



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

**FAKULTA STROJNÍ**

Modelování ekonomicko-energetického potenciálu  
technologie V2G v dynamicky proměnném prostředí

Diplomová práce

Bc. Albert Caban

Studijní program: Řízení průmyslových systémů

Vedoucí práce: Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.

Datum odevzdání: 19.05.2023

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Caban** Jméno: **Albert** Osobní číslo: **482400**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**  
Studijní program: **Řízení průmyslových systémů**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Modelování ekonomicko-energetického potenciálu technologie V2G v dynamicky proměnném prostředí**

Název diplomové práce anglicky:

**Modelling of Economic and Energy Potential of V2G Technology in Dynamically Variable Environment**

Pokyny pro vypracování:

1. Charakterizujte technologii V2G, její aktuální stav z hlediska rozvoje a předpoklady pro budoucí větší využitelnost.
2. Analyzujte příklady současných realizací a charakter plánovaných projektů v této oblasti.
3. Uveďte hlavní benefity a úskalí technologie V2G.
4. Vytvořte model pro zhodnocení vhodnosti využití V2G vozidel na základě ekonomických, environmentálních a energetických aspektů.
5. Navržený model použijte k posouzení využitelnosti této technologie v konkrétních případech.

Seznam doporučené literatury:

1. ADISON, Johanna. New Generation of Electric Vehicles. NY: Scitus Academic, 2016. ISBN 978-1-68117-655-0.
2. PATEL, Mukund R. a Omid BEIK. Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and Operation. Third Edition. NW: CRC Press, 2021. ISBN 978-0-367-47693-9.
3. MOJUMDER, Rayid Hasan, Fahmida Ahmed ANTARA, Md. HASANUZZAMAN, Basem ALAMRI a Mohammad ALSHAREF. Electric Vehicle-to-Grid (V2G) Technologies: Impact on the Power Grid and Battery. Sustainability, MDPI, 2022. vol. 14(21), pages 1-53. DOI: 10.3390/su142113856.
4. JONES, Laura, Kathryn LUCAS-HEALEY, Björn STURMBERG, Hugo TEMBY a Monirul ISLAM. The A-Z of V2G: A comprehensive analysis of vehicle-to-grid technology worldwide. January 2021. Dostupné z: [https:// apo-nid311127.pdf](https://apo-nid311127.pdf).

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Barbora Stieberová, Ph.D. ústav řízení a ekonomiky podniku FS**

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

Datum zadání diplomové práce: **04.04.2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **21.07.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **29.02.2024**

Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **Anotační záznam**

Jméno autora:	Bc. Albert Caban
Název práce:	Modelování ekonomicko-energetického potenciálu technologie V2G v dynamicky proměnném prostředí
Anglický název:	Modelling of Economic and Energy Potential of V2G Technology in Dynamically Variable Environment
Rozsah práce:	100 stran 55 obrázků 15 grafů
Akademický rok:	2022/2023
Ústav:	12 138 Ústav řízení a ekonomiky podniku
Vedoucí práce:	Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.
Klíčová slova:	energetika, elektromobilita, obnovitelné zdroje, baterie, V2G, efektivita
Key words:	energy, electromobility, renewables, batteries, V2G, efficiency

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: “Modelování ekonomicko-energetického potenciálu technologie V2G v dynamicky proměnném prostředí” vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu referencí.

V Praze dne:

.....

(podpis autora)

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval zejména své vedoucí, doktorce Barboře Stieberové, za vedení práce, za skvělou komunikaci, vstřícnost a trpělivost. Její přístup mi byl silnou oporou nejen z hlediska konzultací, ale také ve formě doporučení studijních materiálů a předávání zkušeností.

Rád bych však poděkoval i všem těm, kteří mi během nelehkého období, které psaní práce provázelo, byli na blízku. Právě jejich podpora a inspirace mi významnou měrou napomohli k úspěšnému dokončení této diplomové práce.

## **Abstrakt**

Energie je elementárním zdrojem lidského pokroku, poznání a prosperity. Její role je tak zcela zásadní i v čím dál častěji akcentované myšlence udržitelnosti. Nové způsoby výroby elektrické energie, její ukládání a efektivnější využívání, právě s těmito oblastmi úzce souvisí technologie Vehicle-to-Grid, které se následující diplomová práce věnuje. Tato na první pohled nelogická koncepce má významný potenciál být součástí procesu redefinice našeho přístupu k energetice a sehrát v ní svou klíčovou roli. Její potenciální přínos, spočívající v umožnění většího využití obnovitelných zdrojů a efektivnějšího nakládání s energií, je závislý na několika proměnných a trendech. Právě jejich vliv a význam jsou na následujících stranách v rovině teoretické i praktické popsány.

Smyslem a vizí této práce je technologii v jejím příslušném kontextu popsat, inspirovat k pochopení jejího potenciálu a nabídnout částečná východiska a nástroje k jejímu smysluplnému současnému i budoucímu uplatnění. Jedním z takových nástrojů je i komplexní model, tvořící praktickou část této práce.

## **Abstract**

Energy is the elemental source of human progress, knowledge and prosperity. Its role is thus also crucial in the increasingly emphasised idea of sustainability. New ways of generating electricity, storing it and using it more efficiently, those are precisely the areas that are closely related to Vehicle-to-Grid technology, which is the focus of the following thesis. This seemingly illogical concept has a significant potential to be part of the process of redefining our approach to energy and to play a key role in it. Its potential benefits, in terms of enabling greater use of renewables and more efficient energy management, depend on several variables and trends. It is their influence and importance which this thesis describes in the following pages in both theoretical and practical terms.

The purpose and vision of this thesis is to describe the technology in its relevant context, to inspire an understanding of its potential and to offer partial starting points and tools for its meaningful current and future application. One such tool is a comprehensive model presented in the practical part of this thesis.

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2. DEFINICE V2G</b> .....	<b>10</b>
2.1. CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE.....	11
2.2. PŘÍKLADY VHODNÝCH VYUŽITÍ TECHNOLOGIE V2G.....	13
2.3. PŘÍKLADY AKTUÁLNÍCH REALIZOVANÝCH PROJEKTŮ.....	15
<b>3. POTENCIÁL TECHNOLOGIE A ZASAZENÍ DO AKTUÁLNÍ SITUACE</b> .....	<b>17</b>
3.1. POPIS SOUČASNÉ ENERGETICKÉ SITUACE.....	17
3.2. KLÍČOVÝ PROBLÉM OBNOVITELNÉ ENERGETIKY.....	19
3.3. DÍLČÍ DATA A PREDIKCE NA ROK 2030 .....	22
3.4. MODELOVÝ POTENCIÁL V2G DLE PŘÍSLUŠNÝCH PREDIKCÍ.....	23
3.5. VIZE IDEÁLNÍHO STAVU.....	24
<b>4. HLAVNÍ PŘEKÁŽKY A MOŽNOSTI JEJICH ŘEŠENÍ</b> .....	<b>26</b>
4.1. TECHNICKÉ .....	26
4.1.1. Kompatibilita .....	26
4.1.2. Správa sítě.....	27
4.1.3. Nárazová destabilizace sítě vlivem V2G .....	27
4.1.4. Převod AC/DC .....	28
4.1.5. Kybernetická ochrana .....	28
4.1.6. Zvýšená degradace baterií .....	28
4.2. LEGISLATIVNÍ.....	29
4.3. FINANČNÍ.....	30
4.4. SOCIÁLNĚ-BEHAVIORÁLNÍ.....	31
4.5. NEZBYTNOST MEZIOBOROVÉ SPOLUPRÁCE.....	33
4.6. PRODLOUŽENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU BATERIÍ DÍKY SEKUNDÁRNÍMU VYUŽITÍ .....	34
<b>5. ZÁVĚRY A POZNATKY Z AKTUÁLNÍCH VĚDECKÝCH PUBLIKACÍ</b> .....	<b>37</b>

<b>6. EKONOMICKO-ENERGETICKÝ DYNAMICKÝ MODEL FIRMY VYUŽÍVAJÍCÍ TECHNOLOGII V2G.....</b>	<b>40</b>
6.1. <i>OBEČNÝ POPIS MODELU.....</i>	40
6.2. <i>PŘÍNOS MODELU A JEHO INFORMAČNÍ HODNOTA .....</i>	40
6.3. <i>ILUSTRAČNÍ APLIKACE MODELU NA REÁLNÝCH DATECH A VYSVĚTLENÍ UŽIVATELSKÉHO POSTUPU.....</i>	41
6.4. <i>POPIS KALKULAČNÍ LOGIKY MODELU VČETNĚ METODIKY A ZDROJŮ POUŽÍVANÝCH DAT.....</i>	55
6.5. <i>VYUŽÍVANÉ FUNKCIONALITY MS EXCEL .....</i>	64
6.6. <i>TECHNICKÉ LIMITACE POUŽITÉHO KONCEPTU MODELU.....</i>	73
6.7. <i>CITLIVOSTNÍ ANALÝZA PROMĚNNÝCH A OVĚŘOVÁNÍ HYPOTÉZ.....</i>	74
6.7.1. <i>Profil spotřeby .....</i>	76
6.7.2. <i>Zvolená lokalita .....</i>	77
6.7.3. <i>Nákupní a prodejní cena .....</i>	77
6.7.4. <i>Dynamické ceny.....</i>	77
6.7.5. <i>Diskontní sazba.....</i>	78
6.7.6. <i>Solární a větrný výkon.....</i>	78
6.7.7. <i>Velikost pevné baterie .....</i>	79
6.7.8. <i>Profil využití V2G .....</i>	79
6.7.9. <i>Emisní stopa .....</i>	81
6.8. <i>ILUSTRAČNÍ SCÉNÁŘE .....</i>	82
6.1.1. <i>Ideální pro využití V2G .....</i>	82
6.1.2. <i>Nevhodné pro využití V2G.....</i>	82
6.1.3. <i>Nevhodné pro jakoukoliv formu akumulace .....</i>	82
6.1.4. <i>Firma ideální pro instalaci obnovitelných zdrojů.....</i>	83
6.1.5. <i>Firma nevhodná pro instalaci obnovitelných zdrojů.....</i>	83
6.9. <i>PŘÍKLAD APLIKACE A ILUSTRACE INFORMAČNÍ HODNOTY .....</i>	84
<b>7. ZÁVĚR.....</b>	<b>87</b>
<b>8. REFERENCE .....</b>	<b>88</b>
<b>9. SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>98</b>
<b>10. SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>100</b>



# 1. Úvod

Málokterá oblast se v Evropě momentálně těší takovému zájmu jako energetika. Po vniknutí ruských vojsk na území Ukrajiny se se všemi důsledky ukázalo, že energetická politika, která počítala se silnou energetickou závislostí na tomto teroristickém režimu utrpěla těžkou ránu. Zejména německá koncepce počítala s masivním přechodem na obnovitelné zdroje v kombinaci s nákupem levného ruského plynu používaného v plynových elektrárnách. Pro zajištění energetické stability byl tak rázem nevyhnutelný částečný návrat k fosilním palivům. Oprávněná a prokázaná obava z klimatické budoucnosti však nadále přetrvává a tlak na významné využití obnovitelných zdrojů proto nijak zvlášť neustává. Právě naopak. [1]

Jedním z významných problémů, jenž obnovitelnou energetiku provází je její výkonová nestabilita. Zatímco uhelné, jaderné či plynové elektrárny dokážou za předpokladu dostatku zdrojů vyrábět stabilní množství a jsou relativně snadno regulovatelné v dlouhodobém horizontu, v případě solárních a větrných elektráren je situace výrazně složitější. Významnou výzvou, které tak obnovitelná energetika čelí, je schopnost průběžného ukládání energie a rozložení její spotřeby v čase. Elektrickou energii je velmi náročné uchovávat. Jednou z cest, jak toho dosáhnout jsou přečerpávací vodní elektrárny, ty je ovšem mimořádně složité stavět ve větších počtech. Dalším potenciálním médiem je výroba vodíku. Jeho skladování je však také technicky složité a problematické. Logicky se tak nabízí nepoužívanější a nejběžnější varianta – baterie. Jejich výroba je sice také komplikovaná, a to jak technologicky, tak z hlediska těžby a dopravy vzácných kovů a dalších nezbytných složek. Existuje však segment, který baterie bezpodmínečně vyžaduje a jehož poptávka po tomto médiu bude nevyhnutelně růst, a to sice elektromobilita. Právě s ní velmi úzce souvisí téma této diplomové práce – technologie Vehicle-to-Grid. [2] [3] [4] [5]

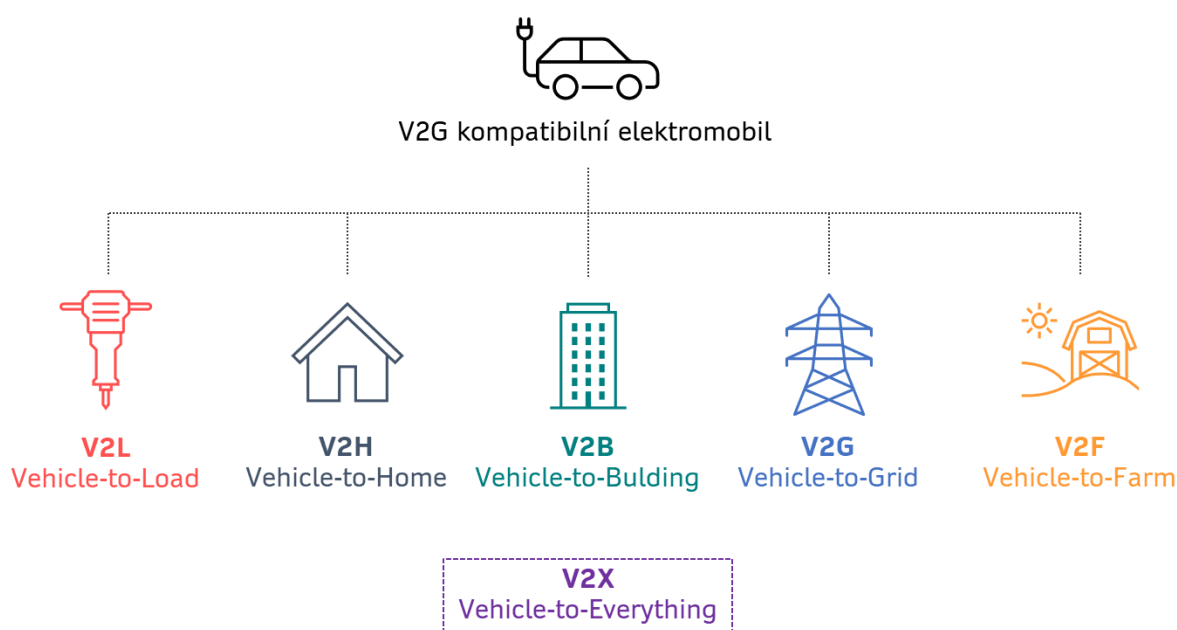
Cílem první části je vysvětlení principu této technologie, fungování, potenciálu a největších překážek a výzev, kterým čelí a čelit bude. Popsány jsou jak teoretické ideální aplikace, tak i již realizované projekty včetně jejich specifik a přínosů.

Druhá část se věnuje aplikaci této technologie v různých situacích s využitím zhotoveného simulačního modelu, zohledňující změny různých vstupních proměnných. Pakliže má být model dlouhodobě relevantní a směrodatný, je volba takovéto koncepce vzhledem k překotné dynamice této oblasti nezbytná. Popsán není jen model samotný, ale i formy a přínosy jeho využití.

Práce zcela záměrně zahrnuje z hlediska rozsahu a zaměření širokou škálu úhlů pohledů. Od globálních a teoretických vizí, které mají dokázat potenciál a inspirovat, po reálné a skromné projekty ilustrující aktuální možnosti. Lokální pohled a kontext České republiky bere tato práce v potaz, ale záměrně jím není nikterak limitována. Jejím cílem je inspirovat a vysvětlit potenciál této technologie, zároveň uvést výzvy s ní spojené a alespoň malým dílem přispět k jejich řešení.

## 2. Definice V2G

Přestože by bylo správné jednotlivé typy reverzního dobíjení jako je V2H (Vehicle to Home), V2L (Vehicle to Load) a další specifické variace (například i V2F - Vehicle to Farm), které jsou souhrnně spolu s V2G označovány jako V2X rozlišovat, v rámci této práce bude používán pouze souhrnný pojem V2G. Z toho důvodu, že pro její zaměření a cíl není uvedené dělení stěžejní. Dalším důvodem je také skutečnost, že pojem V2X, je používán ve výrazně širším smyslu než pouze z hlediska energetiky a nabíjení. Mimo jiné i jako platforma pro datový a komunikační tok vozidla s veškerými potenciálními externími elementy jakými jsou například dopravní infrastruktura či systémy řízení nemovitostí – právě proto zkratka Vehicle-to-Everything (V2X). [2] [6]

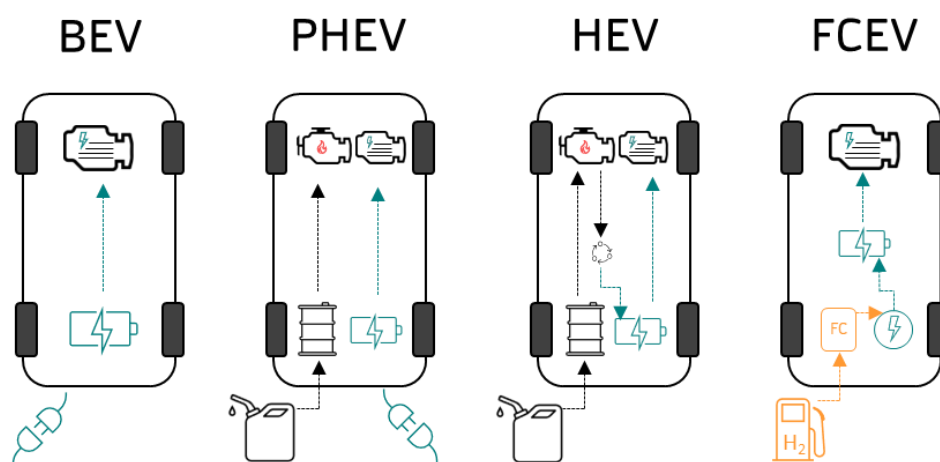


Obrázek 1- Schéma možných variant názvů

Obecně se o popsanych oblastech dá říct, že čím menší je jejich měřítko a využití, tím jsou technicky, legislativně a finančně jednodušší. Napájení náradí či elektroniky a jiných drobných zařízení pomocí vozidla (V2L) je do určité míry realizováno již nyní a příliš komplexní není. Naopak jakási pomyslná střední úroveň napájení celých nemovitostí je již složitější a vyžaduje technologické provázání s jinými energetickými zdroji a s lokální infrastrukturou distributora. Oblastí technicky nejsložitější, ale zároveň přinášející největší potenciál pro budoucnost energetiky jako takové je pak samotné Vehicle-to-Grid. Tedy varianta kdy je energie vozidel využívána na úrovni hlavní elektrické rozvodné sítě. Ta však následně vyžaduje integraci řady komplexních energetických řídicích softwarů (Smart Grids), pro umožňují flexibility, nezbytné pro maximalizaci využití vysoce volatlních obnovitelných zdrojů. [2]

## 2.1. Charakteristika technologie

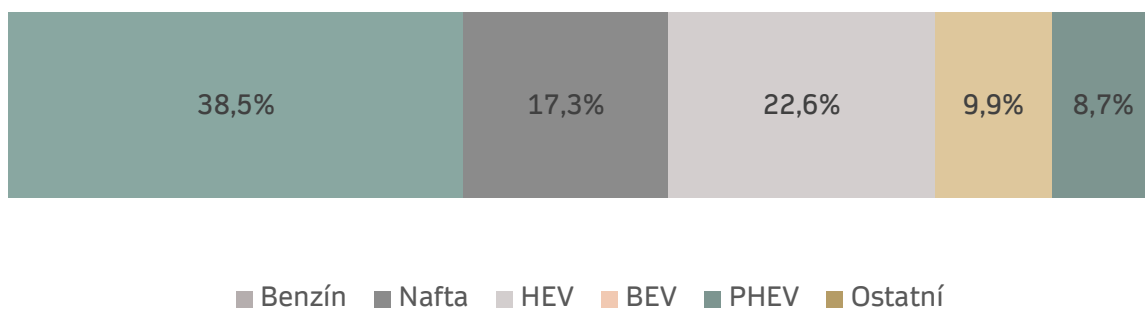
Princip technologie Vehicle-to-Grid (zkráceně a dále jako V2G) spočívá v takzvaném obousměrném nabíjení elektrických vozů. Elektrické automobily různých druhů mají sice společnou formu pohonu, co se u nich však obvykle liší, je forma jakou elektrickou energii ukládají a využívají. [7] [8]



Obrázek 2 - Koncepte elektrických vozidel

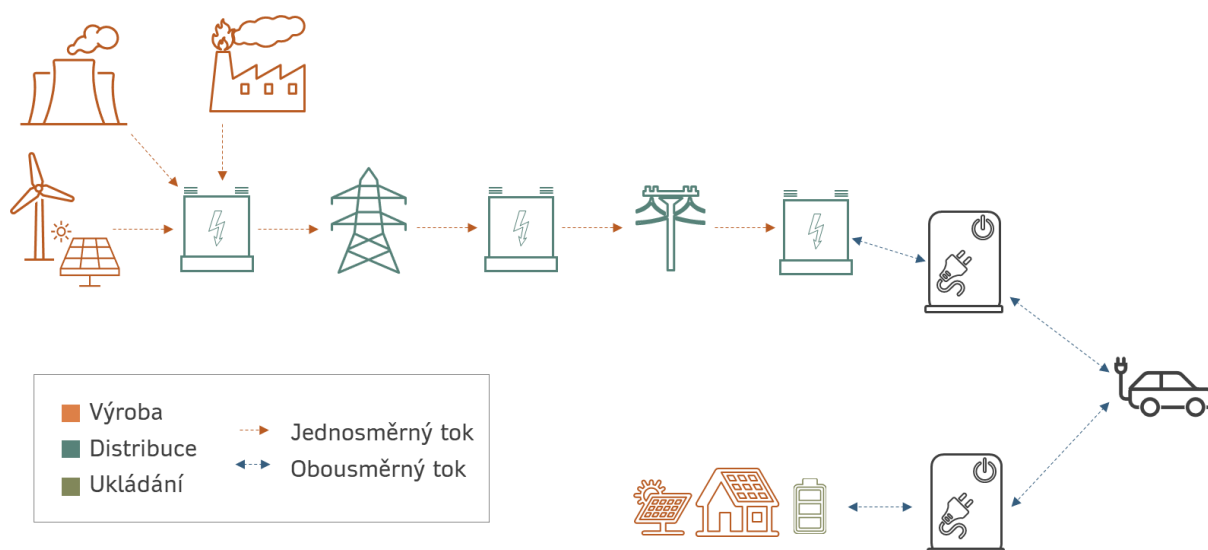
Z uvedených schémat je patrné, že „elektromobil“ je víceznačný pojem, který je třeba v kontextu této práce přesněji definovat. Zatímco HEVs (Hybrid Electric Vehicles) a PHEVs (Plug-in Hybrid Electric Vehicles) používají k pohonu i konvenční spalovací motor, BEVs (Battery Electric Vehicles) a FCEVs (Fuel Cell Electric Vehicles) spoléhají pouze na motor elektrický. Princip standardního hybridu spočívá ve využití spalovacího motoru jakožto generátoru pro výrobu elektřiny, která je následně používána k samotnému pohonu. Výhodou takového řešení oproti konvenčnímu spalovacímu motoru (ICE – internal combustion engine) je nejen možnost rekuperace brzdové energie a jejího zpětného využití, ale také využití spalovacího motoru v jeho optimálních provozních otáčkách, kdy dosahuje maximální efektivity. Takto například fungují závodní vozy Audi RS Q e-tron jež si připsaly i etapová vítězství na slavné Dakar Rallye. Vzhledem k náročnosti a délce etap by standardní baterie nebyla dostačující a vozidla si tak elektřinu vyrábějí právě pomocí spalovacího motoru. PHEVs fungují podobně, ale elektřinu jim lze dodat i externě prostřednictvím nabíjecího portu. Vodíková vozidla pak jako energetický zdroj využívají stlačený vodík, který v palivových článcích převádějí na elektřinu. [9] [10]

Pro účely V2G je však vzhledem k velikosti využitelné baterie nejvhodnější koncepce BEV. Tedy vozidla poháněná externě dobíjenou elektřinou, případně rekuperovanou vzniklou vlastním provozem.



Graf 1 -Aktuální tržní podíl vozidel dle typu pohonu v EU [11]

Zatímco standardní elektromobily můžeme označit za čisté „spotřebiče“ elektřiny ze sítě, vozy kompatibilní s technologií V2G dokáží pomocí speciálních nabíjecích stanic elektřinu zpět do sítě vracet.



Obrázek 3 - Schéma V2G infrastruktury

V tento moment se elektromobily stávají aktivní součástí elektrické distribuční sítě, kdy lze energii uloženou v jejich akumulátorech využívat pro vyvážení zvýšené poptávky v síti. Může se zdát nelogické využívat energii z elektromobilů k jinému účelu než k jízdě, je však naopak velké množství situací, kdy je tato energie dostupná a k jízdě nevyužívaná, či dokonce zcela nevyužitelná. Baterie ve vozech dokážou poměrně efektivně uchovávat energii, která může být použita i k jiným účelům. Tím že se jedná o medium, které se umí nabít a vybit poměrně rychle dávají i jeho další aplikace smysl, a i s ohledem na poměrně vysokou materiálovou a energetickou náročnost výroby baterií je žádoucí hledat taková řešení, která umožní jejich co možná nejvyšší míru využití v průběhu disponibilního životního cyklu.

Technologie V2G zatím není příliš rozšířená, ve velmi omezeném měřítku se ale používá již poměrně dlouho. Zajímavostí je, že byla využita například již před více než deseti lety po jaderné

havárii elektrárny Fukušima v roce 2011. Zemětřesení, které jí předcházelo mělo za následek výpadky elektřiny v oblasti, automobilka Nissan, která již tehdy nabízela V2G kompatibilní model Leaf poskytla 66 vozidel, díky kterým se podařilo soustavu částečně stabilizovat. Stejně tak v roce 2019 byla flotila těchto vozů obdobně poslána do tajfunem Faxai postiženého Tokia. [12] [13]

Z technologického hlediska je rozdíl mezi standardními elektromobily a V2G kompatibilními v nabíjecím ústrojí vozidla. Záleží na typu nabíjecí stanice, ale obvykle je třeba, aby samotné vozidlo disponovalo střídačem stejnosměrného a střídavého napětí. Dále je třeba softwarová úprava řídicí jednotky a také V2G kompatibilní nabíjecí stanice, jejíž vyšší cena představuje hlavní nákladovou položku využívání V2G. [14]

Zatímco elektrická vozidla jsou obecně vnímána spíše jako hrozba pro elektrickou rozvodnou síť a jimi generovaná zátěž jako potenciální ohrožení energetické stability, V2G ukazuje že to může být právě naopak. Tato vozidla mohou do budoucna pomoci právě ke stabilizaci sítě a k finančním úsporám plynoucím z odpadající nutnosti ji nákladně přestavovat a technologicky posilovat. [15]

## 2.2. Příklady vhodných využití technologie V2G

Zažitá představa, že elektromobily a elektrická vozidla musí být za každou cenu neustále nabitá je pochopitelná, avšak často mylná. Existuje nespočet situací, kdy vozidla jsou naopak zcela nepoužívána a nabití jejich akumulátorů je nepotřebné. Nejde jen o osobní vozy, ale zejména o ilustrativní příklady firem, disponující specificky operovanými flotilami vozidel. Níže uvedený výčet takovýchto potenciálních entit není založený na reálných aplikacích (této oblasti se věnuje následující kapitola), jeho smyslem je hlavně inspirovat a ukázat, že existuje hned několik situací a případů, kdy má tato koncepce smysl.

**Sněhové rolyby v lyžařských areálech** – baterie, přes letní sezonu nevyužívaných elektrických roleb, mohou sloužit pro napájení přilehlých budov (hotely, restaurace, obchody, atd...) díky čemuž bude možné využít větší množství obnovitelných zdrojů a pokrýt spotřebu i v časech, kdy nebudou jako aktivní zdroj dostupné. [16]

**Obytné vozy** – toto odvětví zaznamenalo v důsledku covidové pandemie obrovský boom. Obytné vozy jsou však z principu využívány v drtivé většině případů jen pár dní či týdnů v roce. Zároveň pro potřeby napájení interiérových prvků a zároveň co možná nejdelšího dojezdu, lze předpokládat, že právě tato vozidla budou disponovat bateriemi s opravdu vysokou kapacitou. Během roku, kdy nejsou využívány je tak lze mít připojeny k nemovitosti, využívat jejich baterii a tím dosáhnout zajímavé finanční úspory, která dokáže i částečně pokrýt náklady na pořízení vozidla a nikterak nenaruší komfort jeho využívání. [17]

**Stavební stroje** – specifické stavební stroje, využívané pouze občasné a většinu času parkující v areálech firem jsou další oblastí, kdy využití stojí za zvážení. Příkladem jsou třeba

vysokokapacitní speciální jeřáby či posypová vozidla. Baterii stavební techniky by bylo i možné propojit s tažným nákladním vozem, které ji bude převážet na staveniště a zvýšit tak jeho dojezd. Pokud to harmonogram dovoluje, neměl by být problém stavební techniku následně dobít na místě. Přesto, že se v této oblasti příliš mnoho elektrických vozidel v současnosti nevyskytuje, existují výjimky. A to třeba důlní dumper Komatsu, který disponuje baterií o kapacitě 700 kWh, tu dokáže rekuperací zcela nabít během svozu vytěženého materiálu. [18]

**Kombajny a zemědělská technika** – určité zemědělské stroje jsou využitelné jen pár měsíců či dokonce jen týdnů v roce, zatímco převážnou část roku stojí garážovány a nevyužity. Příkladem mohou být konvenční kombajny používané na polích, samojízdné postřikovače, ale také lesní harvestory, které již dnes existují v plně elektrických verzích. V ideální situaci by tak provoz farmy využívající energii ze solárních panelů nebo třeba biomasy mohl ukládat do těchto baterií právě nevyužívaných vozidel. [19]

**Cestovní autobusy** – některé velké společnosti provozující dálkové autobusy často operují primárně přes víkendy, přes týden lze jejich vozidla připojit na obousměrné nabíjecí stanice a mohou tak sloužit jako energetické uložení například v rámci Smart Grid spojujícího domácnosti přilehlých sídel provozovatele. [20]

**Kamiony sportovních týmů** – nejen týmy seriálu Formule 1 a dalších motorsportových serií jako třeba DTM, Formula E, dálkové či konvenční Rallye, ale třeba i český biatlonový svaz. Všechny tyto týmy, disponují kamiony, které nejsou využívány na denní bázi, ale spíše nárazově, obvykle jen na pár dní v roce během závodů. Po zbytek roku stojí zaparkované u sídel týmů, které mohou mít poměrně vysokou spotřebu energie a dokázali by využít obnovitelné zdroje v kombinaci s touto formou akumulace. [21] [22]



Obrázek 4 - Alfa Romeo Sauber F1 team – podpůrné kamiony [119]

Z výše uvedených příkladů se může zdát, že V2G je využitelné jen v opravdu výjimečných případech, a to sice v daleké budoucnosti, kdy i tak pokryje pouze marginální podíl elektrické spotřeby. Cílem této práce zejména v její praktické části však je dokázat, že tomu tak zdaleka být nemusí a rozsah potenciálních aplikací je již dnes, významně širší, než se může zdát.

## 2.3. Příklady aktuálních realizovaných projektů

Přirozeným prostředím pro rozvoj elektromobility a inovativních energetických řešení jsou města, která svým rozprostřením, hustotou a strukturou nejlépe odpovídají aktuálním technickým možnostem. Těmi je myšlen zejména dojezd, frekvence jízd a dostupnost nabíjecí infrastruktury. Zhruba 70 % Evropanů žije v městských oblastech, ty zároveň generují až 85 % evropského HDP. Blízkost k univerzitám, výzkumným a technologickým pracovištím je pro rozvoj těchto nových technologií stěžejní. Vysoká energetická náročnost a z ní plynoucí emise zdraví škodlivých látek ve vysokých koncentracích je také jedním z důvodů, proč je primární implementace těchto projektů vhodná právě zde. [23]

Uvedené projekty jsou spíše experimentálního rozsahu a jejich vliv na fungování širší energetické infrastruktury není nikterak zlomový, přesto jsou však velmi prospěšné a přínosné pro pochopení limitů a charakteristiky fungování technologie V2G.

### V2X Suisse

Carsharingová platforma Mobility očekává kompletní elektrifikaci své flotily tří tisíc vozů do roku 2030. Určitá obava z dostatku energie a stability sítě obecně vedla ke spolupráci v rámci projektu V2X Suisse jehož cílem je vyvážení sdílených energetických zdrojů. Na projektu se kromě firmy Mobility podílí také Honda Motor Europe, softwarový vývojář sun2wheel, EVTEC, zabývající se vývojem nabíjecích stanic a další subjekty včetně univerzity ETH. Projekt má podporu národního ministerstva energetiky a počítá s využitím zhruba 50 V2G vozidel. První fáze by se měla zaměřit na samotná technologická úskalí a fungování, v rámci druhé budou identifikovány charakterově vhodné firmy, které by V2G mohli dále využívat. [24]

### Stellantis Fast Reserve

Koncern FCA ve spolupráci s firmou ENGIE EPS pracuje na hybridním V2G řešení ve svém domovském Turíně, které k poskytování energie do sítě využívá jak kompatibilní vozy (Fiat 500e), tak ale i samostatné baterie z vysloužilých elektromobilů. Plán počítá s čtyřletým provozem (2023-2027), kdy jedním z cílů je právě najít realizovatelný způsob využití těchto sekundárního baterií. Což by vedlo k výraznému prodloužení jejich životního cyklu a tím jak ke snížení nákladů, tak i emisní stopy spojené s jejich výrobou. [25]

### Electric Nation UK

100 uživatelů elektromobilů ve Velké Británii dostalo v roce 2020 možnost zúčastnit se tohoto dva roky trvajícího výzkumu jehož cílem byl sběr dat o průběhu, komplikacích a ekonomické realitě využívání obousměrného nabíjení. Incentivou k účasti byla možnost odkupu V2G nabíječky se slevou 95 % oproti původní ceně. Finanční úspora je zásadní, a hlavně reálnou motivací. Účastníci již v průběhu uváděli měsíční úspory za elektrickou energii v řádech tisíců korun. [26]

## Harz.EE-Mobility

Projekt iniciovaný společností Siemens ve spolupráci s 14 dalšími partnery včetně významných globálních společností. V regionu Harz, který již nyní disponuje vysokým instalovaným výkonem obnovitelných zdrojů energie se stávalo, že některé větrné elektrárny musely být vypínány z důvodu generace příliš velkého množství elektřiny, kterou síť nedokázala pojmout. V2G vozidla mohou přebytečnou větrnou energii akumulovat a s potřebnou prodlevou ji vrátit zpět do sítě. Dlouhodobým sledováním se daří lépe predikovat dostupnost vozů a minimální nezbytný stav jejich akumulátorů. Jak bude později popsáno, datová infrastruktura a konektivita jsou nezbytnými součástmi téměř každé V2G aplikace. [23]

## Smart MAUI

Maui jakožto jeden z Havajských ostrovů dlouho ve své energetické politice spoléhal ve velké míře na dovoz fosilních paliv. Po významném vládním tlaku na větší zapojení obnovitelných zdrojů však logicky vznikl problém s energetickou nestabilitou. Japonská společnost Hitachi proto navrhla a zprovoznila zařízení a opatření, které mají pomoci tomuto problému čelit. Jednou z aplikovaných technologií je právě i V2G, která pomáhá zátěž v průběhu dne vyvážit. [27]

## OVO Energy V2G (Project Sciurus)

Projekt Sciurus je jedním z největších na světě, probíhá ve Velké Británii a spadá pod něj přes 300 vozidel. Jeho cílem je prozkoumat reálnou využitelnost a přínosnost V2G v běžném provozu. Jedním z cílů projektu byla i snaha o vývoj a aplikaci alespoň tří set šesti-kilowattových obousměrných nabíječek. Pozitivním poznatkem je jednoznačně pokles obav uživatelů ohledně instalace V2G nabíječky (61 %->24 %), i v rámci tohoto testovacího provozu došlo k úsporám na straně účastníků, a to v průměrné výši 420 britských liber ročně. [28] [29]

## Bus2Grid London

V roce 2020 spuštěný a tehdy vůbec největší V2G projekt na světě počítal se zapojením téměř stovky elektrických autobusů z Londýnského depa Northumberland. Každý z využívaných autobusů disponoval kapacitou 382kWh a počet 28 vozů využitých v úvodní fázi poskytoval až 1,1MWh elektřiny. Vzhledem k tomu, že Londýn disponuje vozovým parkem čítajícím zhruba 9 tisíc elektrických autobusů je z nich, v případě plného využití V2G, možné napájet až 150 000 domácností. [30]

Projektů věnujících se možnostem využití V2G je několik, většina je však v poměrně omezeném měřítku a jejich škálovatelnost je problematická. I na těchto převážně testovacích provozech však lze nabýt vědomostí uplatnitelných při dalších ambicióznějších aplikacích, které lze v budoucnu očekávat.

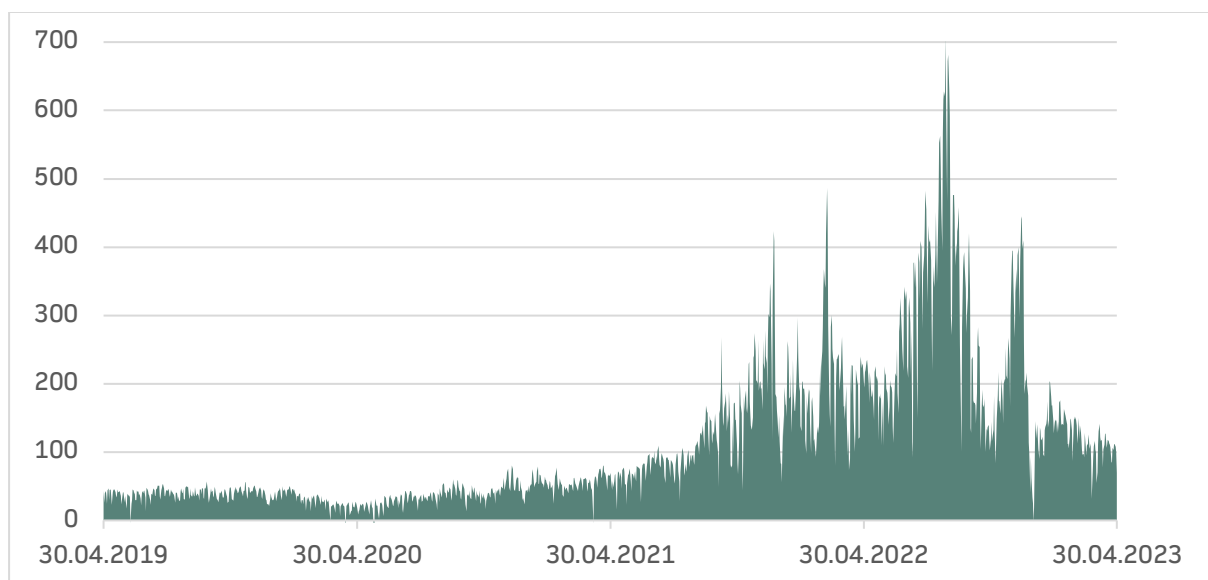


## 3. Potenciál technologie a zasazení do aktuální situace

Vzhledem k tomu, jak úzce technologie souvisí s energetikou je na místě uvést a popsat její aktuální kontext a vliv s ní spojených zásadních událostí. Tato kapitola je tak velmi časově sensitivní a v závislosti na geopolitickém vývoji, reakcích finančních trhů, politických rozhodnutích a krokům dalších relevantních entit je třeba situaci sledovat a předpoklady z ní plynoucí adekvátně přehodnocovat.

### 3.1. Popis současné energetické situace

Energetika je momentálně mimořádně diskutované téma, a to zejména z důvodu její obrovské proměny a vlivu na naše životy. V České republice a dalších převážně východoevropských zemích byla energie v několika posledních letech před válkou na Ukrajině mimořádně levná. To vedlo k tomu, že většina spotřebitelů neřešila příliš svou spotřebu, diverzifikaci zdrojů, zateplování, či typ a parametry kontraktu jaký mají se svým dodavatelem. Výdaje za energie zkrátka pro domácnosti a firmy nebyly natolik zásadní, aby se jim podrobněji věnovali a připravili se na případné otřesy na trhu. [31] [32]



Graf 2 - Denní spotové ceny elektřiny v ČR [33]

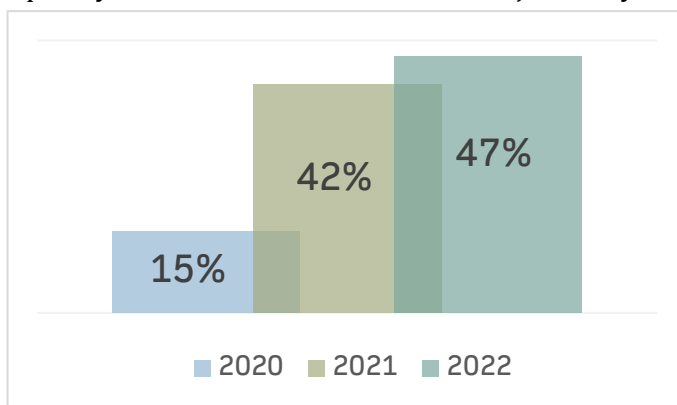
Válka na Ukrajině je často vydávána za hlavní příčinu extrémně vysokých cen a nedostatku energií, z části to jistě je pravda, problematika je však komplexnější a její počátky sahají do doby daleko před ní. [1]

Energetická politika Evropské unie v čele s Německem a jeho ambiciózní koncepcí Energiewende počítala s výrazným nárůstem obnovitelných zdrojů v rámci energetického mixu. Německo si pak

v rámci národní strategie za přechodné médium kompenzující postupně uzavírané uhelné a jaderné elektrárny zvolilo plyn, respektive plynové elektrárny, které jej spalují. Ty měly fungovat jako kompenzační a stabilizační prvek energetické soustavy vzhledem k jejich poměrně snadnému spouštění a regulaci výkonu. V souladu s touto koncepcí byl budován i plynovod Nord Stream 2, přivádějící Baltským mořem plyn z Ruska do severního Německa. Přesto, že dlouhé měsíce po vypuknutí války plyn z Ruska do Evropy nadále proudil ostatními plynovody, Nord Stream 2 nikdy zprovozněn nebyl a další plynovody v Baltském moři byly zničeny z dosud nepotvrzených příčin. Už tak vypjaté situaci nepomohla ani okolnost, kdy byla z provozních důvodů odstavena velká část francouzských jaderných elektráren. [34] [35]

Vystřízlivění z iluze, že Rusko lze považovat za spolehlivého obchodního partnera vedlo k přehodnocení energetické politiky. Plyn bude muset být v budoucnu dovážěn primárně ze Severní Ameriky a států arabského poloostrova jako je například Katar, a to pomocí speciálních LNG lodí a terminálů. Je však jasné, že vykompenzovat původní spotřebu levného a plynovodem snadno dostupného plynu z Ruska bude velmi náročné a nákladné. Kromě odsunu odstávky některých jaderných a uhelných elektráren tak logicky stoupá hlavně poptávka po zdrojích obnovitelných. [36] [37]

Dříve než kdy dříve se začalo mluvit o využití solární elektřiny a o programech na její podporu. Na rozdíl od větrných elektráren jsou solární panely snadno škálovatelné a umožňují tak zvýšení energetické soběstačnosti téměř každému od domácností po velké firmy a instituce. Spolu s modulárními jadernými reaktory a Smart Grids jsou solární panely a s nimi spojená decentralizace energetiky dnes asi nejčastěji skloňovanými trendy v energetice a s tématem této diplomové práce proto úzce souvisí. To ostatně dokládá i enormní nárůst poptávky po nich nejen v České republice, ale i v celé Evropské unii a ve světě vůbec. [38] [39]

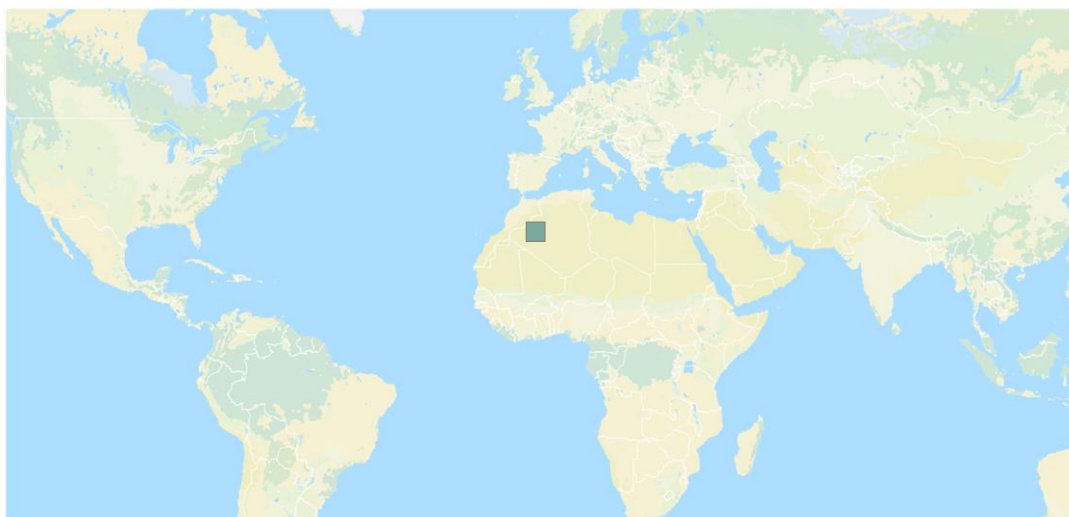


Graf 3 – Meziroční růst trhu solární energetiky v EU [41]

V souvislosti s masivním zapojováním obnovitelných zdrojů se potvrzuje i dříve uvedená otázka jejich výkonové nestability, která například vedla k tomu, že během Velikonoc 2023 musely být stovky solárních elektráren v ČR odpojeny od sítě, v rámci prevence přetížení sítě. Potřeba hledání cest akumulace a umožnění větší míry flexibility je tak evidentně aktuální i v zemi, kde obnovitelné zdroje tvoří v rámci mixu je pár jednotek procent. V2G může být jednou z cest jak toho dosáhnout. [40] [41] [42]

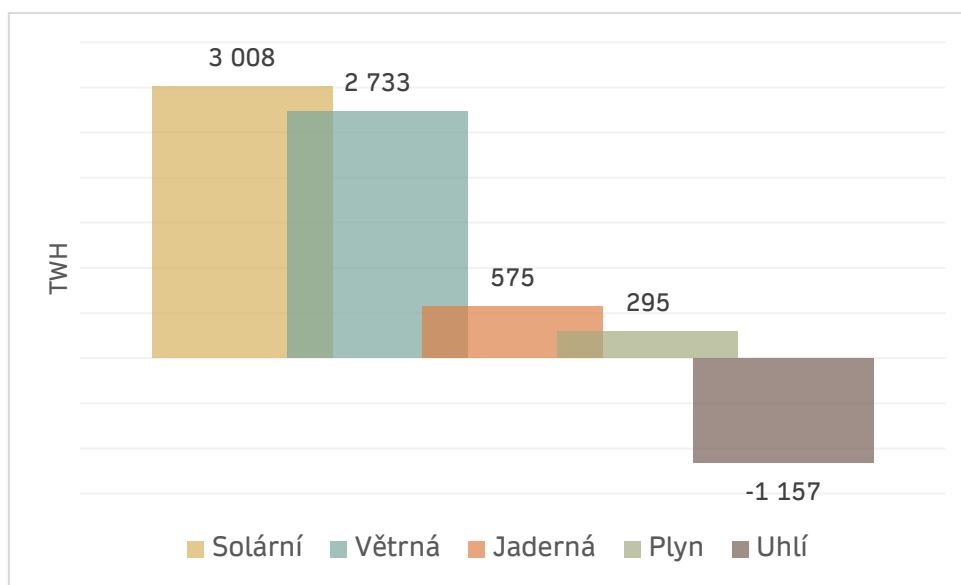
## 3.2. Klíčový problém obnovitelné energetiky

Samotná výroba energie z obnovitelných zdrojů je náročná a zatím ani zdaleka nedosahuje významného procentuálního zastoupení ve většině energetických mixů. Jak již bylo uvedeno, větší problém představuje nestabilita, s jakou tyto zdroje energii vyrábí. Překvapivé je, že pro pokrytí spotřeby elektřiny celého světa by „stačil“ solární panel o velikosti 300 000 km<sup>2</sup>, což odpovídá zhruba uvedené oblasti: [43]



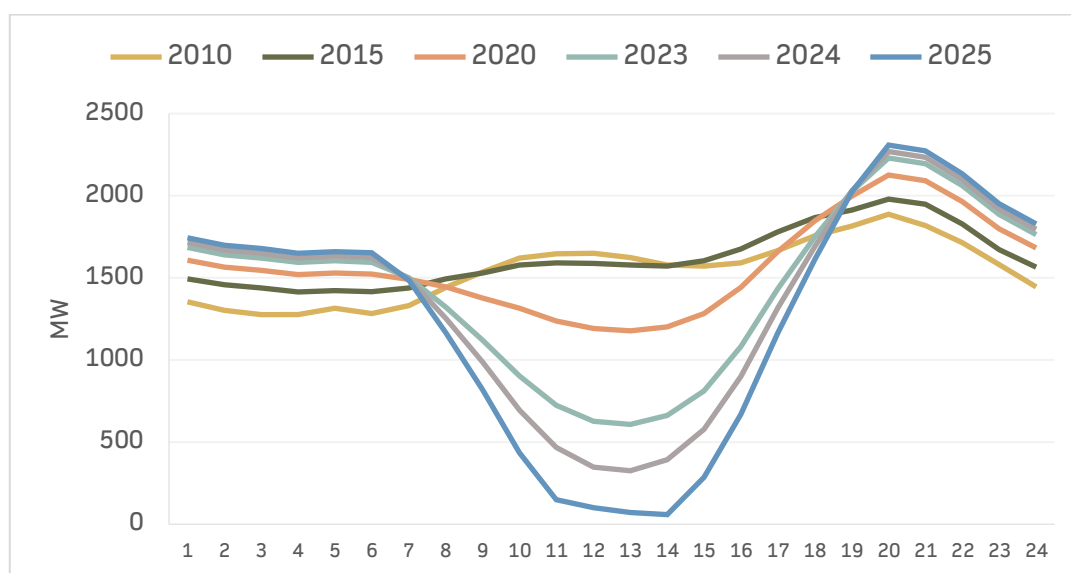
Obrázek 5 - Plocha solární elektrárny potřebná k pokrytí světové spotřeby elektřiny [44]

To samozřejmě není reálné řešení, spíše ilustrace myšlenky, že produkce není takový problém jako právě její rozprostření v čase a poloze. Celosvětově představuje elektřina vyrobená z obnovitelných zdrojů v roce 2021 28,7 %. V rámci zemí evropské unie to pak dle dat Eurostatu je za rok 2022 21,8 %. [45] [46]



Graf 4 - Deklarované změny produkce dle zdrojů mezi lety 2021 a 2030 [47]

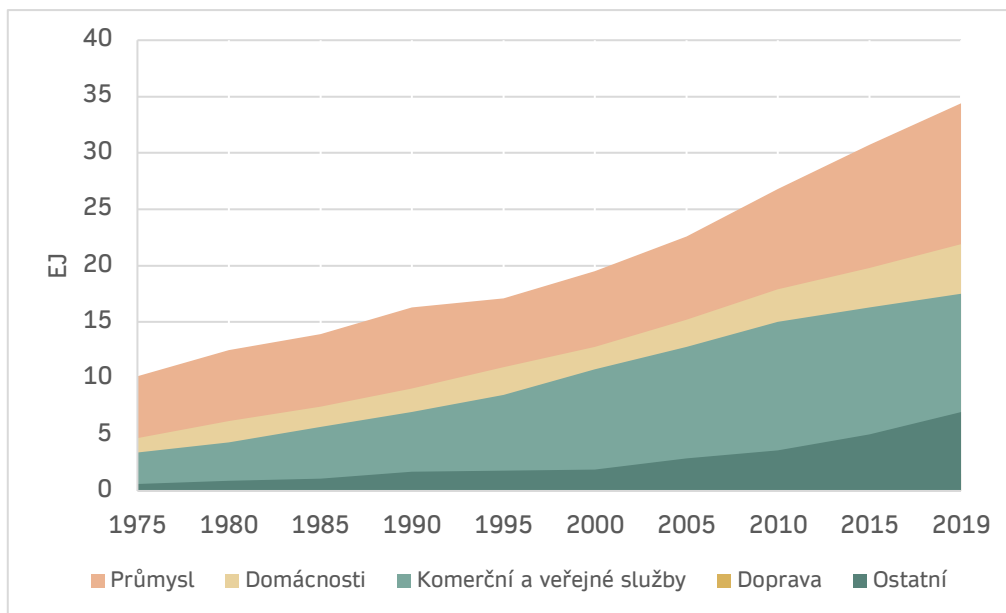
Poměr obnovitelně vyrobené energie stabilně roste a dá se očekávat, že tento trend bude mít spíše setrvalou až rostoucí tendenci. Aby tomu tak bylo i nadále, je třeba nacházet řešení největších úskalí, které tento rozvoj limitují. V našich podmínkách jsou situace, kdy by obnovitelné zdroje byly odpojovány ze sítě relativně ojedinělé. Ve státech, kde jsou rozvinuté více, jako je například americká Kalifornie, je to však běžné. Krátkodobý mimořádně vysoký výkon způsobený různými vlivy (extrémní vítr, slunečné počasí, povodně) nelze v rámci sítě spotřebovat, neboť energetické poptávka je poměrně stabilní a predikovatelná. Logicky při využití solární energie, která produkuje nejvíc elektřiny kolem poledne, a naopak po setmění nedodává do sítě téměř žádnou, dochází k přetížení sítě v době nízké poptávky kolem poledne, a solární panely tak musí být buď vypínány úplně, nebo je třeba energii exportovat do okolních států, pakliže to interkonektorová infrastruktura umožňuje. To stejné samozřejmě platí i pro elektřinu z větrných elektráren. [48]



Graf 5 - Duck Curve - Odchylka výroby elektřiny od její poptávky během dne [49]

Na uvedené grafice je evidentní, že od roku 2010, spolu se zvyšujícím se počtem solárních elektráren dochází k poklesu poptávky po konvenčních energetických zdrojích. Problémem však je, že vzhledem k již popsanému principu solárních panelů k tomuto poklesu dochází jen během poledne, a naopak při setmění, kdy poptávka po energii vrcholí musí přijít na řadu standardní elektrárny. To je ale velmi technicky náročné. V případě jaderných to není možné téměř vůbec a časté úpravy výkonu uhelných vedou k nemalým dodatečným emisím a provozním komplikacím. V jednotlivých letech docházelo k navyšování objemu instalovaného výkonu převážně solárních elektráren což vedlo k prohlubování odchylky výroby a její poptávky. [4] [50]

Vzhledem k předpokládanému pokračování růstu poměru elektromobilů v provozu bude zřejmě stoupat i spotřeba elektrické energie, což potvrzují i predikce celkové světové spotřeby energie.

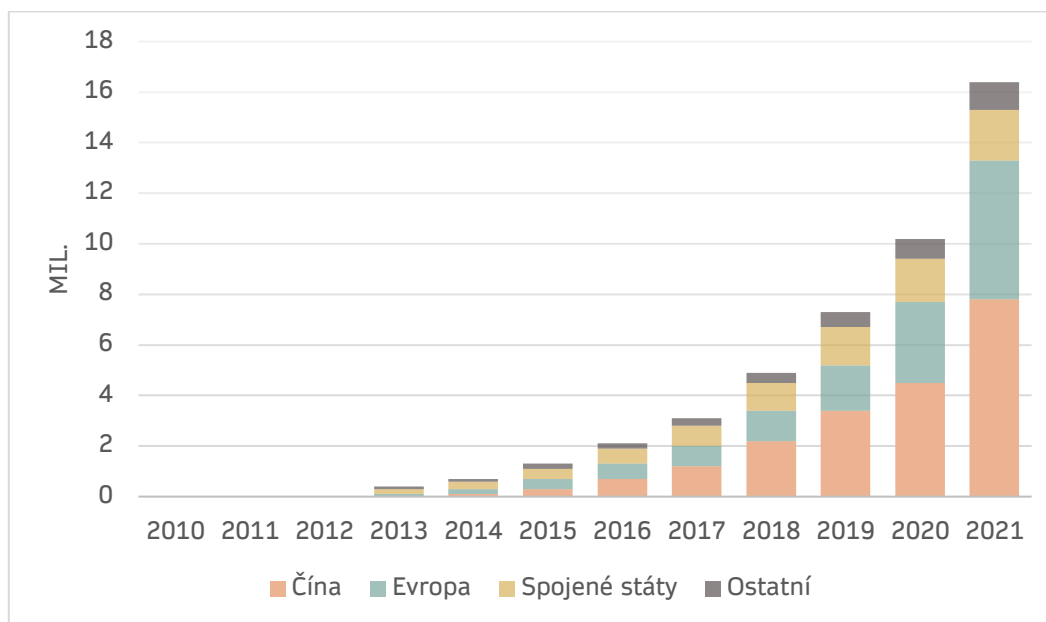


Graf 6 – Světová spotřeba elektřiny dle sektorů [51]

Řešení je několik. Žádné však nestačí samo o sobě, a je tak třeba kombinace několika dílčích technologií. Jedním z nich je systém mezistátní či obecně řečeno co nejširší provázané interkonektorové sítě. Ta umožní, že vyrobená energie najde své uplatnění v oblastech, kde po ní je poptávka. Tato cesta má však evidentní limitace, a to zejména ty strategické a geopolitické. Skladování elektrické energie je značně komplikované a neefektivní, a to jak finančně, tak technologicky. Jednou z možných cest jsou přečerpávací elektrárny, ty je však stěží reálné stavět v potřebném rozsahu. Další formou je elektrolytická přeměna vody na vodík, který může být nosičem elektrické energie po převodu palivovými články na elektrickou energii. Vodík ale může být použit i například na výrobu syntetických paliv, při výrobě oceli nebo v jiných formách, které umožní zachování jeho energie v dlouhodobém horizontu. Třetí formou a zřejmě i tou, která na mysli vytane jako první, jsou baterie. Samozřejmě se při první představě nabízí logická námitka, jak „velká“ by tato baterie musela být, či kolik by se jich muselo vyrobit pro pokrytí potřeb světové populace. A právě v této fázi přicházejí na scénu bateriové elektromobily – často vykreslovány v roli ohrožení energetické stability – přitom ji mohou naopak zajistit. [14]

### 3.3. Dílčí data a predikce na rok 2030

Analýza mezinárodní organizace IRENA „REmap“ předpokládá, že v roce 2050 bude obnovitelná energetika tvořit dvě třetiny energetického mixu. Podíl spotřeby elektrické energie se zároveň ze současných 20 % zvýší na 40 %. Jak už tomu obvykle bývá, dlouhodobé predikce (v tomto případě počtu elektromobilů na světových silnicích) se poměrně výrazně liší. Všechny se ale shodnou, že tento segment bude růst. A to významně. [52] [53]



Graf 7 – Počty elektromobilů v provozu [54]

Dle studie organizace IEA dosáhne počet elektromobilů v roce 2030 145 milionů. Predikce stejné agentury z roku 2018 však uváděly hodnotu 125 milionů. Studie z roku zase 2022 zmiňuje, že za předpokladu maximalizace potenciálu může tento počet činit až 230 milionů. Americký institut EEI uvádí předpoklad 26,4 milionů vozů v provozu jen v rámci USA, vzhledem k tomu, že aktuálně tvoří americký trh 20 % veškerých provozovaných vozů na světě, vychází přepočten na zhruba 130 milionů. Je tedy patrné, že škála predikcí v takto dynamicky proměnném prostředí je široká. [55] [56] [57] [58]

Průměrná velikost baterie v elektromobilech v USA za rok 2022 činila zhruba 83 kWh, podle jiných statistik je však celosvětově spíše na úrovni 40-45 kWh. Pro představu aktuálně nejprodávanější EV v ČR Škoda Enyaq nabízí kapacitu 58 kWh a 77 kWh, podobnými hodnotami disponuje i momentálně nejprodávanější EV Evropě – Tesla Model Y. [59] [60] [61] [62]

Světová spotřeba elektřiny byla v roce 1980 zhruba 7 300 terawatthodin, v roce 2013 už však dosahovala více než 22 tisíc terawatthodin. Predikce IEA uvádějí pro rok 2030 rozpětí 27 až 29 tisíc terawatthodin. [63] [64]

### 3.4. Modelový potenciál V2G dle příslušných predikcí

Na základě výše uvedených dat lze alespoň orientačně ilustrovat potenciál technologie V2G. Při volbě **minimálních** predikcí pro rok 2030:

- Počet elektromobilů: 125 milionů
- Průměrná velikost baterie: 45 kWh
- Světová roční spotřeba elektrické energie: 29 000 terawatthodin

$$\frac{\text{počet elektromobilů} * \text{průměrná velikost baterie}}{\text{světová spotřeba elektrické energie}/365}$$

$$\frac{125 * 10^6 * 45 * 10^3}{(29 * 10^{15})/365} = 0,07 \cong 7\%$$

Při volbě **maximálních** predikcí:

- Počet elektromobilů: 230 milionů
- Průměrná velikost baterie: 90 kWh
- Světová spotřeba elektrické energie: 27 000 terawatthodin

$$\frac{230 * 10^6 * 90 * 10^3}{(27 * 10^{15})/365} = 0,280 \cong 28\%$$

Tyto dvě procentuální hodnoty ohraničují rozpětí uvedených predikcí. Procentuálně pak říkají, že v roce 2030 budou elektromobily disponovat takovou souhrnnou kapacitou baterií, že by (čistě teoreticky) dokázaly „napájet planetu“ po dobu 7-28 % dne, tedy zhruba 1,5-6,5 h.

Takováto situace samozřejmě nemá, jak technicky nastat a sama o sobě ani nedává příliš smysl, jejím cílem však je ilustrovat obrovský energetický potenciál, jaký budou v budoucnu baterie v elektromobilech mít pro světovou energetiku a jak i jejich částečné využití může významně pomoci. Pár hodin denně se může zdát jako zanedbatelných, ale není tomu tak. Pro srovnání, energetická kapacita přečerpávacích elektráren, které aktuálně zaujímají zhruba 99 % podíl na celkovém objemu ukládané elektrické energie je odhadována na 9 terawatthodin a očekává se, že do roku 2030 by mohla být celosvětově navýšena o zhruba 50 %. [65] [66]

Průměrná hodnota předchozích výpočtů celkové kapacity elektromobilů v roce 2030 však vychází zhruba na 13,2 terawatthodin. Tedy přibližně stejnou hodnotu. Samozřejmě na rozdíl od přečerpávacích elektráren mají automobily primární funkci jakožto dopravní prostředky a jako energetické médium by mohly fungovat jen z části. I tak je ale evidentní, že za předpokladu

rozsáhlé implementace by technologie V2G převzala významný podíl z aktuálních 99 % připadajících přečerpávacím elektrárnám a stala by se tak po jejich boku nezanedbatelným aktérem v energetické soustavě a jejím vyvažování.

Reálnější a konzervativnější pohled (v tomto případě výhledu IEA Global EV Outlook 2020) uvádí, že pakliže by k účelům V2G bylo využíváno i jen 5 % kapacity baterie představovalo by to disponibilních 600 GWh, což ostatně odpovídá zde vypočítanému intervalu. [53]

### 3.5. Vize ideálního stavu

V2G nikdy nedosáhne svého plného potenciálu bez širší integrace v rámci souvisejících odvětví. Za předpokladu, že energetika bude v budoucnu výrazně více postavená na obnovitelných zdrojích, bude čím dál častěji docházet k výrazné výkonové nestabilitě v síti, kterou bude třeba vyrovnávat. S tím pomůže mix řešení, jehož V2G může být součástí. Spolu s ním to mohou být přečerpávací elektrárny, pevná akumulátorová centra či elektrolytické generátory „zeleného“ vodíku. Klíčovou roli v tomto ekosystému budou hrát i Inteligentní sítě (Smart Grids) a jejich schopnost datově monitorovat a řídit energetické toky a regulovat dílčí komponenty. Vyšší míra dostupné infrastruktury schopné alespoň částečně uchovávat elektřinu umožní vyšší využití obnovitelných zdrojů či operování těch konvenčních ve specifických časech. Řízení stability elektrické sítě je už nyní poměrně náročná činnost a s těmito novými elementy vyžadující investice jak do fyzické infrastruktury, tak do softwaru, metodik a personálu bude představovat úkol ještě o něco složitější. Velkou překážkou a výzvou bude i edukace veřejnosti a obecně veškerých uživatelů sítě o jejím fungování, o tom jaké chování je pro její stabilitu žádoucí a jaké nikoliv a jak z těchto charakteristik mohou benefitovat oni jako koncoví uživatelé. V závislosti na tom je třeba rozvíjet ekonomicky incentivní modely (dynamické ceny), které budou uživatele motivovat k využívání spotřebičů, ale i generátorů elektřiny takovým způsobem, který bude finančně a energeticky výhodný jak pro ně, tak pro regulátora sítě.

Není sporu o tom, že popsaná změna v uvažování představuje významný zásah do běžného fungování jednotlivců, domácností a dalších subjektů. Pakliže se však podaří vysvětlit veškeré výhody, potenciál a najít cesty, které budou uživatelsky přijatelné, lze se domnívat, že po dostatečně dlouhé době se chování nutné pro fungování tohoto konceptu jako celku stane normou, která již nebude nadále vnímána jako omezující a nepřírozená.

V praxi to znamená například již zmíněné dynamicky se měnící ceny elektrické energie v průběhu dne podle toho, kdy je energie k dispozici nejvíce a kdy naopak je její produkce nedostatečná. Takováto finanční incentiva může pomoci sama o sobě, zároveň však uživatele k plánování své spotřeby a chování navedou střednědobá a dlouhodobá veřejně dostupná data a predikce o výkonu a cenách v síti. Budou-li například mít k dispozici informaci, že nejlevnější elektřina je kolem poledne, mohou nastavit spotřebiče, u kterých to je možné (vyhřívání bazénu, automatické



sekačky na trávu, nabíjení elektromobilu a další...) tak, aby se spustili právě v tomto časovém okně.

Zároveň z hlediska samotného V2G lze nastavit požadavek na využitelnost vozidla a požadovaný stav jeho baterie. Třeba v situaci, kdy má rodina dva automobily, jeden využije přes víkend na jízdu za přáteli a druhý zanechá zaparkovaný doma. Ten se přes den prostřednictvím solárních panelů nabije na 100 % a přes noc je z něj napájen provoz domácnosti. Pakliže je tento vůz například pravidelně používán na krátké trasy, které vyžadují maximálně 20% kapacity baterie, lze u něj nastavit limit, kdy je jeho baterie pro účely V2G využíván jen z 60 % a uživatel tak má jistotu, že ho ráno bude mít nabitý tak, aby bez problému absolvoval svou cestu. Samozřejmě v případě potřeby lze tuto hodnotu snížit, či zcela minimalizovat a vozidlo tak bude k dispozici nabitě zcela. Uvedený přístup umožňuje nejen využití maximální množství obnovitelně vyrobené elektřiny a stabilizaci sítě, ale také v konečném důsledku přináší i velkou cenovou úsporu domácnosti, která by jinak musela pro okamžitou spotřebu kupovat energii za aktuální ceny, které mohou být často dost vysoké.

Tento příklad je velmi jednoduchý a snadno představitelný. V obdobných obrysech jej lze aplikovat i u firem, veřejných institucí a dalších entit, u kterých samozřejmě s velikostí roste komplexita, ale zároveň i potenciální finanční, energetický a ekologický přínos.



Obrázek 6 - V2G systém Ford [120]

## 4. Hlavní překážky a možnosti jejich řešení

Oblasti, kterých se potenciální využití V2G dotýká je nespočet a každá přináší určité komplikace, které je třeba adresovat. Ze základního rozdělení vychází i určení zodpovědných institucí, firem a skupin které je mohou nejen měnit, ale můžou i pomoci komunikovat a vysvětlovat danou problematiku v rámci své sféry působnosti, což je taktéž nezbytné. Jedná se zejména o oblasti a překážky následující:

### 4.1. Technické

Vzhledem ke komplexnosti V2G je logické, že právě komplikace technického rázu budou jedny z nejrozsáhlejších a nejzásadnějších. Některá jsou daná a nezbyvá, než je přijmout. Na mnoho z nich již existují řešení a je tak spíše otázka, jak velkou komplikaci pro reálný provoz představují a jak složitá a dostupná jsou opatření na ně reagující.

#### 4.1.1. Kompatibilita

Stejně tak jako nalezneme v různých zemích různé elektrické zásuvky, existuje i několik typů nabíjecích konektorů, nabíjecích stanic, adaptérů a obecně koncepcí elektrických zařízení v jednotlivých zemích či oblastech. Kompatibilita má v tomto případě několik rovin vertikály – od úrovně hlavních elektrických rozvodných sítí a jejich schopnosti přijímat proud z vozidel a dále ho v síti rozvádět do potřebných oblastí, až po kompatibilitu samotných typů konektorů.



Obrázek 7 - Typy nabíjecích konektorů [67]

Co se samotných vozidel týče, je třeba uvést, že v současné době není modelů umožňujících obousměrné nabíjení mnoho. Aby v tomto došlo ke změně, je třeba nejen použití speciálních nabíjecích stanic, ale také aby zpětné nabíjení umožňovalo technické rozhraní vozidla.

Nissan je se svým modelem Leaf jedním z mála, kdo technicky obousměrné nabíjení poskytuje již dlouho. V poslední době se přidává mnoho dalších výrobců. Například Tesla mluví o roce 2025, Ford technologií nabízí mimo jiné u svého elektrického pickupu F-150 Lightning, vozy Hyundai IONIQ 5 jsou kompatibilní již nyní a v případě připravovaného Volva EX90 bude údajně stačit samotná softwarová aktivace. Další otázkou bude kompatibilita nabíjecích stanic a jejich dostupnost. Na trhu jich zatím není mnoho, ale například Nissan ji ve spolupráci s firmou Fermata Energy již nabízí, stejně tak jako Ford k modelu F-150. Jedním z průkopníků tohoto typu zařízení je i aktuálně druhá generace wallboxu firmy Quasar. [14] [68] [69] [70] [71]

### 4.1.2. Správa sítě

Správa a řízení dobíjení elektrických vozidel je velké téma již dnes. Nabíjení zejména větších vozových parků v současnosti představuje významný nárok na příslušnou síť. Aby nedošlo k přetížení je tak často využívána technologie Dynamic Load Balancing (dynamické řízení příkonu), která v závislosti na velikosti jističe a elektroinstalační kapacitě nemovitosti reguluje nabíjecí výkon tak, aby byl v závislosti na aktuální situaci pro nabíjené vozy co možná nejvyšší možný a zároveň předešel přetížení. Tato technologie umí pracovat i s prioritizací, tedy například vozidlo, u kterého je priorita dobití vyšší dostává i vyšší alokovaný nabíjecí výkon než jiná vozidla, kde se použití v dohledné době nepředpokládá. [72]

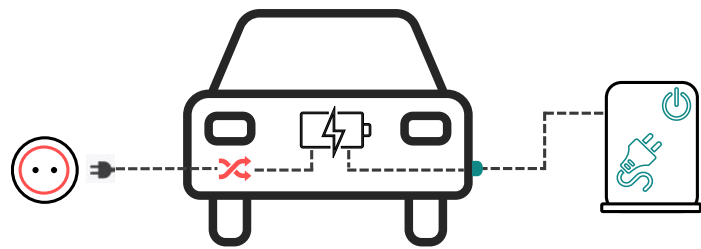
V případě V2G bude však nezbytná výrazně sofistikovanější forma tohoto řízení, tak aby byla zohledněna spotřeba budovy, výroba elektřiny z instalovaných obnovitelných zdrojů, potřeba nabíjení (a možnost vybíjení) vozidel a dalších neznámých, které celý energetický mix firmy tvoří. Právě této problematice se věnuje koncepce Inteligentních sítí (Smart Grids), která pomocí senzorů, dat a obecně čím dál tím dostupnější a využívanější konektivity jednotlivých součástí dokáže lépe pracovat s řízením velkých energetických celků a umožňuje i integraci podobných nekonvenčních součástí. Svým způsobem se jedná o obdobnou koncepci, jakou je IoT (Internet of Things), které také závisí na zařízeních a senzorech schopných zaznamenávat obrovské objemy dat. Dále pak na cloudové platformě umožňující sdílení těchto dat v reálném čase a na softwaru který tyto data dokáže převést na využitelné informace a na základě nich nastavit procesy a algoritmy pro spolehlivé fungování rychle se vyvíjejících sítí. V této oblasti je velký prostor pro aplikaci umělé inteligence a neuronových sítí. Ty na základě sledování vzorců nejen používání vozidel, ale hlavně chování spotřebitelů obecně, dokážou velmi přesně predikovat budoucí nároky na energii v jednotlivých částech soustavy a podle toho dynamicky nastavovat celkové fungování pro dosažení maximálního využití a efektivity dostupných komponentů. [73] [74] [75]

### 4.1.3. Nárazová destabilizace sítě vlivem V2G

Za předpokladu správně nastaveného řízení distribuční sítě lze z výhod V2G těžit a využívat ho. Je však často opomíjeno, že v případě, kdy eventuality provozu (nárazová zatížení a jiné extrémní situace) podchyceny nejsou v tom smyslu, že s nimi soustava nedokáže pracovat a pružně na ně reagovat, může se z V2G stát přítěžující prvek, který nebude regulátorem z bezpečnostních důvodů připouštěn. V případě kdy by primární elektrárna nebyla schopna provozu a nárazově by začala být čerpána energie z vozidel, může při nastavení neadekvátních limitů dojít k přetížení elektrotechnických komponentů a konečně i k úplným lokálním výpadkům. Je proto důležité, aby finanční incentivy nastavené k motivaci k připojení v časech nedostatku, měly nastavené adekvátní limity a zamezily situacím, které povedou k přesažení technických možností sítě. [76]

#### 4.1.4. Převod AC/DC

Střídavý (AC) a stejnosměrný (DC) proud mají rozdílné charakteristiky a v rámci celého procesu výroby, transportu a spotřeby energie a v jednotlivých popisovaných oblastech jsou užívány různě. Elektroauta se dají nabíjet z AC i DC nabíjecích stanic. V elektrické síti se vždy jedná o střídavý proud AC, baterii vozidla je však třeba dobíjet proudem stejnosměrným. AC nabíječky jsou obvykle vyráběny ve formě domácích či menších a jednodušších wallboxů, zatímco DC jsou větší, dražší a obvykle jako součásti velkých dobíjecích parků. Při nabíjení baterie je třeba střídavý proud převést na stejnosměrný, to v případě AC nabíječky probíhá pomocí měniče ve voze, v případě DC nabíječky to není třeba a nabíjení tak může být i výrazně rychlejší. V případě zpětného vybíjení je opět třeba typy proudů rozlišovat. Každé z řešení má své výhody a nevýhody, měnič DC/AC přímo ve voze je lepší z hlediska praktičnosti a umožňuje využití většího množství nabíjecích stanic, zároveň je ale pomalejší a takovýmito nabíjením dochází k větším energetickým ztrátám. [77] [71]



Obrázek 8 - Rozdíl AC a DC nabíjení

#### 4.1.5. Kybernetická ochrana

Zajištění kyberbezpečnosti je nezbytné v rámci jakéhokoliv potenciálně zranitelného IT systému. Řízení nabíjení není výjimkou. Pro správné fungování několika entit je nezbytné propojení, které se neobejde bez integrace internetu. To přináší řadu výhod a potenciál k větší efektivitě celku, ale také riziko, že systém bude narušen, budou z něj ukradena například strategická data o používání vozidel, nebo bude napaden způsobem, kdy dojde k úplné paralýze, což například v případě firem závislých na dopravě může být v určitých situacích i likvidační. Tyto útoky mohou probíhat nejen ve formě krátkodobých znefunknění zařízení, ale i nahráváním chybných dat a následným snižováním efektivity fungování systému. Variantou je i nahrání malwaru, který povede k nevratnému fyzickému poškození některých komponentů. Na většinu z těchto hrozeb existují účinná opatření, je však třeba o nich vědět, tato rizika nepodceňovat a počítat s náklady na jejich prevenci. [76] [78] [79]

#### 4.1.6. Zvýšená degradace baterií

Obecná představa, že kapacitu baterie snižuje pouze její používání a počet nabíjecích cyklů není zcela správná. Na dlouhodobé životnosti baterie se podepisuje vícero faktorů v různých měřácích dopadu. Kromě počtu cyklů a samotného času existence akumulátoru je to zejména provozní teplota. Většina vozů část energie alokují na takzvaný Battery management system (BMS) jehož

funkcí je držet baterii v ideálních teplotních podmínkách. Za předpokladu, kdy je vozidlo pro účely V2G zapojeno ve vhodném prostředí, není důvod k tomu, aby degradace byla výrazně vyšší. Zajímavé je srovnání studií provedených ve srovnatelném období a zkoumající baterie obdobných typů. Zatímco jedna vycházela z předpokladu extrémního nárazového nabíjení a vybíjení, druhá naopak brala v úvahu technické charakteristiky akumulátoru a snažila se tomu přizpůsobit pravidelný nabíjecí cyklus. První z jmenovaných studií dle očekávání došla k závěru, že kapacita baterie se výrazně zmenší a životnost zkrátí. Zajímavé však je, že závěrem druhé jmenované bylo potenciální zpomalení degradace, a to dokonce o 9-12 %. Dá se tedy usoudit, že míra degradace je velmi závislá na samotném způsobu využívání baterie a že pokud je tato skutečnost zohledněna, implementována do běžného provozu a denního řízení, lze dopad degradace účinně minimalizovat. [80] [81] [82]

## 4.2. Legislativní

Legislativní otázky jsou logicky různé v závislosti na konkrétní zemi či regionu, v určitých obrysech a parametrech jsou však velmi podobné. Jedním z hlavních problémů je, že legislativa vnímá koncové uživatele elektrické soustavy obvykle pouze ve smyslu uživatelů a spotřebitelů, nikoliv však jako dodavatele a neumí pro ně tak v potřebné míře vytvořit rámec podle kterého mohou vyrobenou či uloženou elektřinu dodávat zpět do sítě. Nelehká je v tomto smyslu také role regulátora (v ČR – ČEPS, a.s.), který musí zajistit stabilitu sítě. Pracovat s několika velkými elektrárnami, kdy může vycházet z dlouhodobých dat a zkušeností je pro něj logicky jednodušší než muset brát v potaz chování tisíců drobných subjektů. Tato úskalí jsou pozorovatelná již nyní, kdy nejen, že existuje limit velikosti solární instalace pro domácnosti a firmy podléhající schválení ale i odkup této energie je výrazně regulovaný. Dobrou zprávou v tomto směru je, že došlo k navýšení limitu pro vlastní instalaci bez nutnosti licence na úroveň 50 kW z původních 20 kW. Pro zákazníky to ne vždy je výhodné, obzvláště v dříve popsaných situacích, kdy dojde k úplnému odpojení. Unijní směrnice EU/2019/944 se této problematice věnuje a definuje směr kterým by se energetika měla vyvíjet tak. A to sice tak aby v centru energetického trhu byl uživatel a fungování sítě mu umožnilo větší flexibilitu a zapojení obnovitelných zdrojů. Právě pod pojmem flexibilita se skrývá sada opatření a přístupů, jejíž význam bude ve spojitosti s obnovitelnými zdroji a decentralizovanou energetikou růst. [83] [84] [85] [86]

V2G je poměrně atraktivní v Austrálii, kde v některých oblastech relativně často dochází k výpadkům, ostatně i proto tam v roce 2017 vzniklo jedno z největších akumulátorových center - Hornsdale Power Reserve. Právě na vládní úrovni v této zemi dochází k identifikování standardů a legislativních limitací, které širšímu využití brání. V evropském kontextu je v tomto směru zásadní norma ISO 15118-20, která umožňuje využití nových dobíjecích funkcionalit včetně Plug & Charge. Tedy mezinárodního standardu sjednocující hardwarovou a softwarovou kompatibilitu

vozidel se širokou škálou nabíjecích stanic. To umožní, aby například platby a identifikace probíhaly automaticky a uživatel nemusel vlastnit několik karet a registrací na nabíječky rozličných poskytovatelů. Norma zároveň zahrnuje oblasti řízení výkonu v případě hromadného nabíjení, bezdrátové nabíjení (WPT) a věnuje se i otázce komunikačních protokolů a datového zabezpečení. [14] [87] [88] [89]

### 4.3. Finanční

Téměř každá nová technologie je na počátku velmi nákladná a málokomu se vyplatí ji provozovat. S postupem času, zvyšováním konkurence a pokrokem z hlediska výzkumu a vývoje však obvykle dochází k optimalizacím výrobních procesů, návazných řetězců a dalších cenotvorných složek. Tato opatření zpravidla vedou i ke snížení konečných cen. Rozsah aplikace V2G je zatím velmi úzký a konkurence na trhu výrobců kompatibilních vozidel či nabíjecích stanic téměř neexistující. Stejně tak udržitelných a funkčních obchodních modelů, při kterých by se dalo mluvit o adekvátní návratnosti a celkové výnosnosti či úspornosti není zatím mnoho a jsou dosažitelné jen ve velmi specifických podmínkách. Zatím je možné se do určité míry spoléhat na financování vývoje a výzkumu ze strany států a různých organizací, čím dříve se však začnou aplikovat ekonomicky soběstačné projekty tím je šance technologie na úspěch větší. Nákladové a výnosové stránky V2G jsou relativně jednoduché. Na straně nákladové se jedná o potenciálně lehce vyšší ceny kompatibilních vozidel, větší položku však představují hlavně speciální nabíjecí stanice, elektroinstalace, software a další nezbytnosti pro zajištění provázanosti vozidel na lokální či širší elektrické síti. [90] Stránku výnosovou lze rozdělit na tři oblasti:

- V2G umožňuje díky akumulaci využívat větší množství vlastní obnovitelné energie, která by ve většině případů měla být pro uživatele levnější než elektřina ze sítě. Tím dokáže ušetřit náklady za elektřinu, kterou následně není třeba dokupovat.
- Druhou složkou jsou platby energetických společností za „pomoc“ s vyvážením poptávky v síti, tedy za poskytnutou elektřinu vrácenou zpět do sítě. Tyto sazby mohou být buď fixní nebo dynamicky proměnné dle aktuální situace na trhu. Jedná se o stejný princip jako v případě dnes běžně realizovaného exportu přebytečné elektřiny z vlastních solárních panelů.
- Třetí složkou, která je hůře kvantifikovatelná, přesto hodnotná, je vyšší soběstačnost firmy či koncového uživatele v tom smyslu, že má díky V2G možnost provozu nemovitosti a příslušných zařízení z baterie vozidla. To alespoň na přechodné období poskytuje výhody jak z hlediska komfortu, tak v určitých případech i jako prevence finančních ztrát například v důsledku přerušení provozu firmy.

## 4.4. Sociálně-behaviorální

Významným úskalím technologie V2G je skutečnost, že pro laickou veřejnost nedává příliš smysl a její potenciál je těžko pochopitelný. Za předpokladu obecně rozšířené představy, že problém elektromobility spočívá zejména v dlouhém a nedostatečně rychlém dobíjení baterií, které snižuje dojezd, a tedy i uživatelský komfort je těžké vysvětlit, že technologie, která tuto energii z elektromobilů dále odebírá má praktické a smysluplné opodstatnění. Naopak pocit, že vůz musí být neustále připravený k jízdě a nabitý na 100 % příliš opodstatněný není. Studie a výzkumy se shodují na závěru, že většina osobních vozidel stojí nevyužita více než 90 % času jejich vlastnictví. Tato data nejen, že podporují tendence rozvíjení carsharingu jakožto čím dál tím žádanějšího konceptu mobility, ale také mluví výrazně ve prospěch V2G a jejího širšího využití. Často udávaná hodnota dokonce 95 % nevyužití tedy znamená, že vozidlo je k jízdě používáno v průměru jen zhruba necelé 2 hodiny denně a zbylých 22 může být za předpokladu připojení do V2G kompatibilní nabíječky využíváno jakožto užitečný prvek energetické soustavy. [91] [92] [93]

Pro překonání „psychologické bariéry“ je důležité, aby systém byl uživatelsky přívětivý. To znamená, aby bylo pomocí aplikace či infotainmentu vozu možné nastavit minimální úroveň nabití ve voze a časy plánovaných jízd. Samozřejmě zde nastává otázka nečekaných událostí, kdy může dojít ke změně plánů a uživatel najednou bude vozidlo potřebovat v momentě, kdy dle jeho aktuálních potřeb nabitě není. Při nastavení tak proti sobě na miskách vah stojí uživatelský komfort a jistota ve formě menší kapacity alokované pro účely V2G na jedné straně a na straně druhé větší objem poskytnuté kapacity a tím i větší finanční a energetický benefit.

Z výzkumu uskutečněném v americkém Coloradu v roce 2021 vyplývá, že přes 95 % majitelů elektrických vozidel se k technologii oboustranného nabíjení staví kladně. Na otázku, co respondenti považují za největší problém odpovídali takto:

- 89 % dopad na záruku na baterii vozu
- 87 % dopad na dojezd vozu
- 80 % schopnosti plánovat nabíjecí rozvrh a využívání vozidla
- 77 % dopad na výdrž baterie
- 71 % dostupnost obousměrných nabíjecích stanic

Další uvedené možnosti jako komplexita používání samotného nabíjení či obava o soukromí byly v odpovědích respondentů již zastoupeny výrazně méně (32 % resp. 28 %). [94]

Studie Technické univerzity v Nizozemském Delftu pak ve svém šetření dospěla k podobným závěrům, lišila se však tím, že v jejím případě měli respondenti možnost si technologii v omezeném rozsahu i vyzkoušet. Lze říci, že častou obavou byl právě dojezd snížený vlivem častějšího využívání baterie. Značná část však zároveň uvedla, že implementace již nastíněného řešení, které by jasně stanovilo míru využití baterie, které by uživatel byl ochotný poskytnout, by

pro ně byla dostačujícím opatřením. Zajímavá byla i poznámka jednoho z respondentů, který uvedl, že pro něj samotný přechod ze spalovacího vozu do elektrického byl natolik revoluční, že ve srovnání s tím považuje V2G za něco, na co by si již neměl nejmenší problém zvyknout. Některé technologie nadchla dokonce natolik, že přesto že by aktuálně jejich životnímu stylu nevyhovovala, byli by jej ochotni za tímto účelem změnit. Je však třeba podotknout, že podstatná skupina by tento ústupek ochotna udělat nebyla a staví se k celé technologii spíše odmítavě. Obecně by se však dalo říci, že většina V2G vnímá jako přínosnou za určitých okolností a pakliže by měla vliv na rozsah jejího využívání, tak aby nezasahovalo příliš do jejich volnosti a komfortu, uvítali by ji. [95]

Za zmínku jistě stojí i závěry projektu Sciurus financovaným vládou Velké Británie. Rok a půl trvající projekt vedený skupinou firem v čele s OVO Energy, který čítal přes 330 účastníků, ve své závěrečné zprávě uvádí, že v průměru došlo u uživatelů k úsporám za elektřinu ve výši 420 britských liber ročně. Prostřednictvím vozidel bylo celkem exportováno 900 MWh elektrické energie. Zajímavá je i poznámka, popisující poznatek, kdy si několik účastníků vytvořilo vlastní tabulky, ve kterých sledovali úspory, kterých díky účasti na projektu dosahovali. To dokazuje, že existuje přinejmenším malá skupina uživatelů, které technologie skutečně zajímá a jsou ochotni ji věnovat čas i nad rámec nezbytných úkonů. Tuto domněnku částečně potvrzují i odpovědi na otázku co bylo hlavní motivací pro zapojení do projektu. Nejvíce (94) respondentů sice uvedlo, že finanční úspora, s těsným odstupem (91) však byla touha po prozkoumání nové technologie. Na třetím (72) a čtvrtém (65) místě se pak umístila snaha o snížení uhlíkové stopy, resp. podpora elektrické rozvodné sítě. 93 % z respondentů bylo s fungováním V2G nabíječky spokojeno, přesto však většina uvádí, že právě její vstupní cena by pro ně při rozhodování byla zásadní. [28]

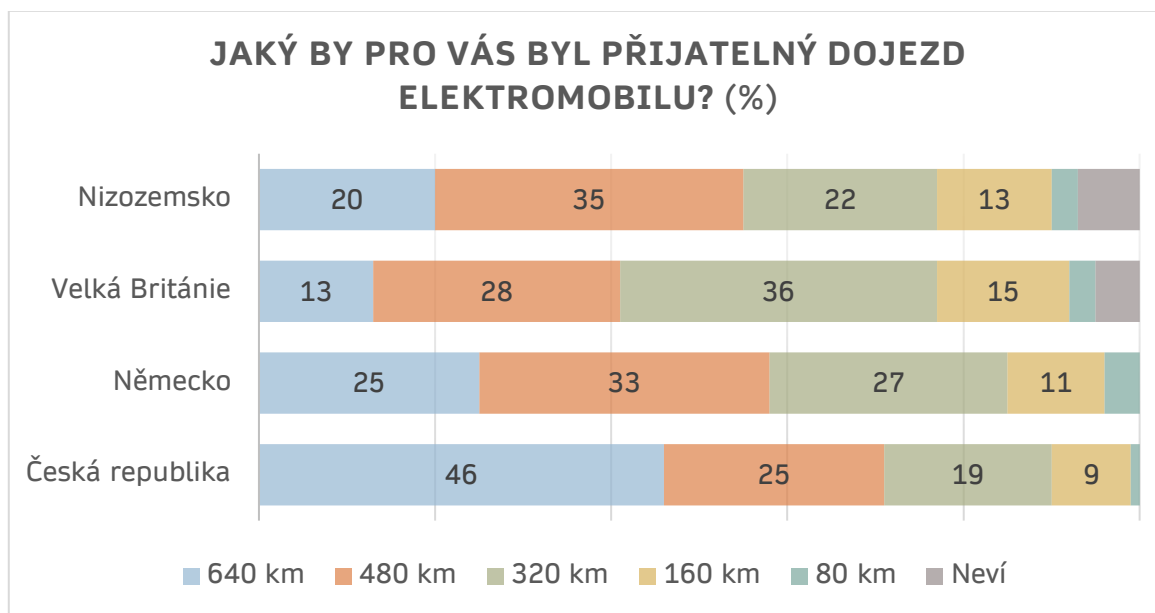
Charges for June 2019	
<b>Electricity</b>	
Consumption charge 663 kWh at 13.72p	£91.02
Standing charge 30 days at 27.40p a day	£8.22
<b>Gas</b>	
Consumption charge 139 kWh at 3.08p	£4.27
Standing charge	£8.22
<b>Upgrades</b>	
POLAR plus	£7.85 £0.00
Green Electricity	£5.00 £0.00
OVO Interest Reward	-£0.72
VAT 5% of £111.01	£5.55
<b>Vehicle-to-Grid Export Credit</b>	<b>-£115.77</b>
<b>Total charges for June 2019</b>	<b>£0.79</b>

Obrázek 9 - Příklad finanční úspory při využití V2G [28]

V podmínkách České republiky k výzkumům souvisejícím přímo s V2G nedošlo, a to zejména proto, že zde ani samotná elektromobilita není příliš rozvinutá. Lze však alespoň vycházet z průzkumu poradenské společnosti EY – Retail Survey 2022. Ten dospěl k několika zajímavým závěrům. Přesto, že s řízením elektrického vozu nemá zkušenosti více než 72 % českých řidičů,



v této oblasti došlo meziročně k významnému posunu. Zajímavé byly odpovědi na otázku „Jaký by pro vás byl přijatelný dojezd elektromobilu?“ kdy ve srovnání s Němci, Brity či Nizozemci Češi trvají na dojezdu výrazně vyšším.



*Graf 8 - Průzkum EY Survey - Chování a preference řidičů [96]*

Zároveň ve srovnání se světovým průměrem považují za přijatelný výrazně kratší čas dobíjení, než s čím se spokojí zahraniční řidiči. 38 % respondentů je ochotno akceptovat maximálně 30 min, Světový průměr je přitom 16 %, ostatním stačí čas delší. [96]

## 4.5. Nezbytnost mezioborové spolupráce

Specifikum technologie V2G spočívá v tom, že pro její optimální fungování je třeba spolupráce firem a institucí napříč obory. Trend decentralizace energetiky a propojování spotřebitelů do takzvaných Smart Grids v tomto rozvoji V2G nahrává, a právě elektromobily mohou mít v této transformaci významnou roli. Ostatně i z projektů uvedených v této práci je patrné, že většina z nich vznikla ve spolupráci vícera stran, obvykle automobilky a energetické společnosti. Již zmíněná poradenská společnost EY, která se nejen implementací obdobných komplexních řešení zabývá uvádí na základě vlastní analýzy za hlavní překážky rozvoje: Společné standardy konektorů, kyberbezpečnost a ochranu dat, neznalost technologie ze strany veřejnosti, dvojitě zdanění (nabíjení/vybíjení) či různorodost a přísnost legislativních rámců. Z tohoto výčtu je zřejmé, že se jedná o poměrně komplexní oblasti, na kterých musí spolupracovat více stran. Spoluprací soukromého a veřejného sektoru lze identifikovat překážky a nastavit pravidla, legislativu, ale i business modely tak, aby byl rozvoj nejen technicky a administrativně možný, ale pro potenciální investory i ekonomicky výhodný. [97]

## 4.6. Prodloužení životního cyklu baterií díky sekundárnímu využití

Často diskutovanou vlastností baterií je jejich životnost a schopnost udržet co nejvyšší možnou kapacitu i několik let v provozu. V případě elektromobilů, ve kterých je většina vyprodukovaných baterií použita, se uvádí životnost zhruba 10 let, respektive v tomto časovém horizontu je na její schopnost držet kapacitu obvykle výrobcem poskytována záruka. V USA povinně v délce trvání alespoň 8 let, stát Kalifornie pak dokonce vyžaduje 10 let. Na českém trhu a v několika dalších evropských zemích jsou poskytovány záruky v délce trvání 8 let a 160 000 km. Výjimkou je Tesla, kde kilometrový limit činí 192 000. [98] [99] [100] [101] [102] [103]

Akumulátory v elektromobilech tvoří zhruba 25 % jejich celkové hmotnosti, a je tak vyžadováno, aby tato hmotnost přinášela adekvátní energetickou kapacitu. Pokud ta klesne pod 70-80 % té původní, je na místě ji vyměnit za novou. Baterie pak může být recyklována a využita znovu. Recyklace je poměrně náročný proces a otázka dostupných kapacit je zatím značně nejistá. Zajímavým řešením jsou takzvané „second-life battery solution“ spočívající ve využití akumulátoru v prostředí či zařízení, kde její původní maximální kapacita není nezbytná. Takovým příkladem může být právě nemovitost využívající obnovitelné zdroje, vyžadující uložení vyrobené elektřiny. Velkou výhodou jsou i uspořené náklady za dopravu, jelikož baterie z použitých vozidel je možné dále používat v těsné blízkosti oblasti jejich původního provozu. [104]

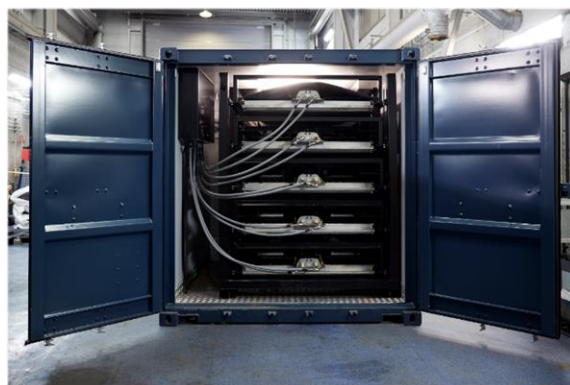
Tato koncepce je v provozu využívána již nyní, jak dokládají následující příklady:

### Nabíjecí stanice Škoda Auto a PRE na Pražském Chodově

V lokalitách, kde není silné a stabilní připojení na elektrickou síť nebo je nabíjecí stanice skutečně významného rozměru (z hlediska počtu nabíjecích bodů či jejich výkonu), který na jinak dostačující technickou infrastrukturu klade nadstandardní nároky, je možné instalovat baterii sloužící pro umožnění stabilního provozu samotné dobíjecí stanice. Právě tak funguje i tento případ, kdy byly vysloužilé baterie z testovacích vozů Škoda Enyaq uspořádány do konfigurace pevného uložení, díky kterému je možné z nabíjecích stanic dobíjet nárazově i několik vozů zároveň, aniž by došlo k přetížení rozvodné sítě. Akumulátor zde disponuje kapacitou 300 kWh a umožňuje simultánní nabíjení až dvanácti elektromobilů. Na příkladu nejen této stanice je sledováno dlouhodobé chování jejich uživatelů. Na základě těchto dat lze do budoucna lépe plánovat, které lokality potřebují posílení distribuční sítě pro uspokojení rekurentní poptávky a kterým naopak stačí popsání posílení ve formě akumulátoru, který představuje levnější, jednodušší a rychlejší alternativu. [105]

## Battery Loop

Dceřiná společnost skupiny Stena Recycling zabývající se výrobou komerčních řešení využívající použité baterie. Unifikované jednotky BLESS™ II z dopravních kontejnerů disponují technickým zázemím, které po zakomponování vysloužilých baterií zejména z elektrických vozidel tvoří energetické centrum schopné pojmout 400 až 500 kWh elektrické energie. Přesto, že myšlenka této jednotky počítá



Obrázek 10 - BatteryLoop ESS jednotka [121]

primárně s použitím vysloužilé baterie, lze ji zhotovit i z baterií zcela nových. Tyto energetické jednotky obecně nazývané jako BESS (Battery Energy Storage Systems) jsou již nyní používány v praxi. Například v případě kancelářského komplexu v Göteborgu, kdy došlo k jejímu pořízení spolu s 55 nabíjecími stanicemi. BESS v tomto případě pomohlo kompenzovat výrazné energetické výkyvy, rozložit zátěž a optimalizovat tak čerpání energie, což umožnilo lepší a efektivnější využívání dostupné energetické infrastruktury a v konečném důsledku tak i snížilo investorovi náklady na energie. Zajímavé je, že v tomto případě se jednotka neskládala z baterií z osobní elektromobilů, ale z vysokozdvíhových vozíků firmy Toyota. [106]

## RWE – Audi Herdecke

Spojení sil německé automobilky Audi a energetického gigantu RWE vedlo k výstavbě a zprovoznění energetického centra s nezanedbatelnou kapacitou až 4,5MWh. Zajímavá je lokalita, která byla pro projekt vybrána, a to sice vodní přečerpávací elektrárna Hardecke nedaleko města Dortmund. Celkový energetický objem je tvořen 60 bateriemi z testovacích vozů programu Audi e-tron, pro další využití ve vozidlech již nesplňují požadavky, ale jejich využitelná kapacita zhruba 80 % stále dokáže přinést užitek například v rámci projektů tohoto typu. Cílem je zejména otestování možností a přínosů této technologie. RWE je však ambiciózní, staví další projekty a předpokládá, že kapacita sekundárních baterií v Evropě dosáhne hodnoty 8GWh v roce 2030 a dokonce 76GWh v roce 2035. [107] [108]

## Connected Energy – Nottingham City Council

Britská firma mezi jejichž investory spadá například i Volvo Energy, v rámci své realizace pro radnici města Nottingham dodala dvě kontejnerové jednotky E-STOR, každá sestávající z kapacity 360 kWh. Stejně jako v případě společnosti Battery Loop pocházejí baterie z vysloužilých elektromobilů, konkrétně francouzské značky Renault. I zde došlo k určitému „uzavření“ cyklu

baterií. Hlavním přínosem BESS jednotky je totiž zajištění stability a soustavy sestávající z budovy, solárních panelů o výkonu 138kWp, ale zejména čtyřiceti V2G kompatibilních nabíjecích stanic. Velkou výhodou těchto „kontejnerových“ řešení je jejich škálovatelnost, snadná přeprava, instalace a možnost nahradit interní bateriové jednotky „novými“ v rámci výměny baterií v radnicí provozovaných elektromobilech. [109]

## Enel X Melilla

Energetická společnost Enel Group zvolila pro instalaci svého systému poměrně specifickou, ale svým způsobem ideální lokalitu. Španělská enkláva Melilla je totiž obklopena Marokem a nachází se na Africkém kontinentu. Výrobu elektřiny pro místních 90 tisíc obyvatel zajišťuje lokální elektrárna dceřiné společnosti Endesa. Vzhledem k odstřižení od marocké energetické soustavy je tak oblast energeticky izolovaná, a tedy i poměrně zranitelná. To je jedním z důvodů, proč byla na místě instalována BESS jednotka sestávající z 48 použitých a 30 zcela nových baterií dodaných společností Nissan. Ta generuje výkon 4 megawatt a dokáže uložit až 1,7 MWh elektrické energie. V případě výpadku elektrárny je toto uložení schopno po dobu patnácti minut pokrýt spotřebu celé oblasti, což je dostatečný časový prostor pro obnovení provozu a pro opětovné spuštění dodávek elektřiny. Skupina Enel dále plánuje využít koncepčně obdobné řešení v rámci komplexu římského letiště Fiumicino, kde bude spolu s přilehlým solárním parkem o výkonu 30 MW pomáhat s energetickou správou a umožní tím snížit nejen jeho finanční náklady, ale i uhlíkovou stopu. [110]



Obrázek 11 - Nissan Second Life Project [111]

## 5. Závěry a poznatky z aktuálních vědeckých publikací

Během rešerší a přípravy přecházející zhotovení této práce bylo za účelem zjištění aktuálního stavu zkoumané sféry vycházeno převážně z následujících publikací:

### Towards a Business Case for Vehicle-to-Grid—Maximizing Profits in Ancillary Service Markets [112]

Kapitola autorů z Mnichovské Technické University v rámci publikace Plug in Electric Vehicles in Smart Grid zkoumá využitelnost obousměrně nabíjitelných vozidel v rámci Smart Grids integrace, a to převážně z hlediska udržitelného ekonomicko-nákladového modelu aplikovaného na případové studii realizované v Singapuru. Tato práce je již z roku 2015, ale poznatky v ní popsané jsou aktuální stále. Závěr poukazuje na význam provázání průběhu nabíjení v čase s dynamicky se vyvíjející cenou elektřiny. Předpokládá se, že tato spojitost by mohla zároveň mít charakter pobídky motivující uživatele, aby nabíjení pokud možno přizpůsobovali zatížení napojené elektrické sítě. Problematika přijetí technologie uživateli z hlediska rezervovanosti k „propůjčení“ baterie svého vozu je uvedena jakožto další ze zásadních bodů, které je třeba adresovat. Například softwarovým řešením nastavujícím limity vybité kapacity ve spojitosti s prediktivními modely.

### Electric Vehicles: V2G for Rapid, Safe, and Green EV Penetration [113]

Posudek teamu z anglické University of Nottingham reflektuje nezpochybnitelný trend vzestupu elektromobility a obnovitelné energetiky a jejich následky ve formě zásadní proměny profilu spotřeby a výroby energie. Autoři se domnívají, že V2G a role elektromobilů obecně bude stěžejní při vzniku a postupné evoluci energetické koncepce. Jedním ze závěrů je poukázání na význam rozhodnutí některých států vytyčit si (jak verbálně, tak legislativně) za cíl odvážné redukce počtů vozů na spalovací pohon. Přesto, že je tento přístup často sporný a kritizovaný, v tomto případě vedl k urychlení vývoje nových pohonů a energetických řešení. Posudek vyzdvihuje přívětivé trendy a této sféře předpovídá velký potenciál k rozvoji, zároveň však přiznává, že V2G je ve svém vývoji stále ještě spíše v počátku kdy jako jedny z hlavních komplikací uvádí technické limitace (zvýšená degradace baterií) ale také míru přijatelnosti či spíše zdrženlivosti potenciálních koncových uživatelů.

## Electric Vehicle-to-Grid (V2G) Technologies: Impact on the Power Grid and Battery [76]

Společný článek autorů univerzit v Bangladeši, Kuala Lumpur a saudskoarabském Táifu reaguje na dosavadní nedostatek publikovaných materiálů v této oblasti ve formě hledání a pojmenování konkrétních obchodních modelů, legislativních rámců a technických standardů umožňujících následné širší využití technologie. Degradace baterií je i v této práci prezentována jako jedna z hlavních komplikací, zmíněna je však i problematika ztráty energie, a tedy i snížení efektivity procesu v důsledku převodů stejnosměrných a střídavých proudů v příslušném elektronickém rozhraní, které by dokonce mohly narušit stabilitu sítě. Potřeba sjednocení standardů, spolupráce výrobců, států a správců infrastruktury je zde uvedena také. Stejně tak i popsání skutečnosti, že v současnosti V2G ve svém rozsahu a technických možnostech jen velmi těžko nachází smysluplné obchodní modely, které by motivovaly další investory a uživatele.

## Utilization of Electric Vehicles for Vehicle-to-Grid Services: Progress and Perspectives [114]

Posudek dvojice autorů univerzit v Saudské Arábii a Japonsku je zajímavý zejména tím, že mimo poznatků, které se víceméně shodují s ostatními pracemi zmiňuje i důležité upozornění. A to sice, že vládní programy a pobídky, které pomáhají testování a rozvoji V2G nemusí mít dlouhého trvání a je tak důležité i v přes významné technické limitace hledat již nyní způsoby a formy ve kterých bude aplikace přínosná pro uživatele a poskytne jim benefity odpovídající nákladům, tak aby k vývoji a výzkumu mohlo docházet i nadále. Práce také uvádí, že většina dosavadních obchodních modelů byla čistě teoretická a jejich ekonomický a energetický přínosnost v praxi tak může nakonec být významně ovlivněn doposud nezohledněnými jevy. Materiál uvádí, že technické benefity, které potvrzují simulace a testovací realizace menšího rozsahu nemusí nutně přinášet i benefity ekonomické, které jsou z výše popsaných důvodů zásadní.

## The A-Z of V2G - A comprehensive analysis of vehicle-to-grid technology worldwide [115]

Analýza financována Australskou agenturou pro obnovitelnou energetiku zkoumala širokou škálu aspektů V2G a její využití po celém světě. Jejím cílem bylo navržení opatření a konkrétních kroků, které by umožnily širší implementaci.

Mezi ty byly zařazeny následující:

- Zajištění, že standardy a specifikace konektorů budou obousměrné nabíjení umožňovat
- Změnit limit pro složitou registraci jakožto poskytovatel energie do sítě, snížení a sjednocení požadavků obecně

- Spuštění zkušebních projektů, sledování zpětné vazby uživatelů a její reflektace a implementace
- Identifikování širší škály benefitů, které V2G přináší a cílené oslovování potenciálně interesovaných skupin

## Shrnutí závěrů uvedených prací

Už ze samotného počtu publikací věnujících se V2G je patrné, že její potenciál je vnímán a zkoumán čím dál tím více. Publikace se shodují na rostoucím trendu nárůstu elektrických vozidel a minimálně teoretickém prostoru pro využití jejich baterií je všeobecná. Většina prací se také shoduje, že hlavní komplikace představují: degradace baterií v důsledku vyššího využívání, rezervovanost a zdráhavost koncových uživatelů, legislativa neumožňující širší zapojení, nesjednocená škála nabíjecích standardů či absence široce uplatnitelného udržitelného obchodního modelu a spolu s ním spojená adekvátní finanční návratnost. Přes poukazování na komplikace a problematické aspekty panuje shoda na předpokladu, že elektromobilita bude významně růst a V2G spolu s ní má obrovský potenciál k rozvoji. Většina komplikací je vázána na aktuální situaci s tím, že lze předpokládat, že velkou část z nich se časem podaří zvrátit.

Identifikaci nejen problematických oblastí, ale zejména benefitů a přínosu v potenciálních reálných aplikacích bude věnována pozornost v následující kapitole, která tvoří praktickou část této práce.

# 6. Ekonomicko-energetický dynamický model firmy využívající technologii V2G

Energetika a mobilita zejména v kontextu nových technologií a přístupů je značně dynamické prostředí. Studie, predikce či analýzy tak zejména v současné nestabilní době velmi rychle ztrácejí na relevanci, jelikož data a předpoklady ze kterých vycházejí se rychle mění. Nejen ceny elektřiny, či jednotlivých technologií a materiálů, ale i chování zákazníků (a firem), změny legislativy, politických strategií a nespočet dalších faktorů znamenají jediné – model zohledňující využitelnost těchto technologií nemůže být statický, ale dynamický. Vytvoření kalkulace pro statický konkrétní případ by dozajista bylo jednodušší, ale šlo by proti smyslu tohoto modelu – aby byl co možná nejdéle relevantní a na základě zadání aktuálně platných proměnných parametrů dokázal poskytnout odpovídající výstupy i v budoucnu. Výhodou této koncepce je nejenom trvanlivost, ale i schopnost vykreslení libovolného množství scénářů a kombinací vstupů.

## 6.1. Obecný popis modelu

Model je vytvořen v aplikaci Microsoft Excel, a to zejména proto, že touto aplikací disponuje většina firem jakožto součásti MS Office a alespoň základní práci s ním ovládá poměrně široká skupina potenciálních uživatelů. Během tvorby byl kladen důraz na co možná největší pochopitelnost a intuitivnost. Z toho důvodu byla samostatně vytvořena i část, kde uživatel může do předpřipravených listů vepisovat a volit nezbytné vstupní proměnné. Kalkulace jsou postaveny na principu propojených buněk, jednotlivých tabulek a polí, které ovlivňují jak zadané hodnoty, tak i volitelné aktivace některých funkcí.

## 6.2. Přínos modelu a jeho informační hodnota

Jednou z možností využití modelu je přehledné zobrazení aktuální energetické situace firmy, průběh spotřeby, aktuální platby a další klíčové ukazatele. Na základě dostupných parametrů je možné volit různé velikosti instalací obnovitelných zdrojů a počtu V2G kompatibilních vozidel. Benefit využívání technologie V2G, potažmo pevné baterie pak spočívá v možnosti uchování, a tedy i v konečném využití většího množství obnovitelně vyrobené elektřiny, což z pravidla vede nejen ke snížené uhlíkové stopy, ale také k významným finančním úsporám. Právě nalezení vhodného mixu produkčních, spotřebních a akumulčních složek by tento nástroj měl umožnit. Rovin využití je ale vícero, model může být použit i jako informační zdroj při rozhodování o investici a při porovnávání jednotlivých možností. Například jestli je pro akumulaci nevyužitelné energie lepší pořídit pevnou baterii, či investovat do nabíjecích stanic a využívat právě V2G. Zde

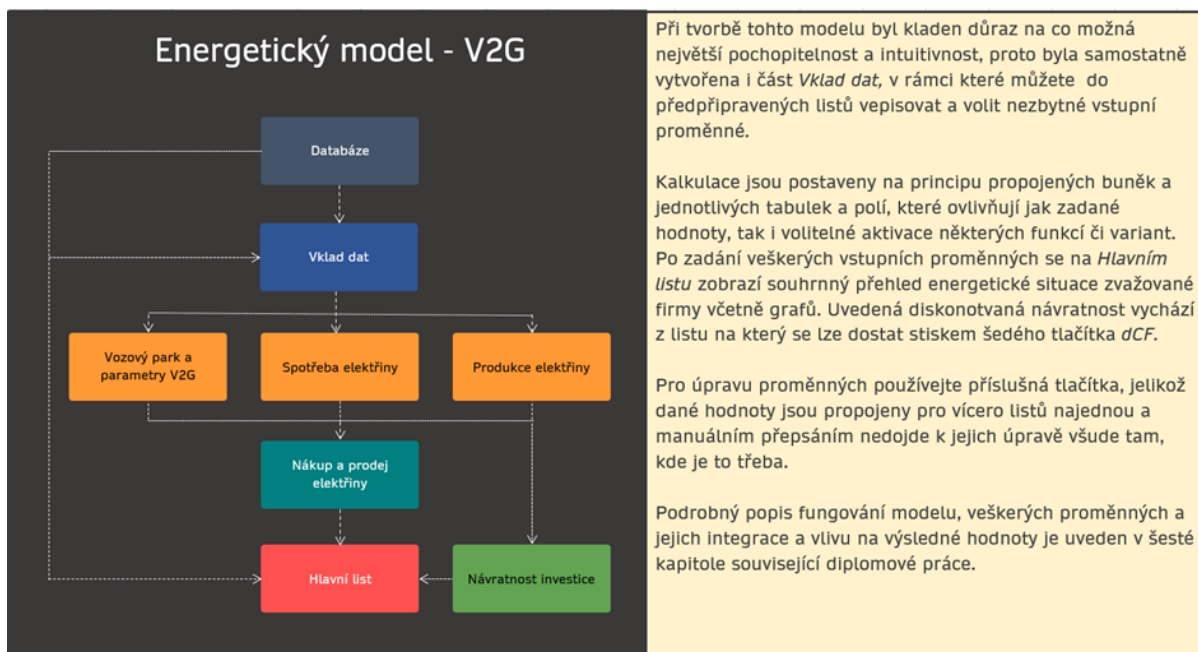


záleží na konkrétních parametrech provozu, kdy model dokáže scénáře srovnat a poskytnout hodnotné a snadno dostupné informace pro uskutečnění investičního rozhodnutí.

V teoretické rovině je také využitelný jako identifikátor klíčových proměnných a úskalí, které nejvíce ovlivňují přínosnost a využitelnost nejen V2G, ale i dalších zahrnutých energetických elementů pro typově různé uživatele. Na základě toho je pak možné vytipovat hlavní veličiny ke sledování a stanovit si například hranice hodnot, po jejichž dosažení by měla být implementace zvažena.

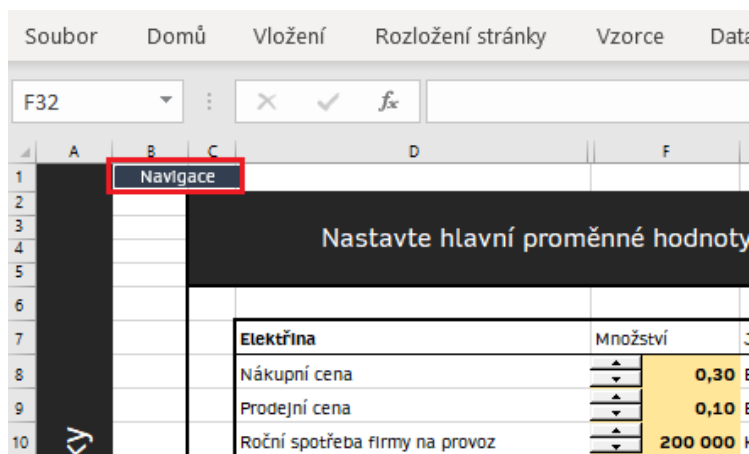
### 6.3. Ilustrační aplikace modelu na reálných datech a vysvětlení uživatelského postupu

Tato kapitola uvádí postup práce s modelem na konkrétním příkladu. Po otevření souboru se zobrazí karta Navigace, poskytující přehled o struktuře a obsahu. Prostřednictvím hypertextových odkazů lze po kliknutí na jednotlivá tlačítka přímo přecházet na uvedené karty.



Obrázek 12 - Vstupní obrazovka modelu (karta Navigace)

Z každého listu je pak možné se ihned vrátit zpět na Navigaci stisknutím tlačítka v levém horním rohu.



Obrázek 13 - Orientace v modelu – tlačítko Navigace

Karta Vklad dat je přímo upravena tak, aby umožnila co možná nejsnazší použití modelu bez znalosti jeho přesného fungování. Po otevření se zobrazí následující nabídka:

Nastavte hlavní proměnné hodnoty:			Pokračovat dál	
<b>Elektřina</b>	Množství	Jednotka	<b>Solární instalace</b>	
Nákupní cena	0,30	EUR/kWh	Instalovaný výkon	150 kWp
Prodejní cena	0,10	EUR/kWh	Průměrná cena instalace	1,4 EUR/kWp
Roční spotřeba firmy na provoz	200 000	kWh	Údržba	15 EUR/kWp
Dynamické ceny	<input checked="" type="checkbox"/>		Čištění	10 EUR/kWp
Míra dynamiky		100%	<b>Větrná instalace</b>	
<b>Ostatní vstupy</b>			Instalovaný výkon	40 kW
CO2 průměr energetického mixu		450 gCO <sub>2</sub> eq/kWh	Průměrná cena instalace	1,7 EUR/kW
Daňová sazba		19% -	Údržba	20 EUR/kWp
Diskontní sazba		9% -	<b>Baterie</b>	
Sazba servisu nabíjecí stanice		15 EUR/rok	Kapacita	50 kWh
Sazba servisu V2G nabíjecí stanice		20 EUR/rok	Rychlost vybíjení nabíjení	15 kW
Zrychlené odepisování investice	<input type="checkbox"/>		Průměrná cena instalace	1,2 EUR/kWh

Obrázek 14 -Zadání proměnných

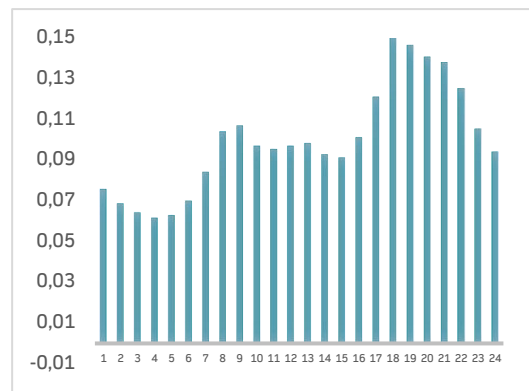
Zde je třeba, jak již instrukce v nadpisu napovídá, zvolit výchozí proměnné hodnoty potřebné pro dílčí kalkulace. Tyto hodnoty jsou rozdělené do šesti oblastí a nastavují se tlačítky. A to z toho důvodu, že jsou provázány na dvě samostatné karty a jejich hodnoty musí být stejné. Zvýrazněny jsou pak ty hodnoty, kterým by měl uživatel věnovat zvýšenou pozornost, jelikož jsou pro výsledky zásadní. Ostatní hodnoty lze upravit taktéž, ale jsou přednastavené tak, aby byly platné pro poměrně širokou škálu aplikací.

## Popis jednotlivých proměnných:

### • **Elektřina**

- **Nákupní cena** – Cena v eurech, kterou daná firma platí za 1 kWh odebrané elektrické energie od dodavatele.
- **Prodejní cena** – Cena v eurech, kterou daná firma obdrží za 1 kWh elektrické energie dodané zpět do sítě distributora.
- **Roční spotřeba firmy na provoz** – Celkový objem elektrické energie spotřebovaný firmou za jeden rok na běžný provoz bez započítání energie na nabíjení elektrických vozidel. Ty jsou kalkulovány zvlášť dle jejich počtu a používání v průběhu dne. V další části bude pak zohledněno a vysvětleno i nastavení průběhu spotřeby během dne.

- **Dynamické ceny** – Možnost aktivace proměnných cen, a to jak nákupních, tak prodejních. Tato funkcionality zohledňuje využívání elektřiny v průběhu dne a zároveň jednotlivých měsíců v roce a cenu tak upravuje dle celkové poptávky v rámci distribuční sítě. V časech nejvyšší poptávky (ráno cca. 8:00 a večer cca. 18:00) jsou tak ceny nejvyšší, a naopak kolem čtvrté hodiny ranní nejnižší. Rozptyl hodnot není jen na úrovni jednotlivých dnů, ale i v průběhu měsíců, kdy vzhledem k vyššímu počtu slunečních hodin, a tedy i vyšší využitelnosti levné solární energie jsou ceny v těchto měsících nižší.



Obrázek 15 - Ilustrace dynamických cen

- **Míra dynamiky** – Tento parametr upravuje míru vychýlení ceny od průměru, ze které vychází, čím vyšší její nastavení bude tím bude vyšší rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší cenou.

### • **Solární instalace**

- **Instalovaný výkon** – Velikost solární instalace z hlediska instalovaného výkonu solárních panelů. Dle dané lokality a jí příslušného přepočtu reálné produkce na Wp se následně mění kalkulované hodnoty. Výkon je udáván v jednotkách kWp tedy kilowatt-peak, což je jednotka používaná pro fotovoltaické elektrárny a udává jejich



Obrázek 16 - Solární elektrárna [125]

teoretickou maximální výkonu v ideálních podmínkách. Na paměti je také třeba mít maximální dostupnou plochu – na 1 kWp je třeba zhruba 10 m<sup>2</sup>.

- **Průměrná cena instalace** – Průměrná orientační cena za instalaci solárních panelů a dalšího příslušenství v přepočtu na kWp instalovaného výkonu. Tato hodnota je velmi obecná a přesto, že vychází z cen aktuálních realizací, je náklady vždy třeba počítat dle dostupnosti materiálu, složitosti instalace, technického stavu budovy a dalších cenotvorných parametrů, které se případ od případu liší.
- **Údržba a čištění** – Sazba údržby tvoří významnou nákladovou položku v rámci provozu fotovoltaické elektrárny, nejen že je třeba provádět pravidelné kontroly a například měnit panely poškozené vlivem působení vnějších nepříznivých jevů, nezbytné jsou i pravidelná čištění panelů, tak aby jejich efektivita byla co možná nejvyšší. Tyto 2 sazby se v modelu projevují v rámci kalkulace diskontované návratnosti a čisté současné hodnoty.
- **Větrná instalace**
  - **Instalovaný výkon** – Velikost větrné instalace z hlediska instalovaného výkonu. Dle dané lokality a jí příslušného přepočtu reálné produkce na watty se následně mění hodnoty reálné produkce. V případě větrných elektráren nelze počítat s příliš vysokým instalovaným výkonem, jelikož opravdu velké větrné elektrárny vyžadují specifická povolení a nelze je instalovat na tak široké škále lokalit jako v případě solárních panelů.
  - **Průměrná cena instalace** – Orientační cena, která se opět velmi liší, už jen proto, že na rozdíl od solárních panelů je v případě větrných turbín škálovatelnost o poznání komplikovanější, a i dodavatelů je méně.
  - **Údržba** – Větrné turbíny není třeba čistit tak jako solární panely, jejich elektrické rozhraní a mechanické komponenty však také vyžadují údržbu, tak aby byla zajištěna jejich maximální výkonnost. V případě velmi nepříznivého počasí pak také může dojít k jejich poničení, které přesto, že nemusí být nutně konečné, může vést ke zbytečnému snížení efektivitu zařízení.
- **Baterie**
  - **Kapacita** – Zásadní parametr ovlivňující přínos baterie do celkového mixu. Na rozdíl od zdrojů energie, kdy v případě nenulové výkupní ceny vždy roste se zvyšujícím se výkonem i míra úspory je v případě baterie určitá hranice, kdy už její větší kapacita nelze v běžném



Obrázek 17 - Větrná elektrárna [124]

periodickém provozu nikterak využít. Stejně jako v případě kapacity baterie v elektrovozech je i tento parametr uveden v kWh.

- **Rychlost vybíjení/nabíjení** – Model zohledňuje maximální nabíjecí a vybíjecí výkon nejen ve vozidlech, ale i ve stacionární baterii. Toto nastavení předchází scénáři, kdy by například během hodiny bylo vybito několik stovek kWh



Obrázek 18 – Fixní baterie [122]

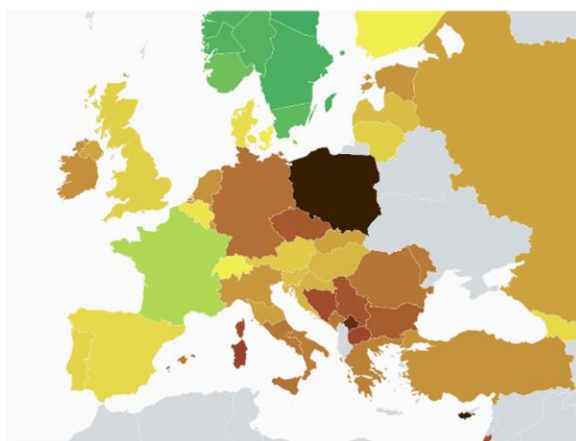
energie najednou, což obvykle vzhledem k technologickým možnostem není možné. Stejně jako mají nabíječky elektromobilů určitou rychlost nabíjení (také uváděnou v kW), která ovlivňuje dobu trvání nabíjení na požadovanou úroveň, tak stejnou limitaci je možné nastavit i pro tento případ.

- **Průměrná cena instalace** – Vzhledem k poměrně rozvinutému trhu s bateriovými uložišti různých druhů lze aktuální průměrnou cenu baterie dle kapacity stanovit vcelku přesně. Dá se očekávat, že tato sazba bude do budoucna spolu s dalšími vybranými klesat. Vypočítat ji lze také jako podíl reálné ceny vybrané baterie a její kapacity. Celková cena je pak samostatně zobrazena a je jí tím pádem možné zkontrolovat a upravit.

- **Ostatní vstupy**

- **CO<sub>2</sub>eq průměr energetického mixu**

–Pro ukazatel emisní úspory CO<sub>2</sub>eq získané vlivem instalace obnovitelných zdrojů a akumulčních zařízení je třeba nastavit hodnotu uhlíkové intenzity připadající na produkci jedné kilowatthodiny elektrické energie využívané pro provoz firmy a nabíjení jejich vozidel. Použitá jednotka CO<sub>2</sub>eq ekvivalent



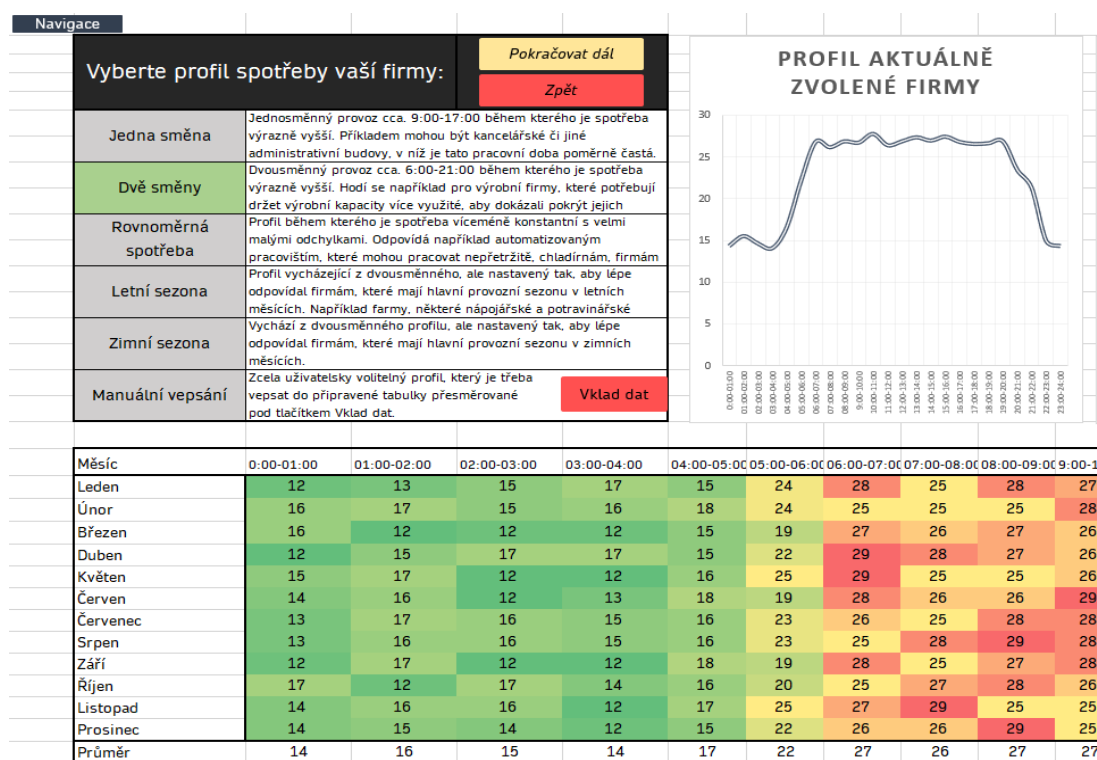
Obrázek 19 - Uhlíková intenzita produkce elektřiny v evropských zemích [123]

pak zahrnuje i ostatní plyny jejichž vliv na skleníkový jev přepočítává poměrově dle konkrétní skladby zastoupených složek. V roce 2022 činila tato hodnota v České republice průměrně 547 g CO<sub>2</sub>eq/kWh. Samozřejmě pokud má například firma kontrakt s dodavatelem garantujícím, že jí dodaná energie má stopu nižší nebo jsou provozovaná vozidla z velké míry nabíjena na stanicích, které využívají více nízkoemisní zdroje, lze počítat s hodnotou nižší.

- **Daňová sazba** – Procentuální sazba daně je používána pro výpočet cash-flow plynoucího z investice v jednotlivých letech provozu, její zvyšování tak návratnost prodlužuje.
- **Diskontní sazba** – Sazba taktéž upravující hodnoty cash-flow v jednotlivých letech, není pevně daná, každá firma nebo uživatel si ji obvykle nastavuje dle zkušenosti z předchozích projektů a zároveň tak, aby odpovídala rizikivosti uvažované investice. Se zvyšující se hodnotou budou diskontované výnosy v jednotlivých letech klesat a návratnost se tak logicky opět prodlužuje.
- **Sazba servisu nabíjecí stanice** – I zakoupené a provozované nabíjecí stanic vyžadují určitou údržbu, lze předpokládat, že první roky budou tyto náklady pokryty zárukou, avšak například úprava elektroinstalace nemovitosti v důsledku jejich instalace s sebou může přinášet zvýšené náklady na revize a údržbu širšího energetického rámce a ty je třeba také zohlednit. Model kalkuluje danou sazbu pro každou instalovanou stanic s tím, že je možné pro V2G kompatibilní, a tedy i technicky složitější, stanici nastavit sazbu vyšší.

Ve chvíli, kdy jsou tyto parametry správně nastaveny (k jejich úpravě se lze kdykoliv vrátit) stačí stisknout žluté tlačítko **Pokračovat dál** a mělo by dojít k posunutí náhledu na oblast **Profilu spotřeby energie firmy**:

Model dokáže rozlišit různé hodnoty spotřeby na úrovni jednotlivých měsíců a hodin v průběhu dne. Pokud je uživatel zná, může je zadat do vstupové tabulky, pakliže ne, stačí znát celkovou roční spotřebu (zadanou již v předchozí části), vybrat si z jednoho z pěti nabízených profilů a konkrétní hodnoty hodinové spotřeby se dle celoroční dopočítají poměrově.

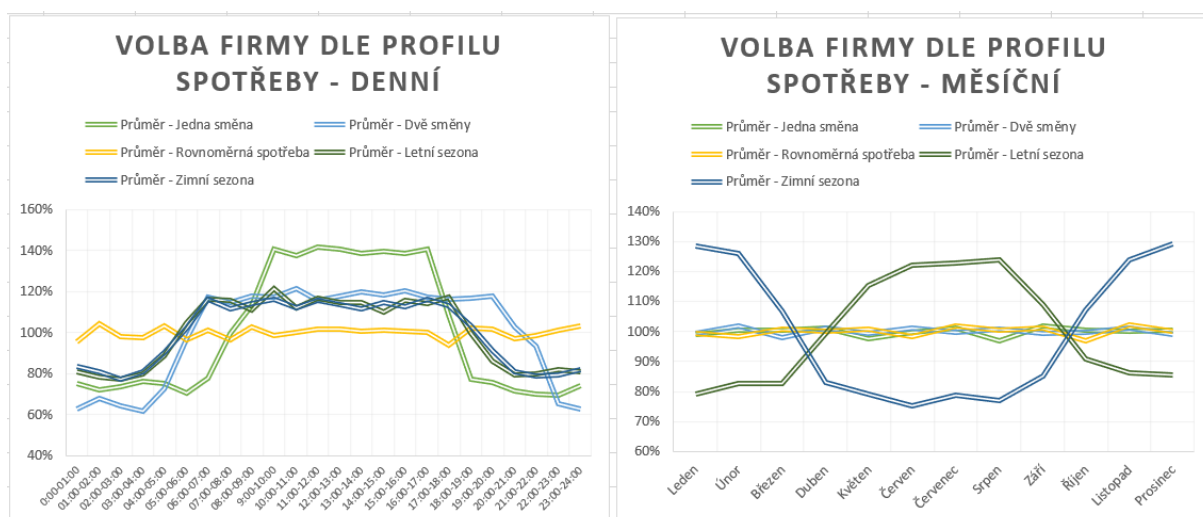


Obrázek 20 - Profil spotřeby energie



Na výběr je tedy z pěti předdefinovaných profilů spotřeby a šesté varianty, která umožňuje zcela samostatné vyplnění hodnot, pakliže je uživatel zná (v tomto případě je třeba stisknout tlačítko *Vklad dat* čímž dojde k přesunu na kartu Spotřeba elektřiny. Tam lze hodnoty manuálně zadat a na tento vkladový list se poté vrátit a mít je již jako možnost k výběru).

V tomto ukázkovém případě byl zvolen profil firmy operující ve dvousměnném provozu cca od 6:00 do 21:00. Volba proběhla stisknutím pole s názvem profilu, kdy právě zvolený je vždy zvýrazněn zeleně a jeho ilustrační hodnoty se zobrazí v tabulce ve spodní části. První graf vpravo pak variabilně zobrazuje denní průběh spotřeby právě zvoleného profilu, následující dva pak graficky uvádějí nabídku dalších profilů na úrovni dne a jednotlivých měsíců.



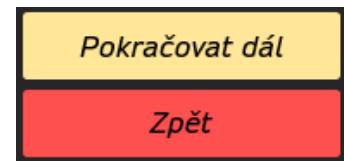
Obrázek 21 - Grafické zobrazení dostupných profilů

Jednotlivé profily byly nastaveny takto:

- **Jedna směna** – jednosměnný provoz cca. 9:00-17:00 během kterého je spotřeba výrazně vyšší. Příkladem mohou být kancelářské či jiné administrativní budovy, v níž je tato pracovní obvyklá.
- **Dvě směny** – dvousměnný provoz cca. 6:00-21:00 během kterého je spotřeba výrazně vyšší. Hodí se například pro výrobní firmy, které potřebují držet výrobní kapacity více využité, aby dokázali pokrýt například vysoké kapitálové náklady na stroje.
- **Rovnoměrná spotřeba** – profil během kterého je spotřeba víceméně konstantní s velmi malými odchylkami. Odpovídá například automatizovaným pracovištím, která mohou pracovat nepřetržitě, chladírnám, firmám pracujícím s hospodářskými zvířaty, podnikům disponujícím stroji jejichž opětovné spouštění je velmi časově a finančně náročné a dalším provozně obdobným firmám.
- **Letní sezona** – profil vycházející z dvousměnného, ale je nastavený tak, aby lépe odpovídal firmám, které mají hlavní provozní sezonu v letních měsících. Například farmy, některé nápojářské a potravinářské firmy, stavební firmy hotely, či zábavní parky.

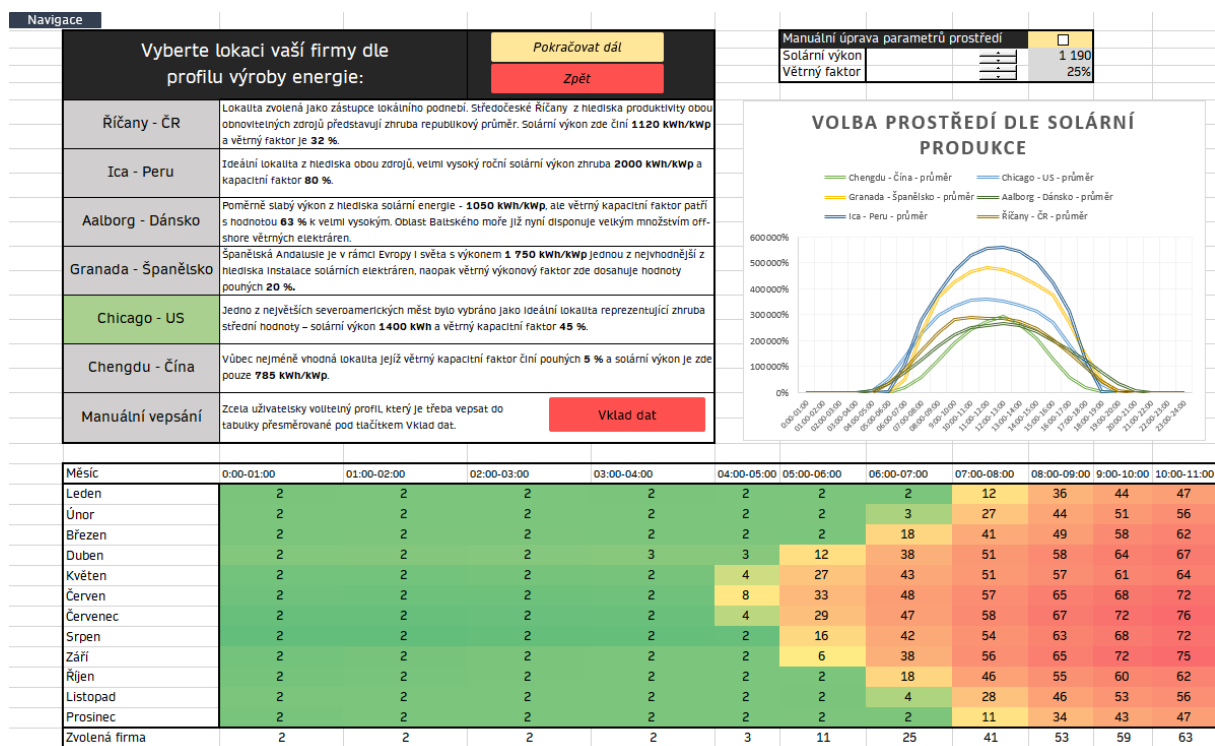
- **Zimní sezona** – vychází z dvousměnného profilu, ale je nastavený tak, aby lépe odpovídal firmám, které mají hlavní provozní sezonu v zimních měsících.
- **Manuální vepsání** – zcela uživatelsky volitelný profil, který je třeba vepsat do připravené tabulky přesměrované pod tlačítko Vklad dat

Následným stiskem tlačítka *Pokračovat dál*, (případně *Zpět* pokud je třeba upravit předchozí nastavené hodnoty) dostává uživatel možnost zvolit si modelové prostředí dané firmy dle profilu výroby zvolených obnovitelných zdrojů.



Obrázek 22 – Ovládací pole

Se stejnou úrovní detailu jako v případě spotřeby lze zadat s prostředím spojený výkon zvolených obnovitelných zdrojů. Opět, pokud uživatel nemá detailní informace k dispozici, stačí v první části nastavit instalovaný výkon používaných zdrojů a vybrat jednu z šesti nabízených lokalit. Každá má jiný profil slunečního svitu, větrného faktoru a z toho plynoucí celkovou produktivitu.



Obrázek 23 - Volba prostředí pro obnovitelné zdroje

Logika obsluhy je stejná jako v předchozí části profilu spotřeby s tím rozdílem, že zde je možnost manuálně pro vybrané lokality nastavit solární výkon a větrný faktor. Volba lokality tyto hodnoty nastaví dle reality. Pro úpravu je třeba v tabulce Manuální úprava parametrů prostředí zvolit pole ve žluté buňce a následně hodnoty upravit, čímž dojde k jejich přepisu v rámci kalkulace.



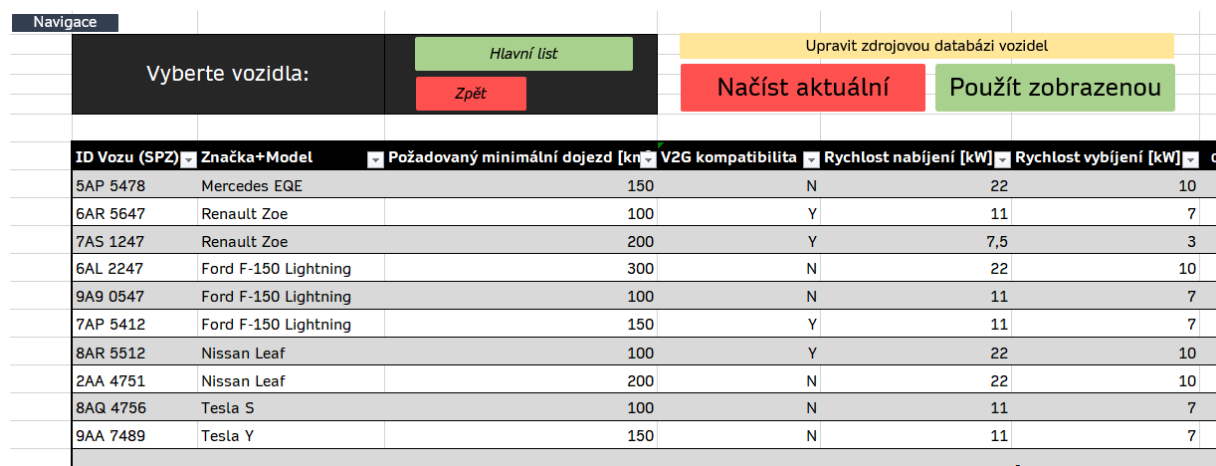
Jednotlivé lokality byly zvoleny následovně:

- **Říčany, ČR** – zástupce tuzemského prostředí – menší město ve středočeském kraji nedaleko Prahy se zhruba průměrnou větrnou a solární produkcí ČR – **32 %** resp. **1 120 kWh/kWp**.
- **Ica, Peru** – ideální lokalita z hlediska obou zdrojů, velmi vysoký roční solární výkon zhruba **2000 kWh/kWp** a kapacitní faktor **80 %**.
- **Aalborg, Dánsko** – poměrně slabý výkon z hlediska solární energie - **1050 kWh/kWp**, ale větrný kapacitní faktor patří s hodnotou **63 %** k velmi vysokým. Oblast Baltského moře ostatně již nyní disponuje velkým množstvím off-shore větrných elektráren.
- **Granada, Španělsko** – Španělská Andalusie je v rámci Evropy i světa s výkonem **1750 kWh/kWp** jednou z nejvhodnější z hlediska instalace solárních elektráren, naopak větrný výkonový faktor zde dosahuje hodnoty pouhých **20 %**
- **Chicago, USA** – Jedno z největších severoamerických měst bylo vybráno jako ideální lokalita reprezentující průměrné hodnoty obou složek – solární výkon **1400 kWh** a větrný kapacitní faktor **45 %**.
- **Chengdu, Čína** – Vůbec nejméně vhodná lokalita jejíž větrný kapacitní faktor činí pouhých **5 %** a solární výkon je zde pouze **785 kWh/kWp**.

Pro srovnání průměrné hodnoty pro ČR jsou zhruba **23 %** a **1026 kWh/kWp**.

Lokality byly zvoleny tak, aby pokrývaly co možná nejširší spektrum variant a v rámci modelu pak bylo možné sledovat, jaký má tato proměnná vliv na celkové výstupní hodnoty. Samozřejmě její vliv bude stoupat s velikostí instalovaného výkonu jednotlivých zdrojů.

Poslední částí listu Vklad dat je volba používané flotily vozidel a jejich parametrů



ID Vozu (SPZ)	Značka+Model	Požadovaný minimální dojezd [km]	V2G kompatibilita	Rychlost nabíjení [kW]	Rychlost vybíjení [kW]
5AP 5478	Mercedes EQE	150	N	22	10
6AR 5647	Renault Zoe	100	Y	11	7
7AS 1247	Renault Zoe	200	Y	7,5	3
6AL 2247	Ford F-150 Lightning	300	N	22	10
9A9 0547	Ford F-150 Lightning	100	N	11	7
7AP 5412	Ford F-150 Lightning	150	Y	11	7
8AR 5512	Nissan Leaf	100	Y	22	10
2AA 4751	Nissan Leaf	200	N	22	10
8AQ 4756	Tesla S	100	N	11	7
9AA 7489	Tesla Y	150	N	11	7

Obrázek 24 - Zadání flotily vozidel

Do této tabulky lze vybírat pouze vozy z existující databáze, která je součástí souboru. Pokud tedy má být použito jiné vozidlo, je třeba po stisku žlutého tlačítka Upravit zdrojovou databázi vozidel a nové vozidlo včetně nezbytných parametrů přidat. Až poté může být vybráno, a to sice zvolením definovaného vozu z dostupné nabídky ve sloupci *Značka+Model*.

Leaf	Nissan Leaf	
S	Tesla S	
Y	Nissan Leaf	
-	Renault Zoe	
-	Hyundai Ioniq 5	
-	Kia EV6	
-	Mercedes EQE	
-	Hyundai Ioniq 6	
-	Ford F-150 Lightning	
-	Mitsubishi Eclipse Cross	

Obrázek 25 - Výběr vozu

Spolu se značkou vozidla a modelem je třeba zapsat následující parametry:

- **Unikátní ID** – například státní poznávací značku či dle interního systému
- **Požadovaný minimální dojezd** – nejnižší požadovaný dojezd, který bude v případě využívání pro účely V2G neustále k dispozici. Tento parametr byl implementován jako reakce na častou obavu, že v případě nutnosti bude díky V2G vozidlo vybité a neschopné jízdy. Čím vyšší dojezd bude požadován, tím se snižuje efekt a přínos V2G, ale zároveň stoupá uživatelská jistota v dojezd vozu.
- **V2G kompatibilita** – Y/N (Yes/No) volba, zda bude vozidlo používáno pro účely V2G. Model disponuje i tlačítkem, které je schopný V2G plošně „vypnout“ pro dílčí kalkulace.
- **Rychlost nabíjení** – výkon příslušné nabíjecí stanice. Často diskutovaná doba nabíjení vychází právě z tohoto parametru, při zanedbání efektivních ztrát lze doby nabíjení orientačně spočítat jako množství energie k dobití (např. z 20 % nabití na 80 % kapacity 70kWh baterie, tedy celkem 42 kWh potřebné energie – nabíječka o výkonu 22kW ji tak nabije za necelé dvě hodiny). Rychlosti lze opět volit z nabídky dle dostupných řešení, které zhruba odpovídají aktuálně dostupným variantám na trhu. Ty lze přidat v databázi a pakliže se jedná o V2G nabíječky je třeba k nim přidat i rychlost „vybíjení“ vozidla směrem do sítě.
- **Hodiny provozu** – pro co možná nejlepší fungování modelu a jeho výpočtů je třeba zadat (zapsáním „1“) v jakých hodinách bude vozidlo s největší pravděpodobností používáno k jízdě. Tyto hodiny nemusí tvořit jeden časový celek, může se jednat i o několik intervalů během dne. Tato časová „okna“ jsou stěžejní zdroj při výpočtech dostupnosti vozidla a jeho kapacity baterie, požadované nabíjecí kapacity, ale i dostupné energie pro pokrytí poptávky nemovitosti.

Kompletní vyplněná tabulka pak může vypadat například takto:

Vyberte vozidla:		Hlavní list		Upravit zdrojovou databázi vozidel	
		Zpět	Načíst aktuální		Použít zobrazenou
ID Vozu (SPZ)	Značka+Model	Požadovaný minimální dojezd [km]	V2G kompatibilita	Rychlost nabíjení [kW]	Rychlost vybíjení [kW]
5AP 5478	Mercedes EQE	150	N	22	10
6AR 5647	Renault Zoe	100	Y	11	7
7AS 1247	Renault Zoe	200	Y	7,5	3
6AL 2247	Ford F-150 Lightning	300	N	22	10

05:00-06:00	06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00
			1	1	1	1	1	1		
			1	1	1	1				
1	1	1	1	1						
		1	1	1	1	1	1			
1	1	1	1	1						

Obrázek 26 - Nastavení provozních parametrů vozidel

Pokud v modelu již flotila vozidel nastavena je, stačí ji načíst tlačítkem *Načíst aktuální* a následně pouze upravit. Tento náhled není zdrojový, slouží pouze k úpravě a vkladu. V logice modelu musí být převeden na list „Vozový park a parametry V2G“.

Nyní když je flotila správně zapsána ji stačí stiskem *Použít zobrazenou* na uvedený list vložit.

Posledním krokem je přechod na *Hlavní list*, kde nalezneme souhrnně výsledky kalkulací a parametry navoleného scénáře:



Obrázek 27 - Ovládací pole 2

Energetický model - V2G		Proměnné parametry	
<p><b>Položka</b> kWh</p> <p>Množství potřebné elektřiny 270 935</p> <p>Množství vyrobené elektřiny 209 119</p> <p>Množství dokoupené elektřiny 68 640</p> <p>Množství prodané elektřiny 6 824</p> <p><b>Kontrola saldo</b> Ok</p> <p><b>Položka</b> EUR</p> <p>Hodnota potřebné elektřiny 87 054</p> <p>Hodnota dokoupené elektřiny 25 637</p> <p>Hodnota prodané elektřiny 6 824</p> <p><b>Konečná platba za energii 18 813</b></p> <p>Úspora díky obnovitelným zdrojům 50 254</p> <p>Úspora díky V2G 11 442</p> <p>Úspora díky baterii 6 545</p> <p><b>Úspora celkem EUR/rok 68 241</b></p>		<p>Počet vozidel celkem 10</p> <p>Počet V2G kompatibilních vozidel 4</p> <p>Počet V2G nekompatibilních vozidel 6</p> <p>Průměrná kapacita baterie vozidel [kWh] 79,9</p> <p>Využití vozového parku (z celkového času) 24%</p>	
<p><b>SKLADBA KONEČNÉ CENY ELEKTŘINY [EUR]</b></p> <p>Náhrat Pokles Součet</p> <p>87 054</p> <p>-68 241</p> <p>-6 824</p> <p>-18 813</p> <p>Potřebná elektřina Vyrobena elektřina Prodána elektřina Konečná platba z...</p>		<p><b>EMISNÍ STOPA [TUN CO2EQ/ROK]</b></p> <p>Výchozí 122</p> <p>Obnovitelné zdroje 61</p> <p>V2G 41</p> <p>V2G&amp;baterie 31</p>	
<p>Průměrná denní spotřeba elektřiny 742 kWh</p> <p>Průměrná denní větrná produkce 48 kWh</p> <p>Průměrná denní solární produkce 575 kWh</p> <p>Pokrytí denní spotřeby vlastní produkcí 84%</p> <p>Průměrná denní maximální akumulace bater 50 kWh</p>		<p><b>Celková energetická koncepce</b></p> <p>Orientační výše investice Částky [EUR]</p> <p>Solární 210 000</p> <p>Větrná 68 000</p> <p>Baterie 60 000</p> <p>V2G nabíječky 5 400</p> <p><b>Kapitálové náklady 343 400</b></p> <p>Diskontovaná návratnost (let) dCF - detail 10</p> <p>Čistá současná hodnota 5 143 €</p>	
<p>Průměrná denní spotřeba elektřiny 742 kWh</p> <p>Průměrná denní větrná produkce 48 kWh</p> <p>Průměrná denní solární produkce 575 kWh</p> <p>Pokrytí denní spotřeby vlastní produkcí 84%</p> <p>Průměrná denní maximální akumulace bater 50 kWh</p>		<p>Pouze V2G</p> <p>V2G nabíječky 5 400</p> <p>Diskontovaná návratnost (let) dCF - detail 1</p> <p>Čistá současná hodnota 862 €</p>	
		<p><b>Zvolená modelová firma</b> Dvě směny</p> <p>Zvolené prostředí Chicago - US</p> <p>Manuální úprava parametrů prostředí <input type="checkbox"/></p> <p>Solární výkon <input type="text"/> kWh/kWp</p> <p>Větrný faktor <input type="text"/></p> <p>V2G celková aktivace <input checked="" type="checkbox"/></p>	
		<p><b>Elektřina</b> Množství Jednotka</p> <p>Nákupní cena <input type="text"/> 0,3 EUR/kWh</p> <p>Prodejná cena <input type="text"/> 0,1 EUR/kWh</p> <p>Roční spotřeba firmy na provoz <input type="text"/> 200 000 kWh</p> <p>Dynamické ceny <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Míra dynamiky <input type="text"/> 100%</p>	
		<p><b>Solární instalace</b></p> <p>Instalovaný výkon <input type="text"/> 150 kWp</p> <p>Průměrná cena instalace <input type="text"/> 1,4 EUR/kWp</p> <p>Údržba <input type="text"/> 15 EUR/kWp</p> <p>Čištění <input type="text"/> 10 EUR/kWp</p>	
		<p><b>Větrná instalace</b></p> <p>Instalovaný výkon <input type="text"/> 40 kW</p> <p>Průměrná cena instalace <input type="text"/> 1,7 EUR/kW</p> <p>Údržba <input type="text"/> 20 EUR/kWp</p>	
		<p><b>Baterie</b></p> <p>Kapacita <input type="text"/> 50 kWh</p> <p>Rychlost vybíjení/nabíjení <input type="text"/> 15 kW</p> <p>Průměrná cena instalace <input type="text"/> 1,2 EUR/kWh</p>	
		<p><b>Ostatní vstupy</b></p> <p>CO2 průměr energetického mixu <input type="text"/> 450 gCO2eq/kWh</p> <p>Daňová sazba <input type="text"/> 19% -</p> <p>Diskontní sazba <input type="text"/> 9% -</p> <p>Sazba servisu nabíjecí stanic <input type="text"/> 15 EUR/rok</p> <p>Sazba servisu V2G nabíjecí stanic <input type="text"/> 20 EUR/rok</p> <p>Zrychlené odepisování investice <input type="checkbox"/></p>	

Obrázek 28 - Hlavní list

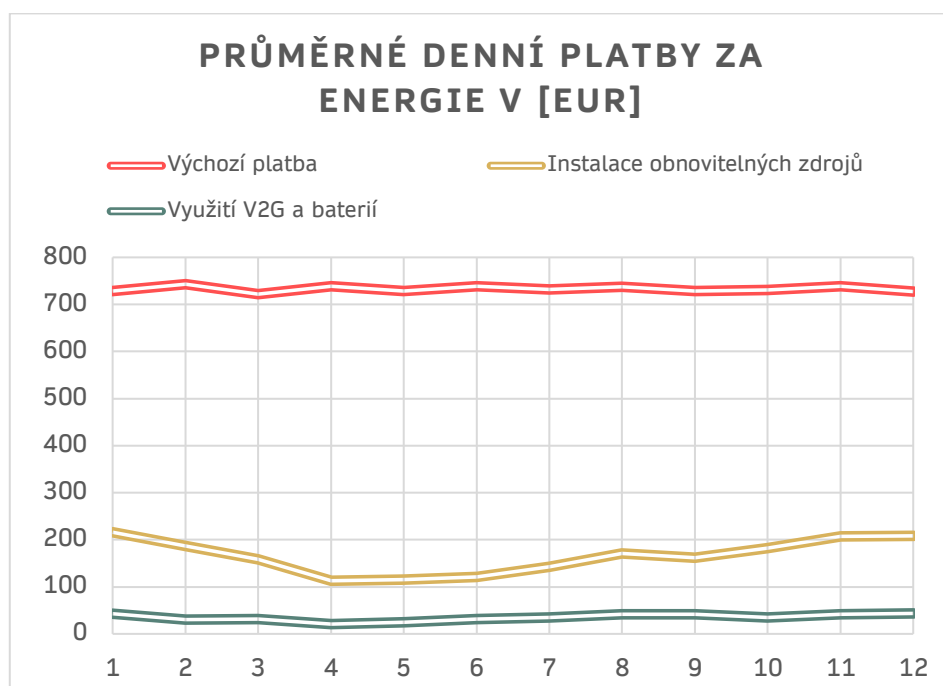
I zde lze proměnné parametry dále upravovat a sledovat tak změnu kalkulovaných hodnot. Na Hlavním listě je zároveň několik ilustrativních grafů zobrazujících uvedené hodnoty v přehlednější formě. Jak již bylo uvedeno, kromě databáze vozidel, kterou je třeba otevřít samostatně lze veškeré proměnné hodnoty upravit i zde.

Jednotlivé indikátory uvádějí následující informace (ty evidentní u kterých není vysvětlení třeba byly vynechány):

- **Množství potřebné elektřiny** – Celkové množství potřebné elektřiny je tvořeno součtem zadané roční spotřeby a elektřinou potřebnou na nabíjení elektrických vozidel.
- **Množství vyrobené elektřiny** – Představuje součet roční produkce zvolených obnovitelných zdrojů energie
- **Množství dokoupené energie** – Elektřina, kterou firma není schopna vyrobit a potřebuje ji doplnit nákupem od dodavatele
- **Množství prodané energie** – Veškerá elektřina, kterou v daný moment již nebylo, jak uložit ani spotřebovat a bylo tak třeba ji prodat zpět distributorovi.
- **Kontrola saldo** – Kontrolní pole ověřující, že součet čtyř výše uvedených položek vychází nulový a kalkulace je tak v pořádku.
- **Hodnota potřebné/dokoupené/prodané elektřiny** – Hodnoty v této tabulce vycházejí ze stejných zdrojů jako výše uvedené v případě kWh s tím rozdílem, že zde je objem přepočítán na finanční částky v eurech. Vzhledem k rozdílné ceně nákupu a prodeje a možnému použití dynamických cen zde nemůže být sledován kontrolní součet.
- **Konečná platba za energii** – Konečná částka, kterou firma zaplatí za spotřebu elektřiny. Může být i záporná, v takové situaci to znamená, že firma za vyprodukovanou energii inkasovala více než zaplatila za dodanou.
- **Úspora díky obnovitelným zdrojům/V2G/baterii** – Opět v eurech vyjádřené složky úspory, které přinesly zapojení jednotlivých částí systému. *Úspora díky obnovitelným zdrojům* vznikla samotným pořízením větrných či solárních zařízení, v případě V2G a baterie pak finanční úspora vzniká vlivem umožnění využití většího množství vlastní produkované energie, která by se jinak musela prodat a v jiný okamžik být nakoupena za zpravidla vyšší cenu.
- **Úspora celkem EUR/rok** – Součet dílčích složek úspor tvoří jednu z hlavních informačních hodnot modelu, se kterou je dále počítáno jakožto s výnosovou položkou ročního cash-flow při hodnocení návratnosti investice. Je jí však třeba posuzovat ve vazbě na ostatní položky, samotná úspora nemusí být vždy adekvátní vynaloženým nákladům, je proto třeba sledovat další ukazatele a být si vědom příslušných úskalí a indikativních limitací.
- **Počet vozidel** – Ukazatel rozsahu aktuálně zvoleného vozového parku včetně jeho rozdělení dle V2G kompatibility

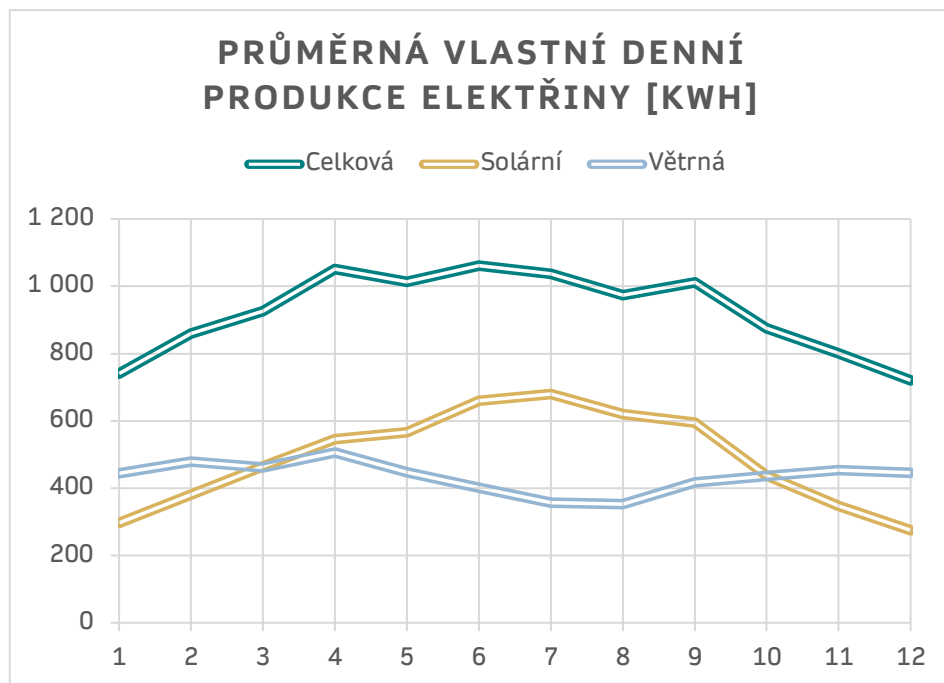
- **Využití vozového parku** – Ukazatel procentuálního využití části dne, po kterou jsou vozidla v průměru v provozu, má pro využití V2G zásadní význam, vzhledem k tomu, že premisa spojována s touto technologií je převážně stacionární nevyužívání.
- **Kapitálové náklady** – Součin nastavených sazeb a zvoleného výkonu rozdělený dle jednotlivých zařízení. Obě cenotvorné položky lze i zpětně upravovat (*Instalovaný výkon, Průměrná cena instalace*)
- **Diskontovaná návratnost** – Hodnota vycházející ze samostatného listu kalkulujícího cash-flow včetně veškerých nákladů, daní a diskontace. Z tohoto důvodu je vedle hodnoty šedé tlačítka dCF – detail, které umožňuje rychlé přesměrování na tento list a zobrazení jednotlivých výpočtů.
- **Čistá současná hodnota** – Vedle návratnosti druhá směrodatná hodnota umožňující nejen porovnávání jednotlivých variant. Tyto hodnoty spolu s Úsporou jsou těmi nejvíce sledovanými z hlediska přínosnosti celé simulované koncepce.

Samostatné grafy uvádějí následující informace:



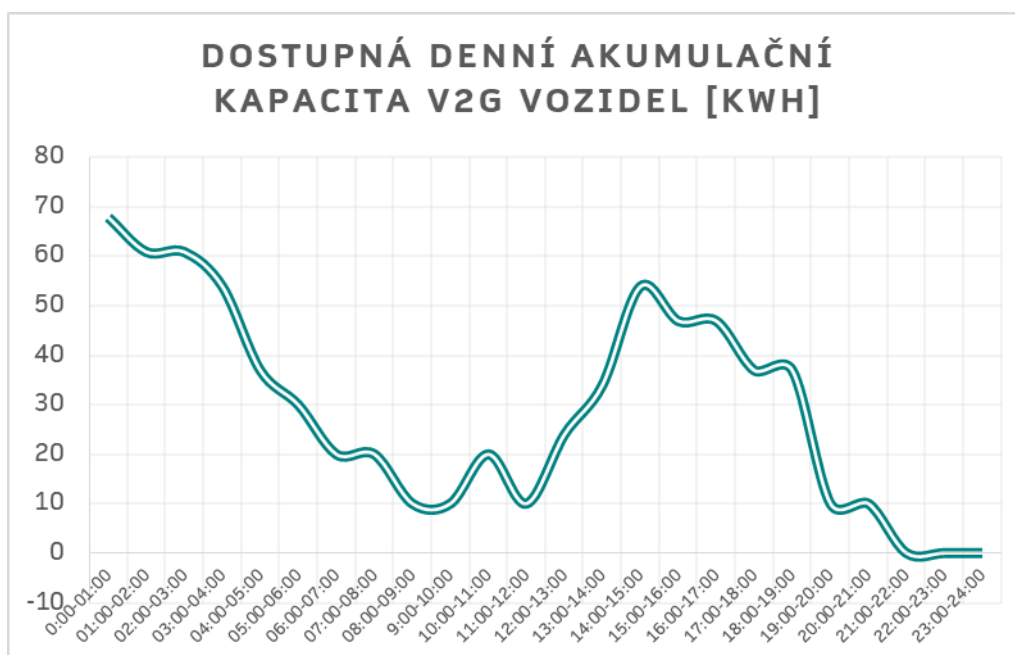
Graf 9 - Průměrné denní platby za energii

Graf uvádí srovnání plateb za dodanou elektřinu v jednotlivých měsících, kdy srovná výchozí situaci před investicí do obnovitelných zdrojů, následně variantu při jejich instalaci a konečně i variantu ideální. Tedy takovou, kdy je energie akumulována do baterie a V2G vozidel.



Graf 10 - Průměrná vlastní denní produkce

Uvedený graf nejvíce ovlivňuje prostředí a zvolené instalované výkony jednotlivých zdrojů. Na křivkách je vidět zajímavá vazba solární a větrné elektřiny, které se vzájemně poměrně dobře doplňují v čase. To dokazuje, že dává smysl tyto zdroje kombinovat či alespoň využívat jejich časových charakteristik s ohledem na spotřebu firmy.



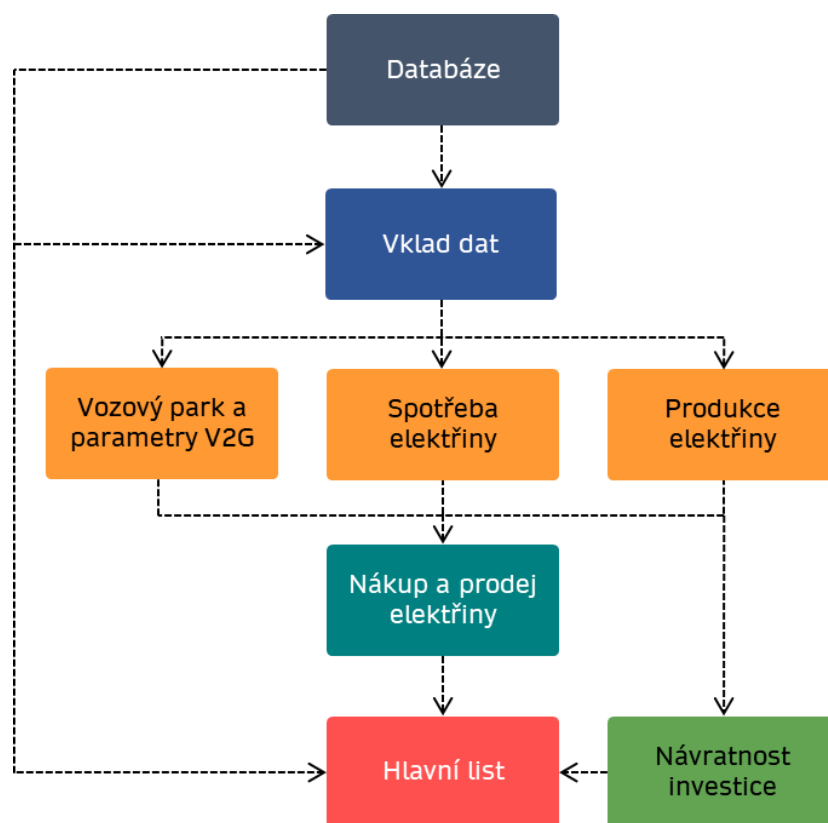
Graf 11 - Dostupná denní akumulční kapacita V2G vozidel

Graf dostupnosti denní akumulční kapacity V2G vozidel vychází z předpokladu, že vozidla jsou kolem půlnoci nabita do maxima. Následně dle jejich dostupnosti závislejší na provozu dochází

k postupnému vybíjení pro sanování spotřeby firmy. Takto grafické zobrazení pomůže v lepším plánování využívání vozového parku a umožní přehled překryvových hodin.

## 6.4. Popis kalkulační logiky modelu včetně metodiky a zdrojů používaných dat

Na začátku bylo třeba definovat vhodnou strukturu, rozsah a dělení jednotlivých částí a také úroveň detailu v jakém budou data zadávána a počítána, Vzhledem k časové citlivosti denního provozu vozidel a sezonní různorodosti výkonu obnovitelných zdrojů energie a spotřeby firmy byl zvolen rámeček 24 hodin pro 12 modelových dní, kdy každý reprezentuje jeden z měsíců v roce. Cílem výsledné formy byla i vzhledem k technické náročnosti co možná největší dosažitelná přehlednost, tak aby byla logika čitelná a model tak mohl být eventuálně upravován pro specifická využití a požadavky. Obsahuje tak několik desítek tabulek formátu 12x24, které v drtivé většině případů zobrazují hodnoty elektřiny v kWh. Pomocí funkcí a vazeb jednotlivých buněk byla pak tvořena návaznost jednotlivých tabulek dle zadaných hodnot a nastavených parametrů.



Graf 12 - Struktura a provázanost modelu

- **Databáze**

Tento list obsahuje veškeré databáze, ze kterých je v různých částech čerpáno. Často je právě sem odkazováno v případě potřeby úpravy či přidání dalších variant. Hlavní tabulkou jsou vozidla –

zatímco do této varianty se zadávají pouze žlutá pole, která jsou jednotná vždy pro jeden model, zatímco na ostatních listech se volí právě opačná (šedá) pole, tedy ty parametry, které se mohou lišit pro každý užívaný vůz (ID, V2G kompatibilita, či kalkulované hodnoty).

Druhou tabulkou jsou dostupné nabíječky, které jsou přiřazovány jednotlivým vozům. V případě, že například dojde ke zdražení daného typu, stačí jeho cenu změnit zde a propíše se do nákladů vázaných na jednotlivá vozidla, která ji využívají. Poslední oblastí jsou zdrojové názvy profilů spotřeby a lokalit. Jsou zde uvedeny také, přesto že k nim nejsou již přiřazeny další údaje. Jedná se však o názvy, které jsou použity na několika místech a v případě jejich přepisu je tak snazší, když budou provázány na jeden zdroj a upraví se centrálně.

ID vozu	Značka	Model	Značka+Model
	Tesla	Y	Tesla Y
	Tesla	S	Tesla S
	Nissan	Leaf	Nissan Leaf
	Renault	Zoe	Renault Zoe
	Hyundai	Ioniq 5	Hyundai Ioniq 5
	Kia	EV6	Kia EV6
	Mercedes	EQE	Mercedes EQE
	Hyundai	Ioniq 6	Hyundai Ioniq 6
	Ford	F-150 Lightning	Ford F-150 Lightning
	Mitsubishi	Eclipse Cross	Mitsubishi Eclipse Cross

Nabíječky			
Výkon nabíjení [kW]	Výkon vybíjení [kW]	Cena [EUR]	Cena V2G varianty [EUR]
7,5	3,0	800	1 200
11,0	7,0	1 100	2 600
22,0	10,0	1 400	3 400

Firmy	Lokace
Jedna směna	Říčany - ČR
Dvě směny	Ica - Peru
Rovnoměrná spotřeba	Aalborg - Dánsko
Letní sezona	Granada - Španělsko
Zimní sezona	Chicago - US
Manuální vepsání	Chengdu - Čína
	Manuální vepsání

Obrázek 29 - Zdrojová databáze

- **Návratnost investice**

Podkladová část hodnocení návratnosti investice, z níž jsou následně uváděny roky, ve kterých dojde k přechodu kumulovaného diskontovaného cash-flow ze záporných do kladných hodnot (BEP) a to pro dvě varianty – celkovou energetickou koncepci v horní části a varianty izolující V2G výnosy a náklady v části dolní. Životnost solárních panelů, které jsou obvykle hlavním výdajem se obvykle udává zhruba 30 let, proto je i zde 30 sloupců odpovídajících jednotlivým rokům průběhu investice.



Celková koncepce												
Rok/EUR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30
Výnosy (úspora)		74 508	74 508	74 508	74 508	74 508	74 508	74 508	74 508	74 508	74 508	74 508
Provozní náklady		3 100	3 193	3 289	3 387	3 489	3 594	3 702	3 813	3 927	4 045	7 305
Odpisy		3 481	8 338	8 338	8 338	8 338	8 338	8 338	8 338	8 338	8 338	8 338
Hrubý zisk		67 927	62 977	62 881	62 783	62 681	62 576	62 469	62 358	62 243	62 125	67 203
Daň		12 906	11 966	11 947	11 929	11 909	11 890	11 869	11 848	11 826	11 804	12 769
Čistý zisk		55 021	51 012	50 934	50 854	50 772	50 687	50 600	50 510	50 417	50 322	54 434
CF	-161 900	58 502	59 349	59 272	59 192	59 110	59 025	58 937	58 847	58 755	58 659	54 434
Kumulované CF	-161 900	-103 398	-44 049	15 223	74 415	133 524	192 549	251 487	310 334	369 089	427 748	1 559 944
DCF	-161 900	53 671	49 953	45 769	41 933	38 417	35 195	32 241	29 534	27 052	24 778	4 103
Diskontované kumulované CF	-161 900	-108 229	-58 275	-12 507	29 426	67 843	103 038	135 279	164 812	191 865	216 643	437 551
BEP indikátor					X							
Čistá současná hodnota		5 616										
Provozní náklady	Sazba [EUR/kWp/ks]	Částka [EUR]										
Čištění solárních panelů	10	800										
Údržba solárních panelů	15	1 200										
Údržba větrné elektrárny	15	300										
Revize a servis standardních nabíjecích stanic	20	200										
Revize a servis V2G nabíjecích stanic	20	0										
Revize systémů	dle počtu elementů	600										
Roční náklady celkem		3 100										
Zrychlené odpisy investice	<input type="checkbox"/>											

Pouze V2G												
Rok/EUR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30
Výnosy (úspora)		31 005	31 005	31 005	31 005	31 005	31 005	31 005	31 005	31 005	31 005	31 005
Provozní náklady		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odpisy		342	-1 297	-1 281	-1 281	-1 281	-1 281	-1 281	-1 281	-1 281	-1 281	-1 281
Hrubý zisk		30 664	32 302	32 286	32 286	32 286	32 286	32 286	32 286	32 286	32 286	31 005
Daň		5 826	6 137	6 134	6 134	6 134	6 134	6 134	6 134	6 134	6 134	5 891
Čistý zisk		24 837	26 165	26 152	26 152	26 152	26 152	26 152	26 152	26 152	26 152	25 114
CF	-15 900	9 279	34 147	59 018	83 889	108 760	133 631	158 502	183 373	208 244	233 115	732 969
Kumulované CF	-15 900	9 279	34 147	59 018	83 889	108 760	133 631	158 502	183 373	208 244	233 115	732 969
DCF	-15 900	23 100	20 931	19 205	17 619	16 164	14 830	13 605	12 482	11 451	10 506	1 893
Diskontované kumulované CF	-15 900	7 200	28 131	47 336	64 955	81 120	95 950	109 555	122 037	133 488	143 994	240 175
BEP indikátor			X									
Čistá současná hodnota		2 337										
Provozní náklady	Sazba [EUR/kWp]	Částka [EUR]										
Revize a servis V2G nabíjecích stanic	20	0										
Roční náklady celkem		0										

Obrázek 30 - Karta diskontované návratnosti

V nultém roce dojde k platbě kapitálových výdajů (CAPEX), ty jsou navázány na výpočet orientační ceny dle zvoleného výkonu a velikostí jednotlivých použitých součástí. Výnosy pak tvoří kalkulovaná roční úspora a provozní náklady (OPEX), jejichž skladba je pro přehlednost uvedena znovu pod tabulkou a opět vychází z nastavitelných hodnot. Jednotlivé řádky zohledňují odpisy a daňovou sazbu. Odpisy lze zaklikávacím tlačítkem vybrat buď standardní nebo zrychlené a daňovou sazbu upravit standardně po procentech stejně jako sazbu diskontní. Spočítané cash-flow (v tabulce jako CF) následně průběžně pokrývá kapitálový výdaj. Do poslední fáze vstupuje právě diskontní sazba, která CF hodnotu průběžně snižuje v důsledku čehož dojde k dosažení BEP později než u varianty bez diskontace. Dolní část pak pracuje na stejném principu, ale s jednoduššími vstupy, které vycházejí z izolovaného posouzení rozsahu nákladů a výnosů V2G.

- **Spotřeba energie zvolené firmy**

Jak již bylo popsáno v případě spotřeby, model pracuje s celkovou hodnotou za rok a profilem průběhu spotřeby. Stejně jako v ostatních listech je i zde návaznost tabulek od spodu směrem vzhůru. První je tedy pětice předepsaných tabulek + jedna prázdná pro eventuální manuální

dopsání. Vrchní tabulka označená jako *Zvolená firma* je pomocí funkce IFS nastavená tak, aby na základě vybraného profilu z nabídky na Hlavním listu doplnila jeho hodnoty, pro jednotlivé měsíce a hodiny.

$$=IFS('Hlavní list'!\$L\$4=\$C\$37;G37;'Hlavní list'!\$L\$4=\$C\$52;G52;'Hlavní list'!\$L\$4=\$C\$67;G67;'Hlavní list'!\$L\$4=\$C\$82;G82;'Hlavní list'!\$L\$4=\$C\$97;G97;'Hlavní list'!\$L\$4=\$C\$112;G112)$$

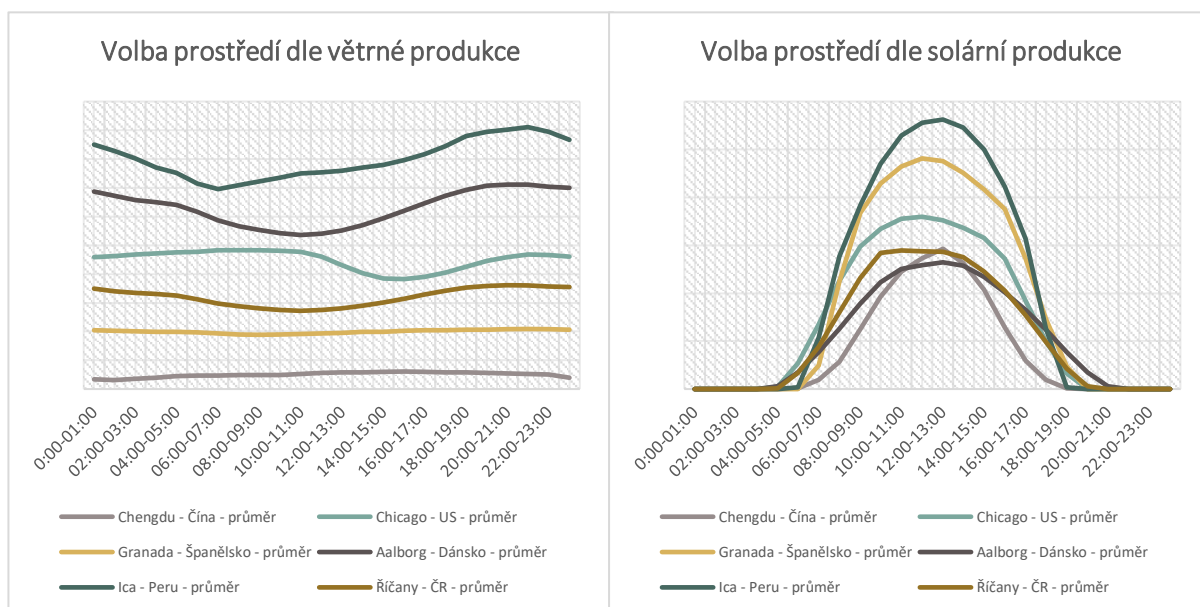
Nyní jsou tedy vybrány a načteny hodnoty zvoleného profilu, které je třeba poměrově přepočítat, tak aby jejich součet odpovídal nastavené spotřebě.

Roční spotřeba		200 000 kwh									
Zvolený profil		Dvě směny									
Poměrový přepočítání denní spotřeby				Denní součet [kwh]	0:00-01:00	01:00-02:00	02:00-03:00	03:00-04:00	04:00-05:00	05:00-06:00	06:00-07:00
Finální výstup	Leden	99%	544	12	13	15	17	15	24	28	
	Únor	102%	558	16	17	15	16	18	24	25	
	Březen	98%	537	16	12	12	12	15	19	27	
	Duben	101%	553	12	15	17	17	15	22	29	
	Květen	99%	544	15	17	12	12	15	25	29	
	Červen	101%	554	14	16	12	13	18	19	28	
	Červenec	100%	547	13	17	16	15	16	23	26	
	Srpen	101%	552	13	16	16	15	16	23	25	
	Září	99%	544	12	17	12	12	18	19	28	
	Říjen	100%	546	17	12	17	14	16	20	25	
	Listopad	101%	553	14	16	16	12	17	25	27	
	Prosinec	99%	543	14	15	14	12	15	22	26	
Výchozí data spotřeby											
Měsíc		Poměr měsíční spotřeby vůči průměru	Denní součet [kwh]	0:00-01:00	01:00-02:00	02:00-03:00	03:00-04:00	04:00-05:00	05:00-06:00	06:00-07:00	
Zvolená firma	Leden	99%	566	13	14	16	18	16	25	29	
	Únor	102%	581	17	18	16	17	19	25	26	
	Březen	98%	559	17	12	13	13	16	20	28	
	Duben	101%	576	12	16	18	18	16	23	30	
	Květen	99%	566	16	18	12	12	17	26	30	
	Červen	101%	577	15	17	12	14	19	20	29	
	Červenec	100%	569	14	18	17	16	17	24	27	
	Srpen	101%	575	14	17	17	16	17	24	26	
	Září	99%	565	13	16	12	12	19	20	29	
	Říjen	100%	568	18	13	18	15	17	21	26	
	Listopad	101%	576	15	17	17	12	18	26	28	
	Prosinec	99%	565	15	16	15	13	16	23	27	
Průměr - Zvolená firma				72%	78%	74%	71%	83%	111%	135%	

Obrázek 31 - Zvolený profil spotřeby

- **Vlastní produkce energie**

Výkonnost solární a větrné instalace je opět závislá zejména na dvou proměnných – velikosti instalace a dané lokalitě. Pro oba obnovitelné zdroje bylo vybráno pět světových lokalit, od nejvhodnější po nejméně vhodnou. Jejich parametry a charakteristika jsou popsány v úvodní části popisující zadávání vstupů do modelu. Výběr lokalit probíhal pomocí online datových aplikací Global Solar Atlas a Global Wind Atlas. Ty zobrazují data o solární a větrné energii pro libovolné lokality na celé zeměkouli. Pro účely modelu byla použita veličina „Specific photovoltaic power output“ udávaná jako roční produkce kWh na jeden instalovaný kWp. V případě větrné elektřiny pak „Capacity Factor IEC Class II“, tedy kapacitní faktor, který udává procentuální využití instalovaného výkonu větrných elektráren dle dané lokality. Například 30 % znamená, že turbína s udávaných výkonem 9 kW bude v dané lokalitě produkovat zhruba 2,7 kW. [116] [117] [118]



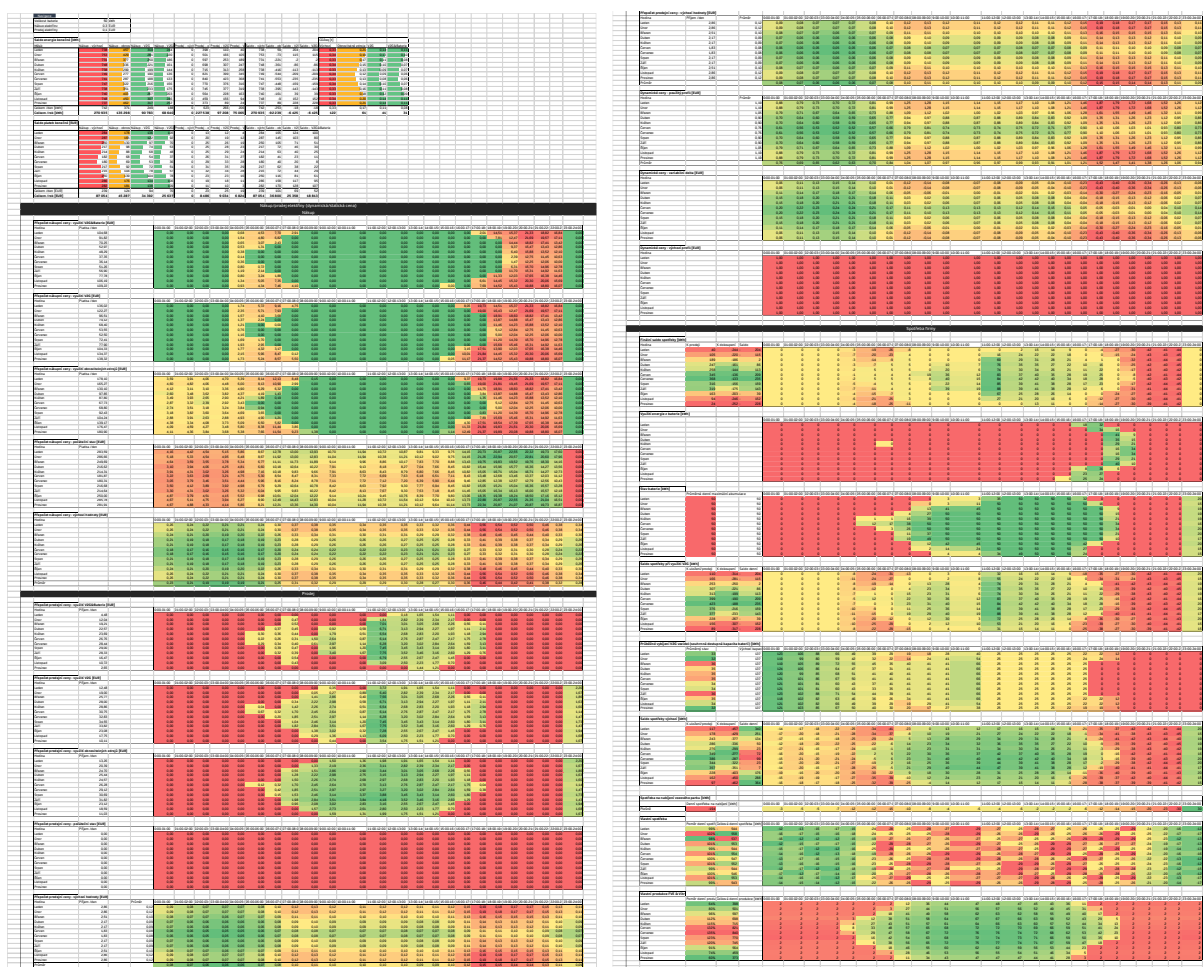
Obrázek 32 - Vizualizace dostupných lokalit

Zvolení lokality slouží zejména k uvedení intenzity výroby elektřiny během dne, samotné předepsané kapacitní faktory a solární výkon lze však manuálně upravit na jiné hodnoty. V případě solární energie jsou rozdíly mezi lokalitami poměrně malé, pro větrné elektrárny to však neplatí, rozdíly jsou zde značné, jak je patrné z grafu:

Logika tohoto listu vychází ze dvou oblastí, kdy jedna pokrývá solární a druhá větrnou energii. Ve vrchní finální části pak dojde k součtu. Pět setů + manuální tabulka jsou opět pomocí IFS podmínky zastřešeny oblastí, která načítá vybraná data. Rozdíl oproti spotřebě je zde však ve výpočtu. Zatímco data stažená z Global Wind Atlas nabízejí v jednotlivých hodinách procentuální výkon vůči průměru, stažením dat z Global Solar Atlas obdržíme číselné hodnoty pro ilustrační velikost instalace. V obou případech tak musí dojít opět k poměrovému přepočtu. Ten vychází ze stanovení průměrné hodinové produkce (instalovaný výkon \* kapacitní faktor = kW tedy hodinový výkon kWh) a tato hodnota je následně přes dostupná procenta převáděna na konkrétní hodiny produkce v kWh.

Principiálně stejný postup je aplikován i pro solární instalaci čímž vzniknou dvě tabulky *Final výstup*, které jsou pak jednoduše sečteny na úrovni jednotlivých hodin. Samozřejmě pokud se ve vstupních nastaveních zadá nulový instalovaný výkon jedné či obou složek, budou v podkladové kalkulaci zcela vynulovány.

Pro představu, takto vypadá celková skladba popisované karty:



Obrázek 33 - Ilustrační přehled obsahu jedné ze zdrojových karet

- **Vozový park a parametry V2G**

Tento list je specifický tím, že vyžaduje poměrně detailní vstup a vychází z dat na úrovni, která nelze nastavit plošně jako většinu ostatních. Jeho výstupem je informace o tom, kdy a zda lze vozidla využít v rámci energetického mixu, jaká je jejich kapacita energie k dobíjení a vybíjení v kWh a v jakých časech. Buď pomocí úvodního prostředí na vklad dat nebo právě zde lze vybrat jednotlivá vozidla a jejich provozní parametry, hlavně pak jednotlivé hodiny, kdy se očekává jejich provoz, z těch totiž vycházejí veškeré níže uvedené výpočty. Z této části se převádí pouze ID vozu a jednotlivé hodiny jeho provozu do úplně spodní části, ze které dál pokračuje kalkulační sekvence;

Tabulka *Využití vozidel k jízdě* pouze identifikuje hodiny, kdy je vozidlo v provozu, a tedy nemůže být připojeno k nabíječce. Následná pomocná tabulka *Minimální výchozí stav pro nabíjení* vzniká velmi složitou kombinací funkcí. Ty posuzují pro jednotlivé hodnoty, co jim předcházelo, jestli bylo vozidlo v klidu připojeno, nebo v provozu a jak dlouho jízda trvala. V závislosti na spotřebě

a kapacitě baterie se stanoví odhadovaný stav akumulátoru po příjezdu, a tedy i jaké množství bude třeba dobít a kolik bude moct být využíváno což souvisí s další veličinou, která je brána v potaz, a to sice individuálně nastavený minimální požadovaný dojezd, který opět pomocí parametru spotřeby přepočítá tento požadavek na minimální množství elektrické energie, které musí být akumulátoru neustále dostupné a nesmí být využíváno pro účely V2G.

*Dobíjení EV celkem* pak uvádí spotřebu energie v jednotlivých hodinách na nabíjení vozidel, kdy vychází z kontroly nadcházejících hodin a pakliže nalezne indikátor nadcházející jízdy vypne s dostatečným předstihem V2G a začne vozidlo čistě nabíjet pro provoz takový počet hodin, který odpovídá kapacitě a nastavenému výkonu přiřazené nabíjecí stanice. Tyto hodnoty spotřeby na nabíjení jsou uměle sníženy, protože v rámci výpočtu je počítáno, že během jízdy dochází víceméně k maximální možné spotřebě, a tedy i nereálným kilometrovým nájezdům, snížení je tedy kalkulováno tak, aby spotřeba energie na nabíjení odpovídala reálně očekávatelnému provozu včetně výrazné rezervy.

12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00
-	-	10	25	25	25	25
5	14	14	14	14	14	14
27	27	27	27	27	27	27
-	10	81	81	81	81	81
27	27	27	27	27	27	27
-	-	-	-	10	41	41
19	-	-	-	6	19	-
-	-	6	37	37	37	37
-	-	-	-	-	10	16
8	23	23	23	23	23	23
-	-	-	-	-	-	-

Obrázek 34 - Dostupné minimální kapacity vozidel v jednotlivých hodinách

*Maximální potenciálně dostupná V2G kapacita* pak vychází z velikosti baterie a její části dostupné pro zpětné vybíjení. Samozřejmě není možné vybit celou baterii vozidla za hodinu, jelikož dostupné nabíjecí stanice takovou rychlost vyšších desítek kilowattů zatím nenabízejí. V poslední tabulce *EV vybíjení* jsou tak stejné hodiny, ale hodnoty vybíjení jsou omezeny parametrem příslušné nabíjecí stanice jednotlivých vozidel. Ve výsledku jsou tak k dispozici jak data potřebného množství elektřiny na nabití vozového parku, tak i přesné hodnoty dostupné kapacity V2G v rámci jednotlivých hodin což jsou parametry významně ovlivňující celý energetický průběh.

- **Nákup a prodej elektřiny**

Tato část je technicky také poměrně složitá, jelikož kombinuje vstupy ze všech výše popsanych zdrojových oblastí do finálního komplexního mixu. Konstrukce výsledného energetického salda začíná opět ve spodní části. Základ tvoří dva vstupy – provázané již zmíněné tabulky energetické spotřeby a hodnoty vlastní produkce. V rámci jednoho řádku jsou pak hodinové hodnoty potřebné energie pro nabíjení užívaných vozidel vycházející z předchozího listu. Je technicky možné rozdělit očekávaný provoz vozidel nejen dle 24 hodin dne, ale i podle jednotlivých měsíců. Důvod

proč tomu tak v této verzi není je, že by pro každý vůz bylo třeba zadávat velmi zdlouhavě vstupní data, která by ani tak nemohla být příliš přesná. Nejvyšší hodnoty jsou patrná v posledních hodinách dne, kdy dochází automaticky k dobití vozidel. Tyto tři vstupy jsou spojeny do první „saldové“ tabulky *Saldo spotřeby výchozí* – jejím smyslem je uvést spotřebu a zároveň produkce v jednotlivých hodinách a zobrazit pro ně přebytky či nedostatky elektrické energie. Zde jsou důležité průměrné denní hodnoty kalkulující množství energie, kterou je třeba dokoupit, případně přebytků k prodeji zpět do sítě. Tyto hodnoty jsou využívány pro stanovení přínosu jednotlivých uvažovaných technologií a zařízení. V tabulce *Průběžné vybíjení V2G vozidel* je možné sledovat souhrnné hodnoty kapacity vozidel a jejich vybíjení v průběhu času za účelem pokrytí spotřeby firmy. Opět je zde vazba nastavena tak, aby zohledňovala maximální technicky možnou rychlost vybíjení baterií vozidel. Další tabulka pak poskytuje upravené energetické saldo firmy při využití V2G. Pokud je nastavené použití pevné baterie další tabulka zobrazí hodnoty jejího stavu a průběžného vybíjení a nabíjení v průběhu dne. Model je nastaven tak, aby byla baterie plně nabita každý den ve tři hodiny ráno a to proto, že v tomto čase je již většina elektromobilů dobitých na potřebnou kapacitu a zároveň lze předpokládat, že v těchto časech bude elektřina ze sítě levnější. Cílem je připravit akumulátory na denní provoz a vyrovnavání a zachování hodnot periodického cyklu. Z toho vychází následné hodnoty průběžného čerpání z této fixní baterie, a nakonec i *Finální saldo spotřeby*.

Finální saldo spotřeby [kWh]															
Hodina	K prodeji	K dokoupení	Saldo	0:00-01:00	01:00-02:00	02:00-03:00	03:00-04:00	04:00-05:00	05:00-06:00	06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00			
Leden	40	-244	204	0	0	0	0	-3	-19	-26	-8	0			
Únor	105	-220	115	0	0	0	0	-7	-20	-23	4	0			
Březen	189	-186	2	0	0	0	0	-3	-14	-9	5	0			
Duben	247	-161	86	0	0	0	0	-3	-7	5	5	0			
Květen	258	-144	113	0	0	0	0	-2	5	5	5	0			
Červen	345	-136	209	0	0	0	0	-1	4	4	4	19			
Červenec	368	-133	235	0	0	0	0	-2	5	5	5	8			
Srpen	316	-156	159	0	0	0	0	-5	-4	5	5	0			
Září	319	-175	143	0	0	0	0	-7	-11	4	4	0			
Říjen	163	-203	39	0	0	0	0	-4	-15	-7	5	0			
Listopad	94	-246	152	0	0	0	0	-6	-21	-25	3	0			
Prosinec	24	-252	228	0	0	0	0	-4	-18	-25	-11	0			

Obrázek 35 - Finální saldo spotřeby firmy

Tato tabulka je vůbec nejdůležitější – zobrazuje potřebu nebo naopak přebytek elektřiny v jednotlivých hodinách po aplikaci a průběžném fungování veškerých uvažovaných technologií, zdrojů a spotřeb. V tomto konkrétním případě je (poměrně nízká) spotřeba pokrývána z V2G vozidel a přebytky energie produkované z větrné turbíny naopak ukládány do stacionární baterie, která z ní následně pokryje část ranní spotřeby.

Nad oblastí zastřešenou právě touto tabulkou je však druhá část jejíž smyslem je umožnění aktivace dynamických cen. Logika zde vychází z výchozího profilu, který obsahuje jen referenční hodnoty „1“. Variabilní delta poté uvádí odchylku daných hodin od této hodnoty s tím, že na návazném výpočtu nazvaném *Použitý profil* dojde k přepočtu dle nastavené míry dynamiky, čím bude vyšší tím větší bude rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší nákupní a prodejní cenou během dnů a měsíců. Výsledkem jsou tedy ceny pro další kalkulace.



Přepočet nákupní ceny - výchozí hodnoty [EUR]									
Hodina	0:00-01:00	01:00-02:00	02:00-03:00	03:00-04:00	04:00-05:00	05:00-06:00	06:00-07:00	07:00-08:00	
Leden	0,26	0,24	0,22	0,21	0,21	0,24	0,30	0,37	
Únor	0,26	0,24	0,22	0,21	0,21	0,24	0,30	0,37	
Březen	0,24	0,21	0,20	0,19	0,20	0,22	0,26	0,33	
Duben	0,21	0,19	0,18	0,17	0,18	0,19	0,23	0,28	
Květen	0,21	0,19	0,18	0,17	0,18	0,19	0,23	0,28	
Červen	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,17	0,20	0,24	
Červenec	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,17	0,20	0,24	
Srpen	0,21	0,19	0,18	0,17	0,18	0,19	0,23	0,28	
Září	0,21	0,19	0,18	0,17	0,18	0,19	0,23	0,28	
Říjen	0,24	0,21	0,20	0,19	0,20	0,22	0,26	0,33	
Listopad	0,26	0,24	0,22	0,21	0,21	0,24	0,30	0,37	
Prosinec	0,26	0,24	0,22	0,21	0,21	0,24	0,30	0,37	
Průměr	0,23	0,21	0,19	0,19	0,19	0,21	0,25	0,31	

Obrázek 36 - Výchozí hodnoty nákupních cen

Vzorce v těchto polích jsou nastavené s podmínkou:

$$=IF('Vklad dat'!$E$11=TRUE; $D$4*H204; $D$4)$$

Ta říká, že výpočet dynamické ceny bude použit jen v případě, že je tato funkce aktivována, pokud tomu tak není, dosadí plošně nastavenou hodnotu (v tomto případě „0,1“). Na sloupci „Průměr“ je vidět, že právě kolem této hodnoty ceny v případě uvedeného dynamického nastavení oscilují. Vzhledem k rozdílným prodejním a nákupním cenám má každá z částí svou samostatnou oblast, kdy jedna vychází z kladných hodnot „saldové“ tabulky – tedy elektřiny k prodeji a druhá ze záporných, tedy těch, kdy je třeba energii dokoupit.

CO2eq [t]				
Výchozí	Obnovitelné zdroje	V2G	V2G&Baterie	
0,33	0,21	0,14	0,11	
0,34	0,19	0,13	0,10	
0,33	0,17	0,11	0,08	
0,34	0,15	0,10	0,07	
0,33	0,13	0,09	0,07	
0,34	0,12	0,09	0,06	
0,33	0,13	0,08	0,06	
0,34	0,14	0,10	0,07	
0,33	0,16	0,11	0,08	
0,33	0,18	0,12	0,09	
0,34	0,20	0,14	0,11	
0,33	0,21	0,14	0,11	

Obrázek 37 - Srovnání emisí jednotlivých variant

V úplně vrchní části jsou pak uvedeny rozdíly mezi jednotlivými variantami (bez obnovitelných zdrojů, s obnovitelnými zdroji, s V2G a s V2G i pevnou baterií) a to z hlediska kWh i EUR. Nad rámec těchto dvou metrik zde lze najít i srovnání emisní zátěže CO<sub>2</sub>eq jednotlivých variant, která slouží i jako datový základ pro ilustrační trychtýřový graf na hlavním listě. Vychází z hodnoty uhlíkové stopy elektřiny vyrobené v dané oblasti a její spotřeby firmou ve srovnání s tím, co dokáže vyrobit z vlastních zdrojů. Sloupce V2G a V2G&Baterie pak uvádějí ještě nižší hodnoty, což je následkem vyšší míry uložitelnosti, a tedy i využitelnosti „bezemisních“ obnovitelných zdrojů.

## 6.5. Využívané funkcionality MS Excel

### Konkrétní využití funkce

Pro realizaci velké části výpočtů stačily základní operace (sčítání, odčítání, násobení, dělení), v určitých případech však bylo třeba využití funkcí, jež MS Excel nabízí. Využity byly tyto funkce:

- **AND (A)**

Logická podmínka „a zároveň“ na rozdíl od později uvedené „OR“ je více restriktivní, protože vyžaduje, aby byly splněny veškeré podmínky, které jí jsou zadány. Byla používána při definování podmínek IF funkce, kdy bylo třeba kombinovat vícero izolovaných skutečností, které museli platit současně.

=AND(I183=0;H183=1;G183=1;F183=0)

- První podmínka
- Druhá podmínka
- Třetí podmínka
- Čtvrtá podmínka

Použití v tomto případě spočívalo v identifikaci předdefinovaných situací, kdy dochází k nabíjení vozidel a co tomuto času předchází a následuje jej – 0/1.

Pro zajímavost uvádím celé znění použité funkce:

```
=IFERROR(KDYŽ(KDYŽ((($H15-IFS(A(I185=0;H185=0);"0";A(I185=0;H185=1;G185=0);$I15*1,2;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=0);$I15*1,2*2;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=1;E185=0);$I15*1,2*3;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=1;E185=1);$H15*0,9))>($J15/$K15*$H15);($J15/$K15*$H15);($H15-IFS(A(I185=0;H185=0);"0";A(I185=0;H185=1;G185=0);$I15*1,2;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=0);$I15*1,2*2;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=1;E185=0);$I15*1,2*3;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=1;E185=1);$H15*0,9)))<0,1*$H15;0,1*$H15;KDYŽ((($H15-IFS(A(I185=0;H185=0);"0";A(I185=0;H185=1;G185=0);$I15*1,2;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=0);$I15*1,2*2;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=1;E185=0);$I15*1,2*3;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=1;E185=1);$H15*0,9))>($J15/$K15*$H15);($J15/$K15*$H15);($H15-IFS(A(I185=0;H185=0);"0";A(I185=0;H185=1;G185=0);$I15*1,2;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=0);$I15*1,2*2;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=1;E185=0);$I15*1,2*3;A(I185=0;H185=1;G185=1;F185=1;E185=1);$H15*0,9))));"-"))
```

- **AVERAGEA**

Vrací aritmetický průměr zvolené oblasti buněk. Používán byl několikrát jak pro výpočet hodnot integrovaných do dalších kalkulací, tak ve formě finálních informačních hodnot. Zde bylo třeba dopočítat celkovou roční hodnotu produkované elektřiny, z měsíčních hodnot (oblast) se tak stanovil průměr, a to bylo vynásobeno 365 dny a cenou nastavenou v buňce C4.

=AVERAGEA(C8:C19)\*365\*\$C\$4

- Volba oblasti k průměrování



- **COUNTIF**

Na rozdíl od základní „COUNT“ umí tato variace započítávat pouze takové hodnoty které splňují určitou podmínku. Použita je mimo jiné na hlavním listě, kde uvádí počet vozidel s aktivní technologií V2G.

=COUNTIF(**Vozový park a parametry V2G!**!\$L\$4:\$L\$24;“Y“)

- **Oblast pro sčítání buněk**
- **Podmínka pro započítání** –může být číselná nebo textová, pak je třeba daný text dát to uvozovek jako tomu je v tomto případě

- **IF (KDYŽ)**

Bez nadsázky absolutně esenciální funkce, na které model stojí. Poskytuje základní rámec „když->potom“. Je možné používat vícero IF funkcí souběžně a „vkládat“ je do sebe, podobnou schopnost má i IFS, ale ta funguje jinak. Uvedený příklad je součástí složitější funkce, která měla za úkol doplnit hodnoty potřebného příkonu na nabití vozidel v dané hodiny, tak aby jejich kapacita byla během půlnoci plně dobita. Tato konkrétní IF funkce se ptala „je rozdíl potřebného množství k dobití (AB103) a součtem hodnot, které již dobity byly větší než maximální možná rychlost dobíjení (M5)?“ Pokud ano dochází nadále k nabíjení maximální možnou rychlostí nabíječky. Pokud však již zbývá například jen poslední pár jednotek kWh, stačí nabíjet touto rychlostí. Výsledkem této v mnoha buňkách aplikované funkce tak byla informace o potřebné energii v jednotlivých hodinách pro tento konkrétní účel dle optimálního předdefinovaného průběhu.

=IF((\$AB103-SUMA(K103:\$AA103))>\$M5;\$M5;\$AB103-SUM(K103:\$AA103))

- **Výchozí podmínka, jejíž splnění je posuzováno**
- **Hodnota v případě splnění platnosti**
- **Hodnota v případě nesplnění splatnosti**

Celkově byla pak funkce zakomponována takto:

=IFERROR(KDYŽ(K175=1;0;KDYŽ((\$AB103-SUMA(L103:\$AA103))>\$M5;\$M5;\$AB103-SUMA(L103:\$AA103)));0)

- **IFERROR**

Jednoduchá, ale velmi užitečná pomůcka, která je v modelu použita ve většině složitějších funkcí. Ve specifických případech a zadáních se může stát, že daná funkce nedokáže dojít k použitelnému výsledku, tedy například místo hodnoty „21“, představující využitelný výkon, vygeneruje chybu (například: #REF! – indikující chybějící referenční buňku). V momentě, kdy

jakákoliv mezihodnota, ze kterých je dále vycházeno indikuje chybovou hodnotu zneplatní se celý řetězec. Tomu lze předejít „obalením“ funkcí IFERROR, ta má jediný úkol, a to sice že v případě, kdy je chybová hodnota aktivní, nahradí ji předepsaným textem či hodnotou.

=IFERROR(IF(I184=1;0;\$AB112-SUM(J112:\$AA112));0)

- **Obsah jehož výsledná hodnota je posuzována**
- Text či hodnota, kterou funkce vygeneruje, pakliže je obsah chybový

- **IFS**

Specifická variace funkce IF, která umožňuje více variant, než splněno/nesplněno. Lze do ní zadat rozsáhlý set dvojic skládající se z podmínky a výstupu uplatněného v případě splnění podmínky.

=IFS(AND(E174=0;D174=0);0;AND(E174=0;D174=1;C174=0);\$I4\*1,2)

- **První podmínka**
- Hodnoty v případě platnosti
- **Další podmínka** – dojde na ni, pokud není splněna první
- **Hodnota v případě platnosti druhé podmínky**

- **INDEX**

Index dokáže najít konkrétní hodnotu na základě „souřadnic“ v rámci vybrané oblasti. Tyto souřadnice, tedy informace o řádku a sloupci jsou obvykle dynamické. Index je často kombinován s funkcí „MATCH“.

=INDEX(J187:\$AA187;;ROUNDUP((\$H17-I139)/\$M17;1))

- **Oblast v rámci které je vyhledáváno**
- Hodnota sloupce opět jako výsledek zaokrouhleného výpočtu

Vzhledem k tomu, že vybraná oblast neměla více řádků, nebylo po prvním středníku nutné ani možné zadávat posun o počet řádků.

- **OFFSET (POSUN)**

Pracuje se zadanou výchozí buňkou a na základě, obvykle dynamických, parametrů dohledá buňku posunutou o určitý počet řádků a sloupců od ní.

=I181:OFFSET(I181;;ROUNDUP((\$H11-I133)/\$M11;1))

- **Počáteční buňka oblasti, zároveň tedy i výchozí buňka jako reference posunu koncové**

- Zaokrouhlená číselná hodnota posunutí počtu sloupců

Do této funkce lze zadat až čtyři parametry, postupně oddělené středníky, povinné jsou však první dva, a to sice počet řádků a sloupců, zde je vidět, že na první pozici počtu řádků žádná hodnota není, a proto došlo pouze k posunu z hlediska sloupce

- **OR (NEBO)**

Vylučovací podmínka „nebo“ – byla využívána v rámci funkce „IF“ pokud bylo třeba určit, zda nastala jedna či druhá skutečnost. Zde šlo o lokalizování případů, kdy nemůže či naopak může docházet v daných hodinách k nabíjení, či nikoliv. Na rozdíl od „AND“ není tak restriktivní, stačí splnit jednu z předepsaných podmínek.

=OR(INDEX(J178:\$AA178;;ROUNDUP((\$H8-I130)/\$M8;1))<>0;

SUM(I178:OFFSET(I178;;ROUNDUP((\$H8-I130)/\$M8;1)))<>0)

- První eventuální případ, jehož platnost je ověřována – „index“ s využitím nezbytné „roundup“ najde příslušnou buňku a funkce následně ověří, zda platí že její hodnota není rovna nule.
- Druhý eventuální případ, jehož platnost je ověřována– Suma oblasti s pevným začátkem a „offset“ funkcí posunutým najde příslušnou oblast k součtu hodnot a ověří zda platí, že její souhrnná hodnota není rovna nule.

- **ROUNDUP (ZAKR.DOLU)**

Slouží k zaokrouhlení numerických hodnot, v tomto případě nahoru, v opačném by bylo třeba použít alternativu „ROUNDDOWN“. Zvolit lze logicky jen jednu číselnou hodnotu a druhým parametrem je desetinný řád na který má zaokrouhlení proběhnout.

=ROUNDUP((\$H8-I130)/\$M8;1)

- Volba číselné hodnoty – v tomto případě je číslo zapsané jako výsledek dílčí operace
- Volba řádu k zaokrouhlení – v tomto případě na celé jednotky

- **SUM (SUMA)**

Základní funkce sčítající veškeré hodnoty v rámci zvoleného výběru. Použita několikrát, například při sčítání objemu vyrobené energie z různých složek.

=SUMA(C37:D37)

- Volba oblasti k součtu

- **SUMIF**

Na rozdíl od základní „SUM“ je v případě „SUMIF“ možné zvolit podmínku, kdy má k započítání hodnoty ze zvoleného pole dojít. Například v tabulce finálního salda tak bylo kalkulována celková hodnota energie k dokoupení a k prodeji. Tím, že každá z těchto položek měla jinou cenovou sazbu, bylo třeba je sčítat zvlášť jako kladné (přebytek) a záporné (k dokoupení) a tyto hodnoty byly následně vynásobeny příslušnými zvolenými sazbami v Eurech za kilowatt-hodinu.

=SUMIF(F25:AC25;“<0“)

- Volba oblasti
- Stanovení podmínky „sčítat pouze hodnoty menší než nula“

- **XLOOKUP**

Velmi zajímavá funkce zejména proto, že byla přidána až do nových verzí MS Excel a na rozdíl od starší VLOOKUP/HLOOKUP umožňuje komplexnější zadávání vstupních požadavků. Zatímco VLOOKUP pracoval s číselnou hodnotou sloupce, která se mohla relativně měnit, zde tomu tak není.

Smyslem funkce XLOOKUP je dohledat příslušné informace dle zvolené výchozí hodnoty, je ideální pro doplňování parametrů z databází. Funguje totiž zjednodušeně tak, že na základě zvoleného jména dohledá v databázi například adresu či telefonní číslo dotyčného. Zde byla použita pro doplnění technických parametrů vozidel zvolených v uživatelské databázi konkrétních používaných vozidel. Její fungování lze demonstrovat na příkladu hodnoty kapacity baterie, která se automaticky doplňuje podle zvoleného vozidla a modelu.

=XLOOKUP(,Vozový park a parametry V2G!\$E4;Tabulka1[Značka+Model];

Tabulka1[Kapacita baterie ,[kWh']];“-;0;1)

- Volba referenční hodnoty – v tomto případě Značka a model daného vozu
- Odkaz na zdrojovou/databázovou tabulku – v ní lze patřičný hledaný parametr nalézt
- Stanovení sloupce tabulky, který hledaný parametr obsahuje – hodnota kapacity baterie vozidla
- Doslovné znění textu v případě nenalezení hodnoty
- 4 volby pro režim shody a režimy vyhledávání – Přesná shoda/Nebo nejbližší menší položka/ Nebo nejbližší větší položka/Shoda pomocí zástupného znaku. Vyhledávání od první položky do poslední/Vyhledávání od poslední položky do první/Binární vyhledávání (vzestupně)/Binární vyhledávání (sestupně)

Excel tedy vybere název Značky a Modelu například „Tesla Y“ -> pro tento název najde odpovídající řádek v databázi -> zohlední vybraný sloupec s parametrem kapacity -> vrátí odpovídající hodnotu

- **XMATCH**

Tato funkce byla využita v návaznosti na hledání BEP (Break-even point) investice. Předchozí jednoduchá IF funkce dokázala identifikovat rok, kdy došlo k přechodu cash-flow hodnot ze záporných do kladných a označila toto pole písmenem „X“. Na hlavním listě, kde pak pak je uvedena návratnost v letech funkce XMATCH hledá toto indikační pole v rámci řady let a dle jeho polohy uvede číslo příslušného roku.

=XMATCH("X";'Návratnost investice'!E15:AH15;0;1)

- **Nastavení hledaného pole** – v tomto případě předchozí funkcí vytvořený identifikátor
- **Uvedení hledané oblasti v rámci jednoho řádku** – tato konkrétní oblast byl řádek pod hodnotami cash-flow s uvedeným identifikátorem
- **4 volby pro režim shody a režimy vyhledávání** – Přesná shoda/Nebo nejbližší menší položka/ Nebo nejbližší větší položka/Shoda pomocí zástupného znaku. Vyhledávání od první položky do poslední/Vyhledávání od poslední položky do první/Binární vyhledávání (vzestupně)/Binární vyhledávání (sestupně)

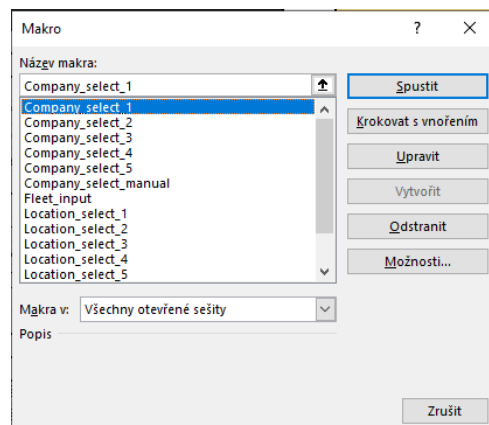
## Makra

Makra jsou specifickým nástrojem, který Excel nabízí pro automatizaci předdefinovaných procesů. V případě jejich aktivace a používání je třeba v nastavení aplikace povolit kartu Developer, při ukládání zároveň změnit formát souboru z .xlsx na .xlsm. Pokud se makra nastaví správně, dokáží autonomně pouhým stiskem tlačítka provést několika krokový manuální úkon, díky čemuž dokáže i jinak velmi složitý soubor obsluhovat téměř kdokoliv.



Obrázek 38 - Karta Developer

Makra však mohou být i velmi zrádná a je třeba při jejich nahrávání domýšlet veškeré eventuality a důsledně a opakovaně je otestovat. Postupů, jak makro vytvořit je několik, lze jej napsat ve formě jednotlivých kroků, nebo jej takzvaně nahrát/zaznamenat. Tento proces probíhá tak, že se spustí nahrávání, následně se přesně provede požadovaný úkon a poté se nahrávání ukončí. Při spuštění tohoto makra se pak úkon zopakuje. Právě tímto způsobem byl vytvářen vkladový list, kdy například po stisknutí tlačítka *Aalborg – Dánsko* proces vybral tuto lokalitu z databáze, zkopíroval ji a vložil do variabilního pole na hlavním listě, díky čemuž se změnila veškeré související kalkulace a na původním listu se vedle tlačítka zobrazil i příslušný graf. Druhá složitější forma byla načtení a zvolení databáze vozidel, kdy došlo k výběru jednotlivých sloupců z podkladové databáze a jejich postupné nahrání na list, kde je bylo možné dále upravit.



Obrázek 39 - Dostupná nadefinovaná makra

Pokud však například nahrávání listu ukončíme na jiném listu, po spuštění budeme přeneseni právě tam, což vzhledem k popsané aplikaci nebylo ideální. Proces tak bylo třeba upravit a jako poslední krok vybrat buňku na listu kde k volbě docházelo. Až poté nedošlo po aktivaci makra k přenesení na jiné místo. Po nahrání všech sekvencí a jejich pojmenování je lze přiřadit k tlačítkům, kterými může být jednoduchý objekt jako například rámeček z nabídky.

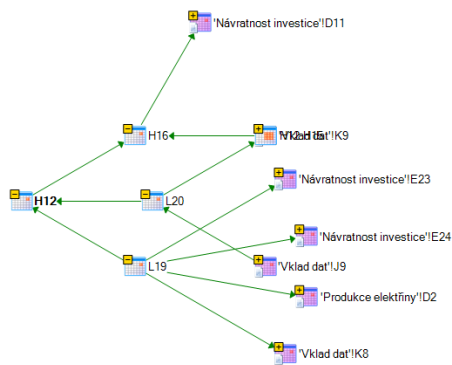
Kód nahraného makra vypadá například takto:

```
Sub Company_select_1()
'
' Company_select_1 Makro
'
'
    Sheets("Databáze").Select
    Range("B26").Select
    Selection.Copy
    Sheets("Hlavní list").Select
    Range("C4").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks_
        :=False, Transpose:=False
    Sheets("Vklad dat").Select
    Range("R6:U7").Select
End Sub
Sub Company_select_2()
'
' Company_select_2 Makro
```

Toto je pouze část kódu, celý by v případě tohoto konkrétního měl zhruba 9 stran.

## Inquire – Track Cells

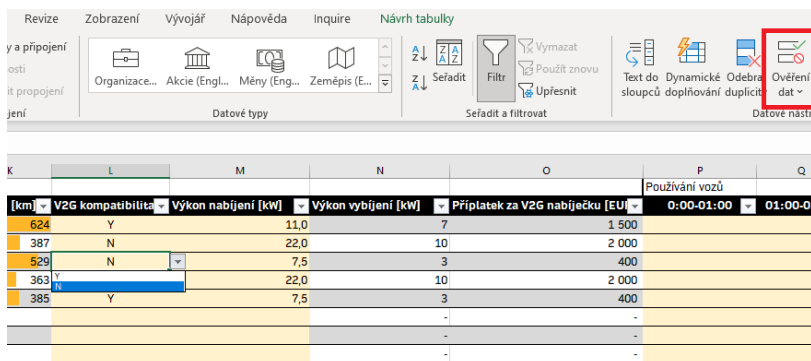
Vzhledem k vysoké míře komplexnosti souboru a skutečnosti kdy většina buněk měla desítky či dokonce stovky dalších vazeb bylo třeba používat nástroj Track Cells, který tyto vazby dokáže zobrazit. Například při zjednodušování procesů sjednocením, bylo před smazáním některých z nich třeba ověřit jaké veškeré vazby tyto buňky mají, tak aby po jejich smazání nedošlo k znefunkčnění jiných částí a funkcionalit modelu.



Obrázek 40 - Track Cells

## Ověření dat

Poměrně základní funkce limitující, jaké hodnoty mohou jednotlivé buňky obsahovat – použito například v případě indikátoru V2G kompatibility. Databázi variant k výběru lze buď napsat manuálně, jako v tomto případě, nebo ji navázat na zdrojovou tabulku

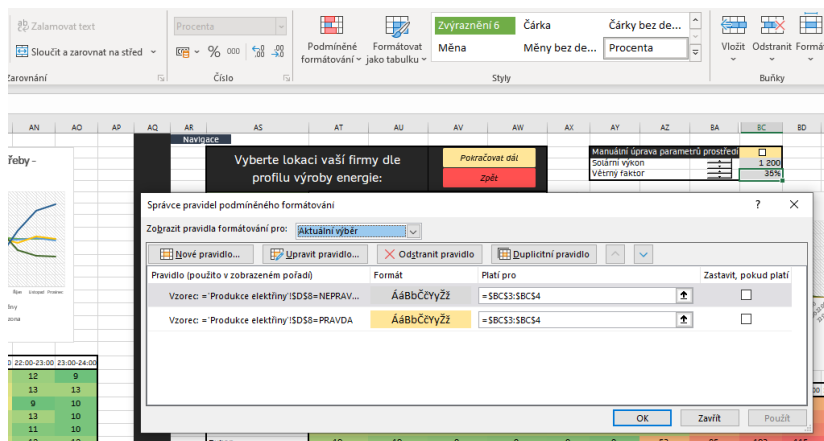


Obrázek 41 - Funkce ověření dat

(například výběr lokality), to se hodí právě v případě, kdy například dojde k přepisu názvu lokality a nemusí se tak přepisovat nabídky jednotlivých buněk, které na ní odkazují.

## Podmíněné formátování

Základní nabídka barevného rozlišení hodnot byla použita skoro na každé z energetických tabulek pro lepší vizualizace a kontrolu, zajímavější však je podmíněné formátování na základě predepsané funkce. Tímto způsobem byla například vytvořena grafická pomůcka,



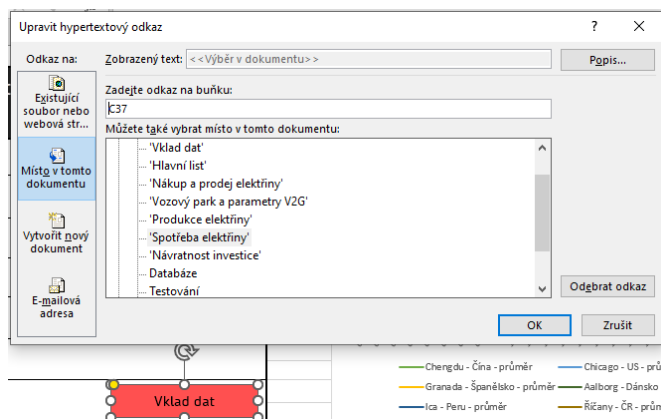
Obrázek 42 - Podmíněné formátování

kdy se tlačítko zvoleného profilu nebo lokality firmy na vkladovém listě ze šedé změnilo na

zelenou v případě, že právě jím označená možnost byla aktuálně vybrána, nebo zšednutí pole na úpravu větrného faktoru v případě, že možnosti manuální úpravy nebyla zvolena.

## Hypertextové odkazy

Stejně jako se do textových dokumentů dá vložit text odkazující například na webové stránky nebo na mailovou adresu, umí Excel tlačítku přiřadit hypertextový odkaz v rámci souboru. Veškerá navigační tlačítka jsou tímto způsobem vytvořena, tak že po jejich stisknutí dojde k přenesení na konkrétní místo v rámci souboru.



Obrázek 43 - Hypertextové odkazy

## Seskupení

Pro rychlejší přehled a orientaci v jednotlivých kartách byly tematicky stejné oblasti seskupeny, tak že je lze zobrazovat a skrývat pomocí tlačítek +/-, případně pak jako jednotlivé úrovně na vrchní ose. Je třeba nezapomínat, že skrytím některých tabulek může například dojít k vratné ztrátě náplně některých grafů.



Obrázek 44 - Seskupení/Oddělení

Zároveň je třeba nastavit jednotlivé oblasti tak, aby při jejich seskupení bylo ze zbylých řádků patrné, jaký je jejich obsah, v opačném případě totiž nedojde ke zjednodušení a zpřehlednění, ale spíše ke zkomplikování práce s jednotlivými oblastmi.



## 6.6. Technické limitace použitého konceptu modelu

Přesto, že model je navržen tak, aby zohledňoval co možná nejvíce potenciálních proměnných, kterých je k nastavení více než 30, je mnoho aspektů, ve kterých je logicky limitován. Vzhledem k již popsané komplexnosti problematiky musí zohledňovat několik vzájemně propojených oblastí, kdy právě tyto vazby často závisí na těžko kvantifikovatelných a predikovatelných skutečnostech. Asi největší komplikací představovalo vytvoření technického rámce cyklického provozu a navazování jednotlivých dnů. Aby množství používané a vyráběné energie bylo co nejpřesnější a nedocházelo k významným odchylkám ovlivňující celkové výsledky, musely být zvoleny určité kompromisní postupy. Model například počítá s nabitím všech vozidel vždy před půlnocí, a naopak pevnou baterii nabíjí v časných ranních hodinách. Tyto procesy jsou fixně nastaveny tak, aby vždy došlo k uzavření cyklu využití energie během dne a ta se tak nikde „neztrácela“. Další těžko zohlednitelnou skutečností je reálné využití vozidel v jednotlivých hodinách. Málokterá firma má tak dobrý přehled, a i kdyby měla, není zde možné nastavit různá data pro několik rozlišných dní, ale pouze pro jeden referenční. Pokud se například provoz vozového parku, nebo některých konkrétních vozidel výrazně mění v průběhu roku, nelze to na rozdíl od datově přímočařejší spotřeby firmy adekvátně zohlednit. Tabulka vozidel pak umožňuje přidání maximálně dvaceti vozů. Toto omezení bylo nastaveno z důvodu vizuální přehlednosti a vycházelo z předpokladu, že model využijí spíše firmy s menšími vozovými parky. Každopádně na rozdíl od jiných je tato limitace řešitelná, přidáním řádků do tabulky. Největší komplikace nastane při použití makro funkce vkládání databáze flotily, kterou bude třeba na nový rozsah řádků manuálně upravit. Určitým omezením je i forma použití dynamických cen, které by se v ideálním případě měli měnit dle aktuální situace na trhu, ostatně stejně jako data o využívání energie samotnou firmou, nikoliv podle fixních tabulkových hodnot. Většina kalkulovaných proměnných vychází z významného průměrování a pro co nejpřesnější hodnoty, až například na úroveň jednotlivých dnů roku, by vyžadovala vytvoření významně složitější architektury, která pro předpokládané využití nedávala smysl. Dalo by se říct, že hlavní limitace nespočívá ani tak v samotných funkcích modelu, ale v tom jak komplexní a v čase proměnné veličiny převést a zadat do dostupných vstupních polí. Například servisní náklady nelze zadávat na úrovni jednotlivých ročních částek dle plánu údržby, ale jako plošnou částku provozních nákladů zvyšovaných o diskontní sazbu. Tyto hodnoty se sice dají manuálně přepsat, v ten moment však dojde k nenávratnému přemazání původních vzorců vycházejících z předepsaných hodnot a odhadů. Obecně platí, že jakákoliv analýza, kalkulace či predikce je jen tak dobrá jako data z nichž vychází. Nejinak je tomu i v tomto případě kdy opravdu záleží na co možná nejpřesnějším nastavení veškerých hodnot a zohlednění charakteristiky chování modelu při interpretaci výstupů.

## 6.7. Citlivostní analýza proměnných a ověřování hypotéz

Jak již bylo nastíněno, lze předpokládat, že na návratnost, úsporu, a tedy i celkovou přínosnost budou mít dostupné volitelné proměnné různou míru vlivu. Smyslem citlivostní analýzy je právě odhalení těch, jejichž vliv je největší a měla by na ně tak být upřena největší pozornost při navrhování a rozhodování o investici. Zvolený postup spočíval v nastavení výchozích parametrů, kdy se v rámci jednotlivých scénářů měnila vždy pouze jedna z proměnných a na základě toho výsledné hodnoty roční finanční úspory, návratnosti a čisté současné hodnoty, a to jak pro celou instalaci, tak i izolovaně pro implementaci V2G. Následně došlo k výpočtu procentuální odchylky jednotlivých scénářů od průměrné hodnoty z hlediska úspory a návratnosti. Tyto dvě hodnoty byly taktéž zprůměrovány a výsledné hodnoty jednotlivých veličin nakonec vzájemně porovnávány. Zajímavé je, že zatímco u některých proměnných byly procentuální hodnoty změn čisté současné hodnoty a návratnosti velmi podobné, například v případě změny velikosti pevné baterie byl rozdíl významný. To je dáno zejména charakteristikou tohoto zařízení, kdy od určité velikosti již nelze potenciálu baterie dále využít a nevzniká tak dodatečná úspora, přesto že větší kapacita znamená logicky vyšší kapitálové výdaje na pořízení.

Jako výchozí byla použita tato nastavení, která se měnila jen pokud byly předmětem zkoumání:

**Spotřeba energie:** 100 000 kWh

**Profil spotřeby:** Dvě směny

**Lokalita:** Chicago – US

**Nákupní cena:** 0,3 EUR/kWh

**Prodejní cena:** 0,1 EUR /kWh

**Dynamické ceny:** Ne

**Diskontní sazba:** 9 %

**Výkon solární instalace:** 80 kWp

**Výkon větrné instalace:** 20 kW

**Velikost pevné baterie:** 40 kW

**V2G:** Technologii využívala čtyři z deseti vozidel s převážně dopoledním provozem.



V návaznosti na tuto první část byly identifikovány specifické případy a proměnné, které vykazovaly nevšední výsledky a bylo tak třeba v dalších modifikacích otestovat jejich chování. K tomuto záměru byly navrženy a postupně testovány hypotézy. Část jich byla navržena tak, že vycházely ze závěrů citlivostní analýzy a část byla pro zcela nové faktory, které nebylo možné v rámci původního formátu zpracovat. Například tedy použití V2G vozidel v jednotlivých částech dne či analýza emisí CO<sub>2</sub>eq pro jednotlivé varianty. Jednotlivé oblasti byly posuzovány následovně:

### 6.7.1. Profil spotřeby

Překvapivě malé odchylky vyšly při porovnávání jednotlivých profilů spotřeby, to mohlo být dané i relativně vysokým objemem zvolené baterie vůči výkonu obnovitelných zdrojů, kdy docházelo k velmi vysoké relativní akumulaci a tím i využitelnosti v průběhu dne bez ohledu na časový profil. Na základě toho byla však vytvořena a prověřena hypotéza, předpokládající že vliv profilu spotřeby není pro výslednou úsporu a návratnost nikterak významný:

Delta	Spotřeba	Profil	Lokalita	Nákupní	Prodejní cen	Dynamic	Míra dj	V2G	Solar	Vitr	Baterie	Úspora	NPV	Návratno	NPV - V2	Návratnost - V2
-1%	50 000	Jedna směna	Ica	0,5	0,1	Y	100%	Y	20	10		54 148	4 081	2	909	1
	50 000	Rovnoměrná spotřeba	Ica	0,5	0,1	Y	100%	Y	20	10		54 691	4 122	2	1 112	1
5%	50 000	Jedna směna	Ica	0,5	0,1	Y	100%	N	20	10		42 092	3 173	2	0	0
	50 000	Rovnoměrná spotřeba	Ica	0,5	0,1	Y	100%	N	20	10		39 938	3 010	3	0	0
2%	200 000	Jedna směna	Aalborg	0,5	0,1	Y	100%	Y	50	10	50	44 606	3 362	7	689	1
	200 000	Rovnoměrná spotřeba	Aalborg	0,5	0,1	Y	100%	Y	50	10	50	43 817	3 303	7	704	1
3%	200 000	Jedna směna	Aalborg	0,5	0,1	Y	100%	N	50	10	50	35 464	2 673	8	0	0
	200 000	Rovnoměrná spotřeba	Aalborg	0,5	0,1	Y	100%	N	50	10	50	34 487	2 599	9	0	0
-2%	100 000	Rovnoměrná spotřeba	Říčany	0,3	0,1	Y	100%	Y	40	5	20	23 932	1 804	9	423	2
	100 000	Manuální vepsání	Říčany	0,3	0,1	Y	100%	Y	40	5	20	24 423	1 841	9	448	2
-13%	100 000	Rovnoměrná spotřeba	Říčany	0,3	0,1	N	-	Y	120	0	0	37 900	2 857	15	790	1
	100 000	Manuální vepsání	Říčany	0,3	0,1	N	-	Y	120	0	0	42 695	3 218	12	670	1
-17%	500 000	Rovnoměrná spotřeba	Granada	0,5	0,1	Y	100%	Y	200	20	50	190 438	14 354	4	1 602	1
	500 000	Manuální vepsání	Granada	0,5	0,1	Y	100%	Y	200	20	50	223 537	16 848	4	914	1
-26%	500 000	Rovnoměrná spotřeba	Granada	0,5	0,1	Y	100%	N	200	20	50	168 902	12 730	5	0	0
	500 000	Manuální vepsání	Granada	0,5	0,1	Y	100%	N	200	20	50	213 437	16 087	4	0	0
-23%	500 000	Rovnoměrná spotřeba	Granada	0,5	0,1	N	-	Y	200	20	50	184 870	13 934	4	1 542	1
	500 000	Manuální vepsání	Granada	0,5	0,1	N	-	Y	200	20	50	228 081	17 191	4	1 140	1
-31%	500 000	Rovnoměrná spotřeba	Granada	0,5	0,1	N	-	N	200	20	50	164 417	12 392	5	0	0
	500 000	Manuální vepsání	Granada	0,5	0,1	N	-	N	200	20	50	215 804	16 265	4	0	0

Obrázek 46 - Hypotéza Profil spotřeby

V prvních scénářích se zdálo, že hypotéza se potvrdí, při změně různých parametrů nedocházelo k navýšení úspory o více než 5 % (sloupec „Delta“). Ve scénářích následujících však byl použit manuálně vytvořený extrémní profil, kdy spotřeba během dne dosahovala zhruba desetinásobku té noční. Při zkoumání dvou variant se stejnou spotřebou a rozdílným zapojením solární energie se podařilo identifikovat klíčovou kombinaci, spočívající v extrémně vysoké relativní denní spotřebě spolu s velkou solární instalací. Na příkladu španělské Granady byly pak dále testovány i vlivy V2G a dynamických cen. Nevyužití V2G (aktivní 4/10 vozidel flotily) přineslo o tři procentní body nižší poměrnou úsporu než uplatnění fixních cen. Kombinace těchto dvou faktorů pak vedla k vůbec největšímu rozdílu roční úspory z hlediska srovnání rovnoměrné spotřeby a již pospané extrémní, a to sice 31 %. Dá se tak sice říct, že v rámci předdefinovaných profilů jejich vliv na úsporu významný nebude, ale v případě manuálního nastavení profilu může, a to velmi významně dle míry difference spotřeb v jednotlivých hodinách během dne.

## 6.7.2. Zvolená lokalita

Testováno bylo všech šest dostupných lokalit, ostatní parametry zůstaly jednotné. Odchylka od průměrné doby návratnosti činila 42 % resp. 24 % čistě pro V2G. V tomto případě nebyl důvod tuto skutečnost prověřovat nikterak dále, jelikož lokalita přímo koreluje s vyšší produkované energie, kdy při stejném instalovaném výkonu, a tedy i kapitálových nákladech přinese vyšší úsporu, a tedy i kratší návratnost.

## 6.7.3. Nákupní a prodejní cena

Dle předpokladu mají jak nákupní, tak i prodejní cena mají jakožto dominantní nákladové a výnosové položky zásadní vliv na úsporu i návratnost. Nákupní cena o něco více, protože právě ta vytváří hlavní základnu pro kalkulaci finanční úspory. Vliv prodejní ceny je pak třeba posuzovat z hlediska velikosti pořízené akumulace, čím nižší jsou výkupní ceny, tím menší je třeba zvolit instalovaný výkon, případně navýšit akumulaci, aby jej bylo možné co možná nejvíce využít. Pokud jsou tyto ceny naopak vysoké, vyplatí se produkovat více než je možné spotřebovat, protože prodaná energie ztrácí na hodnotě méně (rozdíl nákupní/prodejní). V návaznosti na tento potvrzený předpoklad byla však navržena dodatečná hypotéza, že lze najít takovou kombinaci oblasti a nastavení, kdy se instalace obnovitelných zdrojů vůbec nevyplatí.

Spotřeba	Profil	Lokalita	Nákupní	Prodejní cen	Dynamick	Míra d	V2G	Solar	Solar	Vítr	Vítr - cena	Baterie	Úspora	NPV	Návratnost
30 000	Jedna směna	Ica	0,2	0,05	Y	100%	Y	100	1,9	20	1,9	10	31 221	2 353	20
30 000	Jedna směna	Ica	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	Y	100%	Y	100	1,9	20	1,9	10	53 508	4 033	7
30 000	Jedna směna	Ica	0,2	0,05	Y	100%	Y	100	<b>1,3</b>	20	<b>1,6</b>	10	31 221	2 353	10
50 000	Dvě směny	Aalborg	0,4	0,05	Y	100%	Y	140	2	10	2	10	37 083	2 795	26
50 000	Dvě směny	Aalborg	<b>0,5</b>	<b>0,15</b>	Y	100%	Y	140	2	10	2	10	56 812	4 282	10
50 000	Dvě směny	Aalborg	0,4	0,2	Y	100%	Y	140	<b>1,3</b>	10	<b>1,6</b>	10	37 083	2 795	12
300 000	Letní sezona	Chicago	0,25	0,1	Y	100%	Y	250	1,9	50	1,9	20	73 435	5 535	30
300 000	Letní sezona	Chicago	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	Y	100%	Y	250	1,9	50	1,9	20	123 832	9 333	8
300 000	Letní sezona	Chicago	0,25	0,1	Y	100%	Y	250	<b>1,2</b>	50	<b>1,5</b>	20	73 435	5 535	11
500 000	Rovnoměrná spotřeba	Chengdu	0,15	0	Y	100%	Y	300	0,55	0 -		50	33 551	2 529	27
500 000	Rovnoměrná spotřeba	Chengdu	<b>0,25</b>	0	Y	100%	Y	300	0,55	0 -		50	55 918	4 215	7
500 000	Rovnoměrná spotřeba	Chengdu	0,15	0	Y	100%	Y	300	<b>0,3</b>	0 -		50	33 551	2 529	9

Obrázek 47 - Hypotéza Nákupní a prodejní cena

Tato hypotéza se potvrdila. Dokonce i ve velmi příznivých lokalitách (Ica) byla návratnost v případě nízkých cen energie a vysokých kapitálových nákladů na instalaci - 1,9 EUR/kW(p) až 20 let. Bylo ji možné snížit na méně než polovinu buďto navýšením ceny energie (0,2->0,3 resp. 0,05->0,1) nebo snížením nákladů (1,9->1,3 resp. 1,9->1,6). U posuzovaných scénářů byly pro stejný efekt zkrácení návratnosti ceny navyšovány v průměru o 50 % a náklady snižovány o 37 %.

## 6.7.4. Dynamické ceny

Závěrem citlivostní analýzy bylo, že aktivace dynamických cen má marginální vliv, a to i v případě, kdy je rozptýl nákupní ceny 0,05-0,75 EUR/kWh. Byla tak navržena související hypotéza, že vliv dynamických cen je bez ohledu na zvolené různorodé parametry velmi malý.

Spotřeba	Profil	Lokalita	Nákupní cena	Prodejní	Dynamické ceny	Míra dynamiky	V2G	Solar	Vitr	Baterie	Úspora	NPV	Návratnost	NPV - V2G	Návratnost - V2G
100 000	Dvě směny	Aalborg	0,3	0,1	Y	100%	Y	80	10	20	35 369	2 666	12	578	2
100 000	Dvě směny	Aalborg	0,3	0,1	N	-	Y	80	10	20	37 643	2 837	11	710	1
200 000	Dvě směny	Ica	0,3	0,1	Y	100%	Y	150	20	40	97 108	7 319	7	762	1
200 000	Dvě směny	Ica	0,3	0,1	N	-	Y	150	20	40	93 782	7 068	7	754	1
50 000	Dvě směny	Granada	0,3	0,1	Y	100%	Y	60	10	0	39 756	2 996	6	767	1
50 000	Dvě směny	Granada	0,3	0,1	N	-	Y	60	10	0	38 645	2 913	7	698	1

Obrázek 48 - Hypotéza Dynamické ceny

Na třech scénářích posuzující rozlišné lokality i spotřeby a mix obnovitelných zdrojů a akumulace se potvrdilo, že vliv dynamických cen s takovou měrou dynamiky, jaká byla zvolena je minimální. Nehledě na to, že v některých případech došlo ke zvýšení a v jiných naopak ke snížení úspory, vliv tedy nejen že není velký, ale ani jeho směr nelze jednoznačně určit.

### 6.7.5. Diskontní sazba

Diskontní sazba je hodnota využívaná pro stanovení rizikovosti investice a pro průběžné snižování hodnoty jejího přínosu v čase. Standardně se volí v řádech vyšších jednotek procent, ale velmi záleží na povaze investice. Vzhledem k principu složeného úročení se dalo předpokládat, že u takto dlouhodobého projektu bude mít její výše velký vliv. Sice ne na roční úsporu, která vychází z jiných hodnot a je tak neměnná, ale právě na návratnost investice vycházející z diskontovaného cash-flow. Sazby stanovené na 15 % až 2 % postupně klesající po třech procentuálních bodech vedly ke snížení návratnosti z 21 let až na 7 - při sazbě 2 %.

### 6.7.6. Solární a větrný výkon

Stejně tak jako v případě volby lokality bude mít i parametr velikosti instalovaného výkonu jednotlivých zdrojů vliv na míru roční úspory a celkový objem produkované energie. Zásadní rozdíl zde však spočívá v tom, že na rozdíl od lokality, kde byl benefit čistě pozitivní, zde vyšší instalovaný výkon logicky představuje i vyšší kapitálové výdaje a je tak třeba zvažovat i spotřebu firmy a její průběh, tak aby mix z hlediska návratnosti byl adekvátní. Každý ze zdrojů má svá specifika, zatímco solární panely jsou snáze škálovatelné a vzhledem k rozšířenosti často i dostupnější a levnější, jejich limitace spočívá v časově omezené produktivitě, což v případě, kdy tyto časy nekorelují se spotřebou vede ke snížení přínosu. Větrné zdroje nabízejí z pravidla nižší výkon při srovnatelných nákladech, avšak generují energii i v noci a pokryjí tak spotřebu v širším časovém pásmu. Zásadní jsou také nastavené sazby instalačních a servisních nákladů a z nich plynoucí celková cena, což ostatně ukazovalo i dříve popsané testování hypotézy vlivu nákupní a prodejní ceny, kde byla tato proměnná také uvedena. Samostatnou hypotézou byl pak ověřován předpoklad, že v případě nulových výkupních (prodejních) cen energie lze dosáhnout výše instalovaného výkonu, kdy již nedojde k další úspoře, jelikož vygenerovaná elektřina bude plně saturována spotřebou a přebytečná bude prodávána bezplatně.

Spotřeba	Profil	Lokalita	Nákupní cena	Prodejní cena	Dynamické ceny	Míra dynamiky V2G	Solar	Vítr	Baterie	Úspora	NPV	Návratnost	NPV - V2G	Návratnost - V2G
30 000	Dvě směny	Říčany	0,3	0	Y	150% Y	65	0	70	21 773	1 641	11	457	2
30 000	Dvě směny	Říčany	0,3	0	Y	150% Y	70	0	70	21 790	1 642	12	455	2
30 000	Dvě směny	Říčany	0,3	0	Y	150% Y	75	0	70	21 790	1 642	13	454	2
30 000	Dvě směny	Říčany	0,3	0	Y	150% Y	0	10	70	21 125	1 592	5	479	2
30 000	Dvě směny	Říčany	0,3	0	Y	150% Y	0	15	70	21 790	1 642	5	370	2
30 000	Dvě směny	Říčany	0,3	0	Y	150% Y	0	20	70	21 790	1 642	6	274	3

Obrázek 49 - Hypotéza Solární a větrný výkon

Na uvedených scénářích je patrné, že při hranici 70 kWp resp. 15 kW již neodchází k dodatečné úspoře, a naopak návratnost se zbytečně prodlužuje.

### 6.7.7. Velikost pevné baterie

Samotnou myšlenkou konceptu V2G je právě snaha o minimalizaci nutnosti použití pevné baterie. Model s tímto předpokladem pracuje, a proto jako primární akumulční zdroj (pakliže je aktivováno) využívá V2G. Na rozdíl od zdrojů energie je v případě baterie určitý limit její velikosti, kdy již z logiky věci nedokáže přinést dodatečnou úsporu. Právě to posuzovala následující hypotéza:

Spotřeba	Profil	Lokalita	Nákupní cena	Prodejní cena	Dynamické ceny	Míra dynamiky V2G	Solar	Vítr	Baterie	Úspora	NPV	Návratnost	NPV - V2G	Návratnost - V2G
100 000	Dvě směny	Říčany	0,3	0,1	Y	150% Y	100	20	75	54 455	3 836	6	546	2
100 000	Dvě směny	Říčany	0,3	0,1	Y	150% Y	100	20	80	54 509	3 836	6	546	2
100 000	Dvě směny	Říčany	0,3	0,1	Y	150% Y	100	20	85	54 509	3 835	6	546	2
200 000	Jedna směna	Ica	0,4	0,1	N	- Y	150	10	35	71 688	5 403	6	546	2
200 000	Jedna směna	Ica	0,4	0,1	N	- Y	150	10	40	71 725	5 406	6	546	2
200 000	Jedna směna	Ica	0,4	0,1	N	- Y	150	10	45	71 725	5 406	6	546	2

Obrázek 50 - Hypotéza Velikost pevné baterie

Na té je zjevné že v obou poměrně rozdílně nastavených scénářích existuje určitá hranice objemu baterie, kdy již nedochází k dodatečné (mezní) úspoře a čistá současná hodnota tak začne klesat. Tato hodnota však není optimální, naopak znamená, že pro takto nastavený model dojde k plnému využití kapacity jen v minimu případů, a proto je vhodnější vybrat kapacitně menší variantu, kdy budou její náklady v lepším poměru vůči potenciálně realizovanému přínosu.

### 6.7.8. Profil využití V2G

Asi nejzajímavější, ale také nejobtížněji testovatelnou proměnnou byla specifická nastavení provozu V2G vozidel. Ty musely být nastavovány na kartě *Vozový park a parametry V2G* manuálně pro každý vůz. Následně došlo k ověření třech samostatných hypotéz. První předpokládala, že V2G obecně za jakýchkoliv okolností zvyšuje roční úsporu, čistou současnou hodnotu i návratnost.

Spotřeba	Profil	Lokalita	Nákupní cena	Prodejní cena	Dynamické ceny	Míra dynamiky V2G	Solar	Vítr	Baterie	Úspora	NPV	Návratnost	NPV - V2G	Návratnost - V2G
10 000	Jedna směna	Ica	0,3	0,1	Y	150% Y	100	10	50	48 664	3 668	11	530	2
10 000	Jedna směna	Ica	0,3	0,1	Y	150% N	100	10	50	44 775	3 375	12	-	-
50 000	Dvě směny	Aalborg	0,4	0,1	Y	150% Y	100	10	10	44 802	3 377	10	929	1
50 000	Dvě směny	Aalborg	0,4	0,1	Y	150% N	100	10	10	32 627	2 459	18	-	-
200 000	Rovnoměrná	Chicago	0,3	0,1	Y	150% Y	50	30	50	31 844	2 400	15	500	2
200 000	Rovnoměrná	Chicago	0,3	0,1	Y	150% N	50	30	50	26 713	2 013	21	-	-
200 000	Letní sezona	Chengdu	0,1	0,05	Y	150% Y	100	10	50	9 233	696	30	133	7
200 000	Letní sezona	Chengdu	0,1	0,05	Y	150% N	100	10	50	7 589	572	30	-	-
300 000	Zimní sezona	Granada	0,3	0,1	Y	150% Y	200	10	0	90 237	6 801	9	898	1
300 000	Zimní sezona	Granada	0,3	0,1	Y	150% N	200	10	0	78 325	5 903	11	-	-

Obrázek 51 - Hypotéza Profil využití V2G

Potvrdilo se, že V2G má skutečně ve všech případech na výše uvedené parametry pozitivní vliv. V některých případech však delta tvořila pouhé jednotky procent a je tak otázkou, jestli i v těchto krajních případech by po započtení dalších těžko kvantifikovatelných faktorů byla implementace výhodná.

Další hypotéza zněla: “V2G je levnější forma ukládání energie než pevná baterie”

Spotřeba	Profil	Lokalita	Nákupní cena	Prodejní cena	Dynamické ceny	Míra dynamiky V2G	Solar	Vítr	Baterie	Úspora	NPV	Návratnost	NPV - V2G	Návratnost - V2G
20 000	Rovnoměrná Aalborg		0,3	0,1	Y	100% Y	50	30	0	25 753	1941	8	362	2
20 000	Rovnoměrná Aalborg		0,3	0,1	Y	100% N	50	30	50	23 259	1753	15	-	-
50 000	Rovnoměrná Aalborg		0,3	0,1	N	Y	100	10	0	31 723	2 391	8	740	1
50 000	Rovnoměrná Aalborg		0,3	0,1	N	N	100	10	50	26 225	1 977	14	-	-
100 000	Letní sezona Chicago		0,25	0,05	Y	200% Y	50	0	0	21 760	1 640	5	531	2
100 000	Letní sezona Chicago		0,25	0,05	Y	200% N	50	0	30	18 261	1 376	7	-	-
100 000	Letní sezona Chicago		0,25	0,05	N	Y	50	0	0	26 347	1 986	4	805	1
100 000	Letní sezona Chicago		0,25	0,05	N	N	50	0	30	18 251	1 376	7	-	-
300 000	Jedna směň Granada		0,3	0,1	Y	50% Y	200	0	0	83 901	6 263	5	856	1
300 000	Jedna směň Granada		0,3	0,1	Y	50% N	200	0	100	82 351	6 207	6	-	-
150 000	Dvě směň Říčany		0,35	0,1	Y	200% Y	70	10	0	42 160	3 178	4	666	1
150 000	Dvě směň Říčany		0,35	0,1	Y	200% N	70	10	60	33 328	2 512	5	-	-

Obrázek 52 - Hypotéza Profil využití V2G 2

Tato hypotéza se opět potvrdila, přesto v jednom z případů, konkrétně lokality Granada se spotřebou 300 000 kWh byl rozdíl jen zhruba 2 %. Opět tedy přes obecně potvrzený předpoklad lze dosáhnout situací, kdy je třeba varianty dále porovnat a ověřit do jaké míry je vzájemná výhodnost platná při daných východiscích.

Třetí hypotéza zjišťovala vliv postupné aktivace V2G vozidel od nuly do deseti vozů z hlediska mezního užitku, předpoklad zněl, že od určité hranice významně klesne.

Spotřeba	Profil	Lokalita	Nákupní cena	Prodejní cena	Počet	Solar	Vítr	Baterie	Úspora	Delta úspora	NPV	Návratnost	NPV - V2G	Delta NPV	Návratnost - V2G
300 000	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	0	80	20	0	43 503		3 279	6	-		-
300 000	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	1	80	20	0	51 480	7 977	3 880	5	601		1
300 000	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	2	80	20	0	54 868	3 388	4 135	5	857	256	1
300 000	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	3	80	20	0	54 868	0	4 135	5	857	0	1
300 000	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	4	80	20	0	57 596	2 728	4 341	5	1 062	205	1
300 000	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	5	80	20	0	57 596	0	4 341	5	1 062	0	1
300 001	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	6	80	20	0	61 947	4 351	4 669	4	1 390	328	1
300 002	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	7	80	20	0	66 836	4 889	5 038	4	1 759	369	1
300 000	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	8	80	20	0	69 352	2 516	5 227	4	1 948	189	1
300 000	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	9	80	20	0	72 364	3 012	5 454	4	2 175	227	1
300 000	Dvě směň Říčany		0,3	0,1	10	80	20	0	74 508	2 144	5 616	4	2 337	162	1

Obrázek 53 - Hypotéza Profil využití V2G 3

Tato hypotéza se nepotvrdila, protože se ukázalo, že významný vliv mají právě jednotlivé hodiny, kdy jsou vozidla dostupná. Pakliže byla přidána taková, která se časově kryla s již dostupnými, k žádnému přínosu nedošlo, přesto že úspora postupně stoupala, ne vždy úměrně zvýšeným nákladům na používání dalšího V2G vozidla.



Poslední a asi nejzajímavější hypotéza se věnovala využívání vozidel v různých denních hodinách:

Spotřeba	Profil	Lokalita	Nákupní cena	Prodejní cena	Počet V2G	Období hlavního provozu	Solar	Vítr	Baterie	Úspora	NPV	Návratnost	NPV - V2G	Návratnost - V2G
150 000	Jedna směň	Chicago	0,25	0,05	4	<b>Ráno (5:00-10:00)</b>	120	40	60	53 258	4 014	9	896	1
150 000	Jedna směň	Chicago	0,25	0,05	4	<b>Večer (18:00-23:00)</b>	120	40	60	49 308	3 716	10	778	1
150 000	Jedna směň	Chicago	0,25	0,05	4	<b>Přes den (10:00-15:00)</b>	120	40	60	50 156	3 780	9	744	2
200 000	Dvě směny	Aalborg	0,3	0,15	8	<b>Ráno (5:00-10:00)</b>	80	80	0	77 252	5 823	5	1 123	2
200 000	Dvě směny	Aalborg	0,3	0,15	8	<b>Večer (18:00-23:00)</b>	80	80	0	88 275	6 653	5	1 829	1
200 000	Dvě směny	Aalborg	0,3	0,15	8	<b>Přes den (10:00-15:00)</b>	80	80	0	86 589	6 526	5	1 769	1
500 000	Letní sezona	Granada	0,3	0,1	2	<b>Ráno (5:00-10:00)</b>	200	0	40	105 775	7 972	4	1 223	1
500 000	Letní sezona	Granada	0,3	0,1	2	<b>Večer (18:00-23:00)</b>	200	0	40	107 422	8 097	4	1 085	1
500 000	Letní sezona	Granada	0,3	0,1	2	<b>Přes den (10:00-15:00)</b>	200	0	40	104 448	7 872	4	1 016	1

Obrázek 54 - Hypotéza Profil využití V2G 4

Zhruba stejný rámec využití stejných vozidel byl posouván v průběhu dne ve třech variantách. Na hodnotách úspory i návratnosti je vidět, že vliv je jednoznačný, avšak jeho míra je značně různorodá, na uvažovaných scénářích představovala delta úspory od 3 do 14 % dle zvolených parametrů. Opět zde záleží na konkrétním mixu široké škály faktorů, které se liší případ od případu a lze je těžko simulovat a vyvodit z nich univerzální závěry. I z tohoto důvodu byl model vytvořen tak, aby tyto varianty dokázal individuálně posoudit.

### 6.7.9. Emisní stopa

Po nastavení emisní stopy energetického mixu příslušného státu dokáže model spočítat přibližnou emisní stopu plynoucí z provozu firmy a přepočítat ji dle jednotlivých variant. Při prvním testování hypotézy ji nebylo možné potvrdit ani vyvrátit, jelikož byla nevhodně navržena. Zněla následovně: „V některých evropských zemích lze instalací obnovitelných zdrojů snížit emise až o 90 %.“ Problém je, že procentuální úspora emisí CO<sub>2</sub>eq vzniká jinou skladbou energetických zdrojů v rámci firmy bez ohledu na okolí. Pakliže však byly porovnávány stejné instalace jen v jiných zemích, měnily se sice absolutní hodnoty emisí, ale snížení samotné stopy bylo pro všechny situace stejné. Na základě toho tak byla stanovena vhodnější alternativní hypotéza: „Vhodnou kombinací obnovitelných zdrojů a akumulace lze dosáhnout až 90 % snížení emisí CO<sub>2</sub>eq.“

Spotřeba	Profil	Lokalita	Emise CO2	Referenční země	V2G	Solar	Vítr	Baterie	Emise CO2 - výchozí	Emise CO2 - obnovitelné zdroje	Emise CO2 - V2G	Emise CO2 - V2G&Baterie	Delta
250 000	Dvě směny	Říčany -	820	Polsko	Y	100	45	100	244	75	44	19	92%
250 000	Dvě směny	Říčany -	820	Polsko	Y	100	0	0	244	150	105	105	57%
250 000	Dvě směny	Říčany -	820	Polsko	Y	0	20	0	244	205	163	163	33%
250 000	Dvě směny	Říčany -	820	Polsko	N	100	45	100	244	75	75	48	80%
250 000	Dvě směny	Říčany -	820	Polsko	N	100	0	0	244	150	150	150	39%
250 000	Dvě směny	Říčany -	820	Polsko	N	0	20	0	244	205	205	205	16%

Obrázek 55- Hypotéza Emisní stopa

Takto už je možné hypotézu ověřit a z hodnoty delty, která vyjadřuje relativní snížení emisí můžeme vidět, skutečně při určitém optimálním mixu obnovitelných zdrojů, V2G a pevné baterie lze dosáhnout snížení až o 92 %. Jako referenční země zde bylo zvoleno Polsko, které v rámci Evropy vzhledem k velkému poměru energie vyrobené z uhelných elektráren dosahuje velmi vysoké uhlíkové intenzity. V tomto případě tak snížení emisí v absolutních hodnotách představuje 225 tun CO<sub>2</sub>eq za rok. V zemích jako je Norsko či Francie by to bylo výrazně méně, avšak ke snížení by došlo taktéž.

## 6.8. Ilustrační scénáře

V návaznosti na identifikované klíčové proměnné a východiska posuzovaných hypotéz bylo zvoleno 5 modelových scénářů, které ilustrují reálných dopad výchozích parametrů na výslednou přínosnost dílčích variant.

### 6.1.1. Ideální pro využití V2G

Předpoklady pro co možná největší přínosnost V2G jsou vysoké ceny energie, využití obnovitelných zdrojů a provoz firmy, který se časově ne zcela překrývá s produkcí elektřiny, čímž vzniká potřeba akumulace, kterou V2G dokáže zajistit levněji než srovnatelně objemná pevná baterie.

Jako ilustrační příklad poslouží firma se spotřebou 300 000 kWh v dánském Aalborgu operující ve dvousměnném provozu. Vzhledem k charakteristice lokality je vhodnější větší zapojení větrné energie, tedy 30 kW spolu s 50 kWp solární. Pevná baterie v tomto případě využita nebyla. Takto nastavené parametry včetně sedmi V2G kompatibilních vozidel vedou k roční úspoře 53 305 EUR, pakliže by V2G nebylo využito úspora se sníží na 31 302 EUR což znamená, že představuje na celkové skladbě zařízení úsporu ve výši zhruba 41 % a je tak mimořádně přínosné. To dokazuje i rozdíl návratností, který činí 3 roky (8 vs. 5 let), samozřejmě včetně započtení nákladů na dražší V2G nabíjecí stanice.

### 6.1.2. Nevhodné pro využití V2G

Na základě popsaných předpokladů v předchozím scénáři je na místě se domnívat, že přínos V2G může nahradit pevná baterie a nemá tak smysl tyto dvě cesty kombinovat. To je však pravda jen částečně. Baterie sice dokáže zastat stejnou úlohu, ale v přepočtu na kWh bude ve většině případů dražší. Dojde tedy ke stejné provozní úspoře, ale s vyššími kapitálovými náklady. Největší překážkou pro využití V2G je tak spíše nízká cena energie nebo produkce obnovitelných zdrojů, které zastávají hlavní demotivační efekt při rozhodování o používání jednotlivých technologií. V takovém případě, dokáže být V2G přínosné jen v případě dynamicky proměnných cen, nakupování a následném ukládání v období nižší ceny a následném sanování potřeby energie firmy v čase ceny vysoké, čímž dojde ke snížení průměrné ceny nákupu. Benefit je to však ve srovnání s ideálním případem významně menší a je otázkou, jestli se při zvážení souvisejících externalit skutečně vyplatí.

### 6.1.3. Nevhodné pro jakoukoliv formu akumulace

Akumulace není třeba v situacích, kdy se spotřeba firmy časově dominantně kryje s profilem produkce. Jako ilustrační tak lze použít firmu operující na jednu směnu (tedy primárně ve slunečných hodinách) sídlící ve španělské Granadě. Zvolenou roční spotřebu 100 000 kWh

pokrývá 60 kWp solární elektrárna. Tato hodnota byla zvolena jako nejlepší kompromis mezi úsporou a návratností. V případě nevyužití V2G ani baterie pak úspora činí 26 284 EUR, maximální objem baterie přinášející mezní užitek je 140 kWh, pokud by však takováto možnost byla zvolena, došlo by k navýšení roční úspory o zhruba 5 tisíc EUR (27 %). Dodatečné kapitálové náklady by však vzhledem k neadekvátní úspoře posunuly návratnost ze sedmi na jedenáct let. V tomto případě by tak potenciálně mohlo dávat smysl využít V2G, ale vzhledem k tomu s jak malými přebytky energie by mohlo pracovat je ke zvážení, zda by cílené přizpůsobování provozu těchto vozů za účelem lepšího využití nikterak velkého objemu potenciálně uložitelné energie bylo při zohlednění dalších externalit ospravedlnitelné.

#### 6.1.4. Firma ideální pro instalaci obnovitelných zdrojů

Pro maximalizaci využití obnovitelných zdrojů je zásadní, aby jejich využití vůbec umožňovala klimatická charakteristika lokality. Ideální v tomto směru tedy je Peruánská Ica, a to sice v kombinaci se zvolením profilu dominantně letní sezony firmy, což ještě více podpoří využití solární energie. Nákupní a prodejní ceny byly stanoveny na poměrně vysoké hodnoty 0,4 resp. 0,2 EUR/kWh, z jednoduchého důvodu, že čím jsou vyšší ceny elektřiny tím větší smysl má její soběstačná produkce. Roční spotřebu 500 000 kWh pokrývá solární instalace o výkonu 130 kWp spolu s větrnou 40 kW a 100 kWh baterií. Firma zároveň disponuje sedmi V2G kompatibilními vozidly, jejichž využití se na celkové roční úspoře podílí z necelých 13 %. Při optimistickém nastavení ceny jednotlivých komponentů ve výši 1,5 EUR/kW a nízkých sazbách za údržbu lze v tomto případě dosáhnout diskontované návratnosti (sazba 7 %) již za pouhé dva roky.

#### 6.1.5. Firma nevhodná pro instalaci obnovitelných zdrojů

Nejméně vhodná lokalita z dostupných je bezesporu čínské Chengdu, při nastavení stejného vozového parku a spotřeby energie jako v předchozím případě zjistíme, že obnovitelná energetika má v této lokaci tak malý dopad, že při stejných cenách za její instalaci by byla diskontovaná návratnost reálně nedosažitelná. Jen samotnou změnou lokality z Peru došlo totiž k prodloužení návratnosti na 7 let, po úpravě cen na 0,2 resp. 0,1 pak dokonce na 22 let. Při zvýšení jednotkové ceny instalací o zhruba 13 % z 1,5 na 1,7 EUR/kWp pak dojde k posunu na 29 let, to stejné způsobí zvýšení diskontní sazby o jeden procentní bod. Potvrzují se tak závěry citlivostní analýzy, že lokalita a cena elektřiny jsou skutečně zásadní.

## 6.9. Příklad aplikace a ilustrace informační hodnoty

Pro lepší pochopení veškerých možností a oblastí ve kterých může být model přínosný byla připravena vzorová aplikace s vysvětlením nastavení a interpretací výsledků.

Zvolena byla středně velká firma ve středních Čechách se spotřebou 300 000 kWh. Její provoz je převážně dvousměnný a zadání počítá s možnou solární i větrnou instalací. Elektrifikovaný vozový park firmy tvoří deset vozidel, kdy čtyři z nich mohou být použity pro V2G.

Zadání majitele firmy je žádost o navržení co možná nejlepší kombinace obnovitelných zdrojů a spočítání odhadované výše roční úspory a návratnosti této investice. Při zadávání vstupních hodnot byly na základě přesné lokality zjištěny hodnoty solárního a větrného výkonu z Global Wind a Solar Atlasu. Profil lze použít již existující, ale konkrétní hodnoty budou přepsány na 1 190 kWh/kWp a větrný výkon na 25 %. Další parametry lze zvolit co možná nejpřesněji na základě aktuální situace na trhu a ideálně konzultace s firmou. Například profil spotřeby energie byl manuálně upraven podle reálných provozních období firmy a skutečných hodin spotřeby. Firma již disponovala solárními panely o výkonu 10 kWp, z toho důvodu bylo počítáno s nižšími instalačními náklady (1,4 EUR/kWp), tak aby bylo zohledněno že část výkonu, již je nainstalována, ale zároveň ne příliš nízká, protože kombinace dvou typů může vyžadovat další elektrotechnické komponenty a s nimi spojené náklady. Vozidla, kterými firma disponuje jsou používány v průběhu celého dne, hlavně však kolem poledne, jak je vidět v následujícím grafu.

Hlavním zadání byla co nejkratší možná návratnost, nikoliv maximální úspora za každou cenu.

Zadány tedy byly následující hodnoty:

**Spotřeba energie:** 300 000 kWh

**Profil spotřeby:** Dvě směny

**Lokalita:** Říčany-ČR

**Nákupní cena:** 0,3 EUR/kWh

**Prodejní cena:** 0,1 EUR /kWh

**Cena solární instalace:** 1,4 EUR/kWp

**Cena větrné instalace:** 1,7 EUR/kWp

**Údržba:** 15 EUR/kWp/měsíc

**Čištění:** 10 EUR/kWp/měsíc

**Cena baterie:** 1,2/kWh

**Maximální nabíjecí výkon:** 15 kW

**Dynamické ceny:** Ne

**Diskontní sazba:** 9%

**Daňová sazba:** 19%

**Odpisy:** Standardní

**CO<sub>2</sub>eq lokality:** 450 g CO<sub>2</sub>eq/kWh

**Výkon solární instalace:** 60 kWp

**Výkon větrné instalace:** 20 kW

**Velikost pevné baterie:** 25 kWh

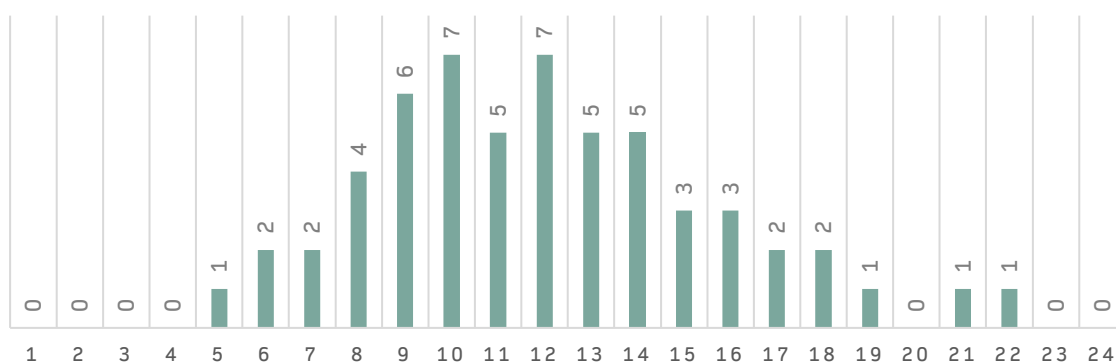
**V2G:** Technologii využívala čtyři z deseti vozidel s převážně dopoledním provozem.

**Servis nabíjecí stanice:** 15 EUR/rok

**Servis V2G nabíjecí stanice:** 20 EUR/rok

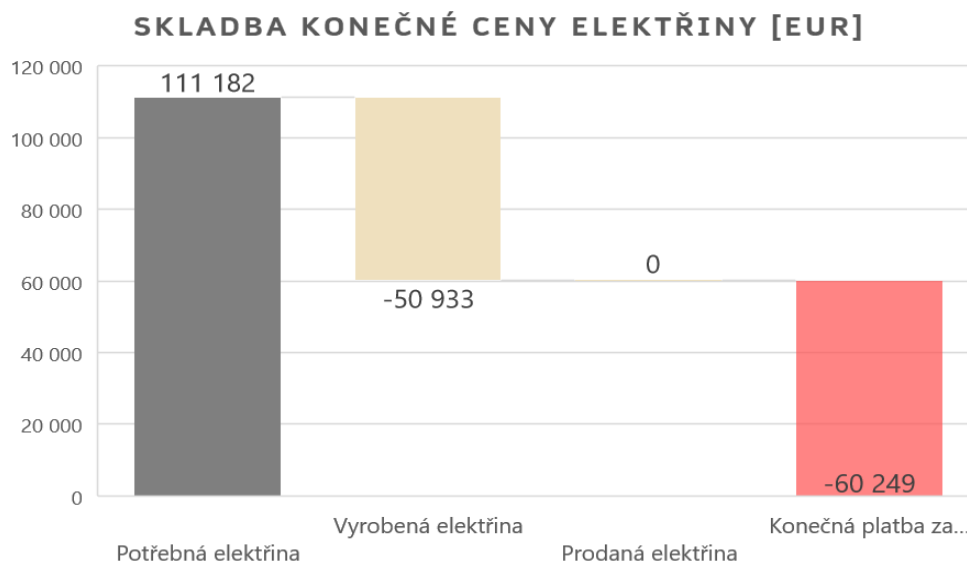
## Nastavení V2G vozidel:

ID Vozu (SPZ)	Značka+Model	Kapacita baterie [kWh]	Požadovaný minimální dojezd [km]	Dojezd [km]	V2G používáno	Příplatek za V2G nabíječku [EUR]
5AP 5478	Mercedes EQE	103	150	624	N	-
6AR 5647	Renault Zoe	52	100	385	Y	1 500
7AS 1247	Renault Zoe	52	200	385	Y	400
6AL 2247	Ford F-150 Lightning	98	300	363	N	-
9A9 0547	Ford F-150 Lightning	98	100	363	N	-
7AP 5412	Ford F-150 Lightning	98	150	363	Y	1 500
8AR 5512	Nissan Leaf	59	100	319	Y	2 000
2AA 4751	Nissan Leaf	59	200	319	N	-
8AQ 4756	Tesla S	98	100	632	N	-
9AA 7489	Tesla Y	82	150	529	N	-



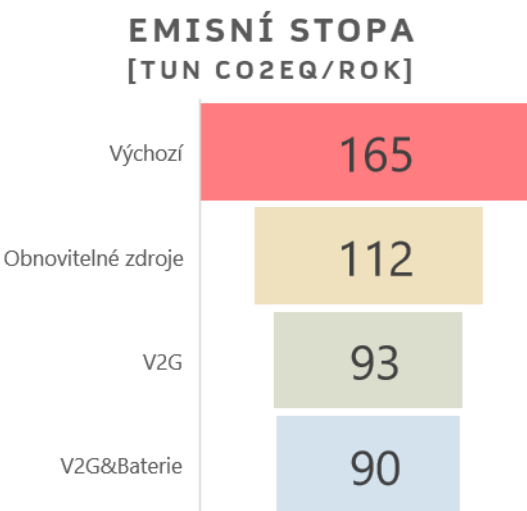
Graf 13- Počet vozidel používaných v jednotlivých hodinách

Na základě uvedeného zadání byl navržen mix solární instalace 60 kWp, větrné 20 kW a pevné baterie 25 kWh, s tím že pakliže vozidla nebudou nakonec k účelu V2G využívána, doporučuje se pořídit baterii větší, nebo upravit průběh nabíjení vozidel, pokud to provozní charakteristika umožňuje.



Graf 14 - Skladba konečné ceny elektřiny

Z uvedeného grafu lze vyčíst, že úspora v hodnotě vyrobené elektřiny je **50 933 EUR** z původní platby ve výši 111 182 EUR v případě čistého nákupu. Celkové náklady na takovýto mix zdrojů a baterie vychází na 152 400 EUR kdy 55 % tvoří solární zdroj a zahrnutý jsou i V2G nabíječky v hodnotě 5 400 EUR. Vzhledem k malému instalovanému výkonu a využívání akumulace k prodeji elektřiny nedochází. Diskontované cash-flow při devíti procentní diskontní míře přinese návratnost investice za **5 let**, což bylo minimum, kterého bylo možné dosáhnout. Zajímavá je i stále častěji uvažovaná úspora emisí CO<sub>2</sub>eq.



Graf 15 – Celková emisní stopa jednotlivých variant

Samotným využitím vlastních obnovitelných zdrojů dojde k poklesu o 30 %, V2G spolu s pevnou baterií pak umožní navýšení o dalších

čtrnáct procentních bodů. Celkově tedy tato investice přinese snížení emisí CO<sub>2</sub>eq o **44 %** oproti původnímu stavu.

Výhodou tohoto modelu je právě jeho variabilita, kdy například v případě kdy bude investor konfrontován s předpokládanou výši kapitálových výdajů a zjistí, že mu rozpočet umožňuje větší výdaj, stačí parametry snadno upravit a najít nové ideální řešení. Stejně tak pokud se významně změní výchozí parametry jako třeba cena energie, zkrácení pracovních směn, či nedostupnost a vyšší cena například pevných baterií, opět není třeba zadávat novou analýzu či žádost o nabídku od dodavatele, ale stačí upravit parametry a doslova ve vteřině jsou k dispozici nové výstupní hodnoty, které mají obrovský přínos při strategickém rozhodování.

## 7. Závěr

Navzdory všeobecnému přesvědčení, že elektromobily a obnovitelné zdroje představují nevyhnutelnou hrozbu pro energetickou stabilitu, ukazuje se, že tomu tak není. Ano, pokud se jednotlivé prvky používají izolovaně a bez kontextu, je jejich přínos přinejmenším sporný. Jak je však nejen na základě této práce patrné, klíč spočívá právě v propojování komplexních řetězců, technologií a oblastí. V jejich porozumění, přizpůsobení chování a vzájemné komplementaci.

Využití technologie Vehicle-to-Grid není a nikdy nebude úplně jednoduché. Jinak tomu ani být nemůže, jelikož na složité problémy (kterým energetika čelí), jednoduchá řešení neexistují. Již nyní v malých měřítcích existují projekty, které mají reálný pozitivní přínos a technologii posouvají. Nejen popsané ilustrační příklady vhodných využití, ale i uvedená data a predikce dokazují, že potenciál je zde nezpochybnitelný a záleží na schopnosti a ochotě překonat dílčí překážky a postupně rozšiřovat uživatelskou bázi a škálu aplikací.

Jedno z největších úskalí spočívá ve schopnosti najít technické, finanční i psychologické cesty, jak ve velkém měřítku přesvědčit koncové uživatele k zapojení a k přehodnocení svého přístupu k energii a její dostupnosti. To nutně nemusí znamenat snížení jejich komfortu a nevyhnutelné smíření se s popsanými nevýhodami. Právě naopak, pakliže se tato transformace samotného uvažování podaří, mohou z ní benefitovat všechny zúčastněné strany, a to jak finančně, energeticky, ekologicky, tak v konečném důsledku i zdravotně.

Kalkulační model, který tvoří praktickou část diplomové práce může být jedním z dílků této rozsáhlé skládačky. Přesto, že má určité technické limity, poskytuje platformu umožňující pochopení technologie v jejím širším kontextu. Zobrazuje vliv jednotlivých proměnných, čímž přináší informační hodnotu nejen pro teoretické posuzování, ale i při praktickém rozhodování o reálných investicích.

Pravidelně akcentované obavy o klimatickou budoucnost planety a vývoj naší společnosti na ní vyznívají často odevzdaně až depresivně. Do určité míry to je pochopitelné a oprávněné, ale přesto že klimatická krize je obrovský problém, je to stále problém, který má řešení. Nikoliv jedno jediné, ale několik společných. A stejně tak, jako snad alespoň malým dílem k rozvoji a pochopení V2G přispěla tato práce, může ke společnému a úspěšnému řešení přispět i technologie samotná.

## 8. Reference

- [1] *Russia's War on Ukraine: Analysing the impacts of Russia's invasion of Ukraine on global energy markets and international energy security* [online]. In: . [cit. 2023-05-18].  
Dostupné z: <https://www.iea.org/topics/russias-war-on-ukraine>
- [2] NOEL, Lance, Gerardo ZARAZUA DE RUBENS, Johannes KESTER a Benjamin K. SOVACOOOL. *Vehicle-to-grid: a sociotechnical transition beyond electric mobility*. Cham: Palgrave Macmillan, 2019. Energy, climate and the environment. ISBN 978-3-030-048631.
- [3] LU, Junwei a Jahangir HOSSAIN, ed. *Vehicle-to-Grid: Linking Electric Vehicles to the Smart Grid*. London, UK: The Institution of Engineering and Technology, 2015. ISBN 978-1-84919-856-1.
- [4] ELLIOTT, Dave. *Can nuclear be used to balance renewables?* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://physicsworld.com/a/can-nuclear-be-used-to-balance-renewables/>
- [5] *Energy Storage* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Energy-Storage>
- [6] *The Future of EV Charging with V2X Technology* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://shellrecharge.com/en-gb/solutions/knowledge-centre/news-and-updates/the-future-of-ev-charging-with-v-2-x-technology>
- [7] WENZEL, Elsa. *Vehicle-to-grid technology is revving up* [online]. GreenBiz, 2019 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.greenbiz.com/article/vehicle-grid-technology-revving>
- [8] Vehicle to Grid (V2G) Technology. In: *IEEE Innovation* [online]. [cit. 2023-05-13].  
Dostupné z: <https://innovationatwork.ieee.org/vehicle-to-grid-v2g-technology/>
- [9] EHSANI, Mehrdad, Yimin GAO, Stefano LONGO a Kambiz M. EBRAHIMI. *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles*. Third edition. Boca Raton, 2018. ISBN 978-1-4987-6177-2.
- [10] *RS Q e-tron: Test laboratory in the desert* [online]. In: . [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://www.audi.com/en/company/audi-sport/audi-racing-models/rs-q-e-tron.html>
- [11] *Fuel types of new cars: battery electric 9.9%, hybrid 22.6% and petrol 38.5% market share in Q2 2022* [online]. In: . [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-9-9-hybrid-22-6-and-petrol-38-5-market-share-in-q2-2022/>



- [12] *How electric vehicles can help communities bounce back after a disaster* [online]. In: . [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://global.nissanstories.com/en/releases/how-electric-vehicles-can-help-communities-bounce-back-after-a-disaster>
- [13] COSTELLO, Eugene. *Turning disaster to opportunity: the Nissan LEAF* [online]. In: . [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://octopusev.com/ev-hub/turning-disaster-to-opportunity-the-nissan-leaf>
- [14] *Vehicle-to-Grid (V2G): Everything you need to know* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>
- [15] HAMBLIN, Joanna. *Charging Ahead with V2G: Pilots, Challenges and Opportunities* [online]. In: . [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://www.energytech.com/emobility/article/21255375/charging-ahead-with-v2g-pilots-challenges-and-opportunities>
- [16] DZIKIY, Phil. *World's first all-electric ski hill snowcat is already pushing snow around the slopes* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://electrek.co/2019/05/15/all-electric-snowcat/>
- [17] *Explore the All-Electric eRV2* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.winnebago.com/all-electric>
- [18] LAMBERT, Fred. *This dumper truck is the world's largest electric vehicle with a massive 700 kWh battery pack* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://electrek.co/2017/09/17/electric-dumper-truck-worlds-largest-ev-battery-pack/>
- [19] *Ponsse launches new technology: an electric forest machine* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: [https://www.ponsse.com/company/news/-/asset\\_publisher/P4s3zYhpxHUQ/content/ponsse-launches-new-technology-an-electric-forest-machine#/](https://www.ponsse.com/company/news/-/asset_publisher/P4s3zYhpxHUQ/content/ponsse-launches-new-technology-an-electric-forest-machine#/)
- [20] *Temsa unveils Europe's first electric coach* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.temsa.com/eu/en/news/temsa-unveils-europe-s-first-electric-coach--OWognL6J4-b>
- [21] *Buyers line-up on the grid for a piece of McLaren Racing history* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.volvotrucks.co.uk/en-gb/news/press-releases/2020/may/buyers-line-up-on-the-grid-for-a-piece-of-mclaren-racing-history.html>
- [22] *Český kamion už je v Novém městě na Moravě* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.biatlon.cz/2023/02/26/cesky-kamion-uz-je-v-novem-meste-na-morave/>

- [23] ADISON, Johanna, ed. *New Generation of Electric Vehicles*. NY: Scitus Academic LLC, 2017. ISBN 978-1-68117-655-0.
- [24] *V2G Around the world. Home: V2G Hub* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.v2g-hub.com/projects/v2x-suisse/>
- [25] *FCA and ENGIE EPS: Italian technology combining the power grid with sustainable mobility through V2G* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.media.stellantis.com/em-en/fca-archive/press/fca-and-engie-eps-italian-technology-combining-the-power-grid-with-sustainable-mobility-through-v2g>
- [26] *Electric Nation: Vehicle to Grid* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://electricnation.org.uk/>
- [27] *SmartMAUI, Hawaii* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.v2g-hub.com/projects/smartmaui-hawaii/>
- [28] *V2G Project Sciurus overview for CHAdEMO* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: [https://www.chademo.com/wp2016/wp-content/uploads/2021/07/A\\_Ireland\\_V2G.pdf](https://www.chademo.com/wp2016/wp-content/uploads/2021/07/A_Ireland_V2G.pdf)
- [29] *Sciurus: Domestic V2G Demonstration* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.cenex.co.uk/projects-case-studies/sciurus/>
- [30] LEMPRIERE, Molly. *World's largest V2G project dubbed Bus2Grid launched in London* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.current-news.co.uk/worlds-largest-v2g-project-dubbed-bus2grid-launched-in-london/>
- [31] WOLFF, Petr. *Jaké jsou ceny elektřiny v EU? Česká republika zaspala* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.srovnajto.cz/blog/jake-jsou-ceny-elektriny-v-eu-nejvice-plati-nemci/>
- [32] *Češi chtějí spořit energie. Portál Šetřím.cz už radí půl milionu lidí* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/cesi-chteji-sporit-energie.-portal-setrim.cz-uz-radi-pul-milionu-lidi-164110>
- [33] *European wholesale electricity price data* [online]. In: . [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://ember-climate.org/data-catalogue/european-wholesale-electricity-price-data/>
- [34] WETTENGEL, Julian. *https://www.cleanenergywire.org/factsheets/gas-pipeline-nord-stream-2-links-germany-russia-splits-europe* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/gas-pipeline-nord-stream-2-links-germany-russia-splits-europe>
- [35] ALDERMAN, Liz. *As Europe Quits Russian Gas, Half of France's Nuclear Plants Are Off-Line* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2022/11/15/business/nuclear-power-france.html>

- [36] GAGNEBIN, Murielle. *Breaking dependency on Russian gas: perspectives from France and Germany* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.agora-energiawende.de/en/blog/breaking-dependency-on-russian-gas-perspectives-from-france-and-germany/>
- [37] *Leading liquefied natural gas exporting companies worldwide by storage capacity as of July 2022* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/859126/largest-lng-exporting-companies-by-capacity/>
- [38] *Small reactors could make nuclear energy big again. How do they work, and are they safe?* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.weforum.org/agenda/2022/10/nuclear-power-plant-smrs-clean-energy/>
- [39] *Zájem Čechů o fotovoltaická zařízení je rekordní, rostou i ceny a termíny* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/2289289>
- [40] KUBÁTOVÁ, Zuzana. *Velikonoční stopka: O svátcích odpojil ČEPS stovky zelených elektráren* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-firmy-velikonocni-stopka-o-svatich-odpojil-ceps-stovky-zelenych-elektren-229281>
- [41] *EU Market Outlook for Solar Power 2022-2026* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.solarpowereurope.org/insights/market-outlooks/eu-market-outlook-for-solar-power-2022-2026-2>
- [42] STROUHAL, Jan. *Tři sta miliard proti blackoutům. Se stabilizací sítí ale paradoxně pomohou i elektroauta* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://forbes.cz/tri-sta-miliard-proti-blackoutum-se-stabilizaci-siti-ale-paradoxne-pomohou-i-elektroauta/>
- [43] *Powering The Entire World With Solar: Surface Area and Panel Requirements* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.axionpower.com/knowledge/power-world-with-solar/>
- [44] *OpenStreetMap* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.openstreetmap.org/#map=3/28.77/-11.43&layers=C>
- [45] *Renewable Electricity* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/renewable-electricity>
- [46] *Renewable energy statistics* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable\\_energy\\_statistics#Share\\_of\\_renewable\\_energy\\_more\\_than\\_doubled\\_between\\_2004\\_and\\_2021](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics#Share_of_renewable_energy_more_than_doubled_between_2004_and_2021)

- [47] *Change in electricity generation in the Stated Policies Scenario between 2021 and 2030* [online]. In: . [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/change-in-electricity-generation-in-the-stated-policies-scenario-between-2021-and-2030>
- [48] *Managing oversupply* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <http://www.caiso.com/informed/Pages/ManagingOversupply.aspx>
- [49] *Duck Curve data* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: [https://www.dropbox.com/s/1ax7olyqqo1awfy/minimum\\_swis\\_load\\_21.2V2c.csv?dl=0](https://www.dropbox.com/s/1ax7olyqqo1awfy/minimum_swis_load_21.2V2c.csv?dl=0)
- [50] *Coal plants increasingly operate as cyclical, load-following power, leading to inefficiencies, costs: NARUC* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.utilitydive.com/news/coal-plants-increasingly-operate-as-cyclical-load-following-power-leading/571245/>
- [51] *Key World Energy Statistics 2021* [online]. In: . [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/final-consumption>
- [52] *GLOBAL ENERGY TRANSFORMATION* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA\\_Report\\_GET\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf)
- [53] *Vehicle-to-Grid: Energy Storage on Wheels* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <http://www.eba250.com/vehicle-to-grid-energy-storage-on-wheels/>
- [54] *Global electric car stock, 2010-2021* [online]. In: . [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-car-stock-2010-2021>
- [55] FRANGOUL, Anmar. *Global electric vehicle numbers set to hit 145 million by end of the decade, IEA says* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.cnbc.com/2021/04/29/global-electric-vehicle-numbers-set-to-hit-145-million-by-2030-iea-.html>
- [56] DICHRISTOPHER, Tom. *ENERGY Electric vehicles will grow from 3 million to 125 million by 2030, International Energy Agency forecasts* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.cnbc.com/2018/05/30/electric-vehicles-will-grow-from-3-million-to-125-million-by-2030-iea.html>
- [57] SZÓKE, Evelin. *Global EV fleet could reach 230 million by 2030 according to IEA* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://ceenergynews.com/transport/global-ev-fleet-could-reach-230-million-by-2030-according-to-iea/>
- [58] *EEI Projects 26.4 Million Electric Vehicles Will Be on U.S. Roads in 2030* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.eei.org/News/news/All/eei-projects-26-million-electric-vehicles-will-be-on-us-roads-in-2030>

- [59] MCDONALD, Loren. *BEV Batteries Average 83 kWh Versus 15 kWh For PHEVs* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://evstatistics.com/2022/04/bev-batteries-average-83-kwh-versus-15-kwh-for-phevs/>
- [60] *Estimated average battery capacity in electric vehicles worldwide from 2017 to 2025, by type of vehicle* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/309584/battery-capacity-estimates-for-electric-vehicles-worldwide/>
- [61] KANE, Mark. *Europe: Tesla Model Y Outsold All Other Electric Cars In January 2023: Tesla expanded its volume by more than 1,000 percent year-over-year.* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://insideevs.com/news/657394/europe-electric-car-sales-january2023/>
- [62] SAMSA BITNER, David. *ŠKODA ENYAQ IV 80: PŘIPRAVTE SE, PŘICHÁZÍ DOBA ELEKTRICKÁ (ČESKÁ)* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.motorvize.cz/skoda-enyaq-iv-80-pripravte-se-prichazi-doba-elektricka-ceska/>
- [63] *Electricity Consumption* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/electricity-consumption>
- [64] *Global electricity demand by scenario, 2010-2030* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electricity-demand-by-scenario-2010-2030>
- [65] *Pumped hydro: Water batteries for solar and wind power* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.hydropower.org/factsheets/pumped-storage>
- [66] *Pumped storage hydropower to turbocharge the clean energy transition* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.hydropower.org/news/pumped-storage-hydropower-to-turbocharge-the-clean-energy-transition>
- [67] *EV Connectors* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: [https://wallbox.com/media\\_usa/cms/copper/graphics-FAQs-04.jpg](https://wallbox.com/media_usa/cms/copper/graphics-FAQs-04.jpg)
- [68] DOW, Jameson. *Tesla says it could have bidirectional charging in two years, but will it?* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://electrek.co/2023/03/01/tesla-says-it-could-have-bidirectional-charging-in-two-years-but-will-it/>
- [69] JOHNSON, Peter. *The Nissan LEAF is getting its first-ever V2G charger for selling energy back to the grid* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://electrek.co/2022/09/07/the-nissan-leaf-getting-first-ever-v2g-charger/>
- [70] HALVORSON, Bengt. *Tesla lineup to get bidirectional charging capability by 2025* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z:

- [https://www.greencarreports.com/news/1138917\\_tesla-lineup-to-get-bidirectional-charging-capability-by-2025](https://www.greencarreports.com/news/1138917_tesla-lineup-to-get-bidirectional-charging-capability-by-2025)
- [71] *Quasar 2* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: [https://wallbox.com/en\\_us/quasar2-dc-charger](https://wallbox.com/en_us/quasar2-dc-charger)
- [72] *What is Dynamic Load Balancing and how does it work?* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://go-e.com/en/magazine/what-is-dynamic-load-balancing>
- [73] *Smart grids* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.siemens.cz/smartcities/smart-grids>
- [74] *What Is the Smart Grid and How Is It Enabled by IoT?* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.digi.com/blog/post/what-is-the-smart-grid-and-how-enabled-by-iot>
- [75] CHEN, Qin a Komla AGBENYO FOLLY. *Application of Artificial Intelligence for EV Charging and Discharging Scheduling and Dynamic Pricing: A Review* [online]. In: . s. 26 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/1/146>
- [76] MOJUMDER, Rayid Hasan, Fahmida AHMED ANTARA, HASANUZZAMAN a Mohammad ALSHAREF. *Electric Vehicle-to-Grid (V2G) Technologies: Impact on the Power Grid and Battery* [online]. In: . s. 53 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/21/13856>
- [77] SVARC, Jason. *Bidirectional Chargers Explained - V2G Vs V2H Vs V2L* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/bidirectional-ev-charging-v2g-v2h-v2l>
- [78] BHARGAVA, Yuthika. *EV charging stations prone to cyber attacks 'like other tech applications': Govt to Parliament* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://theprint.in/tech/ev-charging-stations-prone-to-cyber-attacks-like-other-tech-applications-govt-to-parliament/1454184/>
- [79] LATIEF, Yusuf. *Does V2G pose a cyber threat to the grid?* [online]. In: . [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/digitalisation/cybersecurity/does-v2g-pose-a-cyber-threat-to-the-grid/>
- [80] *How Long Does an Electric Car Battery Last?* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.evconnect.com/blog/how-long-does-an-electric-car-battery-last>
- [81] *Will V2G Activities Degrade Your EV's Battery Life?* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.hivepower.tech/blog/will-v2g-activities-degrade-your-evs-battery-life>

- [82] *Understanding degradation of battery life-time is key to successful vehicle-to-grid systems* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.015](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.015)
- [83] *ČEPS* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/o-nas>
- [84] *Electricity market design* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: [https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation/electricity-market-design\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation/electricity-market-design_en)
- [85] *Cestu k rozvoji obnovitelných zdrojů otevírá agregace flexibility* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.nanogreen.cz/blog/cestu-k-rozvoji-obnovitelnych-zdroju-otevira-agregace-flexibility>
- [86] LÁZŇOVSKÝ, Matouš. *Soláry bude snazší postavit. Od elektráren pro bytovku je Česko ale daleko* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-solary-bude-snazsi-postavit-od-elektraren-pro-bytovku-je-cesko-ale-daleko-215522>
- [87] *Hornsedale Power Reserve* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://hornsdalepowerreserve.com.au/>
- [88] MÜLTIN, Marc. *The new features and timeline for ISO 15118-20* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.switch-ev.com/blog/new-features-and-timeline-for-iso15118-20>
- [89] MÜLTIN, Marc. *The basics of Plug & Charge* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.switch-ev.com/blog/basics-of-plug-and-charge>
- [90] *Whitepaper shows economic benefits of vehicle-to-grid technology* [online]. In: . [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.fleetnews.co.uk/news/latest-fleet-news/electric-fleet-news/2021/01/07/whitepaper-shows-economic-benefits-of-vehicle-to-grid-technology>
- [91] *Spaced out: perspectives on parking policy* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.racfoundation.org/research/mobility/spaced-out-perspectives-on-parking>
- [92] MORRIS, David Z. *Today's Cars Are Parked 95% of the Time* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://fortune.com/2016/03/13/cars-parked-95-percent-of-time/>
- [93] *Unparking: A project by MIT senseable city lab* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://senseable.mit.edu/unparking/>
- [94] KIM, Serena a Hilary HASKELL. *Willingness to Use Vehicle-to-Everything (V2X): 2021 Pilot Survey* [online]. In: . s. 10 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: [https://coloradosmart.city/wp-content/uploads/2022/01/V2X\\_PilotSurveyCU\\_2021.pdf](https://coloradosmart.city/wp-content/uploads/2022/01/V2X_PilotSurveyCU_2021.pdf)

- [95] GHOTGE, Rishabh, Koen PHILIPPE NIJSSEN, Jan ANNE ANNEMA a Zofia LUKSZO. *Use before You Choose: What Do EV Drivers Think about V2G after Experiencing It?* [online]. In: . [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/13/4907>
- [96] *Očekávání automobilových zákazníků při nákupu a užívání vozidel: Výsledky průzkumu EY mezi českými řidiči* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/cs\\_cz/topics/automotive-and-transportation/ey-automotive-retail-survey-2022.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/cs_cz/topics/automotive-and-transportation/ey-automotive-retail-survey-2022.pdf)
- [97] *Can EVs become mobile energy distribution systems?* [online]. In: . s. 2 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en\\_us/topics/emobility/ey-v2g-february-2022.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_us/topics/emobility/ey-v2g-february-2022.pdf)
- [98] *Vehicle warranty* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: [https://www.tesla.com/cs\\_cz/support/vehicle-warranty](https://www.tesla.com/cs_cz/support/vehicle-warranty)
- [99] *Baterie a bezpečnost* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/emobilita/baterie-a-bezpecnost>
- [100] *Údržba a servis* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.hyundai.com/cz/emobilita/elektromobilita/duvody-proc/udrzba-a-servis.html>
- [101] *Je poskytována záruka na akumulátor?* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.cz/vans/cs/vito/e-vito-panel-van/faq/faq-category-1/faq-question-10>
- [102] *Šest let BMW i3* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.cartecgroup.com/sest-let-bmw-i3/>
- [103] *Baterie elektromobilu: Záruka a nabíjení* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.volkswagen.cz/elektricke-a-hybridni-vozy/vse-o-elektromobilite/baterie-elektromobilu-zaruka-a-nabijeni>
- [104] *Electric car battery weight explained* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://blog.evbox.com/ev-battery-weight>
- [105] *Pražská energetika a Škoda Auto spustili nabíjecí stanice s bateriemi* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/prazska-energetika-a-skoda-auto-spustili-nabijeci-standice-s-bateriemi/>
- [106] *Future-proof powerful charging at the office* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.batteryloop.com/case-studies/future-proof-powerful-charging-at-the-office/>
- [107] *Second life for EV batteries: Audi and RWE build new type of energy storage system in Herdecke* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.audi->



- mediacenter.com/en/press-releases/second-life-for-ev-batteries-audi-and-rwe-build-new-type-of-energy-storage-system-in-herdecke-14465
- [108] SPENCER JONES, Jonathan. *RWE and Audi create second life EV battery energy storage system* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.smart-energy.com/storage/rwe-and-audi-create-second-life-ev-battery-energy-storage-system/>
- [109] *Case Study - Nottingham City Council* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://connected-energy.co.uk/case-studies/nottingham-city-council/>
- [110] *Enel launches innovative "Second Life" storage system for used electric car batteries in Melilla, Spain* [online]. In: . [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.enel.com/media/explore/search-press-releases/press/2022/03/enel-launches-innovative-second-life-storage-system-for-used-electric-car-batteries-in-melilla-spain->
- [111] *Nissan Second Life Project* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://wiek-nissanao-production.s3.amazonaws.com/photos/a57721e90d03ad52b28bc16a560324db2d340b1a/preview-928x522.jpg>
- [112] CIECHANOWICZ, David, Alois KNOLL, Patrick OSSWALD a Dominik PELZER. *Towards a Business Case for Vehicle-to-Grid—Maximizing Profits in Ancillary Service Markets* [online]. *Power Systems* 89:203-231. 2015, s. 231 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: doi:doi:10.1007/978-981-287-302-6\_8
- [113] DIK, Abdullah, Siddig OMER a Rabah BOUKHANOUF. *Electric Vehicles: V2G for Rapid, Safe, and Green EV Penetration* [online]. In: . s. 26 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/3/803>
- [114] SUDHARVARSHAN RAVI, Sai a Muhammad AZIZ. *Utilization of Electric Vehicles for Vehicle-to-Grid Services: Progress and Perspectives* [online]. In: . s. 27 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/2/589>
- [115] JONES, Laura, Kathryn LUCAS-HEALEY, Björn STURMBERG, Hugo TEMBY a Monirul ISLAM. *The A-Z of V2G: A comprehensive analysis of vehicle-to-grid technology worldwide* [online]. In: . s. 169 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://arena.gov.au/assets/2021/01/revs-the-a-to-z-of-v2g.pdf>
- [116] *Global Solar Atlas* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://globalsolaratlas.info/map>
- [117] *Global Wind Atlas* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://globalwindatlas.info/en>

- [118] PATEL, Mukund R. a Omid BEIK. *Wind and solar power systems: design, analysis, and operation*. Third edition. Boca Raton, 2021. ISBN 978-0-367-47693-9.
- [119] *Alfa Romeo Sauber F1 support trucks* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: [https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/lacuna2/commercialmotor/media/09-59-32-407\\_iveco\\_alfa.jpg](https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/lacuna2/commercialmotor/media/09-59-32-407_iveco_alfa.jpg)
- [120] *Ford F150 - V2G integration* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://cleantechnica.com/files/2022/02/Sunrun-home-integration-system.png>
- [121] *BatteryLoop unit* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.stenametail.com/siteassets/what-we-do/our-businesses/batteryloop/batteryloop0066.jpg>
- [122] *Tesla battery* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.teslarati.com/wp-content/uploads/2020/12/powerwall-uk-record.gif>
- [123] *Electricity Maps* [online]. In: . [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://app.electricitymaps.com/map>
- [124] *Wind turbine* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: [https://discovercleantech.com/wp-content/uploads/2023/02/dreamstime\\_xl\\_220537870.jpg](https://discovercleantech.com/wp-content/uploads/2023/02/dreamstime_xl_220537870.jpg)
- [125] *Solar panel* [online]. In: . [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: [https://www.reuters.com/resizer/kz4M0sqwfiNqA6TzKSilZSfyFx8=/1080x565/smart/filters:quality\(80\)/cloudfront-us-east-2.images.arcpublishing.com/reuters/XOTC7PVR5RIQZCGWXF35ZWFFGM.jpg](https://www.reuters.com/resizer/kz4M0sqwfiNqA6TzKSilZSfyFx8=/1080x565/smart/filters:quality(80)/cloudfront-us-east-2.images.arcpublishing.com/reuters/XOTC7PVR5RIQZCGWXF35ZWFFGM.jpg)

## 9. Seznam obrázků

Obrázek 1- Schéma možných variant názvů

Obrázek 2 - Koncepte elektrických vozidel

Obrázek 3 - Schéma V2G infrastruktury

Obrázek 4 - Alfa Romeo Sauber F1 team – podpůrné kamiony [119]

Obrázek 5 - Plocha solární elektrárny potřebná k pokrytí světové spotřeby elektřiny [44]

Obrázek 6 - V2G systém Ford [120]

Obrázek 7 - Typy nabíjecích konektorů [67]

Obrázek 8 - Rozdíl AC a DC nabíjení

Obrázek 9 - Příklad finanční úspory při využití V2G [28]

Obrázek 10 - BatteryLoop ESS jednotka [121]  
Obrázek 11 - Nissan Second Life Project [111]  
Obrázek 12 - Vstupní obrazovka modelu (karta Navigace)  
Obrázek 13 - Orientace v modelu – tlačítko Navigace  
Obrázek 14 - Zadání proměnných  
Obrázek 15 - Ilustrace dynamických cen  
Obrázek 16 - Solární elektrárna [125]  
Obrázek 17 - Větrná elektrárna [124]  
Obrázek 18 – Fixní baterie [122]  
Obrázek 19 - Uhlíková intenzita produkce elektřiny v evropských zemích [123]  
Obrázek 20 - Profil spotřeby energie  
Obrázek 21 - Grafické zobrazení dostupných profilů  
Obrázek 22 – Ovládací pole  
Obrázek 23 - Volba prostředí pro obnovitelné zdroje  
Obrázek 24 - Zadání flotily vozidel  
Obrázek 25 - Výběr vozu  
Obrázek 26 - Nastavení provozních parametrů vozidel  
Obrázek 27 - Ovládací pole 2  
Obrázek 28 - Hlavní list  
Obrázek 29 - Zdrojová databáze  
Obrázek 30 - Karta diskontované návratnosti  
Obrázek 31 - Zvolený profil spotřeby  
Obrázek 32 - Vizualizace dostupných lokalit  
Obrázek 33 - Ilustrační přehled obsahu jedné ze zdrojových karet  
Obrázek 34 - Dostupné minimální kapacity vozidel v jednotlivých hodinách  
Obrázek 35 - Finální saldo spotřeby firmy  
Obrázek 36 - Výchozí hodnoty nákupních cen  
Obrázek 37 - Srovnání emisí jednotlivých variant  
Obrázek 38 - Karta Developer  
Obrázek 39 - Dostupná nadefinovaná makra  
Obrázek 40 - Track Cells  
Obrázek 41 - Funkce ověření dat  
Obrázek 42 - Podmíněné formátování  
Obrázek 43 - Hypertextové odkazy  
Obrázek 44 - Seskupení/Oddělení  
Obrázek 45 - Citlivostní analýza

Obrázek 46 - Hypotéza Profil spotřeby  
Obrázek 47 - Hypotéza Nákupní a prodejní cena  
Obrázek 48 - Hypotéza Dynamické ceny  
Obrázek 49 - Hypotéza Solární a větrný výkon  
Obrázek 50 - Hypotéza Velikost pevné baterie  
Obrázek 51 - Hypotéza Profil využití V2G  
Obrázek 52 - Hypotéza Profil využití V2G 2  
Obrázek 53 - Hypotéza Profil využití V2G 3  
Obrázek 54 - Hypotéza Profil využití V2G 4  
Obrázek 55- Hypotéza Emisní stopa

## 10. Seznam grafů

Graf 1 -Aktuální tržní podíl vozidel dle typu pohonu v EU [11]  
Graf 2 - Denní spotové ceny elektřiny v ČR [33]  
Graf 3 – Meziroční růst trhu solární energetiky v EU [41]  
Graf 4 - Deklarované změny produkce dle zdrojů mezi lety 2021 a 2030 [47]  
Graf 5 - Duck Curve - Odchylka výroby elektřiny od její poptávky během dne [49]  
Graf 6 – Světová spotřeba elektřiny dle sektorů [51]  
Graf 7 – Počty elektromobilů v provozu [54]  
Graf 8 - Průzkum EY Survey - Chování a preference řidičů [96]  
Graf 9 - Průměrné denní platby za energie  
Graf 10 - Průměrná vlastní denní produkce  
Graf 11 - Dostupná denní akumulární kapacita V2G vozidel  
Graf 12 - Struktura a provázanost modelu  
Graf 13- Počet vozidel používaných v jednotlivých hodinách  
Graf 14 - Skladba konečné ceny elektřiny  
Graf 15 – Celková emisní stopa jednotlivých variant