statistika-a-evidence-cerpacich-a-dobijecich-stanic/seznam-verejnych-dobijecich-stanic--stav-k-31--12--2022--271957/>
- [8] Mapa nabíjecích stanic. In: *Fdrive.cz* [online]. Praha [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/mapa-nabijecich-stanic>
- [9] Czech Republic: Infrastructure. In: *Commission.europa.eu* [online]. European Alternative Fuels Observatory, 2020 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/czech-republic/infrastructure>
- [10] V ČR jezdí 8500 elektromobilů, využívají už 1400 dobíjecích míst. In: *Hybrid.cz* [online]. Brandýs nad Labem-Stará Boleslav: Chamanne, 2021 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/v-cr-jezdi-8500-elektromobilu-vyuzivaji-uz-1400-dobijecich-mist/>
- [11] Počet elektromobilů v ČR. *Ekovozy.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.ekovozy.cz/>
- [12] *Aktualizace predikce vývoje elektromobility v ČR do roku 2045* [online]. Praha: MPO, 2021 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2022/2/Elektromobilita\\_predikce-do-2045.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2022/2/Elektromobilita_predikce-do-2045.pdf)
- [13] *Dopravní politika České republiky pro období 2021 – 2027 s výhledem do roku 2050* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2021 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Dopravni-politika-Ceske-republiky-pro-obdobi-2021/Dopravni\\_Politika\\_CR\\_CZ.pdf.aspx](https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Dopravni-politika-Ceske-republiky-pro-obdobi-2021/Dopravni_Politika_CR_CZ.pdf.aspx)
- [14] *Aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility* [online]. Praha: MPO, 2019 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.cappo.cz/media/1126/aktualizace-nap-cm.pdf>



- [15] *Global EV Outlook 2017* [online]. Paříž: International Energy Agency, 2017 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/8e353b65-961e-4952-9119-9f7ec9d2d682/GlobalEVOutlook2017.pdf>
- [16] ELEKTROMOBILITA 2020. In: *Nextech* [online]. Bratislava: Digital Visions, 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.nextech.sk/a/Kompletne-vydanie-rocenky-ELEKTROMOBILITA-2020-vo-formate-PDF>
- [17] ČEZ, Škoda Auto, PRE, E.ON a ČVUT založily Elektromobilní platformu. In: *Auto.cz* [online]. Praha: Czech News Center, 2022 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/cez-skoda-auto-pre-e-on-a-cvut-zalozily-elektromobilni-platformu-143339>
- [18] Nové rychlodobíjecí stanice ČEZ pro elektromobily dodá ABB. In: *Skupina ČEZ* [online]. Praha: ČEZ, 2016 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/nove-rychlodobijeci-stanice-cez-pro-elektromobily-doda-abb-44633>
- [19] SRB, Luboš. CHAdEMO dostalo smrtelnou ránu! V Evropě a Americe už jej nebude mít žádný nový elektromobil. In: *Elektrickévozy.cz* [online]. České Budějovice: ArteMan, 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/chademo-dostalo-smrtnou-ranu-v-evrope-a-americe-uz-jej-nejbude-mit-zadny-novy-elektromobil>
- [20] Typy konektorů pro nabíjení EV ve světě. In: *Evexpert* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum/typy-konektoru-pro-nabijeni-ev-ve-svete>
- [21] Historie a současnost distribuční soustavy elektrické energie v ČR. In: *Elektrina.cz* [online]. Praha, 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/historie-a-soucasnost-distribucni-soustavy-v-cr>
- [22] Distribuční soustava. In: *Svět energie* [online]. 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/distribuce-elektriny/distribuce-elektricke-energie-podrobne/distribucni-soustava/vyklad>
- [23] Distribuční soustava. In: *Informační portál* [online]. 2018 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/distribucni-soustava#article-top>
- [24] GALETKA, Martin. Přenosová soustava elektrické energie. In: *TZBinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2016 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/13676-prenosova-soustava-elektricke-energie>
- [25] Technická data. In: *ČEZ Distribuce* [online]. Praha: ČEZ Distribuce, 2022 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/distribucni-soustava/technicka-data>
- [26] Technické informace. In: *PREdistribuce* [online]. Praha: PREdistribuce, 2023 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/cs/distribucni-sit/technicke-informace/>
- [27] Údaje o PS. In: *ČEPS* [online]. Praha, 2022 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/udaje-o-ps>
- [28] *Dopad elektromobility do DS ČR* [online]. Brno: EGÚ Brno, 2019 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2020/3/Integrace-emobility-loadflow-studie-EGU.pdf>
- [29] Spotřeba elektřiny v ČR: Stagnace nebo další růst? In: *Elektrina.cz* [online]. Praha, 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/spotreba-elektriny-v-cr>
- [30] BĚHAL, Robin. Elektromobily mají v zimě stejný problém jako mobily. Za rychlejším vybíjením ale není jen topení. In: *Autosalon.tv* [online]. Praha: CAR PR Media, 2022



- [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.autosalon.tv/novinky/ridicuv-chleba/elektromobily-maji-v-zime-stejny-problem-jako-mobilni-telefony-v-zime-se-rychle-vybiji-proc>
- [31] MAJER, Karel. Data majitelů prozradila, jak moc jsou elektromobily náchylné na zimu. Dojezd jim prudce klesá. In: *Autosalon.tv* [online]. Praha: CAR PR Media, 2021 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.autosalon.tv/novinky/ridicuv-chleba/elektromobil-je-jako-teplomer-s-klesajici-teplotou-pada-jeho-dojezd-az-o-40-procent-ukazuji-data>
- [32] Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy ČR pro rok 2020. *ERU* [online]. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2021. rev. 2022 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/rocni-zprava-o-provozu-elektrizacni-soustavy-cr-pro-rok-2020>
- [33] *Hodnocení zdrojové přiměřenosti ES ČR do roku 2040* [online]. Praha: MPO, 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2021/2/Hodnoceni-zdrojove-primerenosti-ES-CR- 2020 .pdf>
- [34] Česká energetika ve 21. století. In: *Skupina ČEZ* [online]. Praha: ČEZ [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/nove-jaderne-zdroje/proc-nova-jaderna-elektrarna/ceska-energetika-ve-21.-století>
- [35] ROČNÍ ZPRÁVA O PROVOZU ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY ČR PRO ROK 2021. *ERU* [online]. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2022. rev. 2023 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/rocni-zprava-o-provozu-elektrizacni-soustavy-cr-pro-rok-2021>
- [36] *Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu* [online]. 2019 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.cappo.cz/media/1128/vnitrostani-plan-cr-v-oblasti-energetiky-a-klimatu\\_final.pdf](https://www.cappo.cz/media/1128/vnitrostani-plan-cr-v-oblasti-energetiky-a-klimatu_final.pdf)
- [37] *Hodnocení zdrojové přiměřenosti ES ČR do roku 2040* [online]. Praha: MPO, 2021 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2022/2/Hodnoceni-zdrojove-primerenosti-elektrizacni-soustavy-CR- 2021 \\_v2.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2022/2/Hodnoceni-zdrojove-primerenosti-elektrizacni-soustavy-CR- 2021 _v2.pdf)
- [38] *Zpráva o budoucí očekávané spotřebě elektřiny a plynu a o způsobu zabezpečení rovnováhy mezi nabídkou a poptávkou elektřiny a plynu* [online]. OTE, 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/o-spolecnosti/soubory-vyrocní-zprava-ote/oddr-2020-souhrn.pdf>
- [39] *Rozvoj obnovitelných zdrojů do roku 2030* [online]. Deloitte, 2019 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/cz/cs/pages/energy-and-resources/articles/rozvoj-obnovitelných-zdroju-do-roku-2030.html>
- [40] Fyzika a klasická energetika. In: *3pol.cz* [online]. 2022 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/fyzika-a-klasicka-energetika/2841-v2g-znamena-vehicle-to-grid>
- [41] *Global EV Outlook 2019* [online]. Paříž: International Energy Agency, 2019 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>
- [42] ROMARE, Mia a Lisbeth DAHLÖF. *The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries* [online]. Stockholm: IVL, 2017 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/forskning--innovation/transporter/c243-the-life-cycle-energy-consumption-and-co2-emissions-from-lithium-ion-batteries-.pdf>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

<b>Symbol</b>	<b>Veličina</b>	<b>Jednotka</b>
EV	Elektrické vozidlo	
EU	Evropská unie	
ČR	Česká republika	
ČEZ	České energetické závody	
PRE	Pražská energetika	
AFIR	Alternative fuels infrastructure regulation	
AC	Alternating current (střídavý proud)	A
DC	Direct current (stejnoseměrný proud)	A
Kč	Česká koruna	
PR	Public relations (vztahy s veřejností)	
BEV	Battery Electric Vehicle (bateriové elektrické vozidlo)	
V2X	Vehicle to everything	
ČEPS	Česká elektroenergetická přenosová soustava	
VN	Vysoké napětí	V
NN	Nízké napětí	V
NAP	Národní akční plán	
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu	
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý	
FVE	Fotovoltaické elektrárny	
VTE	Větrné elektrárny	
V2G	Vehicle to grid	
IEA	Mezinárodní agentura pro energii	
BRKO	Biologicky rozložitelná část komunálního odpadu	