

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
OBCHODNÁ FAKULTA

Evidenčné číslo: 102003/B/2023/36138067869073156

ZAHRANIČNÝ OBCHOD S ELEKTRICKOU ENERGIOU V
EÚ - PRÍLEŽITOSTI A LIMITÁCIE

Bakalárska práca

2023

Radovan Vrábel

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
OBCHODNÁ FAKULTA

ZAHRANIČNÝ OBCHOD S ELEKTRICKOU ENERGIU V
EÚ - PRÍLEŽITOSTI A LIMITÁCIE

Bakalárska práca

Študijný program: medzinárodné podnikanie
Študijný odbor: ekonómia a manažment
Školiace pracovisko: katedra medzinárodného obchodu
Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Stanislav Zábojník, PhD.

Bratislava 2023

Radovan Vrábek

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že záverečnú prácu som vypracoval samostatne a že som uviedol všetku použitú literatúru.

Dátum: 01. 05. 2023

.....

Radovan Vrábel

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcel v prvom rade pod'akovať mojej babke za jej každodennú podporu už od môjho prvého dňa v škole, bez ktorej by som nikdy nedokázal dosiahnuť moje školské úspechy a za jej motiváciu sa dennodenne zlepšovať nie len po študentskej stránke.

Ďalej by som sa chcel pod'akovať Romanke Kubicovej za to, že už 7 rokov ma svojimi schopnosťami a úspechmi motivuje posúvať moje znalosti a Danke Imreovej, ktorej pracovitosť, otvorenosť a kreativita mi pomohli odhaliť moje slabé stránky a pracovať na nich.

Za odborné vedenie, pripomienky a užitočné rady ďakujem doc. Ing. Stanislav Zábojník, PhD.

ABSTRAKT

VRÁBEL, Radovan: Zahraničný obchod s elektrickou energiou v EÚ - príležitosti a limitácie. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Obchodná fakulta; Katedra medzinárodného obchodu. – Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Stanislav Zábojník, PhD. – Bratislava: OF, 2023, 60 s.

Cieľom záverečnej práce je zmapovanie súčasného cezhraničného obchodu s ohľadom na spready, ale aj technické podmienky a identifikácia obchodného potenciálu na tomto trhu pre slovenské obchodné spoločnosti. Práca je rozdelená do štyroch kapitol. Obsahuje 1 graf, 4 obrázky a 3 tabuľky. Prvá kapitola je venovaná histórii jednotného trhu s elektrinou, vymedzeniu základných pojmov a fungovaniu cezhraničného obchodu s elektrinou a súčasnému stavu elektrizačnej sústavy Slovenskej republiky. V druhej kapitole charakterizujeme cieľ práce a následne v tretej metodiku práce a metódy skúmania. Vo štvrtej, záverečnej kapitole, sa zaoberáme predikciou čistého exportu elektriny zo Slovenska a analýzou podmienok pre jeho uskutočnenie. Výsledkom riešenia danej problematiky je, že sme dokázali stanoviť výšku čistého exportu elektriny zo Slovenska a určiť realistické konečné trhy slovenského exportu na základe spreadov. Vďaka nášmu výskumu budú obchodné spoločnosti schopné stanoviť dlhodobú stratégiu pre obchodovanie s elektrinou.

Kľúčové slová: elektrina, zahraničný obchod, Slovensko, spread, čistý export

ABSTRACT

VRÁBEL, Radovan: Foreign trade with electricity in the EU - opportunities and limitations. – University of Economics in Bratislava. Faculty of Commerce; Department of International Trade. – Thesis supervisor: doc. Ing. Stanislav Zábojník, PhD. – Bratislava: FC, 2023, 60 p.

The objective of submitted final thesis is to map the current cross-border trade with regard to spreads, but also technical conditions and the identification of business potential on this market for Slovak trading companies. This thesis is divided into four chapters. It contains 1 chart, 4 pictures and 3 tables. The first chapter is devoted to the history of the unified electricity market, the definition of basic concepts and the functioning of cross-border electricity trade and the current state of the Slovak Republic's electricity system. In the second chapter, we define the main objective of the work, followed by the methodology of the work and methods of research in the third chapter. In the fourth, final chapter, we deal with the prediction of the net export of electricity from Slovakia and the analysis of the conditions for its realization. The result of solving the given issue is that we were able to determine the amount of net electricity export from Slovakia and determine realistic end markets for Slovak exports based on spreads. Thanks to our research, trading companies will be able to set a long-term strategy for electricity trading.

Key words: electricity, foreign trade, Slovakia, spread, net export

Obsah

Úvod.....	10
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí.....	12
1.1 Jednotný trh s elektrinou	12
1.1.1 Začiatok liberalizácie v Európe	12
1.1.2 Liberalizačné balíčky	13
1.1.3 Ciele v oblasti udržateľnosti	15
1.1.4 Vplyv jednotného trhu na zahraničný obchod s elektrinou	16
1.2 Fungovanie cezhraničného obchodu s elektrinou v Európe.....	18
1.2.1 Princípy tvorby ceny elektriny.....	18
1.2.2 Typy obchodov z časového hľadiska.....	19
1.2.3 Spôsoby výpočtu dostupnej kapacity pre zahraničný obchod	21
1.2.4 Spôsoby alokácie cezhraničných kapacít.....	22
1.3 Súčasný stav elektrizačnej sústavy Slovenskej republiky.....	22
1.3.1 Zásobovanie elektrinou Slovenskej republiky	22
1.3.2 Charakteristika prenosovej sústavy Slovenskej republiky.....	23
2 Cieľ práce	26
3 Metodika práce a metódy skúmania	27
4 Výsledky práce	28
4.1 Prístupy v oblasti prenosových kapacít.....	28
4.1.1 Analýza mechanizmov výpočtu dostupnej kapacity pre obchod.....	28
4.1.2 Porovnanie spôsobov alokácie cezhraničných kapacít	29
4.2 Očakávaný stav elektrizačnej sústavy Slovenskej republiky	31
4.2.1 Budúci vývoj výroby a spotreby elektriny v Slovenskej republike	31
4.2.2 Analýza prenosovej sústavy Slovenskej republiky.....	33
4.3 Príležitosti exportu elektriny pre SR, modelový prístup.....	35
4.3.1 Vymedzenie faktorov ovplyvňujúcich export elektriny	35
4.3.2 Vypracovanie modelu na predpokladanie čistého exportu elektriny	37
4.3.3 Predpoklad čistého exportu elektriny	40
4.3.4 Určenie konečných trhov	42
Záver	48
Zoznam použitej literatúry	50

Zoznam skratiek a značiek

4MMC	Česko-Slovensko-Maďarsko-Rumunský market coupling
ACER	Agentúra pre spoluprácu regulačných orgánov v oblasti energetiky
APX	APX ENERGY, LLC
AT	Rakúska republika
ATC	Available Transfer Capacity (Dostupná prenosová kapacita)
Bottleneck	Úzke miesto
CB	Kritické vetvy
CCE	Continental Central East (Oblasť Kontinentálny stredný východ)
CZ	Česká republika
CZC	Medzizónové kapacity
ČEPS	Česká elektrizačná prenosová sústava
ČŠ	Členské štáty
Day-ahead	Denný trh
EES	Európska elektrizačná sústava
EK	Európska komisia
EMO	Atómové elektrárne Mochovce
ENTSOE	The European Network of Transmission System Operators for Electricity (Európska sieť prevádzkovateľov prenosových sústav elektriny)
EPEX	European Power Exchange (Európska energetická burza)
ES SR	Elektrizačná sústava SR
EÚ	Európska únia
EU ETS	Európsky systém obchodovania s emisiami
FB	Flow-Based
FBMC	Flow-Based Market Coupling
FCFS	First Come, First Served
FVE	Fotovoltaické elektrárne
GWh	gigawatthodina
HDP	Hrubý domáci produkt
HU	Maďarsko
HUPX	Hungarian Power Exchange (Maďarská energetická burza)
Interim Coupling	Prepojenie 4MMC s MRC
Intra-day	Vnútrodený trh

JE	Jadrová elektrárneň
KDR	Konžská demokratická republika
kV	kilovolt
Market maker	Tvorca trhu
MRC	Multi-Regional Coupling
MW	megawatt
NASDAQ OMX	Nasdaq Nordic (Severská energetická burza)
NORD POOL	Severská energetická burza
NTC	Net Transfer Capacity (Celková prenosová kapacita)
OTC	Over-the-counter (Mimo burzy)
OZE	Obnoviteľné zdroje energie
PCI	Projekty spoločného záujmu
PL	Poľská republika
PPS	Prevádzkovateľ prenosovej sústavy
PS	Prenosová sústava
PTDF	Faktory distribúcie a prenosu energie
PXE	Power Exchange Central Europe (Stredoeurópska energetická burza)
PZI	Priame zahraničné investície
SDAC	Single Day-ahead Coupling (Jednotný denný trh s elektrinou)
SEAS	Slovenské elektrárne
SEPS	Slovenská elektrizačná prenosová sústava
SIDC	Single Intraday Coupling (Jednotný vnútrodenný trh s elektrinou)
SR	Slovenská republika
sui generis	Vec, ktorá je jedinečná v triede sama o sebe
TWh	terawatthodina
UA	Ukrajina
VTE	Veterné elektrárne
XBID	Cross-Border Intraday Project (Cezhraničný intra-day projekt)

Úvod

Tradične sa elektrina skúma na uspokojenie domácich energetických potrieb jednotlivých krajín, berúc do úvahy aspekty súvisiace s národnou bezpečnosťou. Obchodovanie s elektrinou však možno skúmať aj z iného aspektu, medzinárodného, kde sa obchoduje prostredníctvom búrz a PPS. Je to čiastočne spôsobené špecifickou povahou elektriny, ktorej prenos a skladovanie sa výrazne líšia od medzinárodne obchodovaných tovarov a služieb a jedná sa o nediferencovaný produkt rovnakej kvality. Tieto špecifiká, postupná liberalizácia a následné vytvorenie spoločného energetického trhu v EÚ čoraz viac sťažujú diferenciáciu týchto dvoch trhov. Zahraničný obchod s elektrinou v EÚ aj vďaka týmto okolnostiam začal vyvolávať širší záujem.

Sezónne faktory a najmä geopolitické riziká zo začiatku roku 2022 zapríčinili vysokú volatilitu cien na energetických trhoch. Aj tento negatívny jav dostal do popredia otázku zahraničného obchodu s elektrinou. Výrazné cenové skoky a zvýšenie trhovej sily niektorých účastníkov trhu (Kirschen, 2003), s ktorými sa práve liberalizácia trhu s elektrinou snaží vyrovnáť, sú zapríčinené nízkou elasticitou dopytu po elektrine z dôvodu nedostatku jej substitútov (Filippini, 1999).

Dostupnosť a alokácia kapacít je často limitujúcim faktorom pre zahraničný obchod. V tomto smere v poslednej dobe vznikli viaceré výpočtové metódy, ktoré oplývajú rozdielnymi výhodami a nevýhodami, z ktorých si musí EÚ vybrať najvhodnejšie pre efektívne fungovanie spoločného trhu.

Slovensko ako člen EÚ a súčasť spoločného energetického trhu je rovnako ovplyvnené súčasnou situáciou. Na Slovensku sa však vyskytuje ešte dodatočný impulz pre výskum v danej oblasti, a to dlho očakávané uvedenie dvoch nových blokov JE Mochovce do prevádzky, vďaka čomu by malo byť Slovensko schopné dosiahnuť kladnú obchodnú bilanciu v obchode s elektrinou.

Na usmernenie tohto potenciálu, v práci empiricky analyzujeme faktory, ktoré ovplyvňujú spotrebu a export elektriny v období 2000-2021, aby sme identifikovali hlavné premenné, od ktorých závisí čistý export elektriny z regionálneho hľadiska.

Následne komentujeme výsledky ekonometrického hodnotenia s cieľom poukázať na trend čistého exportu elektriny zo Slovenska do roku 2036. Naša motivácia predpokladať čistý export nielen export elektriny pramení z veľkosti vplyvu tranzitných tokov elektriny cez krajiny, takže samotné vykazovanie vývozu by bolo nesprávne.

Na určenie smeru tokov skúmame vzťah medzi spreadmi a importom a exportom elektriny z pohľadu Slovenska. Na základe zistených vzťahov následne sledujeme očakávané spready v rokoch 2024-2026 a určujeme konečné trhy pre export elektriny zo Slovenska.

Na záver zvažujeme primeranosť našich predpokladov s ohľadom na očakávania pre vývoj prenosových kapacít medzi jednotlivým PS potenciálnych štátov pre export elektriny zo Slovenska.

1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

Elektrina je komodita so špecifickými vlastnosťami. Vo veľkom množstve je neskladovateľná, ponuka sa musí okamžite stretnúť s dopytom. V dôsledku toho si jednotlivé štáty musia udržiavať dostatočnú rezervnú výrobnú kapacitu, aby pokryli špičky kolísavého dopytu. Medzinárodný obchod otvára príležitosti na zníženie nadmernej rezervnej kapacity, ako aj na dovoz elektriny zo susedných krajín, ktoré majú komparatívnu výhodu vo výrobe elektriny vďaka priaznivým zdrojom. Cezhraničný obchod s elektrickou energiou má podľa Antweiler (2016) jedinečné vlastnosti: je obmedzený na integrovanú veľkoplošnú prenosovú sieť a často je obojsmerný. Štát môže dovážať a vyvážať elektrinu v priebehu roka, jedného dňa alebo dokonca súčasne, ak existuje viacero prenosových vedení cez hranicu.

1.1 Jednotný trh s elektrinou

1.1.1 Začiatok liberalizácie v Európe

V povojnovom období, odvetvie elektroenergetiky prešlo vo väčšine krajín Európy znárodnením. To vyvolalo aj impulz integrácie jednotlivých elektroenergetických systémov do jedného, štátom riadeného, celku. Hlavným dôvodom pre znárodnenie odvetvia bolo chápanie elektriny ako komodity *sui generis* (Asociace energetických manažerů, 2016). Odlišovala sa nie len technickou charakteristikou, ale aj jej nevyhnutnosťou a tesným spojením s vývojom celého hospodárstva. Investičná náročnosť uholných a vodných elektrární a presvedčenie o monopolnom charaktere a vertikálnej integrácii sieťových odvetví znamenalo, že spoločnosti boli vlastnené alebo regulované štátom, ktorý určoval aj tarify.

Štátom regulované prostredie znamenalo stabilitu a rast odvetvia. Stav sa zmenil s príchodom ropných šokov. Prvý ropný šok rozkolísal ceny vstupov a vlády sa viac zamerali na zabezpečenie zdrojov energie a dlhodobé plánovanie. Významne vzrástla atraktivita jadrovej energie. Odvetvie bolo ešte silnejšie integrované a monopolizované. Druhý ropný šok priniesol ešte väčšiu cenovú nestabilitu primárnych energetických zdrojov a spôsobil hospodársku krízu a stagfláciu. Šok sa ďalej prejavil v ešte väčšom príklone k centralizovanej a plánovanej energetike (Asociace energetických manažerů, 2016).

Reforma európskeho trhu s elektrinou sa začala v roku 1989 vo Veľkej Británii masívnym programom privatizácie a reštrukturalizácie. Základným predpokladom reformy

bolo, že konkurencia prinúti energetické firmy, aby sa stali efektívnejšími, zapájali sa do nižších cien a lepších služieb (Soares a Sarmento, 2012). Vo všetkých reformujúcich sa krajinách sa reformy odohrávajú v politicko-ekonomickom prostredí a sú priamo ovplyvnené vývojom, ktorý v ňom prebieha. Hogan (2002) upozorňuje napríklad na privatizáciu vo Veľkej Británii, ktorá odrážala okrem iného ideológiu vlády Thatcherovej a jej záujem znížiť náklady na domáce dotácie uhlia.

Regulačná reforma začala v roku 1991 v Nórsku a postupne sa rozšírila do Švédska, Fínska a Dánska. Vo všetkých krajinách bolo neoddeliteľnou súčasťou reformy oddelenie konkurenčných a monopolných aktivít, zriadenie nezávislých PS a umožnenie spotrebiteľom vybrať si svojho dodávateľa (Fehr, Amundsen a Bergman, 2005). Súčasťou reformy bolo zriadenie spoločnej energetickej burzy Nord Pool.

1.1.2 Liberalizačné balíčky

Primárnymi legislatívnymi prostriedkami, ktorými EÚ priniesla zmenu na trhu s elektrickou energiou, sú štyri smernice o jednotnom trhu s elektrickou energiou v roku 1996 (96/92/ES), 2003 (03/54/ES), 2009 (09/72/ES) a 2019 (19/944/EÚ). Tieto smernice požadujú aby členské štáty (ČŠ) a Nórsko spĺňali určité požiadavky vo svojich vnútroštátnych právnych predpisoch a zároveň stanovujú pan-Európsku politiku.

Výroba, prenos, distribúcia a dodávka boli prevádzkované domácimi monopolmi vo väčšine krajín EÚ. Ako uvádza Pollit (2019), horizontálny bundling bol normou bez konkurencie v každom segmente odvetvia. Zákazníci týchto monopolistov nemali možnosť výberu dodávateľa, bez ohľadu na ich veľkosť. Cezhraničný obchod bol kontrolovaný bilaterálnymi monopolistami na oboch stranách hranice, ktorí si mohli stanoviť cezhraničné tarify a alokovať cezhraničnú prenosovú kapacitu.

Smernice priniesli v tomto smere radikálnu zmenu zavedením procesu otvárania trhu konkurencií naprieč EÚ. Tento proces v podstate prinútil všetky ČS, aby nasledovali príklad skôr reformovaných národných trhov a aby podporovali skutočný cezhraničný trh. Pollitt (2009) poukazuje na to, že teoretický základ reforiem EÚ na trhu s elektrinou je založený na teórii voľnej hospodárskej súťaže, ktorej cieľom je zvýšiť konkurenciu vo výrobe a maloobchode na národnej trhovej úrovni, znížiť trhový podiel monopolistov a vytvoriť regionálne trhy.

Smernica (96/92/ES) z roku 1996 predpokladala, že do konca roku 1999 bude všetka výroba podliehať buď voľnému vstupu do dohody o veľkoobchodnom trhu alebo bude súťažne obstaraná jediným kupujúcim v rámci výberového konania. Všetok prístup do

prenosovej a distribučnej sústavy by podliehal dohodnutému alebo regulovanému prístupu tretej strany za spoločných podmienok. Pri absencii jediného kupujúceho, si môžu maloobchodní dodávatelia voľne konkurovať pri získavaní zákazníkov. Najväčší zákazníci si mohli zvoliť svojho dodávateľa. Zostávajúce vertikálne prepojené podniky v oblasti prenosu a distribúcie museli vytvárať samostatné účty, išlo o tzv. účtovný unbundling. Všetok cezhraničný obchod bude podliehať aspoň dohodnutému prístupu tretích strán.

Smernica (03/54/ES) z roku 2003 predpokladala, že do konca roku 2007 bude všetka výroba podliehať voľnému vstupu do dohody o veľkoobchodnom trhu. Všetok prístup do prenosovej a distribučnej sústavy bude podliehať regulovanému prístupu tretích strán za spoločných podmienok. Maloobchodní dodávatelia si budú môcť voľne konkurovať pri získavaní zákazníkov. Všetci zákazníci, vrátane domácností, si budú môcť vybrať svojho dodávateľa. Zostávajúce vertikálne prepojené podniky v oblasti prenosu a distribúcie musia byť držané v právne oddelených obchodných jednotkách, išlo o tzv. právny unbundling. Všetok cezhraničný obchod bude podliehať regulovanému prístupu tretích strán.

Smernica rozšírila rozsah veľkoobchodnej a maloobchodnej súťaže a bola spôsobom ako prinútiť pomaly reformujúce sa ČŠ ísť ďalej v prostredí, kde vedúce krajiny už dokončovali svoj vlastný vnútorný trh s elektrinou (Jamassb a Pollitt, 2005). Smernica tiež vyžadovala, aby ČŠ mali národný regulačný orgán pre elektrinu s určitým stupňom nezávislosti od vlády, ktorý by bol zodpovedný za reguláciu poplatkov etablovaných prenosových a distribučných podnikov a za zabezpečenie nediskriminačného prístupu k sieti.

Pomalý progres pri vytváraní jednotného trhu, hlavne z dôvodov neochoty ČŠ zvýšiť import elektriny kvôli ochrane domácich výrobcov alebo tiež z dôvodu energetickej bezpečnosti viedlo k obvineniam, že prenosová kapacita nebola na hraniciach pridelovaná efektívne a že dostupná kapacita nebola ponúkaná trhu (Pollitt, 2019). V odpovedi na tieto a ďalšie obavy ohľadom pomalého progresu vo vytváraní jednotného trhu, EK začala v roku 2005 veľké vyšetrovanie hospodárskej súťaže v energetike. Výsledky vyšetrovania boli oznámené v roku 2007 (EK, 2007) a podnietili opatrenia na presadzovanie hospodárskej súťaže a tretiu smernicu jednotného elektrického trhu v roku 2009.

Touto smernicou (09/72/ES) sa výrazne posilnili požiadavky na unbundling prenosových podnikov a vytvoril sa preferovaný model vlastníckeho unbundlingu. Smernica zriadila aj pan-Európsku regulačnú agentúru pre elektrinu a plyn (ACER). Táto agentúra bola poverená reguláciou sporov medzi národnými regulačnými orgánmi a monitorovaním cezhraničnej hospodárskej súťaže.

Tretí liberalizačný balíček však nebol navrhnutý pre súčasnú a budúcu zdrojovú základňu s vysokým podielom decentralizovaných a variabilných OZE. Rôzne podpory a dotácie najmä do rozvoja obnoviteľných zdrojov zásadne deformovali trh s elektrinou. Kapacitné mechanizmy taktiež negatívne pôsobili na veľkoobchodné ceny elektriny (MH SR, 2019). Z tohto dôvodu EK predstavila návrh Reformy trhu s elektrinou EÚ v rámci balíčka „Čistá energia pre všetkých Európanov“. Balíček mal tvoriť základ implementácie klimaticko-energetických cieľov EÚ. Hlavným zámerom bolo dosiahnuť lepšiu pripravenosť trhu s elektrinou na energetickú transformáciu.

Štvrtý energetický balík pozostával najmä zo smernice (19/944/EÚ) a troch nariadení (19/941/EÚ; 19/942/EÚ; 19/943/EÚ). Vzhľadom na obnoviteľné energie a prilákanie investícií zaviedol nové pravidlá pre trh s elektrinou. Spotrebiteľom poskytol stimuly a pre elektrárne na získanie subvencií ako kapacitných mechanizmov zaviedol nový limit oprávnenosti. Požadoval od ČŠ vypracovanie pohotovostných plánov pre potenciálne krízy dodávok elektriny a posilnil kompetencie agentúry ACER v oblasti cezhraničnej regulačnej spolupráce v prípadoch zahŕňajúcich riziko vnútroštátnej a regionálnej roztrieštenosti.

1.1.3 Ciele v oblasti udržateľnosti

Program obnoviteľných zdrojov a dekarbonizácie má významný vplyv na elektroenergetiku. Smernica o energii z obnoviteľných zdrojov z roku 2001 (2001/77/ES) a smernica o energii z obnoviteľných zdrojov z roku 2009 (2009/28/ES) spoločne výrazne zvýšili požiadavku na výrobu elektriny z obnoviteľných zdrojov elektriny, ako sú bioenergia, vietor a solárna energia. Podľa Koenig (2011) zavedenie systému obchodovania s emisnými kvótami EÚ (EU ETS) v roku 2005, ktorý zahŕňal elektrinu v rámci systému obchodovaných uhlíkových kvót, zaznamenalo v rôznych časoch významné stimuly na uprednostňovanie výroby elektriny z plynu pred výrobou elektriny z uhlia a niekedy aj naopak.

Lisabonská zmluva z roku 2007 poskytla energetickému sektoru jeho nadnárodnú štruktúru, ktorá je spoločná pre ČŠ a odráža sa v integrovanej európskej politike v oblasti energetiky a životného prostredia, najmä pokiaľ ide o globálne otepľovanie. Tento regulačný proces zmenil trhové podmienky, ktoré určujú pridelovanie a využívanie cezhraničných kapacít (Batalla-Bejerano, Paniagua a Trujillo-Baute, 2019).

Celkový kontext energetickej a klimatickej politiky do roku 2020 boli ciele 20–20–20 na rok 2020, ktoré boli dohodnuté v roku 2007 a uzákonené v roku 2009: 20 % zníženie CO₂ (v porovnaní s úrovňou v roku 1990); 20 % hrubej konečnej spotreby energie má

pochádzať z obnoviteľnej energie; a 20 % zvýšenie energetickej účinnosti (požiadavka na energiu v porovnaní s úrovňami predpokladanými okolo roku 2005).

EÚ sa v roku 2014 dohodla na stanovení súboru cieľov 40 – 27 – 30 na rok 2030 (presnejšie: –40 % emisií skleníkových plynov; > 27 % obnoviteľnej energie a > 30 % zvýšenie energetickej účinnosti), pričom prednosť dáva 40 % zníženiu emisií skleníkových plynov (EK, 2017).

25. februára 2015 prijala EÚ takzvaný „Balík Energetickej únie“, ktorý znamenal veľký prelom v implementácii spoločného prístupu v energetickej politike. Balík prinášal rámcovú stratégiu pre Energetickú úniu. Taktiež obsahoval víziu EÚ pre neskôr prijatú Parížsku dohodu. Stanovoval aj potrebu dosiahnutia cieľa 10 % elektrického prepojenia do roku 2020 (Zábojník, Číderová a Krajčík, 2020).

Najnovšia politika, Balík Fit for 55 z roku 2021, smeruje k vybudovaniu klimaticky neutrálnej ekonomiky z EÚ do roku 2050 (Zabojník a Hricovsky, 2022). Cieľom balíka návrhov je dosiahnuť, aby bola EÚ pripravená zabezpečiť 55 % zníženie emisií do roku 2030 v porovnaní s rokom 1990 (EK, 2021).

1.1.4 Vplyv jednotného trhu na zahraničný obchod s elektrinou

Podľa novej teórie obchodu, konkurencia a úspory z rozsahu, ktoré vznikajú integráciou trhu, vyústia v efektívnejšie firmy, nižšie ceny a zvýšený blahobyť (Helpman a Krugman, 1985). Borenstein, Bushnell a Stoft (2000) uvádzajú, že zavedenie prenosovej kapacity medzi dvoma oddelenými symetrickými monopolnými trhmi podporuje hospodársku súťaž a navyše, že aj mierne rozšírenie prenosovej kapacity medzi dvoma inak oddelenými trhmi môže viesť k veľkému zníženiu trhovej sily. Cezhraničný obchod s elektrickou energiou konkrétne umožňuje krajinám získať prístup k diverzifikovanejšiemu portfóliu elektrární (Batalla-Bejerano, Panaigua a Trujillo-Baute, 2019).

Ako výsledok procesu harmonizácie sa očakáva zníženie rozdielov v cene elektriny a cenovej nestálosti na trhoch. Spoločné pravidlá by mali umožniť konfiguráciu spoločných trhov s energiou a zabezpečiť voľný tok (Batalla-Bejerano, Panaigua a Trujillo-Baute, 2019). Podľa Costa-Campi, Paniagu a Trujillo-Baute (2018) krajina s pôvodne vyššou cenou elektriny získa z integrácie väčšie zisky z hľadiska greenfield PZI. Ich výsledky poukazujú na prevahu mechanizmov stabilizácie cien nad znižovaním nákladov.

Da Silva a Cennqueira (2017) pozorujú na základe údajov z 23 krajín EÚ, že od roku 2000 do roku 2014 existujú určité obmedzené dôkazy o tom, že liberalizácia znížila ceny elektriny pre domácnosti. EK (2014a) zistila, že veľkoobchodné ceny elektriny medzi rokmi

2008 a 2012 klesli o 35 %. Domácnosti a priemyselní odberatelia však nezaznamenali nižšie účty, pretože v tomto období sa sieťové poplatky zvýšili o 18,5 % a 30 % pre domácnosti a priemysel. dane a odvody vzrástli o 36 % pre domácnosti a 127 % pre priemysel. Zdôrazňuje to dôležitý problém, že počas tohto obdobia došlo k značným nákladom na obnoviteľné zdroje a klimatickú politiku, čo zakrýva akýkoľvek vplyv jednotného trhu na základné náklady a marže.

Zdá sa, že prepojenie trhu je spojené so silnými cenovými koreláciami. Ouraichi a Spataru (2015) dospeli k záveru, že politika EÚ v oblasti prepájania trhov založená na metóde FB má sľubné, aj keď neúplné, výsledky. De Menezes a Houllier (2016) nachádzajú dôkazy o cenovej konvergencii medzi európskymi trhmi s elektrinou.

Jednotný trh, môže poskytnúť niekoľko ekonomických a environmentálnych výhod. Ako vo svojej práci uvádza Antweiler (2016), z dlhodobého hľadiska by ČŠ s komparatívnou výhodou vo výrobe elektriny, najmä z OZE, mohli vybudovať výrobnú kapacitu, ak budú môcť dodávať na vzdialenejšie trhy. Väčšia integrácia môže tiež zlepšiť celkovú spoľahlivosť systému. Integrácia môže taktiež poskytnúť príležitosť na vyradenie znečisťujúcich výrobných kapacít.

Efektívne prepojenie je jednou z hlavných podmienok na dosiahnutie plne integrovaného trhu s elektrinou (Jacottet, 2012; Del Monte, 2013). Gebhardt a Höffler (2013) však upozorňujú, že s liberalizáciou národných trhov s elektrinou sa zvyšujúci záujem o medzinárodný obchod s elektrinou zmenil cezhraničné prenosové kapacity na tzv. „bottleneck“. Vyplýva to z toho, že na rozdiel od iných komodít je obchod s elektrinou obmedzený existujúcou cezhraničnou prenosovou infraštruktúrou (Batalla-Bejerano, Panaigua a Trujillo-Baute, 2019). To znamená, že aj keď medzi jednotlivými krajinami existujú rozdiely vo výrobných nákladoch, obchod je obmedzený nedostatočnými cezhraničnými prenosovými kapacitami.

Cezhraničná prenosová kapacita je obmedzená množstvom faktorov, ako sú obmedzenia siete a dlhodobé obchodné záväzky. Okrem toho je ovplyvnená použitím siete v rámci zóny. Postupná integrácia obnoviteľných zdrojov a distribuovaných zdrojov pravdepodobne zvýši počet udalostí preťaženia. Podľa Goop, Odenberger a Johnsson (2017) časté vnútorné preťaženie vedie k neefektívnemu využívaniu prepojovacích vedení a nižšiemu ekonomickému blahobytu.

1.2 Fungovanie cezhraničného obchodu s elektrinou v Európe

1.2.1 Princípy tvorby ceny elektriny

Ak predpokladáme, že štát A má nižšie hraničné náklady ako má štát B, tak štát A bude vyvážať elektrinu do štátu B. Objem exportu alebo importu sa zníži o náklady na prenos. Rozdiel v hraničných nákladoch musí byť dostatočne veľký, aby prekonal náklady na prenos (Antweiler, 2016).

Ďalej podľa Antweiler (2016) obchod je jednosmerný v prítomnosti silnej (konvenčnej) komparatívnej výhody pri výrobe elektriny a obchod má tendenciu stať sa obojstrannejším, keď sú komparatívne výhody medzi obchodnými partnermi tesnejšie. Obchod je obojsmerný v prítomnosti kolísavého dopytu, kde vývoz a dovoz sledujú rozdiel v nákladoch medzi dvoma jurisdikciami. Obchodné príležitosti sa zvyšujú s variabilitou dopytu po elektrine v čase (v dôsledku sezónnych alebo vnútrodenných vplyvov) a nižšej (alebo negatívnej) korelácie dopytu. Z toho vyplýva, že v prípade, keď má štát A malú variabilitu dopytu a keď štát B má vysokú variabilitu dopytu tak platí, ak je dopyt v štáte B vysoký, štát B importuje elektrinu zo štátu A za vysokú cenu. Ak je dopyt v štáte B nízky, štát B exportuje elektrinu do štátu B za nízku cenu. Štát s väčším rozdielom v dopyte je v obchodnej nevýhode bez ohľadu na základnú komparatívnu výhodu. Burza (PXE, EEX, APX, NORD POOL, NASDAQ QMX, HUPX) sprostredkúva a páruje dopyt s ponukou. Účastník burzy zadáva svoje požiadavky s objemom a cenou. Market maker udržiava likviditu produktov (Pišta, 2015).

Liberalizované trhy s elektrinou zvyčajne používajú pool-based model (Isa, Niimura, Yokoyama, 2008). Aplikovaním tohto modelu môžu výrobcovia ponúkať rôzne množstvá elektriny za rôzne ceny (Ilic, Galiana a Fink, 1998). Pre spotrebiteľov to vedie k nižším cenám, keďže hlavnú prioritu má výrobca, ktorý ponúka najnižšiu cenu. V prípade elektriny by sa mala spotreba vždy rovnať výrobe (Burinskienė a Rudzkis, 2010). Výroba teda závisí od spotreby a vždy by mala existovať rovnováha. Princípom modelu je, že elektrina ponúkaná za najnižšiu cenu sa nakupuje až do úplného uspokojenia dopytu. Cena sa v danom momente vypočíta ako vážený priemer množstva elektriny s najnižšou cenou (Burinskienė a Rudzkis, 2010).

V ideálnej konkurencii by sa cena elektriny mala rovnať hraničným nákladom generátora. Na malom trhu je účinnosť generátorov a hraničné náklady každého generátora známa a závisia najmä od ceny spotrebovaného paliva. Pohonné hmoty tvoria približne 80

% ceny elektriny (Tishler a Woo, 2007). Keďže dopyt po elektrine má krátkodobu nízku elasticitu (Burinskienė a Rudzkis, 2010), spotreba takmer nezávisí od ceny. Cena elektriny závisí od spotreby, maximálneho výrobného výkonu a hraničných nákladov generátora. Podľa Burinskienė a Rudzkis (2010) sú ďalšími premennými, stratégia výrobcov, tolerancia rizika, kolísanie cien paliva či zaťaženie generátorov.

1.2.2 Typy obchodov z časového hľadiska

Obchodovanie s elektrinou sa uskutočňuje prostredníctvom rôznych koordinovaných trhov s elektrinou. Na tento účel sa forwardové a futures trhy postupne kombinujú s day-ahead a intra-day trhmi a končia vyrovnávacím trhom v reálnom čase (Biskas, Chatzigiannis a Bakirtzis, 2013). Ako hlavný rozdiel v porovnaní s inými komoditnými trhmi Benth, Kallsen a Meyer-Brandis (2007) uvádzajú že forwardy a futures na elektrinu dodávajú podkladovú komoditu počas určitého obdobia, a nie v pevnom čase.

Forwardy sú bilaterálne kontrakty medzi kupujúcim a predávajúcim o vykonaní/prevzatí fyzickej dodávky elektriny v určitom čase v budúcnosti za stanovenú cenu. Cena môže byť pevná alebo pohyblivá a zmluvy sa zvyčajne obchodujú OTC. Zvyčajne sa započítavajú a vyrovnávajú v hotovosti. Likvidita trhu závisí od ochoty kupujúcich a predávajúcich uzavrieť forwardovú zmluvu a najvýznamnejším rizikom je protistrana/kreditné riziko (Economic Consulting Associates, 2015).

Obchodovanie s futures na elektrinu ponúka výrobcovi elektriny, maloobchodníkom a spotrebiteľom výhody ako je zisťovanie cien (Steinert a Ziel 2019), zabezpečenie proti trhovému riziku spotových cien (Dupuis et al., 2016), uprednostňuje konkurenčné stratégie (Holmberg, 2011) a zmiernuje trhovú silu (Newbery, 1995). Tieto výhody však prichádzajú za cenu, keď sa cena futures odchyľuje od očakávaných spotových cien, čím vzniká forwardová prémie, ktorú Bunn a Chen (2013) definujú ako rozdiel medzi cenami futures a očakávanými spotovými cenami. Ak je cena futures vyššia (nižšia) ako očakávané spotové ceny počas dodacej lehoty, tieto náklady znášajú spotrebitelia (výrobcovia) (Peña a Rodríguez, 2022). Základnou podmienkou pre existenciu futures je likvidný spotový trh. Účelom obchodovania futures oproti forwardom podľa Asociácie energetických manažerů (2016) nie je zabezpečenie fyzickej dodávky ale ceny elektriny.

Day-ahead je prevádzkovaný prostredníctvom slepej aukcie, ktorá sa koná raz denne počas celého roka. V tejto aukcii sa obchodujú všetky hodiny nasledujúceho dňa. Objednávky sú prihlásené účastníkmi trhu pred uzavretím knihy objednávok o 12:00 (11:00 pre Švajčiarsko). Potom sa spustí algoritmus. Na základe nákupných príkazov burza vytvorí

krivku dopytu, na základe príkazov na predaj vytvorí krivku ponuky, označovanú ako agregované krivky, obe pre každú hodinu nasledujúceho dňa. Trhová clearingová cena, ktorá odráža ponuku a dopyt, leží v priesečníku oboch kriviek (EPEX, 2022).

Cieľom jednotného day-ahead prepojenia (SDAC) je vytvoriť jednotný celoeurópsky medzizónový day-ahead trh s elektrinou. Integrovaný day-ahead trh zvýši celkovú efektívnosť obchodovania podporou efektívnej hospodárskej súťaže, zvýšením likvidity a umožnením efektívnejšieho využívania výrobných zdrojov v celej Európe. SDAC prideluje obmedzenú cezhraničnú prenosovú kapacitu prepojením veľkoobchodných trhov s elektrickou energiou z rôznych regiónov prostredníctvom spoločného algoritmu (ENTSOE, 2022a). Prepojené day-ahead trhy sú kľúčový nástroj na obmedzenie potenciálneho cenového vplyvu obnoviteľnej energie. Úplnou optimalizáciou využívania prepojovacích vedení sa na prepojených trhoch podľa burzy EPEX (2022) zmierňujú národné prebytky a deficity, čím sa zabezpečuje väčšia odolnosť voči narušeniam ponuky a dopytu.

Intra-day trh spolupracuje s day-ahead trhom, aby pomohol zabezpečiť potrebnú rovnováhu medzi ponukou a dopytom, keďže na intra-day trhoch sa môže obchodovať bližšie k fyzickému dodaniu (Nord Pool, 2020). S rastúcou prerušovanou výrobou obnoviteľnej energie, ako je solárna energia, sa účastníci trhu čoraz viac zaujímajú o obchodovanie na intra-day trhoch. Na základe dokumentu ENTSOE (2022b) je to práve preto, že pre účastníkov trhu je čoraz náročnejšie byť v rovnováhe (t. j. dodávať správne množstvo energie) po uzavretí day-ahead trhu. Vyváženie siete bližšie k času dodania je výhodné pre účastníkov trhu aj pre energetické systémy, okrem iného z dôvodu zníženia potreby rezerv a súvisiacich nákladov. Okrem toho, ako upozorňuje burza Nord Pool (2020), je intra-day trh základným nástrojom, ktorý umožňuje účastníkovi trhu zohľadniť neočakávané zmeny v spotrebe a výpadky.

Cezhraničný intra-day projekt (XBID), ktorý bol uvedený do prevádzky v deň doručenia 18. júna 2018, predložilo konzorcium štyroch energetických búrz a 17 PPS na základe právnych predpisov EÚ stanovených v Komisii (NARIADENIE KOMISIE (EÚ) 2015/1222). Podľa burzy EPEX (2018) si projekt vyžaduje spoločné a efektívne pridelovanie intra-day kapacít a ľahký prístup k jednotnému európskemu trhu s vedomím, že je to v rozpore s individuálnymi obchodnými záujmami jednotlivých búrz. Jednou z kľúčových zložiek je zdieľaná kniha objednávok pre európske intra-day trhy. Kath (2019) vo svojej práci tvrdí, že ak je dostatočná kapacita, je možné, že k obchodovaniu dôjde napríklad medzi Španielskom a Nórskom. Kým pred XBID bol takýto cezhraničný obchod spojený s viacerými prevádzkovými záťažami, ako sú ponuky na rôznych burzách a rôzne

systemy nominácie kapacít, v rámci XBID je možné, že k obchodu dôjde jednoduchým kliknutím v knihe objednávok jednej zo zúčastnených búrz.

Single Intra-day Coupling (SIDC) vytvára jednotný medzioblastný intra-day trh s elektrinou v EÚ. Zjednodušene povedané, nákupcovia a predajcovia energie (účastníci trhu) môžu spolupracovať v celej Európe a obchodovať s elektrinou nepretržite v deň, keď je energia potrebná. SIDC nadväzuje na projekt XBID. Umožňuje integráciu a expanziu energetických sietí v celej Európe (ENTSOE, 2022b).

Vyrovňovací trh predstavuje špeciálny trh s elektrinou, kde jediným nakupujúcim je PPS, ktorý riadi elektrizačnú sústavu (Chemišinec et al., 2010). Je riadený v reálnom čase na zabezpečenie rovnováhy elektrizačnej sústavy prostredníctvom dodatočného zaťaženia generátorov v podmienkach nedostatku alebo zníženia spotreby v prípade nadprodukcie (Streilkowski, 2020).

1.2.3 Spôsoby výpočtu dostupnej kapacity pre zahraničný obchod

Postupne rastúca integrácia Európskeho energetického trhu viedla k zvýšenému záujmu v cezhraničnom obchode s elektrinou (Kananvou, Zampara a Capros, 2019). Napriek tomuto faktu, prepojovacie vedenia medzi národnými PS boli pôvodne navrhnuté na zabezpečenie stabilnej prevádzky a poskytovali pomoc v prípade porúch sústav. Aj napriek postupnej zmene všeobecného názoru na úlohu PS, Puka a Szulecki (2014) upozorňujú, že na energetických trhoch budú fyzické obmedzenia PS vždy faktorom, ktorý bude obmedzovať energetické toky.

Ako príklad môžeme uviesť objem výroby z obnoviteľných zdrojov, ktorý sa často sústreďuje na miesta s výhodnými geografickými charakteristikami a poveternostnými podmienkami. Na zvládnutie rozdielu medzi výrobou a spotrebou je potrebné preniesť veľké množstvo elektrickej energie cez regióny (Lam, Ilea a Bovo, 2018). Táto situácia vytvára potrebu optimalizovať využitie existujúcich sietí pri rešpektovaní fyzických limitov elektrizačnej sústavy (ENTSOE, 2001). Cezhraničný obchod vedie k nadmernému tlaku na prepojovacie vedenia, čo vedie k narastajúcemu preťaženiu siete, čo následne obmedzuje obchod s elektrinou. ENTSOE (2001) vo svojom dokumente uvádza, že preťaženie sa vzťahuje na situácie, v ktorých dopyt po prenose elektrickej energie prekračuje limity PS, t. j. situácie, v ktorých by neobmedzené používanie siete predstavovalo riziko pre bezpečnosť sústavy.

Aby sa predišlo preťaženiu PS cezhraničnými prenosmi energie a s tým súvisiacemu riziku pre bezpečnosť siete, je podľa ENTSOE (2018) potrebný koordinovaný mechanizmus

výpočtu a pridelovania kapacity. Koordinácia naprieč rôznymi oblasťami trhu je nevyhnutná, pretože toky elektriny môžu byť obmedzené nielen obchodnými dohodami, ale zároveň sa riadia fyzikálnymi zákonmi. Koordinovaný mechanizmus výpočtu kapacity zabezpečuje efektívne pridelovanie prenosovej kapacity, pretože vyrovnáva cezhraničnú kapacitu dodávanú na trh a bezpečnosť dodávok energie (Mohammed et al., 2019). Spôsob výpočtu dostupnej kapacity na obchodovanie je pre trh veľmi dôležitý. Dnes sa využíva mechanizmus ATC. Postupne je však táto metodika nahradzovaná FB prístupom naprieč Európou.

1.2.4 Spôsoby alokácie cezhraničných kapacít

Medzioblastné obchodovanie na energetických hraniciach medzi ČŠ EÚ je obmedzené CZC (Meeus et al., 2009). CZC môžu byť pridelené PPS pomocou rôznych netrhových alebo trhových metód (Zachmann, 2008). Keďže netrhové metódy zakazuje legislatíva (Nariadenie (ES) 1228/2003), od roku 2006 sa CZC pridelujú cez explicitné alebo implicitné aukcie na všetkých energetických hraniciach v rámci EÚ.

Na explicitných aukciách sa objednávky na nákup CZC podávajú oddelene od objednávok na nákup alebo predaj elektriny. Každý cezhraničný obchod s elektrinou pozostáva podľa Richter a Viehmann (2014) z dvoch fáz: v prvej fáze sa predáva právo na využívanie CZC prostredníctvom explicitnej aukcie s jednotnými cenami. V druhej fáze sa potom účastníci trhu musia rozhodnúť, aký podiel svojich prenosových práv využijú, aby naplánovali tok energie z jednej trhovej oblasti do druhej, uskutočnia tak nákup alebo predaj elektriny na bilaterálnom alebo burzovom trhu. Keď sú CZC alokované na burzových trhoch v rovnakom čase ako objednávky na nákup a predaj elektriny, hovoríme o implicitnej aukcii (Kladnik et al., 2010). Pri implicitných aukciách je teda aukcia prenosovej kapacity implicitne integrovaná do denných burzových aukcií prepojených trhových oblastí.

1.3 Súčasný stav elektrizačnej sústavy Slovenskej republiky

1.3.1 Zásobovanie elektrinou Slovenskej republiky

Vďaka dlhodobo budovanej optimálnej štruktúre výrobnéj základne a dobre vybudovanej rozvodnej sústave, je zásobovanie elektrinou v SR spoľahlivé. Výskyt výpadkov ohrozujúcich bezpečnosť zásobovania elektrinou je minimálny (MH SR, 2014).

Výrobná kapacita v SR je dostatočná pre pokrytie zaťaženia. Špičky zaťaženia PS SR dokážu byť pokryté vďaka dostatočnej importnej kapacite PS SR. (SEPS, 2019). Podľa

SEPS (2020) má ES SR od roku 2007 importné saldo cezhraničných tokov. Jeho hodnota však v ostatných rokoch postupne klesá aj vďaka uvedeniu do prevádzky niekoľkých elektrární a najmä zvýšením inštalovaného výkonu JE V2 a JE Mochovce 1,2 (SEPS, 2019).

Celková spotreba v roku 2021 vzrástla oproti roku 2020 o 5,24 % a dosiahla tak hodnotu 30 867 GWh. Dôvodom nárastu spotreby bolo postupné oživenie hospodárstva v roku 2021 po útlme ekonomiky, ktorý spôsobili viaceré vlny pandémie COVID-19. Vysoké ceny energií a ich obmedzená dostupnosť z dôvodu vojnového konfliktu na Ukrajine môžu utlmiť očakávaný nárast spotreby v roku 2022. Výroba dosiahla v roku 2021 hodnotu 30 093 GWh, išlo tak o nárast o 3,73 % oproti roku 2020 (MH SR, 2022).

V dôsledku vyšších cien CO₂ nastal v regióne CCE medzi rokmi 2020 až 2022 prechod medzi plynom a uhlím. To spôsobuje vyšší dovoz energie do regiónu, ale s oveľa nižšími emisiami CO₂. Zmeny v cenách CO₂ a plynu preto výrazne ovplyvňujú bilancie a vzorce toku zaťaženia v regióne CCE. (ENTSOE, 2023a).

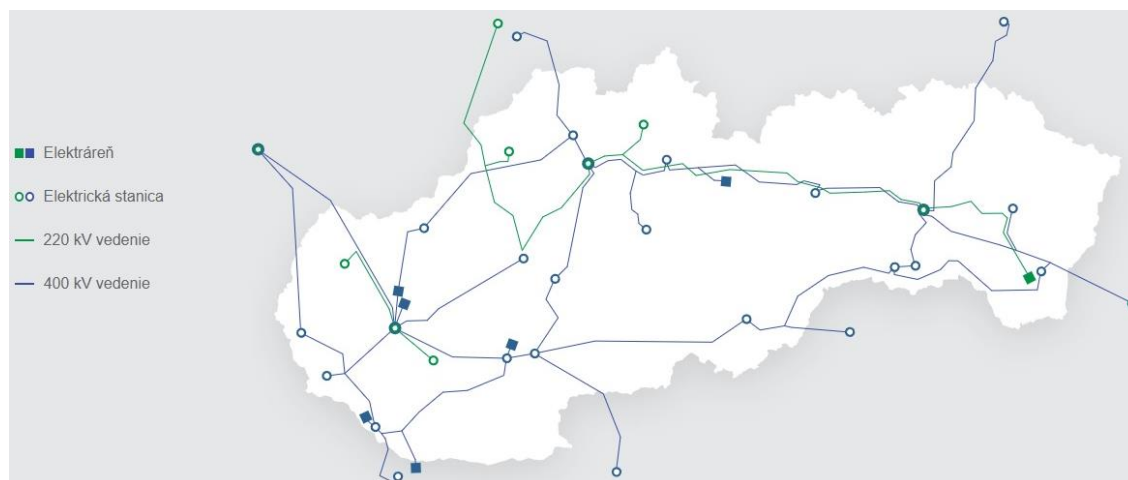
Podľa SEPS (2019) je pre slovenských obchodníkov s elektrinou často nakúpiť a doviesť elektrinu zo zahraničia ako od slovenských výrobcov. Dôvodom je nepriaznivý vývoj pomeru prevádzkových cien a trhových cien elektriny, čo spôsobuje že prevádzka niektorých typov technológií je nerentabilná.

1.3.2 Charakteristika prenosovej sústavy Slovenskej republiky

PS SR je súbor navzájom galvanicky pospájaných zariadení 400 kV, 220 kV a vybraných 110 kV, ktorých prostredníctvom sa realizuje aj cezhraničný prenos elektriny. PS SR je s okolitými PS s výnimkou Rakúska (AT) prepojená dvanástimi cezhraničnými prenosovými vedeniami:

- jedno jednoduché 220 kV prepojenie a tri jednoduché 400 kV prepojenia na hranici SK-CZ,
- jedno dvojité 400 kV prepojenie na hranici SK-PL,
- jedno jednoduché 400 kV prepojenie na hranici SK-UA,
- tri jednoduché 400 kV a jedno dvojité 400kV prepojenie na hranici SK-HU (SEPS, 2019; MH SR, 2022; MH SR, 2021).

Obrázok 1 Mapa prenosovej sústavy Slovenskej republiky



Zdroj: SEPS, 2022

Podľa MH SR (2014) 220 kV sústava sa v posledných rokoch stáva neopodstatnenou a postupne sa z tohto dôvodu pristupuje buď k jej náhrade sústavou 400 kV tam, kde to je nevyhnutne potrebné z titulu plnenia bezpečnostného kritéria N-1, alebo k ukončeniu jej prevádzky bez akejkoľvek náhrady. Okolo roku 2026 sa uvažuje s definitívnym ukončením prevádzky 220 kV prenosovej sústavy

V dokumente TYNDP 2022 (ENTSOE, 2023a) sa uvádza, že hlavný charakter toku zaťaženia v regióne CCE je v smere sever – juh. Je to zapríčinené exportnou energetickou bilanciou v severnej časti regiónu a importnou bilanciou južnej časti regiónu. Tieto tranzitné toky zo severných krajín do krajín južných zaťažujú PS SR. Dôležitým faktorom smeru toku zaťaženia je vyššia cenová úroveň v južných krajinách oproti krajinám severným. Podľa SEAS (2022) vďaka prepojeniu Rumunska so spodnou vetvou SDAC, ešte viac stúpla dôležitosť domáceho trhu.

Na cezhraničných profiloch PS SR sú prenosové kapacity pridelované na ročnej, mesačnej, day-ahead a intra-day báze. V závislosti od príslušného časového horizontu a cezhraničného profilu aplikujú, na pridelovanie kapacít, postupy explicitných aukcií, implicitných aukcií a explicitných alokácií metódou FCFS. Na základe dokumentov SEPS (2020) a MH SR (2022) vieme, že v roku 2021 boli na ročnej a mesačnej báze cezhraničné kapacity na profiloch SK-PL, SK-CZ a SK-HU pridelované formou explicitných aukcií. Na day-ahead báze boli, v rámci procedúry 4MMC, cezhraničné kapacity na profiloch SK-HU a SK-CZ pridelované. Dňa 17.06.2021 bola spustená prevádzka riešenia Interim Coupling. Na základe tohto riešenia boli, aj na hranici SK-PL, zavedené implicitné alokácie kapacít. Došlo tak k prepojeniu day-ahead trhu regiónov 4MMC a MRC. Ako však uvádza SEAS

(2022), išlo iba o dočasné riešenie a 8. júna 2022 sa uskutočnil prechod na FBMC, ktorého základom je prechod od výpočtu cezhraničných kapacít formou ATC na FB metódu. Išlo o reakciu na negatívne vplyvy výkyvov v dodávkach OZE, ktoré EES môže, vďaka novému mechanizmu, lepšie zvládať. Na cezhraničnom profile SK/UA sa pridelovanie prenosových kapacít uskutočňovalo formou mesačných a day-ahead explicitných jednostranných aukcií. V Q4 2022 sa implementovalo riešenie na báze SIDC-XBID. Na profiloch SK-CZ, SK-PL a SK-HU sa tak spustilo implicitné priebežné obchodovanie pre intra-day obchody.

2 Cieľ práce

Hlavným cieľom predkladanej bakalárskej práce je zmapovanie súčasného cezhraničného obchodu s ohľadom na spready, ale aj technické podmienky a identifikácia obchodného potenciálu na tomto trhu pre slovenské obchodné spoločnosti.

Na dosiahnutie hlavného cieľa sme si stanovili nasledujúce vedľajšie ciele:

- vymedzenie historického vývoja energetickej únie EÚ;
- objasniť prebiehajúce a plánované strategické aktivity v oblasti udržateľnosti zo strany EÚ;
- analýza fungovania základných princípov trhu s elektrinou;
- analýza výhod a nevýhod jednotlivých prístupov k určeniu prenosovej kapacity a jej alokácie;
- zmapovanie súčasného a budúceho stavu elektrizačnej sústavy Slovenska;
- zhromaždiť kľúčové zdroje pre stanovenie hlavných faktorov vplývajúcich na obchod s elektrinou;
- porovnať cenové relácie na jednotlivých trhoch EÚ.

3 Metodika práce a metódy skúmania

V tretej časti bakalárskej práce sa venujeme postupom a metódam odborného charakteru, pomocou ktorých sme dokázali splniť cieľ záverečnej práce. Práca sa skladá z dvoch hlavných častí.

V prvej časti, teoretickej, sme sa zamerali na zber poznatkov, údajov a názorov viacerých popredných autorov v danej oblasti. Aj vzhľadom na to, že daná problematika je velice komplexná, ale zároveň v miestnych podmienkach v súčasnosti málo riešená, zdroje použité na vypracovanie práce pochádzali najmä od zahraničných autorov. Údaje sme získavali prevažne z anglických odborných článkov v elektronickej podobe dostupných najmä v databázach EBSCO a Web of Science. Údaje o stave Slovenskej republiky a budúce odhady jej vývoja sme získali z verejne dostupných publikácií Ministerstva Hospodárstva Slovenskej republiky a významných firiem energetického sektora na Slovensku. Významným zdrojom boli Smernice a Nariadenia EK, ktoré tvoria legislatívny základ energetickej únie EÚ. Pomocou analýzy sme získané informácie rozdelili a následne pomocou syntézy zjednotili do jednotlivých podkapitol.

V praktickej časti sme najprv pomocou analýzy názorov jednotlivých autorov určili najvýhodnejšie metódy pre stanovenie prenosovej kapacity a jej alokáciu. Ďalej sme analýzou dát týkajúcich sa výroby, spotreby a prenosovej kapacity stanovili predpoklad obchodnej bilancie a maximálnych cezhraničných tokov so susednými ES. Následne v praktickej časti, na základe empirickej analýzy faktorov ovplyvňujúcich cezhraničný obchod s elektrinou a potvrdením jej výsledkov pomocou komparatívnej korelácie, sme vytvorili regresnú rovnicu na prognózovanie výroby a exportu elektriny. Rovnica pozostávala z viacerých premenných s vysokou hodnotou významnosti ako domáca produkcia, produkcia v regióne, spotreba v regióne a priemerný medziročný rast HDP v regióne. Ako relevantný zdroj štatistických údajov pre náš model sme využili databázu EUROSTAT. Následný smer obchodu sme určili na základe výsledkov korelačnej matice, v ktorej sme sledovali vzťah medzi day-ahead a futures cenami a exportom, importom a čistým exportom. Na základe zistených vzťahov a očakávaných spreadov sme boli schopný určiť smer toku. Na prezentovanie číselných a štatistických údajov sme do práce zakomponovali tabuľky, grafy a obrázky. Na záver sme posúdili primeranosť našich výsledkov vzhľadom na očakávanú situáciu na trhu s elektrinou na Slovensku a v regióne. Syntézou našich zistení sme následne formovali odporúčania.

4 Výsledky práce

V praktickej časti bakalárskej práce sme pomocou analýzy poukázali na výhody jednotlivých spôsobov výpočtu a alokácie dostupnej cezhraničnej kapacity pre obchod s elektrinou. Analýza očakávaného stavu Slovenskej elektrizačnej siete nám odhalila budúcu pozíciu Slovenska na európskom trhu s elektrinou. Na základe empirickej analýzy a komparatívnej korelácie následne vytvárame regresnú rovnicu pre riešenie očakávanej pozície na trhu s elektrinou na Slovensku a v regióne.

4.1 Prístupy v oblasti prenosových kapacít

V predchádzajúcej teoretickej časti sme sa v podkapitolách 1.2.3 a 1.2.4 venovali problematike výpočtu a alokácie dostupnej cezhraničnej kapacity. V nasledujúcich dvoch podkapitolách sa venujeme priamo jednotlivým spôsobom a pomocou analýzy následne určíme, ktoré spôsoby sú pre cezhraničný obchod s elektrinou výhodnejšie.

4.1.1 Analýza mechanizmov výpočtu dostupnej kapacity pre obchod

V prístupe ATC je prepojenie medzi komerčnými burzami a fyzickými vlastnosťami PS zjednodušené. Uzly ponukovej zóny sú zoskupené a nahradené jedným ekvivalentným uzlom, preto sa berú do úvahy iba cezhraničné prepojenia. Pridelovanie kapacity vykonávajú PPS (ENTSOE, 2000). ATC metóda je založená na heuristických pravidlách a prognózach výsledku trhu. (Van den Bergh, Boury a Delaurue, 2016).

Koordinovaný prístup ATC predstavuje metódu výpočtu kapacity založenú na princípe hodnotenia a definovania ex ante maximálnej výmeny energie medzi susednými ponukovými zónami. Na základe toho Makrygiorgou et al. (2020) usudzujú, že prístup ATC by sa mal uplatňovať len v regiónoch, kde je kapacita menej vzájomne závislá, a možno preukázať, že prístup FB by nepriniesol pridanú hodnotu.

Makrygiorgou et al. (2020) vo svojej práci ďalej upozorňujú na nedostatky metódy ATC. Aj keď je algoritmus zúčtovania trhu jednoduchý, samotný výpočet hodnoty ATC je pre regulátorov netransparentný. Okrem toho z ich práce možno usúdiť, že prenosová kapacita, ktorá je sprístupnená trhu, je konzervatívnym odhadom skutočnej kapacity, pretože hodnotu ATC je potrebné obmedziť, aby sa predišlo nerovnováhe v elektrizačnej sústave. Je to najmä z dôvodu, ako uvádzajú Mohammed et al. (2019), že ATC je prenosová kapacita, ktorá zostáva k dispozícii medzi dvoma prepojenými oblasťami pre ďalšiu komerčnú činnosť nad rámec už zaviazaného využívania prepravných sietí.

FBMC možno považovať za kombináciu zónového prístupu metódy ATC s fyzickými obmedzeniami siete z metódy uzlových napätí (Sorés, Divényi a Raisz, 2013). Hlavným rozdielom FB metódy oproti metóde ATC je práve v tom, že v prístupe FB sa berú do úvahy obmedzenia siete. Napriek tomu, keďže je zachovaný zónový prístup, je potrebné zjednodušiť trhové obmedzenia. Inými slovami, pridelenie kapacity prebieha čiastočne ex ante zúčtovaním trhu a čiastočne súčasne so zúčtovaním trhu.

Prístup FB predstavuje metódu výpočtu kapacity, v ktorej sú výmeny energie medzi trhovými zónami obmedzené faktormi distribúcie energie, prenosu energie (PTDF) a dostupnými maržami na kritických sieťových prvkoch alebo kritických vetvách (CB) (Wyrwoll et al., 2018). Prístup FB by sa mohol použiť ako primárny prístup pre výpočet day-ahead, intra-day a bilančnej kapacity, kde matematické riešenie pozostáva z výpočtu PTDF a výpočtu dostupných marží na CB. Prístup FB zohľadňuje fyzické obmedzenia systému a konkrétnejšie CB prepojeného systému. Tieto CB môžu byť interné (vedenia, ktoré sú deklarované ako kritické od každého PPS) a/alebo prepojovacie vedenia. Aj na základe týchto skutočností Wyrwoll et al. (2018) usudzujú, že FB prístup je bližšie k reálnym možnostiam systému a ponúka tak viac obchodných príležitostí.

Keďže fyzikálne charakteristiky siete sú lepšie znázornené v prístupe FB ako v metóde ATC, parametre FB možno určiť menej konzervatívnym spôsobom. Doména toku FB je teda podľa Leuvena (2015) vo väčšine prípadov väčšia ako doména toku ATC. Z práce Bjorndal, Bjorndal a Cai (2018) vyplýva, že v tejto súvislosti sú v metodológii FB fyzikálne zákony siete integrované ako súčasť optimalizačného problému vo forme optimalizačných obmedzení. Toto označuje hlavný rozdiel medzi ATC a FB algoritmom. Použitím prístupu FB sa koncept hraníc vytráca a fyzikálne vlastnosti odrážané v parametroch určujú doménu riešenia (Energinet.dk, 2014).

4.1.2 Porovnanie spôsobov alokácie cezhraničných kapacít

Hlavnými mierami, ktorými sa hodnotí, či je alokácia CZC lepšia prostredníctvom implicitných aukcií ako prostredníctvom explicitných aukcií, sú podľa Julien et al. (2012) lepšia cenová konvergencia a vyššia efektívnosť alokácie CZC. Vyššia efektívnosť pri prideľovaní CZC umožňuje PPS a účastníkom trhu mať väčšie objemy cezhraničného obchodu a kvalitné cenové signály za hodnotu CZC. V dôsledku toho majú podľa Kristensena (2007) PPS presnejší základ pre rozhodovanie o investíciách do PS a pre účastníkov trhu, pokiaľ ide o medzi oblastný nákup alebo predaj. Zlepšenie efektívnosti alokácie CZC sa preto prejavuje aj vo väčšom sociálnom blahobyte. Richter a Viehmann

(2014) taktiež kritizujú explicitné aukcie z dôvodov možnosti uplatnenia trhovej sily, kedy firma môže získať kapacitu na jej zablokovanie alebo ju strategicky zneužiť na ochranu dominantného postavenia na jednom regionálnom trhu a neúplnosti informácii o dopyte po prenose energie, ktorým firmy čelia. Obchodníci tak môžu nominovať kapacitu nesprávnym smerom, pretože nemusia vopred vedieť, v ktorom regióne je nadmerný dopyt, a teda aj ceny, väčší.

Arbitráž medzi rôznymi energetickými burzami je možná práve vďaka implicitným aukciám. Podľa Meeus et al. (2009) je arbitráž obmedzená dostupnými kapacitami na hraniciach, časovým oneskorením medzi uzavretím rôznych aukcií na hraniciach a burzách energie a neistotou, ktorú to prináša, najmä vzhľadom na vysokú nestálosť cien. Empirických štúdiá od Purchala et al. (2005) porovnáva ceny hraničnej kapacity s cenovým rozdielom medzi burzami a naznačuje, že arbitráž je na explicitných aukciách neefektívna. Prepojenie trhu rieši tento problém, keďže sa týka implicitnej aukcie fyzických prenosových práv prostredníctvom hodinových aukcií organizovaných energetickými burzami jeden deň pred dodaním (Meeus et al., 2009)

Neefektívnosť explicitných aukčných režimov nie je spochybnená a bola zdokumentovaná vo viacerých štúdiách. Meeus (2011) popisuje prechod od explicitného k implicitnému trhovému prepojeniu takzvaného Kontek-kábla spájajúceho Nemecko a dánsky ostrov Zéland. Ukazuje, že implicitné prepojenie cien jednoznačne prevyšuje výkonnosť explicitných aukcií. Gebhardt a Höffler (2013) zistili, že ceny cezhraničných kapacít (prvá fáza dvojfázovej hry) na nemecko-dánskych a nemecko-holandských hraniciach predpokladá priemerné cenové rozdiely na mieste správne, ale s veľkým hlukom. Podobné argumenty poskytujú Dieckmann (2008) a Zachmann (2008), ktorí ukazujú, že neistota ohľadom spotových cien a načasovania explicitných aukčných režimov vedie k slabšej výkonnosti. Pre nemecký trh s elektrinou Viehmann (2011) empiricky ukazuje vysokú volatilitu spotových cien aj v porovnaní s ich očakávanými hodnotami.

Ehrenmann a Neuhoff (2009) tvrdia, že explicitné a implicitné aukcie (ak berieme do úvahy predpoklady, že CZC sú alokované na úplne konkurenčných trhoch, kde účastníci trhu majú k dispozícii všetky informácie, neexistujú žiadne neistoty a kde sú výsledky obchodovania úplne predvídateľné) vedú k rovnakému výsledku pri výpočte sociálneho blahobytu. V praxi sa uvedené predpoklady úplne nerealizujú, čo vedie k neefektívnosti, ktorá podľa Creti, Fumagalli a Fumagalli (2010) znižuje sociálny blahobyť. V dôsledku zneužívania trhovej sily účastníkmi trhu a nespoľahlivých informácií vyplývajúcich z dvojfázového procesu cezhraničných transakcií, sú explicitné aukcie menej efektívne ako

implicitné, pretože, aj ako vo svojom výskume uvádzajú Consentec a Frontier Economics (2004), pri implicitnej aukcii sa cezhraničné transakcie na nákup alebo predaj elektriny uskutočňujú súbežne s pridelovaním CZC medzi týmito dvoma trhmi. Energetické burzy tak môžu zabezpečiť cezhraničné toky, ktoré podľa Richter a Viehmann (2014) maximalizujú blahobyt medzi trhovými oblasťami. Je to práve z dôvodu, že disponujú úplnými informáciami o všetkých hodinových krivkách ponuky a dopytu v prepojených trhových oblastiach a dostupnej cezhraničnej kapacite.

4.2 Očakávaný stav elektrizačnej sústavy Slovenskej republiky

Veľmi dôležitým faktorom pre realizáciu cezhraničného obchodu je technická možnosť prenosu elektriny zo Slovenska do okolitých štátov a opačne. Takáto možnosť je základným predpokladom, aby sa na základe budúceho stavu ES SR zvýšil lokálny export elektriny zo Slovenska alebo jej import na Slovensko.

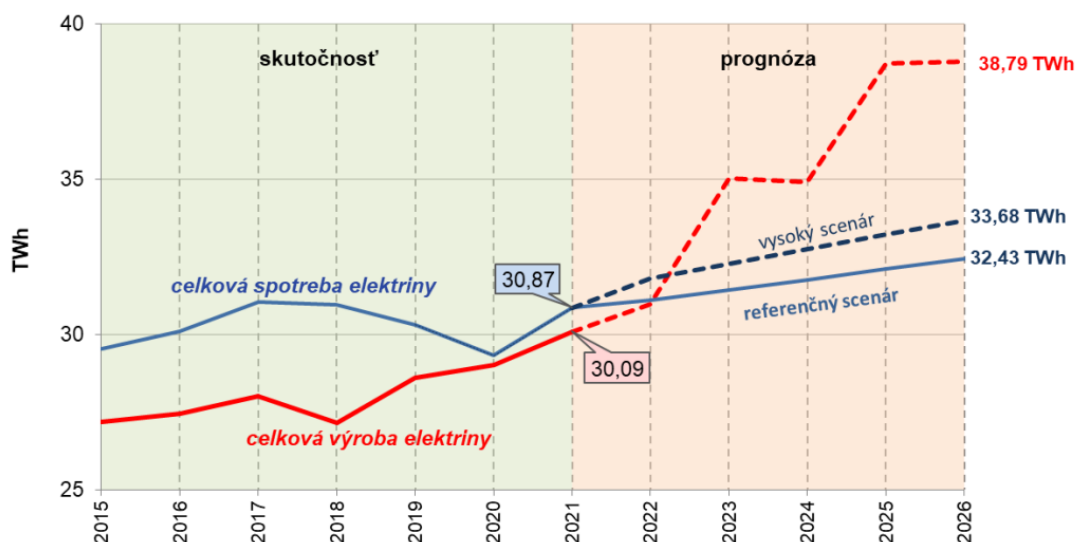
4.2.1 Budúci vývoj výroby a spotreby elektriny v Slovenskej republike

Do roku 2028 očakáva SEPS (2019) priemerný medziročný rast spotreby elektriny v SR na úrovni 1,23 %. Na základe tohto predpokladu by spotreba elektriny v sledovanom období do roku 2028 mala vzrásť o 4,67 TWh oproti roku 2017. V roku 2025 sa očakáva spotreba elektriny na úrovni 34,73 TWh.

Do roku 2029 očakáva SEPS (2019) nárast výroby elektriny v SR o cca 8 TWh oproti roku 2019. Najväčší vplyv na rast výroby bude mať dostavba blokov č. 3 a 4 EMO, ktorých predpokladaná ročná produkcia elektriny by mala dosiahnuť až 8,6 TWh. Zvyšný nárast sa predpokladá z nových OZE a výstavbou nových fosílnych elektrární. Aj na základe týchto údajov MH SR (2019) očakáva do roku 2030 exportnú bilanciu sústavy na úrovni 5 – 10 % predpokladanej spotreby elektriny.

Obrázok 2 a Obrázok 3 vychádzajú zo štúdie „Aktualizácia prognózy spotreby elektriny v SR do roku 2040 po jednotlivých rokoch s výhľadom do roku 2050“ spracovanej EGÚ Brno, a.s., pre SEPS v roku 2020.

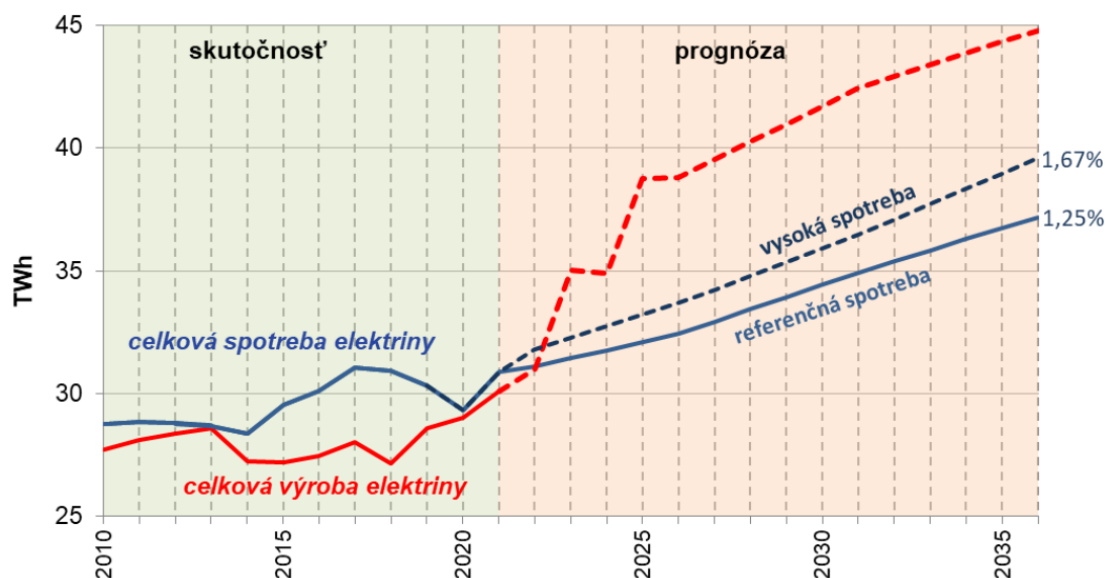
Obrázok 2 Skutočnosť a prognóza celkovej spotreby elektriny a očakávanej výroby elektriny v SR (2015 - 2026) pre referenčný scenár



Zdroj: MH SR, 2022

V horizonte piatich rokov sa očakáva zachovanie existujúceho zdrojového mixu s významným nárastom podielu jadrových elektrární a OZE na inštalovanom výkone a na celkovej výrobe elektriny v SR. Pri predpoklade referenčného scenára do roku 2026 vzrastie spotreba o 1,56 TWh (o 5 %) a produkcia až o 8,7 TWh (čo bude predstavovať nárast o takmer 29 %) oproti roku 2021. Je tak jasne viditeľná exportná bilancia ES SR v sledovanom období.

Obrázok 3 Prognóza vývoja celkovej spotreby elektriny na Slovensku v rokoch 2022 až 2036 (priemerný medziročný rast do roku 2036 vzťahnutý k roku 2021) a očakávanej výroby elektriny v SR pre referenčný scenár



Zdroj: MH SR, 2022

Od roku 2023 očakávame, že výroba elektriny bude prevyšovať spotrebu elektriny v SR. Uvedením dvoch nových blokov JE Mochovce do prevádzky a vplyvom výrazného navýšenia inštalovaného výkonu FVE a VTE dôjde v sledovanom období k zmene importného charakteru bilancie ES SR na exportný charakter s predpokladanou bilanciou +6,4 až +7,6 TWh/rok, pričom export bude podľa MH SR (2022) predstavovať cca 20 % z celkovej brutto spotreby. Predpokladaná referenčná celková brutto spotreba elektriny bude podľa referenčného scenára rásť medziročne o 1,25 % a v roku 2036 dosiahne hodnotu 37 186 GWh, čo predstavuje celkový nárast až o 6 319 GWh (viac ako o 20 %) oproti roku 2021.

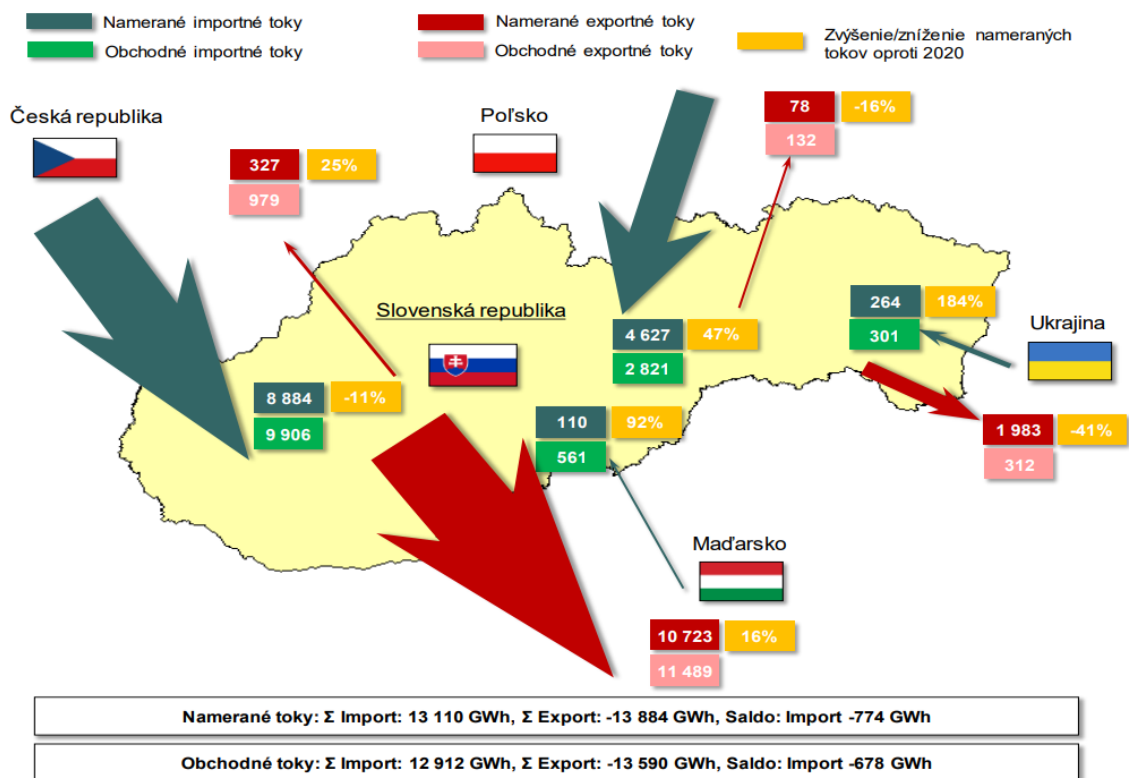
4.2.2 Analýza prenosovej sústavy Slovenskej republiky

Zvýšenie prepojenosti PS SR so susednými štátmi v smere toku Sever- Juh, je spojené s výraznou modernizáciou PS SR v posledných rokoch. Podľa SEPS (2019) bude výrazný nárast maximálnej prenosovej kapacity na cezhraničnom profile SK-HU spôsobený výstavbou nových cezhraničných vedení 2x400 kV Gabčíkovo (SK) – Gönyű (HU) – Veľký Ďur (SK) a 2 x 400 kV Rimavská Sobota (SK) – Sajóivánka (HU). Ďalej na základe dokumentu SEPS (2019) môžeme určiť, že prenosová kapacita by v exportom smere mala vzrásť približne o 85 % na 3489 MW, čo predstavuje 30 584 GWh ročne a o 47 %

v importnom smere približne na 2610 MW, čo sa rovná hodnote 22 879 GWh. MH SR (2022) uvádza, že ich sprevádzkovanie v roku 2021 znamenalo ukončenie STOP-STAVU a umožnilo tak pripájanie nových zariadení na výrobu elektriny do ES SR.

SEPS (2019) tvrdí, že vďaka likvidácii 220 kV cezhraničných vedení V280 a V270 na SK-CZ profile, zvýšeniu maximálnej prúdovej zaťažiteľnosti vedenia V404 Varín (SK)–Nošovice (CZ) na 2000 A a zaústenie novej R400kV Senica do existujúceho vedenia V424 Križovany (SK)–Sokolnice (CZ) spôsobí nárast prenosovej kapacity na SK-CZ profile. Na základe dokumentu SEPS (2019) môžeme určiť, že v importnom smere dôjde k navýšeniu o 35 % na 2862 MW, čo predstavuje 25 088 GWh. Podľa SEPS (2019) v exportnom smere k významnému nárastu kapacity nedôjde, kapacita tak ostane približne na súčasných 2950 MW, čiže 25 859 GWh. Plánované prepojenie 1x400kV Ladce (SK) – Otrokovice (CZ) by malo byť náhradou za odstavené 220kV vedenia (MH SR, 2019) Na rok 2030 SEPS (2019) taktiež predpokladá komplexnú obnovu vedenia V440. Ide o 400 kV vedenie Mukacheve (UA) – Veľké Kapušany (SK), ktoré často práve predstavuje bottleneck. Výstavbou týchto vedení by PS SR mala dosiahnuť úroveň prepojenosti 52 % v roku 2030 a viac ako 60 % v roku 2036. Bude tak spĺňať ciele stanovené EÚ (MH SR, 2022).

Obrázok 4 Namerané a obchodné cezhraničné prenosy za rok 2022



Zdroj: MH SR, 2022

Z Obrázka 3 môžeme pozorovať, že v roku 2022 boli dominantné importné toky na cezhraničných profiloch SK-CZ a SK-PL a exportné toky na SK-HU, na profile SK-UA aj naďalej prevládali exportné toky avšak vplyvom nových vedení na SK-HU profile sme pozorovali pokles o 41 % oproti roku 2021. V dominantných smeroch na profiloch SK-HU a PL-SK dochádza k nárastu nameraných cezhraničných prenosov o 16 % resp. o 47 %. Na profile CZ-SK klesol objem prenesenej elektriny oproti roku 2020 o 11 %. Dôvodom je podľa MH SR (2022) dlhodobé odstavenie vedenia V424 Sokolnice (CZ) – Križovany (SK) a vedenia V497 Sokolnice (CZ) – Stupava (SK), ktoré po poruche malo dočasne zníženu prenosovú schopnosť a vplývalo na dlhodobé zníženie NTC na CZ-SK profile.

4.3 Príležitosti exportu elektriny pre SR, modelový prístup

Slovensko za posledných 20 rokov exportovalo ročne v priemere takmer 11 TWh. Aj napriek tomu od roku 2007 predstavuje čistého dovozcu elektriny. Súvisí to s pomalou zmenou energetického mixu, rastom spotreby a stagnujúcim rastom „zelenej“ produkcie. Tento stav sa však najmä uvedením dvoch nových blokov JE Mochovce do prevádzky v blízkom období zmení a Slovensko by malo, na základe dostupných údajov, minimálne do roku 2036 predstavovať čistého vývozcu elektriny. Navýšenie prenosovej kapacity na hranici SK-HU, umožní Slovensku navýšenú produkciu exportovať na importné južné trhy s vyššími cenovými reláciami. Ďalším pozitívnym impulzom pre obchodovanie s elektrinou pre SR je zavádzanie FB metódy a implicitných aukcií na jednotlivých hraniciach SR. Tieto faktory vytvárajú pre SR príležitosť rozvoja zahraničného obchodu s elektrinou.

4.3.1 Vymedzenie faktorov ovplyvňujúcich export elektriny

Za týmto účelom je v prvom rade potrebné sledovať faktory, ktoré zahraničný obchod s elektrinou ovplyvňujú, aby bolo možné predvídať jeho udržateľnosť s prihliadnutím na aktuálny stav národného a regionálneho trhu s elektrinou. Spotreba elektriny môže byť pokrytá miestnou výrobou aj dovozom a faktory, ktoré ju ovplyvňujú sú vo všeobecnosti faktory, ktoré určujú aj dynamiku exportu elektriny. Na určenie týchto základných faktorov sme preskúmali nižšie uvedené výskumné práce.

Hakkio a Nie (2014) vo svojej práci ukazujú, že čistý vývoz elektriny závisí od jej domácej výroby a relatívnych cien, pričom poznamenávajú, že spotreba elektriny v dovážajúcich krajinách oveľa menej závisí od kolísania výmenných kurzov, ktoré sú hlavným faktorom pri vývoze neenergetického tovaru. Použitím vektorového autoregresného modelu v rokoch 2002-2006 pre USA zistili, že zvýšenie miestnej produkcie

energie o 1 p.b. viedlo k poklesu dovozu o 1,7 p.b. a nárast exportu o 1 p.b. Ďalší model vyvinutý pre Turecko Nellom (2009) je založený na energetickej závislosti, t. j. miere, do akej sa jedna ekonomika spolieha na dovoz elektriny, aby uspokojila svoje potreby. US Energy Information Administration priamo odvodzuje čistý export energetických zdrojov v USA z domácej produkcie, keď predpokladá vývoj amerického energetického trhu do roku 2050. Zlatinov (2018) vo svojej práci považuje za rozhodujúce faktory ovplyvňujúce čistý export elektriny z Bulharska najmä objem výroby elektriny v krajine. Za významný faktor považuje aj ekonomický rast, ktorý má pozitívny vplyv na spotrebu elektriny. V prípade priaznivého ekonomického rozvoja na potenciálnych trhoch sa tak zvýši aj možnosť exportu z domácej krajiny.

V oveľa väčšej miere sa však výskumníci v elektrických modeloch a prístupoch zameriavajú na domáce faktory ovplyvňujúce spotrebu elektriny, ktoré považujeme za priamo súvisiace s jej dovozom z iných krajín, resp. jej vývozom z iných krajín. Vzorce dopytu po elektrine môžu byť ovplyvnené podľa Sadeghi et al. (2009) rôznymi faktormi, ako sú čas, ekonomika, sociálne a environmentálne faktory. Pri použití modelu integrovaného energetického plánovania na predpokladanie výroby a dopytu po energii Suganthi a Samuel (2012) využívajú ekonomický rast a štruktúru hrubej pridanej hodnoty podľa ekonomických sektorov, podiel priemyselnej výroby na celkovej produkcii, rast populácie, urbanizáciu a počet domácností. Narayan a Smyth (2005) nachádzajú priamy vzťah medzi spotrebou elektriny, zamestnanosťou a reálnym príjmom na obyvateľa v modeli pre Austráliu, zatiaľ čo v prípade Turecka Sozen, Arcaklioglu a Ozkaymak (2005) hodnotia domácu potrebu elektriny na základe tzv. technologického modelu, ktorý zahŕňa počet obyvateľov, inštalovaný výkon a dobu technickej prevádzky elektrizačnej siete, ako aj čistý export elektriny.

Mnoho autorov sa snažilo zistiť vzťah medzi spotrebou elektrickej energie a ekonomickým rastom pomocou Grangerovej kauzality. Odhiambo (2014) skúmal tento vzťah v KDR za pomoci ARDL Bounds Testing (Testovania hraníc ARDL). Empirické výsledky tejto štúdie ukazujú, že zatiaľ čo spotreba elektriny a ekonomický rast sa krátkodobo navzájom Grangerovo spôsobujú; z dlhodobého hľadiska je to ekonomický rast, ktorý Grangerovo spôsobuje spotrebu elektriny v KDR. V modeli pre Malajziu Chandran, Sharma a Madhavan (2010) taktiež pozorujú, že spotreba elektriny neustále závisí od reálneho HDP a cien elektriny, najmä v dlhodobom horizonte, vďaka čomu sú tieto premenné obzvlášť vhodné pre dlhodobé predpoklady exportu elektriny.

Zaujímavý je výsledok práce Droste-Franke et al. (2012), ktorí tvrdia, že väčšie HDP reportujúcej krajiny vedie k väčšiemu exportu elektriny, možno preto, že výroba elektriny rastie úmerne s HDP a zahŕňa väčšie bezpečnostné marže v rezervách. Okrem už spomínaných premenných v modeli pre Čínu založenom na dopyte a ponuke elektriny Steenhof a Fulton (2007) zahŕňajú ukazovatele výkonu elektrickej energie a špeciálne premenné pre dereguláciu trhu a odpisovú mieru technológie elektriny.

Okrem základných faktorov ovplyvňujúcich spotrebu elektriny je podľa gravitačného modelu obchodu pri exporte elektriny dôležitá aj vzdialenosť a fyzikálne možnosti jej prenosu. To dokazuje aj Ziesemer (2019), ktorý použitím Mudlakovho prístupu náhodných efektov v statickom modeli ukázal, že platia štandardné konvenčné výsledky gravitačných rovníc: vzdialenosť znižuje obchod s elektrinou, susedná krajina ho zvyšuje. Vplyv prenosu elektriny spojený s ekonomickým rastom, investičné náklady na údržbu kapacít na výrobu elektriny a relatívne ceny elektriny sú premenné zahrnuté v modeli dopytu po elektrine v Grécku (Skiadas, Papayannakis a Mourelatos, 1993). V sledovanom výskume zisťujeme, že pri prognózovaní spotreby elektriny sa osobitná pozornosť venuje nielen sezónnosti, klimatickým podmienkam a cyklickosti (Al-Shobaki a Mohsen, 2008), ale aj zmenám v legislatíve a regulačnom režime pre export. Smith (1989) považuje za hlavný faktor ovplyvňujúci krátkodobú spotrebu elektriny práve počasie. Krátkodobé efekty zmien počasia však nemajú výraznejší vplyv na dlhodobú spotrebu elektriny.

4.3.2 *Vypracovanie modelu na predpokladanie čistého exportu elektriny*

Z prehľadu faktorov ovplyvňujúcich spotrebu elektriny je viditeľná opakovateľnosť ukazovateľov vplývajúcich na potrebu elektriny. Majúc na pamäti toto a berúc do úvahy špecifiká trhu s elektrickou energiou na Slovensku, kde sa cez krajinu prepravuje veľký objem tranzitnej elektriny, ako prvý krok nášho modelovania sa zameriavame na zdôraznenie vzťahu medzi spotrebou elektriny a jej výrobou, vývozom a dovozom elektriny, prírastkom obyvateľstva a rastom HDP.

Preto počítame korelačné koeficienty, ktoré nám slúžia len na získanie prehľadu o platnosti vzťahov medzi dopytom po elektrine a možnosťami jeho uspokojenia exportom. Na základe dôležitosti logistického prenosu elektriny a vychádzajúc z gravitačného modelu obchodu identifikujeme 4 krajiny (Česko, Poľsko, Ukrajina, a Maďarsko), s ktorými je prenos elektriny zo Slovenska najefektívnejší. Musíme však brať do úvahy aj krajiny juhovýchodnej Európy. Ako sa uvádza v dokumente TYNDP 2022 (ENTSOE, 2023a) alebo v práci Zabožnik a Hricovsky (2022), najväčší potenciál pre export elektriny z nášho regiónu

majú práve krajiny v tejto oblasti. Korelačné koeficienty testujeme v období rokov 2000 až 2021 z dôvodu dostupnosti porovnateľných údajov o skúmaných ukazovateľoch a možnosti pokrytia rôznych fáz hospodárskeho cyklu na Slovensku.

Tabuľka 1 Korelačné koeficienty v rokoch 2000-2021

Krajiny	C-X	C-M	C-N	C-Y	Prod-X	Prod-M
Bulharsko	0,47	0,59	-0,92	0,93	0,89	0,21
Česko	0,44	0,51	0,66	0,84	0,76	0,27
Grécko	0,26	0,42	0,54	0,88	0,46	-0,40
Chorvátsko	0,81	0,89	-0,62	0,95	0,30	-0,02
Maďarsko	0,01	0,82	-0,92	0,97	0,61	-0,46
Rakúsko	0,75	0,92	0,91	0,95	0,87	0,56
Poľsko	-0,33	0,90	-0,97	0,98	0,08	0,67
Rumunsko	0,51	0,66	-0,76	0,78	0,81	0,19
Slovensko	0,25	0,71	0,53	0,74	0,09	-0,64
Čierna hora	-0,36	0,08	-0,88	-0,53	0,41	-0,02
Macedónsko	0,00	0,34	0,41	0,29	-0,45	-0,56
Albánsko	0,38	0,39	-0,81	0,77	0,70	-0,38
Srbsko	-0,46	-0,29	-0,44	0,39	0,62	-0,13
Turecko	0,79	0,23	0,99	-	0,80	0,23
Ukrajina	0,50	-0,29	0,32	-	0,69	-0,04

Poznámka: **C** je spotreba elektriny, **X** je export elektriny, **M** je import a **Prod** je jej výroba. Všetky ukazovatele vychádzajú z údajov Eurostatu v GWh. **N** je počet obyvateľov a **Y** je HDP v cenách predchádzajúceho roka podľa databázy Eurostatu.

Zdroj: Vlastné spracovanie

Pomocou odhadnutých korelačných koeficientov môžeme vyvodiť niekoľko predbežných záverov, ktoré nám pomôžu pri výbere premenných pre ekonometrický odhad faktorov ovplyvňujúcich čistý export elektriny zo Slovenska. Vidíme, že zvýšenie výroby elektriny znamená zvýšený exportný potenciál pre väčšinu nami vybraných krajín. Výnimkou sú krajiny ako napríklad aj Slovensko, kde v sledovanom období mala vplyv stagnácia v produkcii elektriny a vysoký objem tranzitných tokov. Rast produkcie vo väčšine krajín spôsobuje protichodnú koreláciu voči importu, čo len potvrdzuje prácu Hakkio a Nie (2014). Domáca spotreba elektriny na Slovensku veľmi slabo koreluje s jej exportom, čo naznačuje, že exportná orientácia sektora elektrickej energie by neovplyvnila národnú energetickú bezpečnosť. Na Slovensku ako aj vo väčšine jeho susediacich krajín vidíme silnú koreláciu medzi spotrebou a dovozom elektriny. Daným krajinám sa často viacej oplatí rozdiel medzi spotrebou a výrobou elektriny pokrývať dovozom, ako vlastnou výrobou, príčinou je vývoj trhových cien spojených s nerentabilitou niektorých zdrojov elektriny. Vo

väčšine balkánskych krajín, naopak, spotreba elektriny nekoreluje s jej dovozom, pravdepodobne v dôsledku výrazného vplyvu tranzitných tokov. Najsilnejšie pozitívne korelácie nachádzame medzi ekonomickým rastom a spotrebou elektriny. Ukazuje to, že priaznivý ekonomický rozvoj sledovaných krajín by zvýšil možnosti slovenského exportu elektriny. Zaujímavú výnimku v tejto korelácii tvorí Čierna Hora, kde aj napriek rastu HDP spotreba elektriny klesala. Ako príčinu môžeme určiť pokles energetickej náročnosti ekonomiky Čiernej Hory. Z korelácie medzi spotrebou elektriny a rastom populácie môžeme usúdiť, že zmena populácie nemá výraznejší význam na spotrebu elektriny. Môžeme si všimnúť, že v niektorých krajinách je korelácia silná a v niektorých dokonca protichodná. Významný faktor tu hrá práve fakt, či populácia v danej krajine rastie alebo klesá. Bez ohľadu na tento fakt však spotreba elektriny z dlhodobého hľadiska rastie.

Na základe teoretického prehľadu a záverov z korelačnej analýzy teda špecifikujeme nasledujúcu regresnú rovnicu:

$$NX_SK_t = \beta_0 + \beta_1 Y_SK_t + \beta_2 Y_Region_t + \beta_3 C_Region_t + \beta_4 EC_growth_Region_t + e_t$$

kde:

NX_SK je čistý vývoz elektriny zo Slovenska;

Y_SK je výroba elektriny na Slovensku;

Y_Region je celková výroba elektriny v štyroch krajinách, ktoré považujeme za región;

C_Region je celková spotreba elektriny v regióne;

EC_growth_Region je priemerný hospodársky rast štyroch krajín v regióne.

Regresná rovnica sa odhaduje s ročnými údajmi EUROSTAT v rokoch 2000-2021 pre Slovensko, Česko, Poľsko, Ukrajinu a Maďarsko pomocou Gretl. Zároveň testujeme špecifikáciu rovnice pomocou Ramsey's Reset Test, ktorý nám pomáha posúdiť, či je funkčný tvar rovnice správny. Pri hodnote pravdepodobnosti (p-value) 0,455 nezamietame nulovú hypotézu, že všetky koeficienty odhadovanej rovnice sú 0. To naznačuje, že funkčná forma je správna a náš model netrpí vynechanými premennými. Typ odhadovanej regresnej rovnice je nasledujúci:

$$NX_SK_t = \frac{-20946,1}{(0,0003)} + \frac{1,00286Y_SK_t}{(1,60e-08)} + \frac{0,0295044Y_Region_t}{(0,0031)} + \frac{-0,0495628C_Region_t}{(2,37e-05)} + \frac{-170,764EC_growth_Region_t}{(0,0010)} + e_t$$

Výsledky ukazujú, že odhadované hodnoty jednotlivých premenných sú štatisticky významné s vysokým koeficientom determinácie (Multiple R-squared: 0,960916 a Adjusted R-squared: 0,951719). Pozitívna korelácia medzi regionálnou výrobou a čistým vývozom elektriny zo Slovenska znovu zdôrazňuje dôležitosť tranzitu elektriny v regióne. Najpodstatnejšia je lokálna úroveň výroby, ktorá je hlavnou premennou vplyvajúcou na čistý export elektriny zo SR. Vzťah so spotrebou v regióne sa vymyká teoretickým očakávaniam. Daný vzťah naznačuje, že trhy regiónu nie sú cieľom čistého exportu zo SR, daný rast spotreby pokrývajú svojím exportom krajiny zo severného regiónu, čo navyšuje tranzitné toky, čo následne vytvára bottlenecky, ktoré limitujú čistý export zo SR. Test variačného inflačného faktora pre multikolinearitu ukazuje, že hodnoty získané pre všetky premenné sú mierne korelované, čiže ďaleko pod kritickou hodnotou 10. Durbin-Watsonov autokorelačný test má hodnotu 1,826260, čo znamená pozitívnu koreláciu. Je dodržané aj pravidlo palca, výsledok tak môžeme označiť za spoľahlivý. Breusch-Paganov test pre heteroskedasticita má hodnotu pravdepodobnosti 0,571849, keďže táto p-hodnota nie je menšia ako 0,05, nepodarilo sa nám zamietnuť nulovú hypotézu. Predpokladáme teda, že homoskedasticita je prítomná. Regresné hodnotenie, ktoré robíme, nám teda umožňuje prejsť k prognóze čistého exportu elektriny zo Slovenska.

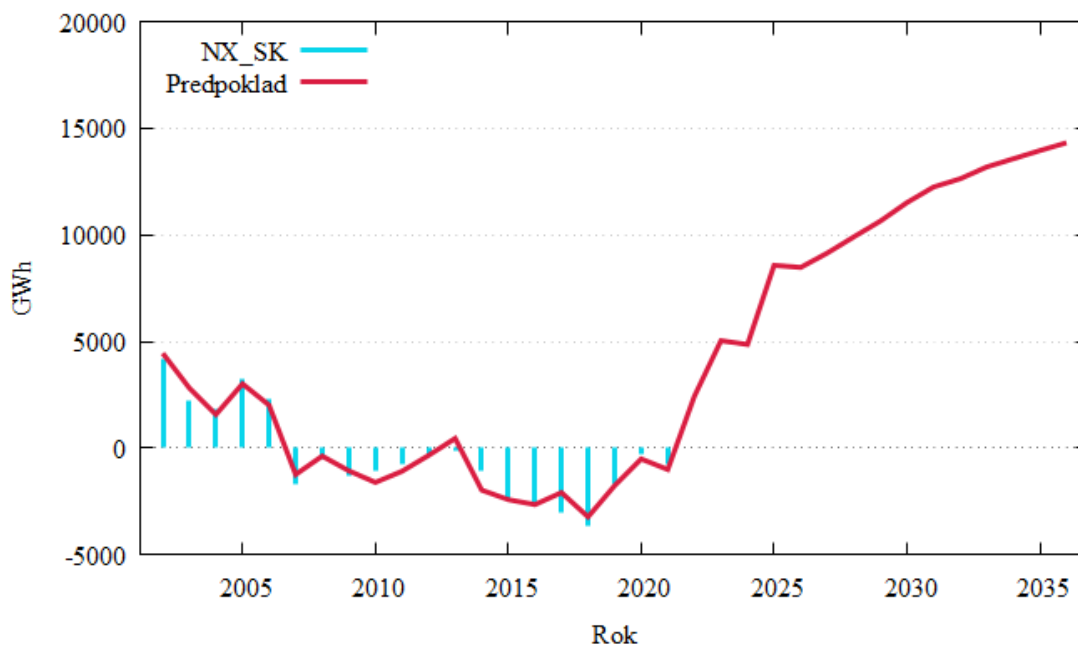
4.3.3 Predpoklad čistého exportu elektriny

Na predpokladanie čistého exportu elektriny využívame prognózu výroby na Slovensku podľa Referenčného scenára zo Správy o výsledkoch monitorovania bezpečnosti dodávok elektriny za 2021. Pre Maďarsko, Česko a Poľsko používame prognózy výroby z Referenčného scenára Európskej komisie na rok 2016, podľa ktorého sa vo všetkých štyroch krajinách očakáva postupný nárast výroby. Pre Ukrajinu používame prognózu výroby podľa scenára Frozen policy zo správy DEA (2019), znížený o 30TWh z dôvodu straty uhoľných baní. Spotreba elektriny v Maďarsku, Česku a Poľsku je odhadovaná na základe jednotlivých Národných rozvojových plánov. Odhadovaná konečná spotreba elektriny na Ukrajine je prevzatá zo správy DEA (2019), podľa scenára Frozen policy. Rast HDP sme vypočítali na základe predpokladov OECD pre Maďarsko, Česko a Poľsko. Rast HDP Ukrajiny sme odhadli na základe pesimistických očakávaní Focus Economics (Reynolds, 2022) a súčasnom priebehu vojnového konfliktu na Ukrajine.

Výsledky navrhovaného modelu ukazujú prudký rast čistého vývozu elektriny zo Slovenska v rokoch 2022–2025 nasledovaný stabilným rastovým trendom do roku 2030 a

jeho následným spomalením do roku 2036 s čistým vývozom 8,6 TWh v roku 2025, 11,5 TWh v roku 2030 ukončený na úrovni 14,3 TWh v roku 2036.

Graf 1 Predpoklad čistého exportu elektriny zo Slovenska do roku 2036



Zdroj: Vlastné spracovanie

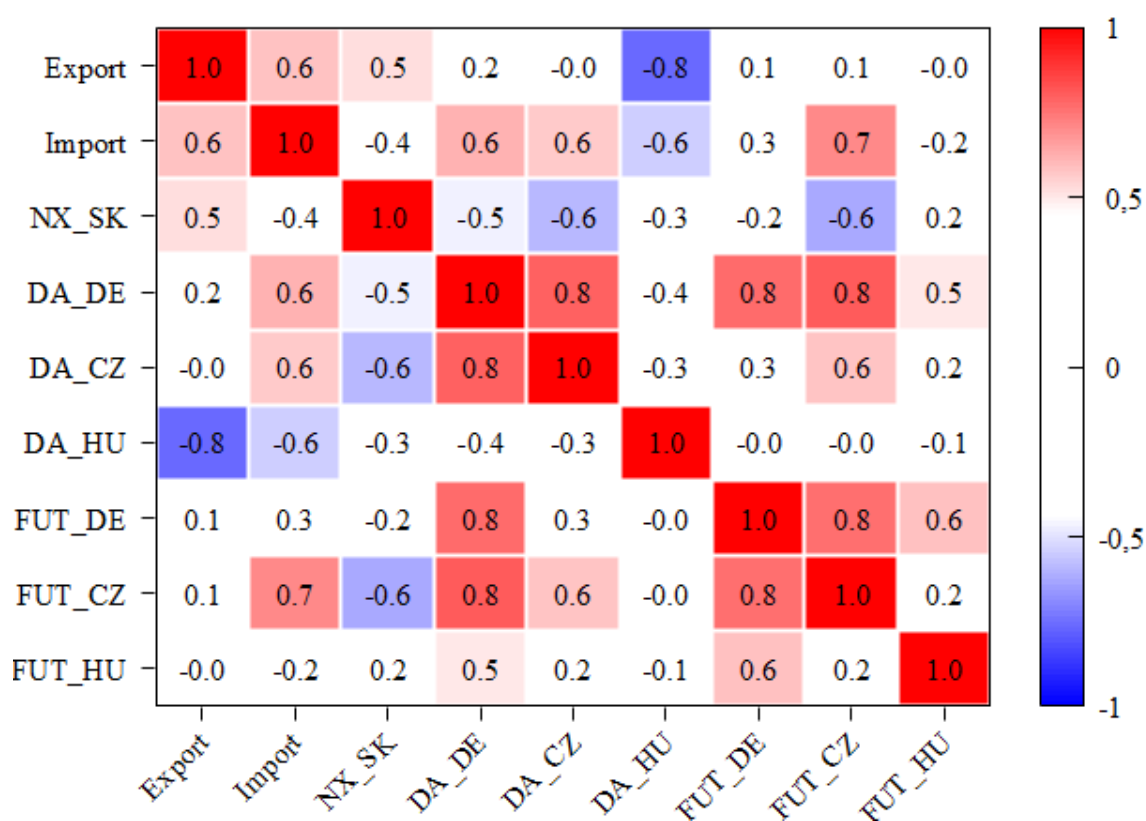
Dôvody prudkého rastu slovenského čistého exportu elektriny do roku 2025 sú spôsobené najmä rastom slovenskej výroby, ktorý predpokladá MH SR. Je to dôsledok uvedenia do prevádzky nových zdrojov energie, konkrétne bloku č. 3 EMO v roku 2023 a bloku č. 4 EMO v roku 2025. Následný rast je spôsobený zvýšením produkcie z obnoviteľných zdrojov. V roku 2033 môžeme pozorovať mierny výkyv v predpokladanom čistom exporte, príčinou je očakávané spustenie nového jadrového zdroja v Poľsku. V Poľsku a Česku sa očakáva v sledovanom období znižovanie kladnej bilancie až na vyrovnanú úroveň v roku 2036. Na Ukrajine, z dôvodu prudkého rastu produkcie elektriny najmä z uhoľných elektrární a nízkym tempom rastu spotreby sa očakáva kladná bilancia. Veľký vplyv na bilanciu Ukrajiny bude však mať ďalší priebeh a následky konfliktu na Ukrajine. V Maďarsku bude aj naďalej prítomná záporná bilancia, kde spotreba bude výrazne prevyšovať lokálnu výrobu, a to aj napriek rastu produkcie z jadrových zdrojov. Môže za to pokles produkcie z uhoľných a paroplynových elektrární a priemerný ročný rast spotreby okolo 0,9% od roku 2019. To určuje Maďarsko ako hlavný trh pre export elektriny zo Slovenska pri zachovaní existujúcej obchodnej a geografickej orientácie, ktorá je základným predpokladom pre testovanie modelu.

4.3.4 *Určenie konečných trhov*

V podkapitole 1.3.2 spomíname význam ceny elektriny ako faktora, ktorý má silný vplyv na smer toku zaťaženia. Ďalej sme zistili, že vďaka aplikáciám implicitných aukcií vzniká možnosť pre arbitráž na day-ahead a intraday trhoch. Ako prvý krok pre určenie konečných trhov sa tak zameriame na vzťah medzi importom, exportom a spreadmi priemerných ročných based day-ahead a futures cien.

Preto počítame korelačnú maticu, ktorá nám slúži na získanie prehľadu o platnosti vzťahov medzi cenou elektriny a jej vplyvom na export a import. Identifikujeme 3 krajiny (Česko, Maďarsko a Nemecko) z dôvodu ich významu pre ES SR. Prvé dve predstavujú hlavných obchodných partnerov Slovenska, Nemecko považujeme za kľúčového hráča na európskom trhu s elektrinou s dominantným postavením v našom regióne. Údaje pre import a export sme získali z EUROSTAT. Priemerné ročné based ceny elektriny na day-ahead trhoch sme prebrali z dokumentov jednotlivých národných organizátorov krátkodobého trhu s elektrinou (SK-OKTE, CZ-OTE, HU-HUDEX, DE-EPEX). Priemerné ročné based ceny elektriny na futures trhoch sme vypočítali na základe údajov, ktoré nám boli poskytnuté burzou PXE. Korelačnú maticu testujeme v období rokov 2010-2021 z dôvodu dostupnosti porovnateľných údajov pre výpočet spreadov.

Tabuľka 2 Korelačná matica v rokoch 2010-2021



Poznámka: **NX_SK** je čistý export elektriny, **DA_DE** je spread medzi based day-ahead cenou na Slovensku a v Nemecku, **DA_CZ** je spread medzi based day-ahead cenou na Slovensku a v Česku, **DA_HU** je spread medzi based day-ahead cenou na Slovensku a v Maďarsku, **FUT_DE** je spread medzi based futures cenou na Slovensku a v Nemecku, **FUT_CZ** je spread medzi based futures cenou na Slovensku a v Česku, **FUT_HU** je spread medzi based futures cenou na Slovensku a v Maďarsku

Zdroj: Vlastné spracovanie

Na základe odhadnutých korelačných koeficientov z našej korelačnej matice môžeme vyvodit' vzťahy medzi jednotlivými spreadmi a importom a exportom elektriny. Dané vzťahy nám následne pomôžu pri stanovení konečných trhov slovenského exportu. Vidíme, že zvýšenie kladného day-ahead spreadu (cena elektriny na Slovensku je vyššia) znamená zvýšenie importu elektriny na Slovensko. Zvýšenie záporného spreadu (cena elektriny na Slovensku je nižšia) naopak spôsobuje zvýšenie exportu. Môžeme si všimnúť protichodnú koreláciu medzi záporným spreadom (**DA_HU**) a importom. Príčinou sú práve tranzitné toky smerujúce z oblastí s nižšou cenovou úrovňou do oblastí s vyššou. Vývoj futures cien elektriny nekoreluje s exportom ani importom. Predpokladáme, že dôvodom je využívanie futures trhov skôr na zaistenie vyrovnanosti bilancie ES jednotlivých štátov než na arbitráž. **FUT_CZ** však silno koreluje s importom čo súvisí s protichodnou koreláciou voči **NX_SK**. Z daného môžeme usúdiť, že importná bilancia SR je pokrývaná najmä

dovozom z Čiech, kde pri raste kladného spreadu rastie import a klesá NX_SK. Medzi spreadmi DA_DE a FUT_DE, a DA_CZ a FUT_CZ vidíme silné pozitívne korelácie. Môžeme teda predpokladať, že cena elektriny na day-ahead trhu bude vychádzať z ceny futures.

Dané odhadnuté vzťahy na základe korelačnej matice nám umožňujú predpokladať konečné trhy exportu elektriny. Z tohto dôvodu porovnávame spready pre jednotlivé krajiny voči Slovensku v najbližších rokoch na základe dát z EEX zo dňa 28. februára 2023 a 31. marca 2023 pre ročné baseload futures. Krajiny sme vybrali na základe príslušnosti k regiónu CCE a CSE, významnosti pre PS SR a dostupnosti dát na burze.

Tabuľka 3 Spready elektriny v rokoch 2024-2026

Krajiny	28.2.2023			31.3.2023		
	2024	2025	2026	2024	2025	2026
Bulharsko	10,87	-	-	10,00	-	-
Česko	6,54	3,55	3,25	9,50	3,45	2,60
Maďarsko	-3,13	-1,00	-1,00	-4,00	-1,00	-1,00
Nemecko	7,04	5,25	4,75	8,00	4,75	4,00
Poľsko	-1,17	2,50	-	7,85	5,85	-
Rakúsko	-3,29	-4,75	-5,25	-3,58	-5,75	-6,00
Rumunsko	3,87	-	-	3,00	-	-
Slovinsko	-3,13	-	-	-4,00	-	-
Srbsko	-4,13	-	-	-5,00	-	-

Zdroj: Vlastné spracovanie

Na základe našich výsledkov v tabuľke môžeme ľahko určiť konečné trhy exportu elektriny zo SR. Záporný spread pozorujeme v sledovanom období v porovnaní s Maďarskom, Rakúskom, Slovinskom a Srbskom. Spread je zároveň dostatočne vysoký aby prekonal náklady na prenos. Predpokladáme, že práve tieto krajiny budú na základe našich výsledkov v rokoch 2024-2026 importovať elektrinu zo Slovenska. Pri pozorovaní mesačných hodnôt sme si všimli vyššiu volatilitu cenovej úrovne v Rumunsku. Ako spomíname v podkapitole 1.2.1 môže to mať za následok prípadná vyššia variabilita dopytu v krajine. To môže znamenať, že aj keď ročný spread je kladný, Slovensko stále môže byť čistým exportérom do Rumunska z dôvodu očakávania viacerých mesiacov v roku so

záporným spreadom ako mesiacov s kladným. Nemecko, Česko a Poľsko ako krajiny s kladným spreadom budú predstavovať možnú limitáciu exportu zo Slovenska z dôvodu tranzitných tokov, ktoré budú zaťažovať PS SR, do oblastí so záporným spreadom. Bulharsko predstavuje len potenciálny trh pre slovenský export, v opačnom prípade neočakávame jeho vplyv na PS SR. Podmienkou pre náš predpoklad je zachovanie súčasných podmienok a očakávaní na európskom trhu s elektrinou.

Výsledky našej práce porovnávame s názormi iných autorov. Pozorujeme, že koeficienty korelácie v našej Tabuľke 1, sa zhodujú s teóriami viacerých autorov. Zmieniť môžeme napríklad zistenia Hakkio a Nie (2014), ktorí pozorovali na príklade USA, že rast výroby vedie k rastu exportu a poklesu dovozu. Zhodné vzťahy môžeme pozorovať aj v našej tabuľke, kde výroba pozitívne koreluje s exportom a buď nekoreluje alebo koreluje protichodne s importom. Zlatinov vo svojej práci na príklade Bulharska pozoruje zhodne silné korelácie medzi spotrebou a importom, spotrebou a rastom HDP a výrobou a exportom. Korelácia medzi spotrebou a rastom HDP je v našej tabuľke silná a zhoduje sa tak s názormi či už Odhiamba (2014) alebo Chandrana, Sharma a Madhavana (2010), že práve z dlhodobého hľadiska spotreba závisí od HDP.

Správnosť našej regresnej rovnice sme overili viacerými testami ako Ramsey's Reset Test, Durbin-Watson, Breusch-Pagan či VIF test. Hodnoty všetkých testov ako aj hodnoty p-value pre jednotlivé premenné nám dokázali, že naša regresná rovnica je správna a funkčná. Schopnosť modelu predpovedať čistý export sme dokázali aj pomocou retrospektívnej predpovede, ktorá nám ukázala, na 20 ročnom spätnom pozorovaní, minimálne rozdiely oproti skutočne nameraným hodnotám čistého exportu elektriny zo Slovenska.

Náš predpoklad čistého exportu elektriny je v roku 2026 mierne vyšší ako odhady MH SR, následný rast, ktorý výrazne prevyšuje odhady MH SR je spôsobený nižšou odhadovanou budúcou hodnotou spotreby elektriny v regióne ako MH SR predpovedá pre Slovensko. Na náš model taktiež vplývajú aj očakávané vysoké tranzitné toky. Vďaka týmto faktorom je náš odhad v období 2026-2036 optimistickejší ako odhady MH SR. Očakávaný export v roku 2030 odhadujú vo svojej práci aj Zabožnik a Hricovsky (2022). Ich odhady však môžeme označiť za pesimistické a v našej práci na základe údajov EK neočakávame tak silno negatívny vplyv súčasnej energetickej krízy. Zároveň očakávame výraznejší rast výroby z OZE, pre ktorých rozvoj bol silný impulz aj nedávny prudký rast cien energií.

Pomocou našej korelačnej matice sme dokázali, že day-ahead ceny narozdiel od cien futures, silno korelujú s importom resp. exportom. Súčasný význam day-ahead trhu pre

cezhraničné obchodovanie s elektrinou sme skúmali aj v podkapitole 4.1, kde sme dokázali, že vďaka zavádzaniu FB metódy a implicitných aukcií je na day-ahead trhu možná arbitráž. Z práce Benth, Kallsen a Meyer-Brandis (2007) vyplýva, že význam futures je v pokrývaní dlhodobých rozdielov medzi výrobou a spotrebou. Obchodníci na futures trhu nemôžu reagovať na náhle zmeny v cenách za elektrinu. Tento fakt len potvrdzuje správnosť nami vypočítaných hodnôt korelácie.

Nami odhadované konečné trhy slovenského exportu elektriny v Tabuľke 3 sú v súlade s odhadovaným smerom toku zaťaženia ENTSOE (2023a) či Zabojsnik a Hricovsky (2022). Zhodne sme určili, že trhy s elektrinou v regióne CSE budú dosahovať vyššiu cenovú úroveň ako v regióne CCE a v prípade Súbežne sme zhodne v súlade s predpokladmi ENTSOE (2023a) vypočítali exportnú bilanciu v sledovanom období pre Česko a Poľsko a importnú bilanciu pre Maďarsko. Rovnaké bilancie očakávajú aj spomínaný Zabojsnik a Hricovsky (2022). Zhodne s názormi Antweiler (2016) očakávame, že nami pozorovaná vyššia volatilita cien v Rumunsku oproti cenám na Slovensku spôsobí, že cena na Slovensku bude častejšie nižšia v porovnaní s Rumunskom, teda proexportná ako vyššia, a to aj napriek tomu, že priemerná ročná cena na Slovensku sa očakáva v porovnaní s Rumunskom vyššia. Naše predpoklady konečných trhov exportu elektriny zo Slovenska sú taktiež v súlade s názorom Ziesemera (2019) o vplyve gravitačného modelu obchodu na obchod s elektrinou. Krajiny, ktoré odhadujeme buď priamo hraničia so Slovenskom alebo s krajinou, ktorá so Slovenskom hraničí. Žiadna nami odhadovaná krajina sa nenachádza vo väčšej vzdialenosti ako nami vyššie určenej a preto neočakávame výraznejšie negatívne vplyvy, ktoré vyplývajú z predpokladov gravitačného modelu obchodu.

Naša práca otvára viacero ciest pre budúci výskum. Európske ciele pre ekologickú udržateľnosť a snaha o energetickú nezávislosť od Ruskej federácie budú mať zásadný vplyv na jednotný trh s elektrinou, ktorého význam aj aplikáciou implicitných aukcií bude ďalej rásť. Lepšie pochopenie vplyvov, ktoré poháňajú obchod s elektrinou a zistenie či týmito vplyvmi sú fundamenty alebo špekulatívne faktory, ako napríklad cena, môže pomôcť pri určení stratégií pre ďalší rozvoj jednotného trhu a zabezpečiť tak jeho účinnosť a významnosť. Možná aplikácia Heckscher-Ohlinovej teórie na rozmiestnenie zdrojov OZE v rámci jednotného trhu s elektrinou by mohla priniesť energetickej únii nižšie náklady a vyššiu produkciu zelenej elektriny. Práve v rámci energetickej únie pozorujeme neefektívnosť niektorých typov elektrární v jednotlivých štátoch, čo spôsobuje dodatočné zbytočné náklady pre jednotlivé ČŠ.

Jedným z obmedzení našej práce je použité časové rozpätie u korelačnej matice, pretože nám neumožňuje dostatočne presne kvantifikovať účinok spreadov na obchodovanie s elektrinou. Možné regulačné opatrenia, ktoré v súčasnosti európska legislatíva zakazuje, by mali na budúcom trhu s elektrinou, silný účinok na zmenu očakávaných tokov elektriny. Nezahrnutie regulácií do nášho modelu tak môže skresľovať naše výsledné hodnoty aj vzhľadom na možné historické vplyvy regulácií na zahraničný obchod s elektrinou. Faktor regulácie sme do nášho modelu nezahrnuli z dôvodu historicky importnej obchodnej bilancie, kde jeho vplyvy nie sú jasne viditeľné.

Záver

Predstavili sme rôzne pohľady vedcov a ekonómov na výhody a nevýhody jednotlivých metód výpočtu a alokácie prenosových kapacít. Zistili sme, že metódou FB dokážeme vypočítať vyššiu prenosovú kapacitu ako metódou ATC, ktorá je bližšie k reálnym možnostiam systému, čo vytvára viac obchodných príležitostí. Implicitné aukcie sú pre alokáciu prenosových kapacít výhodnejšie ako explicitné, vďaka vyššej efektívnosti umožňujú väčšie objemy cezhraničného obchodu, ktoré sú zároveň alokované správnym smerom. Takéto vlastnosti umožňujú arbitráž a majú za následok aj rast blahobytu. Môžeme tak zhodnotiť, že obchodných príležitostí v rámci jednotného trhu s elektrinou, aplikáciou daných metód, pribúda.

Analýzou predpokladov pre výrobu a spotrebu elektriny na Slovensku sme určili, že Slovensko bude dosahovať vyššiu výrobu elektriny ako spotrebu. Stanovili sme tak exportný potenciál Slovenska, ktorého objem sme následne bližšie určili pomocou regresnej rovnice. Na jej zostavenie sme empiricky analyzovali faktory, ktoré podľa rôznych odborníkov majú vplyv na spotrebu, export a import elektriny. Vzťah jednotlivých faktorov k daným premenným sme overili v podmienkach jednotlivých krajín regiónov CCE a CSE. Všimli sme si významné vzťahy medzi výrobou a vývozom, spotrebou a dovozom a ekonomickým rastom a spotrebou. Následne sme tak na základe týchto vzťahov vytvorili regresnú rovnicu.

Rovnicu sme skúmali v rámci regiónu Česko, Poľsko, Ukrajina a Maďarsko na základe gravitačného modelu obchodu a existencie prepojenia PS jednotlivých krajín s ES SR. Regresnú rovnicu sme úspešne testovali a mohli sme tak akceptovať naše výsledky, na základe ktorých sme predpokladali čistý export elektriny zo Slovenska. Predpokladali sme výrazný rast čistého exportu až na úroveň 14,3 TWh v roku 2036.

Každá ponuka však potrebuje dopyt. Z tohto dôvodu sa snažíme na základe spreadov určiť konečné trhy pre export zo Slovenska. Krajiny s kladným spreadom sme určili ako krajiny exportné, zatiaľ čo krajiny so záporným spreadom sme určili ako importné. Následne sme tak vyrátali spready na základe futures cien pre dostupné obdobie a určili sme Maďarsko, Rakúsko, Slovinsko, Srbsko a Rumunsko ako krajiny, do ktorých bude smerovať export zo Slovenska.

Zároveň je veľmi dôležitým faktorom pre realizáciu prognóz technická možnosť prenosu elektriny zo Slovenska do nami určených krajín. Takáto možnosť je základným predpokladom pre úspešnú realizáciu našich očakávaní.

Vďaka uvedeniu do prevádzky nových cezhraničných vedení na hranici SK-HU, prenosová kapacita v exportnom smere narástla až na 3489 MW. Za predpokladu 100-percentného zaťaženia a bez tranzitných tokov elektriny, prenosové kapacity umožnia slovenskému exportu elektriny prekročiť až 30 TWh ročne. ENTSOE identifikuje potrebu navýšenia prenosovej kapacity na hranici HU-RO, táto potreba navýšenia kapacity o 2027 MW bude plne pokrytá Projektom 259. So závermi ENTSOE očakávame ďalej aj pokrytie potreby na navýšenie prenosovej kapacity do Slovinska (Projekt 320) a Srbska (Projekty 144, 243, 341 a 1074). Export do Rakúska môže viesť aj cez ES Českej republiky, kde na hranici SK-CZ očakávame cezhraničnú prenosovú kapacitu v exportnom smere na úrovni približne 2950 MW. Neočakávame, že objem tranzitných tokov v sledovanom období výrazne presiahne súčasné hodnoty a zapríčini tak preťaženie PS SR. Preto sa prognózy s využitím navrhovaného modelovacieho prístupu v tomto dokumente zdajú plne realistické, ak bude pokračovať liberalizácia trhu s energiou a trh s elektrinou v daných regiónoch sa bude vyvíjať podľa očakávaní. Do budúcnosti by bolo zaujímavé sledovať aké javy poháňajú obchod s elektrinou v EÚ a vytvoriť tak analýzu, na základe ktorej by bolo možné určiť stratégie pre ďalší rozvoj jednotného trhu s elektrinou.

V bakalárskej práci sme poukázali na exportný potenciál pre Slovensko v oblasti cezhraničného obchodu s elektrinou a ako najvýznamnejších konečných odberateľov sme určili Rakúsko, Maďarsko, Slovinsko, Srbsko a Rumunsko. Očakávame, že cezhraničné prenosové kapacity medzi jednotlivými PS budú dostačujúce pre nami predpokladaný objem exportu. Naša práca bude prínosná pre obchodné spoločnosti, ktoré na jej základe budú schopné stanoviť dlhodobú stratégiu pre obchodovanie s elektrinou. možno konštatovať že

Naším cieľom bolo zmapovať súčasný cezhraničný obchod s ohľadom na spready, ale aj technické podmienky a identifikovať obchodný potenciál na tomto trhu pre slovenské obchodné spoločnosti a na základe výsledkov našej práce môžeme konštatovať, že sa nám náš cieľ podarilo splniť. Úspešne sme zmapovali súčasnú situáciu a identifikovali sme obchodný potenciál na trhu s elektrinou pre slovenské obchodné spoločnosti až do roku 2036. V našej práci sme zároveň brali ohľad na spready a aj technické podmienky, ktoré sú pre realizáciu našich predpokladov hlavným limitujúcim faktorom, keďže stanovujú maximálnu možnú hodnotu exportu zo SR.

Zoznam použitej literatúry

- [1] AL-SHOBAKI, S. - MOHSEN, M. 2008. Modeling and forecasting of electrical power demands for capacity planning. *Energy Conversion and Management* [online]. **49**(11), 3367-3375 [cit. 2023-03-15]. ISSN 01968904. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.enconman.2008.05.005
- [2] ANTWEILER, W. 2016. Cross-border trade in electricity. *Journal of International Economics* [online]. **101**, 42-51 [cit. 2023-02-10]. ISSN 00221996. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.jinteco.2016.03.007
- [3] BATALLA, J. – PANIAGUA, J. - TRUJILLO-BAUTE, E. 2019. *Energy Market Integration and Electricity Trade* [online]., **8**(2) [cit. 2023-02-10]. ISSN 21605882. Dostupné na internete: doi:10.5547/2160-5890.8.2.jbat
- [4] BENTH, F. – KALLSEN, J. - MEYER-BRANDIS, T. 2007. A Non-Gaussian Ornstein–Uhlenbeck Process for Electricity Spot Price Modeling and Derivatives Pricing. *Applied Mathematical Finance* [online]. **14**(2), 153-169 [cit. 2023-03-22]. ISSN 1350-486X. Dostupné na internete: doi:10.1080/13504860600725031
- [5] BISKAS, P. – CHATZIGIANNIS, D. - BAKIRTZIS, A. 2014. European Electricity Market Integration With Mixed Market Designs—Part I: Formulation. *IEEE Transactions on Power Systems* [online]. **29**(1), 458-465 [cit. 2023-02-05]. Dostupné na internete: doi:10.1109/TPWRS.2013.2245923
- [6] BJØRNDAL, E. – BJØRNDAL, M. - CAI, H. 2018. Flow-Based Market Coupling in the European Electricity Market – A Comparison of Efficiency and Feasibility. *NHH Department of Business and Management Science Discussion Paper* [online]. Bergen, Norway: FOR [cit. 2023-02-05]. ISSN 1500-4066. Dostupné na internete: <http://hdl.handle.net/11250/2569298>
- [7] BORENSTEIN, S. – BUSHNELL, J. - STOFT, S. 2000. The Competitive Effects of Transmission Capacity in a Deregulated Electricity Industry. *The RAND Journal of Economics* [online]. **31**(2) [cit. 2023-02-10]. ISSN 07416261. Dostupné na internete: doi:10.2307/2601042
- [8] BUNN, D. - CHEN, D. 2013. The forward premium in electricity futures. *Journal of Empirical Finance* [online]. **23**, 173-186 [cit. 2023-02-10]. ISSN 09275398. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.jempfin.2013.06.002
- [9] BURINSKIENĖ, M. - RUDZKIENĖ, V. 2009. FUTURE INSIGHTS, SCENARIOS AND EXPERT METHOD APPLICATION IN SUSTAINABLE TERRITORIAL PLANNING. *Technological and Economic Development of Economy* [online]. **15**(1), 10-25 [cit. 2023-02-05]. ISSN 2029-4913. Dostupné na internete: doi:10.3846/1392-8619.2009.15.10-25
- [10] BURINSKIENĖ, M. – RUDZKIS, P. 2010. FEASIBILITY OF THE LIBERAL ELECTRICITY MARKET UNDER CONDITIONS OF A SMALL AND IMPERFECT MARKET. THE CASE OF LITHUANIA. *Technological and*

Economic Development of Economy [online]. **16**(3), 555-566 [cit. 2023-02-05]. ISSN 20294913. Dostupné na internete: doi:10.3846/tede.2010.34

- [11] CONSENTEC & FRONTIER ECONOMICS. 2004. *Analysis of Cross-Border Congestion Management Methods for the EU Internal Electricity Market* [online]. Aachen, Londýn: Consentec GmbH & Frontier Economics Limited, [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: https://www.consentec.de/wp-content/uploads/2011/12/EC_CongMgmt_Final_Rpt_June2004.pdf
- [12] COSTA-CAMPI, M. – PANIAGUA, J. - TRUJILLO, E. 2018. Is energy market integration a green light for FDI?. *The Energy Journal* [online]. **39**(01) [cit. 2023-02-27]. ISSN 01956574. Dostupné na internete: doi:10.5547/01956574.39.SI1.mcos
- [13] CRETI, A. – FUMAGALLI, E. - FUMAGALLI, El. 2010. Integration of electricity markets in Europe: Relevant issues for Italy. *Energy Policy* [online]. **38**(11), 6966-6976 [cit. 2023-02-10]. ISSN 03014215. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.enpol.2010.07.013
- [14] DA SILVA, P. - CERQUEIRA, P. 2017. Assessing the determinants of household electricity prices in the EU: a system-GMM panel data approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. **73**, 1131-1137 [cit. 2023-02-10]. ISSN 13640321. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.rser.2017.02.016
- [15] DANISH ENERGY AGENCY. 2019. Long-term Energy Modelling and Forecasting in Ukraine: Scenarios for the Action Plan of Energy Strategy of Ukraine until 2035 [online]. Kyiv-Copenhagen, Final Report, 52 s. [cit. 2023-04-04]. Dostupné na internete: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/long-term_energy_modelling_and_forecasting_in_ukraine_english.pdf
- [16] DE MENEZES, L. – HOULLIER, M. 2016. Reassessing the integration of European electricity markets: A fractional cointegration analysis. *Energy Economics* [online]. **53**, 132-150 [cit. 2023-02-10]. ISSN 01409883. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.eneco.2014.10.021
- [17] DEL MONTE, M. 2013. The Cost of Non-Europe in the Single Market for Energy. European Added Value Unit [online]. European Parliament, 48 s. [cit. 2023-02-27]. Dostupné na internete: doi:10.2861/20067
- [18] DIECKMANN, B. 2008. *Engpassmanagement im Europäischen Strommarkt* [online]. 205 s. [cit. 2023-03-15]. Dostupné na internete: https://repositorium.uni-muenster.de/document/miami/7332320a-dab4-48e8-a0f9-4775b7d8ec50/diss_dieckmann.pdf
- [19] DROSTE-FRANKE, B. et al. 2012. *Balancing Renewable Electricity* [online]. Springer, 253 s. [cit. 2023-03-15]. Dostupné na internete: doi:10.1007/978-3-642-25157-3

- [20] DUPUIS, D. – GAUTHIER, G. - GODIN, F. 2016. Short-term Hedging for an Electricity Retailer. *The Energy Journal* [online]. 37(2) [cit. 2023-02-10]. ISSN 01956574. Dostupné na internete: doi:10.5547/01956574.37.2.ddup
- [21] ECONOMIC CONSULTING ASSOCIATES. 2015. *European Electricity Forward Markets and Hedging Products: State of Play and Elements for Monitoring* [online]. 204 s. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: https://www.acer.europa.eu/en/Electricity/Market%20monitoring/Documents_Public/ECA%20Report%20on%20European%20Electricity%20Forward%20Markets.pdf
- [22] EHRENMANN, A. - NEUHOFF, K. 2009. A Comparison of Electricity Market Designs in Networks. *Operations Research* [online]. JSTOR, 57(2), 274-286 [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <http://www.jstor.org/stable/25614751>
- [23] EMERSON, S. 2002. *California's Electric Deregulation and Its Implications* [online]. 7(1), 19-31 [cit. 2023-02-05]. ISSN 1087-724X. Dostupné na internete: doi:10.1177/1087724X02007001002
- [24] ENERGINET.DK et al. 2014. Methodology and concepts for the Nordic Flow-Based Market Coupling Approach. *Technical Report* [online]. [cit. 2023-02-05]. Dostupné na internete: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/tiedotteet/sahkomarkkinat/2015/methodology-and-concepts-for-the-nordic-flow-based-market-coupling-approach.pdf>
- [25] EPEX SPOT SE. 2018. *Cross-Border Intraday: Questions and Answers* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.epexspot.com/document/40068/XBID%20Q%26A>
- [26] EPEX. 2022. *Basics of the Power Market* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.epexspot.com/en/basicspowermarket#day-ahead-and-intraday-the-backbone-of-the-european-spot-market>
- [27] EURÓPSKA KOMISIA. 2007. Vyšetrovanie podľa článku 17 nariadenia (ES) č. 1/2003 v odvetviach plynárenstva a elektrickej energie v Európe (záverečná správa). In: *KOM(2006) 851 v konečnom znení* [online]. Brusel , Belgicko [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A52006DC0851>
- [28] EURÓPSKA KOMISIA. 2014. Progress towards completing the Internal Energy Market. In: *COM (2014) 634 Final* [online]. Brusel, Belgicko [cit. 2023-02-10].
- [29] EURÓPSKA KOMISIA. 2017. Third report on the state of the energy union. In: *COM(2017) 688 final* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0688&from=EN>
- [30] EURÓPSKA KOMISIA. 2021. OZNÁMENIE KOMISIE EURÓPSKEMU PARLAMENTU, RADE, EURÓPSKEMU HOSPODÁRSKEMU A SOCIÁLNEMU VÝBORU A VÝBORU REGIÓNOV: „Fit for 55“: plnenie cieľa

EÚ v oblasti klímy do roku 2030 na ceste ku klimatickej neutralite. *COM(2021) 550 final* [online]. Brusel, Belgicko, 18 s. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: https://www.minzp.sk/files/oblasti/politika-zmeny-klimy/oznamenie_celex-52021dc0550-sk-txt.pdf

- [31] EURÓPSKA SIEŤ PREVÁDZKOVATEĽOV PRENOSOVÝCH SÚSTAV ELEKTRINY. 2001. Definitions of Transfer Capacities in Liberalized Electricity Markets. In: *ENTSOE* [online]. Brussels, Belgium [cit. 2023-02-05]. Dostupné na internete: https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/pre2015/ntc/entsoe_transferCapacityDefinitions.pdf
- [32] EURÓPSKA SIEŤ PREVÁDZKOVATEĽOV PRENOSOVÝCH SÚSTAV ELEKTRINY. 2018. Methodology: Flow-Based Market Coupling. In: *ENTSOE* [online]. Brussels, Belgium [cit. 2023-02-05].
- [33] EURÓPSKA SIEŤ PREVÁDZKOVATEĽOV PRENOSOVÝCH SÚSTAV ELEKTRINY. 2022a. *Single Day-ahead Coupling (SDAC)* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: https://www.entsoe.eu/network_codes/cacm/implementation/sdac/
- [34] EURÓPSKA SIEŤ PREVÁDZKOVATEĽOV PRENOSOVÝCH SÚSTAV ELEKTRINY. 2022b. *Single Intraday Coupling (SIDC)* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: https://www.entsoe.eu/network_codes/cacm/implementation/sidc/
- [35] EURÓPSKA SIEŤ PREVÁDZKOVATEĽOV PRENOSOVÝCH SÚSTAV ELEKTRINY. 2023a. *TYNDP 2022: Regional Investment Plan, Continental Central East* [online]. 89 s. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/tyndp-documents/TYNDP2022/public/RegIP-2022-CCE.pdf>
- [36] EURÓPSKA SIEŤ PREVÁDZKOVATEĽOV PRENOSOVÝCH SÚSTAV ELEKTRINY. 2023b. *TYNDP 2022: Regional Investment Plan, Continental South East* [online]. 52 s. [cit. 2023-04-10]. Dostupné na internete: <https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/tyndp-documents/TYNDP2022/public/RegIP-2022-CSE.pdf>
- [37] FEHR, N. – AMUNDSEN, E. - BERGMAN, L. 2005. The Nordic Market: Signs of Stress?. *The Energy Journal* [online]. **26**, 71-98 [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: doi:10.2307/23297007
- [38] FILIPPINI, M. 1999. Swiss residential demand for electricity. *Applied Economics Letters* [online]. **6**(8), 533-538 [cit. 2023-03-20]. ISSN 1350-4851. Dostupné na internete: doi:10.1080/135048599352880
- [39] GEBHARDT, G. - HOFFLER, F. 2013. How Competitive is Cross-border Trade of Electricity? Theory and Evidence from European Electricity Markets. *The Energy Journal* [online]. **34**(1) [cit. 2023-02-10]. ISSN 01956574. Dostupné na internete: doi:10.5547/01956574.34.1.6

- [40] GOOP, J. – ODENBERGER, M. - JOHNSON, F. 2017. The effect of high levels of solar generation on congestion in the European electricity transmission grid. *Applied Energy* [online]. **205**, 1128-1140 [cit. 2023-02-10]. ISSN 03062619. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.apenergy.2017.08.143
- [41] HAKKIO, C.- NIE, J. 2014. Implications of recent U.S. energy trends for trade forecasts. *Economic Review* [online]. Federal Reserve Bank of Kansas City, (Q IV), s. 29-51 [cit. 2023-03-15].
- [42] HELPMAN, E. - KRUGMAN, P. 1985. *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*. Cambridge, MA: The MIT Press, ISBN 9780262580878.
- [43] HOGAN, W. 2002. Electricity Market Restructuring: Reforms of Reforms. *Journal of Regulatory Economics* [online]. **21**(1), 103-132 [cit. 2023-02-10]. ISSN 0922680X. Dostupné na internete: doi:10.1023/A:1013682825693
- [44] HOLMBERG, P. 2011. Strategic Forward Contracting in the Wholesale Electricity Market. *The Energy Journal* [online]. **32**(1) [cit. 2023-02-10]. ISSN 01956574. Dostupné na internete: doi:10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol32-No1-7
- [45] CHANDRAN, V. – SHARMA, S. - MADHAVAN, K. 2010. Electricity consumption–growth nexus: The case of Malaysia. *Energy Policy* [online]. **38**(1), 606-612 [cit. 2023-03-15]. ISSN 03014215. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.enpol.2009.10.013
- [46] CHEMIŠINEC, I. et al. 2010. *Obchod s elektrinou* [online]. Praha: Conte, 201 s. [cit. 2023-02-26]. ISBN 978-80-254-6695-7. Dostupné na internete: <https://docplayer.cz/20694285-Obchod-s-elektřinou-igor-chemisinec-miroslav-marvan-jakub-necesany-tomas-sykora-jiri-tuma.html>
- [47] IGNACIO PEÑA, J. - RODRÍGUEZ, R. 2022. Market Makers and Liquidity Premium in Electricity Futures Markets. *The Energy Journal* [online]. **43**(2) [cit. 2023-02-10]. ISSN 01956574. Dostupné na internete: doi:10.5547/01956574.43.2.jpen
- [48] ILIC, M. – GALIANA, F. - FINK, L. 1998. *Power Systems Restructuring: Engineering and Economics* [online]. Kluwer Academic Publishers, [cit. 2023-02-05]. ISBN 978-1-4757-2883-5. Dostupné na internete: doi:10.1007/978-1-4757-2883-5
- [49] JACOTTET, A. 2012. Cross-border electricity interconnections for a well functioning EU Internal Electricity Market. Oxford Energy Comment [online]. Oxford Institute for Energy Studies., 17 s. [cit. 2023-02-27]. Dostupné na internete: https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:1f610d1c-9edc-49c1-a437-6179ee932ea8/download_file?file_format=application%2Fpdf&safe_filename=Cross-border-electricity-interconnections.pdf&type_of_work=Working+paper
- [50] JAMASB, T. - POLLITT, M. 2005. Electricity Market Reform in the European Union: Review of Progress toward Liberalization & Integration. *The Energy*

Journal [online]. **26**, 11-42 [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <http://www.jstor.org/stable/23297005>

- [51] JULLIEN, C. et al. 2012. Coordinating cross-border congestion management through auctions: An experimental approach to European solutions. *Energy Economics* [online]. **34**(1), 1-13 [cit. 2023-02-10]. ISSN 01409883. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.eneco.2011.08.017
- [52] KANNAVOU, M. – ZAMPARA, M. - CAPROS, P. 2019. Modelling the EU Internal Electricity Market: The PRIMES-IEM Model. *Energies* [online]. **12**(15) [cit. 2023-02-05]. Dostupné na internete: doi:10.3390/en12152887
- [53] KATH, Ch. 2019. Modeling Intraday Markets under the New Advances of the Cross-Border Intraday Project (XBID): Evidence from the German Intraday Market. *Energies* [online]. **12**(22) [cit. 2023-02-10]. ISSN 1996-1073. Dostupné na internete: doi:10.3390/en12224339
- [54] KIRSCHEN, D. 2003. Demand-side view of electricity markets. *IEEE Transactions on Power Systems* [online]. **18**(2), 520-527 [cit. 2023-03-20]. ISSN 0885-8950. Dostupné na internete: doi:10.1109/TPWRS.2003.810692
- [55] KLADNIK, B. et al. 2010. Opis metode koordiniranega dodeljevanja čezmejnih prenosnih zmogljivosti na podlagi pretokov moči. *Elektrotehniški vestnik* [online]. **77**(5), 305-312 [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://ev.fe.uni-lj.si/5-2010/Kladnik.pdf>
- [56] KOENIG, P. 2011. Modelling Correlation in Carbon and Energy Markets. *EPRG Working Paper 1107; Cambridge Working Paper in Economics 1123* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.econ.cam.ac.uk/research-files/repec/cam/pdf/cwpe1123.pdf>
- [57] KOLEKTIV AUTORŮ. 2016. *Trh s elektřinou: úvod do liberalizované energetiky* [online]. 2. vyd. Praha: Asociace energetických manažerů, 548 s. [cit. 2023-02-26]. ISBN 978-80-260-9212-4. Dostupné na internete: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/kniha-trh-s-elektrinou.pdf>
- [58] KRISTIANSEN, T. 2007. Cross-border transmission capacity allocation mechanisms in South East Europe. *Energy Policy* [online]. **35**(9), 4611-4622 [cit. 2023-02-10]. ISSN 03014215. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.enpol.2007.03.020
- [59] KU LEUVEN ENERGY INSTITUTE. 2015. Cross-border electricity trading: towards flow-based market coupling. *EI-FACT SHEET* [online]. (2), 1-5 [cit. 2023-02-05]. Dostupné na internete: https://set.kuleuven.be/ei/factsheet9/at_download/file
- [60] LAM, L. – ILEA, V. - BOVO, C. 2018. European day-ahead electricity market coupling: Discussion, modeling, and case study. *Electric Power Systems Research* [online]. (155), 80-92 [cit. 2023-02-05]. ISSN 0378-7796. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.epsr.2017.10.003

- [61] MAKRYGIORGOU, D. et al. 2020. Cross-Border Electricity Trading in Southeast Europe Towards an Internal European Market. *Energies* [online]. **13**(24) [cit. 2023-02-05]. ISSN 1996-1073. Dostupné na internete: doi:10.3390/en13246653
- [62] MEEUS, L. 2011. Implicit auctioning on the Kontek Cable: Third time lucky?. *Energy Economics* [online]. **33**(3), 413-418 [cit. 2023-03-15]. ISSN 01409883. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.eneco.2010.10.008
- [63] MEEUS, L. et al. 2009. Market coupling and the importance of price coordination between power exchanges. *Energy* [online]. **34**(3), 228-234 [cit. 2023-02-10]. ISSN 03605442. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.energy.2008.04.013
- [64] MINISTERSTVO HOSPODÁRSTVA SR. 2014. *Návrh Energetickej politiky Slovenskej republiky* [online]. 106 s. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://rokovania.gov.sk/RVL/Material/11327/1>
- [65] MINISTERSTVO HOSPODÁRSTVA SR. 2019. *Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021 - 2030* [online]. 339 s. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.economy.gov.sk/energetika/navrh-integrovaneho-narodneho-energetickeho-a-klimatickeho-planu>
- [66] MINISTERSTVO HOSPODÁRSTVA SR. 2021. *Plán pripravenosti Slovenskej republiky na riziká v sektore elektrickej energie* [online]. 33 s. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.mhsr.sk/energetika/energeticka-politika/plan-pripravenosti-slovenskej-republiky-na-rizika-v-sektore-elektrickej-energie>
- [67] MINISTERSTVO HOSPODÁRSTVA SR. 2022. *Správa o výsledkoch monitorovania bezpečnosti dodávok elektriny za 2021* [online]. 58 s. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.mhsr.sk/energetika/energeticka-politika/sprava-o-vysledkoch-monitorovania-bezpecnosti-dodavok>
- [68] MOHAMMED, O. et al. 2019. Available transfer capability calculation methods: A comprehensive review. *International Transactions on Electrical Energy Systems* [online]. **29**(6) [cit. 2023-02-05]. ISSN 2050-7038. Dostupné na internete: doi:10.1002/2050-7038.2846
- [69] MOHD ISA, A. – NIIMURA, T. - YOKOYAMA, R. 2008. Multicriteria transmission congestion management by load curtailment and generation redispatch in a deregulated power system. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering* [online]. **3**(5), 524-529 [cit. 2023-02-05]. ISSN 19314973. Dostupné na internete: doi:10.1002/tee.20308
- [70] NARAYAN, P. - SMYTH, R. 2005. Electricity consumption, employment and real income in Australia evidence from multivariate Granger causality tests. *Energy Policy* [online]. **33**(9), 1109-1116 [cit. 2023-03-15]. ISSN 03014215. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.enpol.2003.11.010

- [71] *NARIADENIE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1228/2003* [online]. [cit. 2023-03-08]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R1228&from=EN>
- [72] *NARIADENIE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ) 2019/941* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0941&from=EN>
- [73] *NARIADENIE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ) 2019/942* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0942&qid=1676049586139&from=EN>
- [74] *NARIADENIE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ) 2019/943* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0943&from=EN>
- [75] *NARIADENIE KOMISIE (EÚ) 2015/1222, ktorým sa stanovuje usmernenie pre prideľovanie kapacity a riadenie preťaženia* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1222&from=DE>
- [76] NELLO, S. 2009. *The European Union: Economics, Policies and History* [online]. 2. McGraw-Hill, 514 s. [cit. 2023-03-15]. ISBN 9780077118136.
- [77] NEWBERY, D. 1995. Power Markets and Market Power. *The Energy Journal* [online]. **16**(3) [cit. 2023-02-10]. ISSN 01956574. Dostupné na internete: [doi:10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol16-No3-2](https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol16-No3-2)
- [78] NORD POOL. 2020. *Intraday market* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.nordpoolgroup.com/en/the-power-market/Intraday-market/>
- [79] ODHIAMBO, N. 2014. Electricity Consumption, Exports, and Economic Growth in the Democratic Republic of Congo: An ARDL-Bounds Testing Approach. *The Journal of Developing Areas* [online]. **48**(4), 189-207 [cit. 2023-03-15]. ISSN 1548-2278. Dostupné na internete: [doi:10.1353/jda.2014.0069](https://doi.org/10.1353/jda.2014.0069)
- [80] OURIACHI, A. - SPATARU, C. 2015. Integrating regional electricity markets towards a single European market. *2015 12th International Conference on the European Energy Market (EEM)* [online]. IEEE, s. 1-5 [cit. 2023-02-10]. ISBN 978-1-4673-6692-2. Dostupné na internete: [doi:10.1109/EEM.2015.7216603](https://doi.org/10.1109/EEM.2015.7216603)
- [81] PEÑA, J. - RODRÍGUEZ, R. 2022. Market Makers and Liquidity Premium in Electricity Futures Markets. *Energy Journal* [online]. **43**(2), 91-109 [cit. 2023-02-05]. ISSN 01956574. Dostupné na internete: [doi:10.5547/01956574.43.2.jpén](https://doi.org/10.5547/01956574.43.2.jpén)
- [82] PIŠTA, J. 2015. *Trh s elektrinou*. [PDF].
- [83] POLLITT, M. 2009. Electricity Liberalisation in the European Union: A Progress Report. *Cambridge Working Papers in Economics: EPRG Working Paper* [online]. 2009, 28 s. [cit. 2023-03-20]. Dostupné na internete: [doi:10.17863/CAM.5277](https://doi.org/10.17863/CAM.5277)

- [84] POLLITT, M. 2019. The European Single Market in Electricity: An Economic Assessment. *Review of Industrial Organization* [online]. **55**(1), 63-87 [cit. 2023-02-10]. ISSN 0889-938X. Dostupné na internete: doi:10.1007/s11151-019-09682-w
- [85] PUKA, L. - SZULECKI, K. 2014. The politics and economics of cross-border electricity infrastructure: A framework for analysis. *Energy Research & Social Science* [online]. **4**, 124-134 [cit. 2023-02-05]. ISSN 2214-6296. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.erss.2014.10.003
- [86] PURCHALA, K. et al. 2005. Usefulness of DC power flow for active power flow analysis. *IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2005* [online]. IEEE, 2457-2462 [cit. 2023-03-15]. ISBN 0-7803-9157-8. Dostupné na internete: doi:10.1109/PES.2005.1489581
- [87] REYNOLDS, O. 2022. How are the economies of Russia and Ukraine faring amid the war?. In: Focus Economics [online]. [cit. 2023-04-05]. Dostupné na internete: <https://www.focus-economics.com/blog/how-are-the-economies-of-russia-and-ukraine-faring-amid-the-war/>
- [88] RICHTER, J. - VIEHMANN, J. 2014. The value of information in explicit cross-border capacity auction regimes in electricity markets. *Energy Policy* [online]. **70**, 74-84 [cit. 2023-03-15]. ISSN 03014215. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.enpol.2014.03.023
- [89] SADEGHI KEYNO, H. et al. 2009. Forecasting electricity consumption by clustering data in order to decline the periodic variable's affects and simplification the pattern. *Energy Conversion and Management* [online]. **50**(3), 829-836 [cit. 2023-03-15]. ISSN 01968904. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.enconman.2008.09.036
- [90] SKIADAS, C. – PAPAYANNAKIS, L. - MOURELATOS, A. 1993. An attempt to improve the forecasting ability of growth functions. *Technological Forecasting and Social Change* [online]. **44**(4), 391-404 [cit. 2023-03-15]. ISSN 00401625. Dostupné na internete: doi:10.1016/0040-1625(93)90043-7
- [91] SLOVENSKÁ ELEKTRIZAČNÁ PRENOSOVÁ SÚSTAVA. 2019. *DESAŤROČNÝ PLÁN ROZVOJA PRENOSOVEJ SÚSTAVY NA ROKY 2020 - 2029* [online]. 41 s. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.sepsas.sk/media/3730/dpr-ps-2020-2029.pdf>
- [92] SLOVENSKÁ ELEKTRIZAČNÁ PRENOSOVÁ SÚSTAVA. 2021. *Individuálna a konsolidovaná výročná správa 2020* [online]. 98 s. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.sepsas.sk/o-nas/vyrocne-spravy/>
- [93] SLOVENSKÁ ELEKTRIZAČNÁ PRENOSOVÁ SÚSTAVA. 2022. Mapa prenosovej sústavy Slovenskej republiky [online]. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.sepsas.sk/>

- [94] SLOVENSKÉ ELEKTRÁRNE. 2022. *Výročná správa 2021* [online]. 269 s. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.seas.sk/o-nas/publikacie-a-dokumenty/>
- [95] *SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ) 2019/944* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=EN>
- [96] *SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2003/54/ES* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0054&from=EN>
- [97] *SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2009/72/ES* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0072&from=EN>
- [98] *SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 96/92/ES* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996L0092&from=SK>
- [99] SMITH, D. 1989. Combination of forecasts in electricity demand prediction. *Journal of Forecasting* [online]. **8**(3), 349-356 [cit. 2023-03-15]. ISSN 02776693. Dostupné na internete: doi:10.1002/for.3980080316
- [100] SORÉS, P. – DIVÉNYI, D. - RAISZ, D. 2013. Flow-based capacity calculation method used in electricity market coupling. 2013 10th International Conference on the European Energy Market (EEM) [online]. IEEE, s. 1-7 [cit. 2023-02-26]. ISBN 978-1-4799-2008-2. Dostupné na internete: doi:10.1109/EEM.2013.6607285
- [101] SÖZEN, A. – ARCAKLIOĞLU, E. - ÖZKAYMAK, M. 2005. Turkey's net energy consumption. *Applied Energy* [online]. **81**(2), 209-221 [cit. 2023-03-15]. ISSN 03062619. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.apenergy.2004.07.001
- [102] STEENHOF, P. - FULTON, W. 2007. Factors affecting electricity generation in China: Current situation and prospects. *Technological Forecasting and Social Change* [online]. **74**(5), 663-681 [cit. 2023-03-15]. ISSN 00401625. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.techfore.2006.09.005
- [103] STEINERT, R. - ZIEL, F. 2019. Short- to Mid-term Day-Ahead Electricity Price Forecasting Using Futures. *The Energy Journal* [online]. **40**(1) [cit. 2023-02-10]. ISSN 01956574. Dostupné na internete: doi:10.5547/01956574.40.1.rste
- [104] STRIELKOWSKI, W. 2020. Traditional power markets and an evolution to smart grids. *Social Impacts of Smart Grids* [online]. Elsevier, s. 9-54 [cit. 2023-02-10]. ISBN 9780128177709. Dostupné na internete: doi:10.1016/B978-0-12-817770-9.00002-X
- [105] SUGANTHI, L. - SAMUEL, A. 2012. Energy models for demand forecasting—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. **16**(2), 1223-1240

- [cit. 2023-03-15]. ISSN 13640321. Dostupné na internete:
doi:10.1016/j.rser.2011.08.014
- [106] TISHLER, A. - WOO, Ch. 2007. Is electricity deregulation beneficial to Israel?. *International Journal of Energy Sector Management* [online]. **1**(4), 322-341 [cit. 2023-02-05]. ISSN 1750-6220. Dostupné na internete:
doi:10.1108/17506220710836066
- [107] VAN DEN BERGH, K. – BOURY, J.- DELARUE, E. 2016. The Flow-Based Market Coupling in Central Western Europe: Concepts and definitions. *The Electricity Journal* [online]. **29**(1), 24-29 [cit. 2023-02-05]. ISSN 1040-6190. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.tej.2015.12.004
- [108] VIEHMANN, J. 2011. Risk premiums in the German day-ahead Electricity Market. *Energy Policy* [online]. **39**(1), 386-394 [cit. 2023-03-15]. ISSN 03014215. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.enpol.2010.10.016
- [109] WYRWOLL, L. et al. 2018. Impact of Flow-Based Market Coupling Parameters on European Electricity Markets. In *Proceedings of the 2018 53rd International Universities Power Engineering Conference (UPEC)* [online]. Glasgow, UK, s. 1-6 [cit. 2023-02-05]. Dostupné na internete: doi:10.1109/UPEC.2018.8541904
- [110] ZÁBOJNÍK, S. – ČIDEROVÁ, D. – KRAJČÍK, D. 2020. *COMPETITIVENESS IN INTERNATIONAL BUSINESS: CHALLENGES FOR THE EU ECONOMIES* [online]. Praha, Česká republika: Wolters Kluwer, 272 s. [cit. 2023-02-10]. ISBN 978-80-7676-007-3.
- [111] ZABOJNIK, S. - HRICOVSKY, M. 2022. *Energy balance of Slovakia: impact of the Russian oil and gas supplies limitation*. Zilina, Slovakia: University of Zilina.
- [112] ZACHMANN, G. 2008. Electricity wholesale market prices in Europe: Convergence?. *Energy Economics* [online]. **30**(4), 1659-1671 [cit. 2023-02-10]. ISSN 01409883. Dostupné na internete: doi:10.1016/j.eneco.2007.07.002
- [113] ZIESEMER, T. 2019. Renewable electricity supply, infrastructure, and gains from international trade in electric current. *Applied Economics Letters* [online]. **26**(17), 1439-1443 [cit. 2023-03-15]. ISSN 1350-4851. Dostupné na internete:
doi:10.1080/13504851.2019.1578849
- [114] ZLATINOV, D. 2018. A Modelling Approach for Forecasting Net Exports of Electricity from Bulgaria. *Economic Studies* [online]. **27**(5), 147-153 [cit. 2023-03-15]. ISSN 02053292. Dostupné na internete:
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eoh&an=1765059&scope=site>