

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA MEDZINÁRODNÝCH VZŤAHOV**

Evidenčné číslo: 1050002/I/2024/36122358893643780

**KONKURENCIESCHOPNOSŤ JADROVÉHO PRIEMYSLU
V KAZACHSTANE**

Diplomová práca

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA MEDZINÁRODNÝCH VZŤAHOV**

**KONKURENCIESCHOPNOSŤ JADROVÉHO PRIEMYSLU
V KAZACHSTANE**

Diplomová práca

Študijný program: Hospodárska diplomacia
Študijný odbor: Ekonómia a manažment
Školiace pracovisko: Katedra medzinárodných ekonomických vzťahov
a hospodárskej diplomacie
Vedúci záverečnej práce: Ing. Andrianna Baleha, PhD.

Bratislava 2024

Bc. Martina Filipiaková

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že som záverečnú prácu vypracovala samostatne a že všetky použité zdroje nevyhnutné pre jej spracovanie sú správne citované a uvedené v bibliografických údajoch.

Dátum:

.....

Martina Filipiaková

Pod'akovanie

Týmto by som sa chcela pod'akovať svojej vedúcej záverečnej práce Ing. Andrianne Baleha, PhD. za jej odbornú pomoc, cenne rady a usmernenie pri písaní práce.

.

Abstrakt

FILIPIAKOVÁ, Martina: *Konkurencieschopnosť jadrového priemyslu v Kazachstane*. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta medzinárodných vzťahov; Katedra medzinárodných vzťahov a hospodárskej diplomacie – Vedúci záverečnej práce: Ing. Andrianna Baleha, PhD. – Bratislava: FMV EUBA, 2024, 73 s.

Táto diplomová práca sa zaoberá problematikou konkurencieschopnosti jadrového priemyslu v Kazachstane. Vzhľadom na rastúce energetické potreby krajiny a snahu o prijatie nízko uhlíkových alternatívnych zdrojov energie s cieľom dosiahnuť medzinárodné ciele uhlíkovej neutrality do roku 2060 sa diskutuje o tom, či by jadrová energia bola vhodnou a efektívnou súčasťou energetického mixu krajiny. Cieľom práce je poskytnúť ucelený prehľad o súčasnom stave jadrového priemyslu v Kazachstane a analyzovať faktory, ktoré ovplyvňujú jeho konkurencieschopnosť. Práca je rozdelená do troch kapitol a obsahuje sedem grafov a dve tabuľky. Prvá kapitola podrobne analyzuje jadrovú energiu a jej význam vo svetovom kontexte, vrátane diskusie o bezpečnosti jadrovej energie. Poskytuje nám detailnejší pohľad na konkrétne postoje krajín k jadrovej energii, ktoré využívajú tento zdroj energie vo svojom energetickom portfóliu. Zároveň nám približuje historické súvislosti a vývoj jadrového priemyslu v Kazachstane. Druhá kapitola sa zaoberá cieľom a metodikou diplomovej práce. Tretia kapitola a jej podkapitoly bližšie hodnotia úroveň jadrového cyklu a konkrétne determinanty, od ktorých závisí ďalší rozvoj jadrového priemyslu v krajine a zvýšenie jeho konkurencieschopnosti. Identifikujú kroky smerujúce k výrobe jadrovej energie, ktoré určia budúcnosť jadrového priemyslu. Záverečná časť práce zhodnotí aktuálnu úroveň konkurencieschopnosti jadrového priemyslu v Kazachstane na základe preskúmaných determinantov. Posúdi silné a slabé stránky jadrového priemyslu a jeho potenciál v úplnom uzavretí jadrového cyklu, vrátane možnosti výstavby jadrovej elektrárne a poskytne odporúčania pre posilnenie konkurencieschopnosti a udržateľný rozvoj jadrového priemyslu v krajine.

Kľúčové slová: jadrová energia, jadrový cyklus, jadrový priemysel, Kazašská republika, urán, MAAE, Kazatomprom, UMP, jadrová elektrárň

Abstract

FILIPIAKOVÁ, Martina: *The position of women in the economic, political and social life of the republic of Kazakhstan*. – University of Economics in Bratislava. Faculty of International Relations; Department of International Economics Relations and Economic Diplomacy. – Thesis supervisor: Ing. Andrianna Baleha, PhD. – Bratislava: FMV EUBA, 2024, 73 p.

This thesis deals with the competitiveness of the nuclear industry in Kazakhstan. Given the country's growing energy needs and the drive to adopt low-carbon alternative energy sources in order to achieve international carbon neutrality targets by 2060, it is debated whether nuclear energy would be an appropriate and efficient part of the country's energy mix. The aim of this paper is to provide a comprehensive overview of the current state of the nuclear industry in Kazakhstan and to analyse the factors that influence its competitiveness. The thesis is divided into four chapters and contains seven graphs and two tables. The first chapter provides a detailed analysis of nuclear energy and its importance in the global context, including a discussion of nuclear safety. It provides us with a more detailed look at the specific attitudes towards nuclear energy of the countries that use this energy source in their energy portfolio. It also brings us closer to the historical background and development of the nuclear industry in Kazakhstan. The second chapter deals with the aim and methodology of the thesis. The third chapter and its subchapters assess in more detail the level of the nuclear cycle and the specific determinants on which the further development of the country's nuclear industry and the increase in its competitiveness depend. They identify the steps towards nuclear power generation that will determine the future of the nuclear industry. The final part of the thesis will assess the current level of competitiveness of the nuclear industry in Kazakhstan based on the examined determinants. It will assess the strengths and weaknesses of the nuclear industry and its potential in fully closing the nuclear cycle, including the possibility of building a nuclear power plant, and provide recommendations for strengthening the competitiveness and sustainable development of the nuclear industry in the country.

Keywords: nuclear energy, nuclear cycle, nuclear industry, Republic of Kazakhstan, uranium, IAEA, Kazatomprom, UMP, nuclear power plant

Obsah

Zoznam tabuliek	8
Zoznam grafov	8
Zoznam použitých skratiek.....	9
Úvod	10
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí	12
1.1 Úvod do jadrovej energie vo svetovom kontexte	12
1.1.1 Výhody využívania jadrovej energie	13
1.1.2 Nevýhody využívania jadrovej energie	17
1.2 Postoje krajín k jadrovej energii	21
1.3 Historický kontext vývoja jadrového priemyslu v Kazachstane	24
2 Ciele a metodika práce	28
3 Výsledky práce a diskusia.....	30
3.1 Analýza súčasného stavu jadrového priemyslu v Kazachstane	30
3.2 Determinanty konkurencieschopnosti jadrového priemyslu.....	38
3.2.1 Jadrová energetická politika v Kazachstane	39
3.2.2 Vplyv medzinárodnej spolupráce na konkurencieschopnosť priemyslu	43
3.2.3 Zásoby uránu a ich význam pre jadrový priemysel v Kazachstane	47
3.2.4 Dostupnosť vysokokvalifikovaných odborníkov	53
3.3 Perspektívy vývoja jadrového priemyslu v Kazachstane	56
Záver	61
Zoznam použitej literatúry	63

Zoznam tabuliek

Tabuľka č. 1 Zásoby uránu podľa krajín v roku 2021	47
Tabuľka č. 2 Desať najväčších spoločností produkujúcich urán za rok 2022	50

Zoznam grafov

Graf č. 1 Kapacitný faktor zdrojov energie v roku 2020 v percentách	15
Graf č. 2 Výroba jadrovej energie v rokoch 1965 až 2022 v TWh	22
Graf č. 3 Výroba jadrovej energie podľa krajín za rok 2022 v TWh	23
Graf č. 4 Počet jadrových reaktorov podľa krajín za rok 2023	23
Graf č. 5 Produkcia uránu v Kazachstane v rokoch 2000 až 2022 v metrických tonách	49
Graf č. 6 Produkcia uránu v popredných krajinách produkujúcich urán v rokoch 2013 až 2022 v metrických tonách	50
Graf č. 7 Fluktuácia cien uránu v rokoch 2011 až 2024 v dolároch za libru	51

Zoznam použitých skratiek

AUEC - Almaty University of Energy and Communications
CAESC ME KR - Výboru pre atómový a energetický dozor a kontrolu
CERN - Európska organizácia pre jadrový výskum
CGNPC - Guangdong Nuclear Power Group - uprav
CNWFZ - Stredoázijskej zóny bez jadrových zbraní
CPPNM - Dohovor o fyzickej ochrane jadrových materiálov
CTBT - Zmluva o všeobecnom zákaze jadrových skúšok
IJF KR - Ústav jadrovej fyziky Kazašskej republiky
ISL – metóda in-situ leaching
ISTC - Medzinárodné centrum pre vedu a techniku
IUEC - Medzinárodného centra na obohacovanie uránu
JAEA - Japonskou agentúrou pre atómovú energiu
KNPP - Kazašská jadrová elektráreň
LEU - nízko obohatený urán
LLP MAEC - LLP Mangistau Atomic Energy Combine
MAAE - Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
ME KR - Ministerstvom energetiky
MEPhI - Národná výskumná jadrová univerzita
MŽP RK - Ministerstvo životného prostredia Kazašskej republiky
NAC Kazatomprom - Národná akciová spoločnosť Kazatomprom
NEA/OECD - Agentúra pre jadrovú energiu
NNC KR - Národné jadrové centrum Kazašskej republiky
NPT - Zmluva o nešírení jadrových zbraní
NTC - Medzinárodnému dohovoru o potláčaní činov jadrového terorizmu
NTSC - Vedecko-technické centrum pre bezpečnosť jadrových technológií Kazachstanu
OECD - Organizácia pre ekonomickú spoluprácu a rozvoj
RAS - Ruská akadémia vied
TITR – Transkaspická medzinárodná dopravná cesta
UEC - Uranium Enrichment Center JSC
Ulba-FA LLP - Ulba Fuel Assembly Plant
UMP - Ulba Metallurgical Plant

Úvod

Aktuálne diskurzy o znižovaní využívania fosílnych palív a pátranie po ekologických alternatívach s cieľom riešiť klimatickú krízu a splniť medzinárodné úsilie o zníženie emisií, podporujú posilňovanie konkurencieschopnosti jadrového sektora. V súvislosti s postupným ekonomickým rozvojom krajín a neustále rastúcou priemyselnou produkciou je nevyhnutné, hľadať účinné alternatívy na dosiahnutie rovnakého energetického výstupu za ekologickejších podmienok, ako je možné dosiahnuť pri fosílnych palivách. Každý energetický zdroj má svoje výhody a nevýhody, a hoci obnoviteľné zdroje energie sa stávajú čoraz dôležitejšími v energetických mixoch mnohých krajín, zatiaľ nedokážu poskytnúť stabilnú a nepretržitú dodávku elektrickej energie, ktorú vyžadujú nielen postindustriálne krajiny a ich energeticky náročné ekonomiky. Preto jadrová energia, vďaka svojej vysoko energetickej hustote a nízkym prevádzkovým nákladom, predstavuje logickú voľbu pre energetickú budúcnosť. Kazachstan s bohatými zásobami uránu a ambicióznymi energetickými cieľmi, nie je výnimkou. Krajina čelí narastajúcim energetickým potrebám a usiluje sa dosiahnuť uhlíkovú neutralitu do roku 2060. V tomto kontexte sa otvára otázka o vhodnosti a efektívnosti integrovania jadrovej energie do energetického portfólia Kazachstanu.

V prvej kapitole sa podrobne zaoberáme analýzou jadrovej energie a jej širokým spektrom možností využitia. Rozoberáme jej výhody a nevýhody, pričom sa obzvlášť venujeme otázkam bezpečnosti a nakladania s vyhoretým jadrovým palivom. Ďalej skúmame príčiny najznámejších jadrových havárií, ktoré vyvolávajú obavy na odbornej aj laickej úrovni a prispievajú k fenoménu tzv. rádiofóbie, v dôsledku čoho je daná problematika jadrovej energie považovaná za kontroverznú a komplikovanú. V podkapitolách sa zameriavame na jej postavenie v medzinárodnom kontexte, pričom identifikujeme hlavných podporovateľov a lídrov v oblasti jej využívania. Ďalšia podkapitola nás prevedie historickým vývojom jadrového priemyslu v Kazachstane, čím nám umožní získať komplexný prehľad o súčasnej situácii a politike krajiny v tejto oblasti.

Druhou kapitolou si definujeme cieľ a metodiku práce, zatiaľ čo tretia kapitola detailne popisuje jednotlivé fázy kazašského jadrového cyklu. Tieto fázy zahŕňajú proces premeny uránu na jadrové palivá, ich využitie na výrobu energie a nakladanie s vyhoreným palivom. Tento úsek tvorí jadro praktickej časti práce, kde jednotlivé podkapitoly analyzujú determinanty na základe ktorých sa bude v tejto práci posudzovať konkurencieschopnosť jadrového priemyslu v Kazachstane. Zistíme, že Kazachstan má dobre vybudovanú

organizačnú štruktúru s dozornými orgánmi a je najväčším svetovým producentom uránu, pričom disponuje dostatočným množstvom kvalifikovaných síl na prevádzku jadrovej energie. Hoci krajina momentálne nemá vlastnú jadrovú elektráreň o jej výstavbe sa diskutuje už takmer cez 25 rokov. Kazachstan je revolučnou krajinou, ktorá po získaní nezávislosti vlastnila štvrtý najväčší arzenál jadrových zbraní. Avšak v dôsledku tragických jadrových testov, ktoré postihli Semipalatinsk a jeho obyvateľov sa krajina rozhodla dobrovoľne vzdať týchto zbraní a vydať sa cestou podpory mierového využitia jadra. To potvrdzujú dohody ako Dohoda o nešírení jadrových zbraní a členstvo v MAAE. Kazašská republika však nie je nováčikom v jadrovej energetike, svoju prvú jadrovú elektráreň uviedla do prevádzky v 1973 a uzavrela v roku 1999. Hoci krajina odvtedy nevybudovala žiadnu novú jadrovú elektráreň, jej skúsenosti s prevádzkou a likvidáciou jadrového odpadu zostávajú uložené v jej vedeckom potenciáli a kvalifikovaných pracovníkoch, ktorých schopnosti sa každoročne zvyšujú vďaka rozsiahlej sieti vzdelávacích inštitúcií v oblasti jadrového priemyslu. Okrem toho v tretej kapitole prostredníctvom poslednej časti práce analyzujú hlavné záujmy Kazachstanu v súvislosti s rozvojom jadrového priemyslu, konkrétne prostredníctvom budovania vlastnej jadrovej elektrárne.

1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

1.1 Úvod do jadrovej energie vo svetovom kontexte

Začiatky rozvoja jadrového priemyslu datujeme do obdobia 40. rokov 20. storočia, kedy zatiaľ hovoríme len o veľmi konkrétnom využití jadrovej energie za účelom vývoja atómovej bomby.¹ Jej ďalší potenciál využitia sa začal postupne odkrývať až po skončení druhej svetovej vojny v roku 1945, potom čo sa výskum vybral smerom mierového využitia. Využitie sily atómového jadra na mierové účely bolo jedným z najúžasnejších vedeckých a technických pokrokov 20. storočia, ktorý viedol k následnému posunu v oblastiach ako medicína, bezpečnosť či energetika. Využitie jadrovej energie (ďalej aj ako „JE“) presahuje rámec uvedených odvetví a implementuje sa v poľnohospodárstve, kde sa využíva na sterilizáciu pôdy a vody, čím sa eliminujú škodlivé mikroorganizmy a buriny, čo napomáha k zvyšovaniu produkcie. Ďalej sa využíva pri vesmírnych prieskumoch na pohon vesmírnych lodí, ako dlhodobý zdroj energie pre sondy mimo dosahu slnečných panelov, a v kriminalistike v rámci jadrovej spektroskopie na presnú analýzu materiálov a dôkazov. Miesto jej bolo ponechané aj vo vojenskom sektore, kde sa vo veľkej miere využíva na pohon lietadlových lodí a ponoriek ako spoľahlivý zdroj paliva. Nanešťastie každý pokrok nesie so sebou určité negatívne dôsledky a tento prípad nie je výnimkou. Vznik atómovej bomby a teda jadrových zbraní počas druhej svetovej vojny, za ktorým stála vláda Spojených štátov amerických, už navždy zmenil to ako suverénne štáty, medzinárodné inštitúcie ale aj jednotlivci, nazerajú na medzinárodnú bezpečnosť a rovnováhu síl na celom svete.

Jadrovú energiu získavame štiepením jadier uránu-235, ktorý sa získava z prírodných rúd procesom obohacovania.² Tento proces prebieha v jadrovej elektrárni a vyvoláva reťazovú reakciu, pri ktorej sa uvoľňuje obrovské množstvo tepla.³ Teplo sa následne kombinuje s chladivom, najčastejšie s vodou na vytvorenie tlakovej pary, ktorá poháňa turbíny na výrobu elektriny.⁴ Vďaka vysokej energetickej hustote jadrového paliva disponuje jadrová energia kapacitou, ktorá je dostatočná na uspokojenie vysokých potrieb po elektrickej energii.⁵ Už len samotný fakt, že štiepenie 1 gramu uránu-235 uvoľní energiu

¹ GIRALDO, S. J. – GOTHAM, J. D – NDERITU, G. D. – PRECKEL, V. P. – MIZE, J. D.: Fundamentals of Nuclear Power. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na internete: <Microsoft Word - Nuke report title.docx (purdue.edu)>

² Tamtiež

³ Tamtiež

⁴ MCGUIRE, L.: Exploring the Advantages of Nuclear Energy. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na internete: <Exploring the Advantages of Nuclear Energy | NES Fircroft (www-nesfircroft-com.translate.google)>

⁵ Tamtiež

ekvivalentnú spáleniu 3 ton uhlia, jasne demonštruje význam jadrovej energie ako dôležitého prvku svetového energetického mixu.⁶ V súčasnej dobe jadrová energia zabezpečuje približne 10 % celosvetovej energetickej produkcie a 18 % v krajinách OECD (Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj)⁷ pričom sa predpokladá, že využitie JE v najbližších desaťročiach porastie.⁸ Jedným z dôvodov môže byť zvýšený dopyt po elektrickej energii spôsobený neustálym rastom ekonomík a zvyšujúcou sa spotrebou elektrickej energie. Podľa súčasných prognóz sa predpokladá, že do roku 2040 vzrastie spotreba elektrickej energie v rozvojových krajinách mimo OECD o 60 %, pričom celosvetová spotreba by mala vzrásť o 4 – 5 % v rovnakom časovom horizonte.⁹ Prístup k elektrickej energii zohráva dôležitú úlohu pri zlepšovaní životnej úrovne, vzdelávania a zdravia.

1.1.1 Výhody využívania jadrovej energie

V súčasnosti sa mnohé rozvinuté krajiny usilujú o výraznú transformáciu svojho energetického sektora s cieľom dosiahnuť do roku 2050 nulové emisie CO².¹⁰ Toto úsilie je reakciou na globálnu hrozbu klimatických zmien, ktorá sa všeobecne považuje za najnaliehavejšiu výzvu súčasnosti. Naliehavá potreba dekarbonizácie vedie k odklonu od fosílnych palív a k hľadaniu čistejších a udržateľnejších energetických zdrojov.

Uznávaný, americký klimatológ James Hansen upozorňuje, že spoliehanie sa na fosílnu palivá bráni dosiahnutiu naplnenia cieľov smerujúcich k zmierneniu globálneho otepľovania. Ako kľúčovú alternatívu navrhuje jadrovú energiu, ktorá aj napriek 50-ročnej technológii zostáva najbezpečnejšou formou energie, ktorú máme k dispozícii.¹¹ Hansen podporuje aj implementáciu obnoviteľných zdrojov energie (ďalej OZE) ale zdôrazňuje, že v bezemisnom energetickom systéme je kľúčová prítomnosť záložných zdrojov energie, ktoré by vyrovnávali výkyvy produkcie energie z OZE.¹² Optimálne riešenie nachádza v kombinácii obnoviteľných zdrojov a jadrovej energie, ktoré by spoločne poskytovali

⁶ AREF, L.: Nuclear Energy: the Good, the Bad, and the Debatable. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na internete: <Nuclear Energy: the Good, the Bad, and the Debatable - Curriculum Booklet (nih.gov)>

⁷ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Nuclear power in the World Today. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na internete: <Nuclear Power Today | Nuclear Energy - World Nuclear Association (world-nuclear.org)>

⁸ IAEA: Energy. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na internete: <Nuclear energy, safe use of nuclear power | IAEA>

⁹ MIT ENERGY INITIATIVE: The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na internete: <<https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2018/09/The-Future-of-Nuclear-Energy-in-a-Carbon-Constrained-World.pdf>>

¹⁰ Tamtiež

¹¹ O'DONOGHUE, J. A.: Renowned climate scientist: What U.S. should do to stop warming, help others. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na internete: <<https://www.deseret.com/2023/4/19/23687335/james-hansen-climate-change-nuclear-energy-lobbyists-utah-china-policy-politics-obama/>>

¹² ANS NUCLEAR CAFE: Nuclear Matinee – James Hansen on Nuclear Power. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na internete: <<https://www.ans.org/news/article-1396/matinee-hansen-on-nuclear-powe/>>

komplementárne možnosti v energetickom mixe krajiny a synergicky by prispievali k dosiahnutiu cieľov uhlíkovej neutrality.¹³ Jadrová energia sa dostáva do popredia ako významný svetový poskytovateľ nízko-uhlíkovej energie, pretože na rozdiel od fosílnych palív generuje elektrickú energiu bez produkcie škodlivých skleníkových plynov. Tieto plyny sú uvoľňované len z doplnkového využívania fosílnych palív v procesoch, ako sú ťažba uránu, spracovanie paliva, výstavba zariadenia, jej údržba a vyradovanie z prevádzky. V hodnotovom prevedení vykazuje jadrová energia minimálnu uhlíkovú stopu v rozsahu približne od 15 do 50 gramov CO² na kilowatthodinu (gCO²/KWh). Naopak, priemerná uhlíková stopa plynového generátora je okolo 450 gCO²/KWh a pre uhlie približne 1 050 gCO²/KWh.¹⁴ V súčasnosti JE poskytuje takmer 30 % celosvetovej nízkouhlíkovej elektriny, čo z nej robí druhý najčistejší zdroj po vodnej energii.¹⁵ Tento fakt zvyrazňuje jej potenciál ako kľúčového prvku v globálnych úsiliach o zníženie uhlíkovej stopy a ochranu životného prostredia. Zakladateľ environmentálnej organizácie Environmental Progress a silný zástanca JE Michael Shellenberger, tvrdí, že OZE dosiahli svoje limity v mnohých krajinách: „*Vodné elektrárne nie sú vhodné vo všetkých oblastiach a tie, ktoré ich majú, už vyčerpali dostupné zdroje pôdy a vody*“.¹⁶ Jadrová energia je podľa neho životaschopnou alternatívou s minimálnym množstvom odpadu, ktorý je ľahko spracovateľný, nespôsobuje škody a je nákladovo efektívny pri opakovanom použití rovnakej konštrukcie elektrárne.¹⁷ Tvrdí že: „*Národy prehodnocujú jadrovú energiu, pretože obnoviteľné zdroje nestačia na uspokojenie ich potrieb a chcú znížiť svoju závislosť od fosílnych palív*“.¹⁸ Zaujímavý postoj, ktorý zastáva je, že JE je šetrnejšia k životnému prostrediu z hľadiska potreby menšieho využívania pôdy, pričom v prípade veterných elektrární je táto potreba až 400-násobne väčšia.¹⁹ Ďalší zástancovia JE na vedúcich pozíciách ako generálny riaditeľ Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu (MAAE), Rafael Mariano Grossi a Dana Drábová, riaditeľka českého Štátneho úradu pre jadrovú bezpečnosť sú presvedčení, že JE nie je len ekologicky

¹³ CRACE, J.: Nuclear power paves the only viable path forward on climate change: James Hansen, Kerry Emanuel, Ken Caldeira and Tom Wigley. 2015. In *The Guardian*.

¹⁴ SERIN, E.: What is the role of nuclear in the energy mix and in reducing greenhouse gas emissions? [cit. 2023-20-12]. Dostupné na internete: <<https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/role-nuclear-power-energy-mix-reducing-greenhouse-gas-emissions/>>

¹⁵ Tamtiež

¹⁶ JIE, H. L.: Is nuclear energy the answer to a sustainable future? Experts are divided. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na internete: <<https://www.cnbc.com/2023/08/22/nuclear-energy-the-answer-to-a-sustainable-future-experts-are-divided.html>>

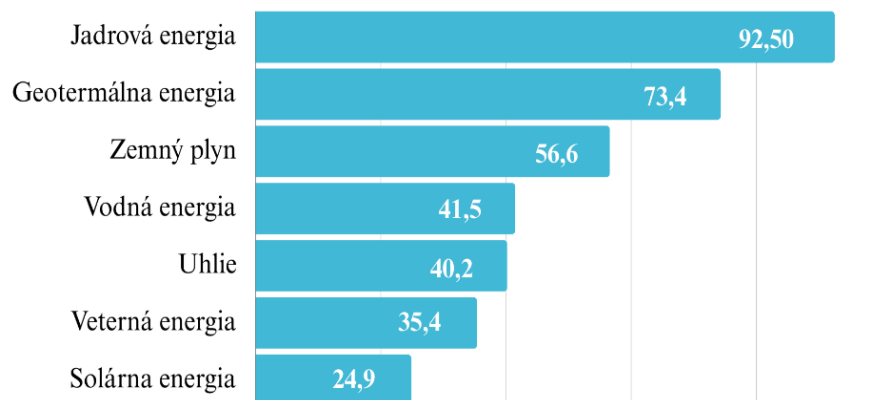
¹⁷ Tamtiež

¹⁸ Tamtiež

¹⁹ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Why nuclear is an environmentalist's story. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na internete: <<https://world-nuclear-news.org/Articles/Why-nuclear-is-an-environmentalists-story>>

prijateľným zdrojom ale aj bezpečným, výkonným a efektívnym.²⁰²¹ Odhaduje sa, že na nahradenie 1 GW produkcie jadrovej elektrárne budú potrebné zdroje energie vo veľkosti 2 GW uhlia alebo 3 až 4 GW obnoviteľných zdrojov energie, aby sa dosiahlo ekvivalentné množstvo vyprodukovanej elektriny.²² Efektívnosť nie je jedinou výhodou. Podľa Ministerstva energetiky Spojených štátov amerických, jadrová energia predstavuje spoľahlivý a konzistentný zdroj energie.²³ Jadrové elektrárne sú schopné poskytovať nepretržitú dodávku elektrickej energie po dlhú dobu, čo umožňuje stabilné napájanie elektrickej siete a efektívne riadenie dodávky elektriny. Graf č. 1 znázorňuje porovnanie kapacitného faktora jadrovej energie s ostatnými zdrojmi energie.

Graf č. 1 Kapacitný faktor zdrojov energie v roku 2020 v percentách



Prameň: vlastné spracovanie podľa: U.S. ENERGY ADMINISTRATION.
Capacity factor by energy source in 2020

Z grafu je zrejmé, že JE majú výrazne najvyšší kapacitný faktor v porovnaní s ostatnými energetickými zdrojmi. Dokážu fungovať takmer nepretržite až dva roky bez doplnenia paliva a dosahujú maximálny výkon viac ako 9 % času počas roka, približne 336 dní v roku. Táto spoľahlivosť je dvojnásobná v porovnaní s elektrárnami na zemný plyn (56 %) a uhlie (40 %), a trojnásobná v porovnaní s veternými (35 %/127 dní v roku) a solárnymi elektrárnami. (24 %/92 dní v roku).²⁴

²⁰ X ENERGY: Investing in Our Planet: Earth Day and Beyond. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na internete: <<https://x-energy.com/blog-all/investing-in-our-planet-earth-day-and-beyond>>

²¹ CARPINELLI, B. – DONOVAN, J.: Nuclear Power Receives Record National Support at 66th IAEA General Conference. [cit. 2023-28-11]. Dostupné na internete: < Nuclear Power Receives Record National Support at 66th IAEA General Conference | IAEA >

²² UNWIN, J.: Nuclear power: The pros and cons of the energy source. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na internete: <<https://www.power-technology.com/features/nuclear-power-pros-cons/>>

²³ MCGUIRE, L.: Exploring the Advantages of Nuclear Energy. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na internete: <Exploring the Advantages of Nuclear Energy | NES Fircroft (www-nesfircroft-com.translate.google)>

²⁴ OFFICE OF NUCLEAR ENERGY: Nuclear Power is the Most Reliable Energy Source and It's Not Even Close. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na internete: <<https://www.energy.gov/ne/articles/nuclear-power-most-reliable-energy-source-and-its-not-even-close>>

V oblasti jadrovej energie sa vyskytujú niekoľko kontroverzných otázok, medzi ktoré patrí napríklad diskusia o nákladoch spojených s prevádzkou a výstavbou jadrovej elektrárne. Aj keď sa prevádzka jadrovej elektrárne považuje za cenovo výhodnú kvôli nízkym nákladom na jadrové palivo, ktoré sú o 33 až 50 % nižšie ako u uhlia a o 20 až 25 % nižšie ako u plynových elektrární s kombinovaným cyklom, pri počiatkových nákladoch na výstavbu jadrovej elektrárne ide o veľmi drahú alternatívu.²⁵ Výstavba novej veľkej konvenčnej jadrovej elektrárne predstavuje obrovský projekt v hodnote niekoľkých miliárd dolárov. Vysoké počiatkové kapitálové náklady sú spojené s veľkosťou zariadenia a dlhým procesom výstavby, ktorý trvá roky. K tomu sa pripočítavajú náklady na údržbu, vyradenie elektrárne z prevádzky a na skladovanie vyčerpaného paliva. Preto je JE považovaná za jednu z najdrahších a časovo najnáročnejších foriem energie. Podľa prof. Ing. Vladimíra Slugeňa, DrSc. z Ústavu jadrového a fyzikálneho inžinierstva na FEI STU v Bratislave, dĺžka výstavby jadrovej elektrárne sa značne líši v závislosti od rôznych faktorov. Kým v Číne je možné elektráreň postaviť už za 5 rokov, vo Francúzsku to trvá 10 a vo Fínsku 12 rokov. Slovenské Mochovce sa stavali dokonca rekordných 25 rokov.²⁶ Prof. Slugeň vysvetľuje, že za predĺženie a predraženie výstavby sú zodpovedné vo veľkej miere neustále zmeny legislatívy, ako sprísňovanie bezpečnostných a environmentálnych požiadaviek predlžujúcich proces projektovania a schvaľovania, zdĺhavé administratívne procesy a povoľovacie konania či protesty verejnosti.²⁷ Na druhej strane, väčšina jadrových elektrární má prevádzkovú životnosť medzi 20 až 40 rokov.²⁸ Nové generácie elektrární získavajú certifikáciu na prevádzku až do 60 alebo dokonca 80 rokov, čo umožňuje rozložiť počiatkové náklady na dlhší časový úsek a tým relatívne znížiť náklady na výrobu energie.²⁹ Svetová jadrová asociácia tvrdí, že hoci je výstavba jadrových elektrární drahá, prevádzka je relatívne lacná, vďaka čomu sú cenovo konkurencieschopné s mnohými inými formami výroby elektriny.³⁰ Avšak tak ako má jadrová energia svoje výhody, môže tiež vyvolávať obavy a viesť k diskusiám o jej udržateľnosti a bezpečnosti.

²⁵ MCGUIRE, L.: Exploring the Advantages of Nuclear Energy. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na internete: <Exploring the Advantages of Nuclear Energy | NES Fircroft (www-nesfircroft-com.translate.goog)>

²⁶ VEDA NA DOSAH: Je jadrová energetika nebezpečná? [cit. 2024-05-01]. Dostupné na internete: <https://vedanadosah.cvtisr.sk/priroda/je-jadrova-energetika-nebezpecna/>

²⁷ Tamtiež

²⁸ NOVAK, S. – PODEST, M.: Nuclear power plant ageing and life extension: Safety aspects. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/sites/default/files/29402043133.pdf>

²⁹ U.S.NRC: Status of Initial License Renewal Applications and Industry Initiatives. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na internete: <https://www.nrc.gov/reactors/operating/licensing/renewal/applications.html>

³⁰ SERIN, E.: What is the role of nuclear in the energy mix and in reducing greenhouse gas emissions? [cit. 2023-20-12]. Dostupné na internete: <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/role-nuclear-power-energy-mix-reducing-greenhouse-gas-emissions/>

1.1.2 Nevýhody využívania jadrovej energie

Hoci je jadrová energia čistá, nie je obnoviteľná, pretože jej výroba vyžaduje uránovú rudu, ktorej je obmedzené množstvo. Tu sa nám predostiera jednoduchá rovnica toho, že s väčším používaním jadrových elektrární sa zásoby uránu rýchlejšie vyčerpajú, čo zvyšuje náklady na ťažbu a ceny jadrovej energie. Helen Caldicott, environmentálna a protijadrová aktivistka kritizuje tento energetický zdroj ako neefektívny a poukazuje na jeho vysoké finančné nároky a štátne dotácie, ktoré si tento sektor vyžaduje.³¹

Jedným z podstatných negatív jadrovej energie je problematika nakladania s rádioaktívnym odpadom, ktorý predstavuje nebezpečný vedľajší produkt JE. Na jeho spracovanie je nevyhnutná mimoriadna opatrnosť a pokročilá technológia. Americký právnik a občiansky aktivista Ralph Nader, dlhodobý kritik jadrovej energie, identifikuje tento problém ako hlavnú výzvu z viacerých dôvodov. Prvým z nich je technologická náročnosť prepravy rádioaktívneho odpadu po celej krajine, ktorý sa prenáša pomocou kamiónov a železničných vagónov, čo zvyšuje riziko nehôd a sabotáží pri prechádzaní cez civilnú infraštruktúru.³² Druhým je dlhodobá trvanlivosť jadrového odpadu, ktorý vyžaduje bezpečné skladovanie počas obdobia 250 000 rokov, pričom neexistuje presne definovaná geologická štruktúra, ktorá by túto bezpečnosť zaručila.³³ Napriek tomuto faktu sa vlády snažia vynakladať značné finančné prostriedky do bezpečného balenia a likvidácie vyhoreného jadrového paliva, ktoré obsahuje mimoriadne toxické látky, predstavujúce potenciálne riziko pre zdravie ľudí a životné prostredie.³⁴

Mimo toho rádioaktívne odpady podliehajú osobitným predpisom, ktoré upravujú ich manipuláciu, prepravu, skladovanie a zneškodňovanie v záujme ochrany ľudského zdravia a ekosystému, podľa jeho klasifikácie na nízko a vysokoaktívny odpad. Nízkoaktívny odpad tvorí 90 % objemu jadrového odpadu ale len 1 % rádioaktivity.³⁵ Zahŕňa ľahko kontaminované materiály, ako sú nástroje, oblečenie a utierky, a skladuje sa blízko spracovateľských zariadení v špeciálnych kontajneroch. Na druhej strane vysokoaktívny odpad tvorí len 3 % objemu odpadu, ale obsahuje 95 % celkovej

³¹ CADICOTT, H.: *Nuclear Power Is Not the Answer*. 2007. 130s.

³² PBS: Interview with Ralph Nader. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na internete: <<https://www.pbs.org/wgbh/pages/frontline/shows/reaction/interviews/nader.html>>

³³ Tamtiež

³⁴ NEA OECD: Nuclear Energy Today. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na internete: <<https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/3595-nuclear-energy-today.pdf>>

³⁵ U. S. EIA: Nuclear explained: Nuclear power and the environment. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na internete: <<https://www.eia.gov/energyexplained/nuclear/nuclear-power-and-the-environment.php>>

rádioaktivity.³⁶ Skladá sa z vyhoreného jadrového paliva, ktoré sa najprv skladuje v špeciálnych vodných nádržiach tzv. bazénoch po dobu 2-5 rokov, kde voda slúži ako ochladzovací prostriedok aj ako radiačný štít. Po ochladení sa presúva do suchých sudov, veľkých kontajnerov zo železobetónu, na dlhodobé skladovanie.³⁷ Tieto sudy sú považované za bezpečné a prístup k nim nie je rizikový avšak ide len o tzv. dočasné úložisko. Zákon federálnej vlády Spojených štátov o jadrovom odpade z roku 1982 síce sľuboval trvalé riešenie skladovania jadrového odpadu do roku 1998, ale trvalé úložisko stále neexistuje.³⁸ „V súčasnosti existuje celosvetová zásoba približne 250 000 ton vysoko rádioaktívneho vyhoreného paliva distribuovaného v približne 14 krajinách a po 65 rokoch využívania nemôže ani jedna krajina tvrdiť, že má riešenie na nakladanie s najnebezpečnejším rádioaktívnym odpadom“. tvrdí jadrový expert z Greenpeace, Shaun Burnie.³⁹ Neexistencia trvalého riešenia pre jadrový odpad vyvoláva obavy. Výhodou ale je, nadväzujúc na myšlienku Michaela Shellenbergera a iných zástancov JE, že množstvo rádioaktívneho odpadu je relatívne nízke v porovnaní s inými typmi priemyselného odpadu, pričom je presne monitorovaný, zatiaľ čo vplyv fosílnych palív je často ťažko viditeľný a merateľný.⁴⁰ Hoci vysokoaktívny odpad predstavuje riziko pri priamom kontakte, jeho úložiská nepredstavujú významnú hrozbu pre zdravie ľudí.⁴¹ Úložiská sú navrhnuté tak, aby zabránili úniku radiácie, pričom rádioaktivita odpadu klesá v čase v závislosti od polčasu rozpadu izotopov. Niektoré izotopy sa rozpadnú za pár dní alebo týždňov, iné trvajú stovky až tisíce rokov. Čím kratší polčas rozpadu, tým rýchlejšie sa znižuje rádioaktivita a tým aj nebezpečenstvo. Aj keď dostupné vedecké poznatky nenaznačujú priame škodlivé účinky na zdravie ľudí z jadrových odpadov civilných elektrární je dôležité s nimi zaobchádzať zodpovedne a ukladať ich bezpečným spôsobom.⁴²

Aj keď objem odpadu je nízky, existuje možnosť jeho spracovania, známeho ako recyklácia vyhoreného paliva. Francúzsko je lídrom v tomto procese, ktorý zhodnocuje približne 90 % jadrového paliva. Súčasne so Spojenými štátmi americkými sú jedinými

³⁶ Tamtiež

³⁷ U.S.NRC: Background on Radioactive Waste. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/radwaste.html>>

³⁸ UNION OF CONCERNED SCIENTISTS: Nuclear Waste. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na internete: <[Nuclear Waste | Union of Concerned Scientists \(ucsusa.org\)](https://www.ucsusa.org/nuclear-waste)>

³⁹ AFP: Storage of nuclear waste a 'global crisis': report. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <<https://phys.org/news/2019-01-storage-nuclear-global-crisis.html>>

⁴⁰ Tamtiež

⁴¹ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: What is nuclear waste, and what do we do with it [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <<https://world-nuclear.org/nuclear-essentials/what-is-nuclear-waste-and-what-do-we-do-with-it.aspx>>

⁴² NEI: Nuclear Waste. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <[Nuclear Waste \(nei.org\)](https://www.nei.org/)>

krajinami, ktoré vlastnia technológiu potrebnú na toto prepracovanie.⁴³ Rádioaktívny odpad sa tiež vytvára pri vyradovaní a demontáži jadrových reaktorov a iných zariadení. Proces ich vyradovania z prevádzky je zložitý z technického, časového a finančného hľadiska. Otázka nakladania s jadrovým odpadom si vyžaduje zodpovedný prístup voči súčasným aj budúcim generáciám, pričom existujú aj ďalšie obavy spojené s rizikom vzniku jadrových havárií. Jadrová havária nastáva v dôsledku rôznych faktorov, ako sú ľudské chyby, poruchy zariadení alebo prírodné katastrofy, pričom spôsobuje únik rádioaktívnych látok, ktoré môžu kontaminovať pôdu, vodu a vzduch a tým spôsobiť vážne dôsledky na životné prostredie a ľudské zdravie ako napr. zvýšenie rizika vzniku rakoviny. Okrem toho majú havárie aj značný sociálny a ekonomický dopad ako napr. evakuácie a stratu hospodárskej činnosti. MAAE zaviedla v roku 1990 osem bodovú Medzinárodnú stupnicu jadrových a rádiologických udalostí (INES), ktorá meria závažnosť jadrových havárií.⁴⁴ V histórii jadrovej energetiky sa udialo päť pamätných jadrových havárií, ktoré sú hodnotené podľa stupnice INES na úrovni 5 až 7. Je dôležité podotknúť, že hoci ich spoločným znakom bolo jadro, príčiny jeho destabilizácie sa odlišujú od prípadu k prípadu.

Za najzávažnejšiu jadrovú haváriu v histórii sa považuje Černobyľská nehoda, ktorá sa stala v roku 1986. Počas testu reaktorových systémov dochádzalo k náhlemu zvýšeniu výkonu, čo spôsobilo výbuch a požiar v bloku 4. Nehodu spôsobili chyby v konštrukcii reaktora RBMK, nedostatočná kvalifikácia a informovať personálu o rizikách testu, čím sa odchýlili od bezpečnostných postupov.⁴⁵ Tento incident spôsobil rozsiahly únik rádioaktívneho materiálu, ktorý sa šírila po západnom Sovietskom zväze a Európe, spôsobujúc zvýšenie výskytu rakoviny a rozsiahlu kontamináciu životného prostredia.

Druhá nehoda v jadrovej elektrárni Fukušima Daiichi v roku 2011, dosiahla úroveň 7 na stupnici INES. Zemetrasenie o magnitúde 9,0 Richtrovej stupnice a 15-metrová vlna tsunami spôsobili zlyhanie chladiacich systémov a roztavenie jadier v troch reaktoroch. Žiarenie sa síce uvoľnilo ale väčšina unikla do mora. Následné vyšetrenie odhalilo nedostatky v infraštruktúre a v predvídaní rizík pri takýchto živelných katastrofách.⁴⁶

⁴³ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Processing of Used Nuclear Fuel. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <Processing of Used Nuclear Fuel - World Nuclear Association (world-nuclear.org)>

⁴⁴ PROCESS INDUSTRY FORUM: The five worst nuclear disasters in history. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <The five worst nuclear disasters in history - Process Industry Forum>

⁴⁵ UNION OF CONCERNED SCIENTISTS.2013. Brief History of Nuclear Accidents Worldwide. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <A Brief History of Nuclear Accidents Worldwide | Union of Concerned Scientists (ucsusa.org)>

⁴⁶ PROCESS INDUSTRY FORUM: The five worst nuclear disasters in history. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <The five worst nuclear disasters in history - Process Industry Forum>

V roku 1957 v elektrárni Mayak v Rusku sa udiala tretia najzávažnejšia jadrová udalosť. Zlyhanie chladiaceho systému spôsobilo explóziu s ekvivalentnou silou 70-100 ton TNT, čo viedlo k rozsiahlej kontaminácii životného prostredia.⁴⁷

Posledné dve nehody dosiahli INES úroveň 5 a predstavujú najzávažnejšie havárie v krajine, kde sa udiali. Prvá sa stala v roku 1957 vo Windscale v Spojenom kráľovstve a druhá v 1979 v Three Mile Island, USA, keď došlo k čiastočnému roztaveniu jadra v reaktore č. 2. Havária bola spôsobená kombináciou ľudskej chyby a zlyhávajúceho zariadenia. Táto nehoda, hoci len s malým únikom rádioaktivity, zásadne ovplyvnila jadrový priemysel a vyvolala obavy verejnosti o jadrovú energiu.⁴⁸ Zároveň viedla k zmene dizajnu a prevádzke jadrových elektrární a posilnila bezpečnostné opatrenia a regulácie.

Otázka jadrovej bezpečnosti (ďalej JB) je tiež problematika v ktorej sa názory rozchádzajú. Jadrová bezpečnosť znamená schopnosť kontrolovať štiepenie jadrového materiálu a zabrániť úniku rádioaktívnych látok a žiarenia do životného prostredia.⁴⁹ Zodpovednosť za JB spočíva primárne na vnútroštátnej úrovni, pričom každá krajina nesie plnú zodpovednosť za bezpečnosť jadrových elektrární, ktorých stavbu a prevádzku povolila na svojom území. Krajiny s jadrovými programami majú dozorné orgány, ktoré udeľujú licencie a monitorujú dodržiavanie zákonov. Prevádzkovatelia jadrových zariadení riešia bezpečnostné otázky, no dozorné orgány vykonávajú inšpekcie a kontroly. Jadrové bezpečnostné predpisy patria medzi najprísnejšie spomedzi všetkých priemyselných odvetví a zahŕňajú všetky fázy prevádzky.⁵⁰ K rozvoju osvedčených koncepcií a ich šíreniu prispieva aj medzinárodná spolupráca vrátane organizácií ako Agentúra pre jadrovú energiu OECD (OECD/NEA) a Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu.⁵¹ Napríklad *Dohovor o jadrovej bezpečnosti*, podpísaný všetkými štátmi prevádzkujúcimi jadrové elektrárne, definuje súbor medzinárodne uznávaných zásad a povinností týkajúcich sa základných prvkov zaistenia bezpečnosti.⁵² Všetky protokoly JB sa zameriavajú na udržiavanie rádioaktivity pod prijateľnými limitmi. Základným princípom je hĺbková ochrana, ktorá zahŕňa viacero úrovní ochrany proti úniku rádioaktívnych látok.⁵³ Jadrové

⁴⁷ Tamtiež

⁴⁸ Tamtiež

⁴⁹ JAVYS: Jadrová bezpečnosť. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <Energetický slovník - Infoservis - Javys, a.s.>

⁵⁰ X ENERGY: The Advantages of Nuclear Energy. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <<https://x-energy.com/blog-all/investing-in-our-planet-earth-day-and-beyond-2sz9p>>

⁵¹ NEA OECD: Nuclear Energy Today. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na internete: <<https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/3595-nuclear-energy-today.pdf>>

⁵² Tamtiež

⁵³ Tamtiež

elektrárne sú vybavené modernými bezpečnostnými zariadeniami, ako sú záložné zdroje energie a systémy núdzového chladenia, ktoré majú zabrániť haváriám a minimalizovať ich následky. Bezpečnosť predstavuje najvyššiu prioritu v jadrovom priemysle, a preto prebiehajúci výskum a vývoj sú zamerané na ďalšie zdokonaľovanie bezpečnostných opatrení.⁵⁴ Obavy spojené s JE konkrétne obavy z destabilizácie jadrovej elektrárne vyvolali tzv. jadrovú fóbiu, ktorá spomaľuje rozvoj tohto odvetvia. Preto je kľúčové zameriavať sa na budovanie dôvery prostredníctvom transparentnosti a otvorenej komunikácie o pozitívnych aj negatívnych aspektoch jadrovej energetiky na základe vedeckých faktov. Problematika využívania jadra je zložitá téma v ktorej sa rozchádza nie len laická ale aj odborná verejnosť. Táto rôznorodosť názorov sa prejavuje aj v postojoch jednotlivých štátov.

1.2 Postoje krajín k jadrovej energii

Štáty prehodnocovali svoje postoje k jadrovej energii naprieč desaťročiami, pričom jej vývoj bol formovaný spočiatku ekonomickými až neskôr sociálnymi a politickými faktormi. V 50. rokoch 20. storočia zažili krajiny ako Spojené štáty americké, Japonsko, ZSSR a európske krajiny ako Francúzsko, Nemecko, Španielsko prudký hospodársky rast, ktorý viedol k dramatickému nárastu dopytu po elektrine. Zvýšená spotreba energie si vyžiadala hľadanie alternatívnych zdrojov energie k fosílnym palivám.⁵⁵ Prvý reaktor na výrobu elektriny EBR-I (Experimental Breeder Reactor-I) bol spustený v roku 1951 v Spojených štátoch amerických.⁵⁶ Tento úspech akceleroval jadrové objednávky a podnietil export reaktorov do Nemecka, Francúzska, Španielska, Japonska, Indie. Prvé jadrové elektrárne boli uvedené do prevádzky v rokoch 1954–1956 v Spojenom kráľovstve, Sovietskom zväze a Spojených štátoch. V roku 1954 sa jadrová elektráreň Obninsk v ZSSR stala prvou na svete, ktorá dodávala elektrinu do siete s výkonom 5 MW, čím zásobovala približne 2 000 domácností.⁵⁷ O rok neskôr sa Calder Hall vo Windscale v Anglicku stala prvou komerčnou jadrovou elektrárnou, ktorá začala dodávať elektrinu do národnej siete, zabezpečujúc tak dodávku elektriny pre domácnosti aj priemysel.⁵⁸ Tieto

⁵⁴ Tamtiež

⁵⁵ AJANOVIS, A. - REINHARD, H. – LUTZ, M.: *The Technological and Economic Future of Nuclear Power*. 2020. s.1-5

⁵⁶ IAEA: From Obninsk Beyond: Nuclear Power Conference Looks to Future. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <From Obninsk Beyond: Nuclear Power Conference Looks to Future | IAEA>

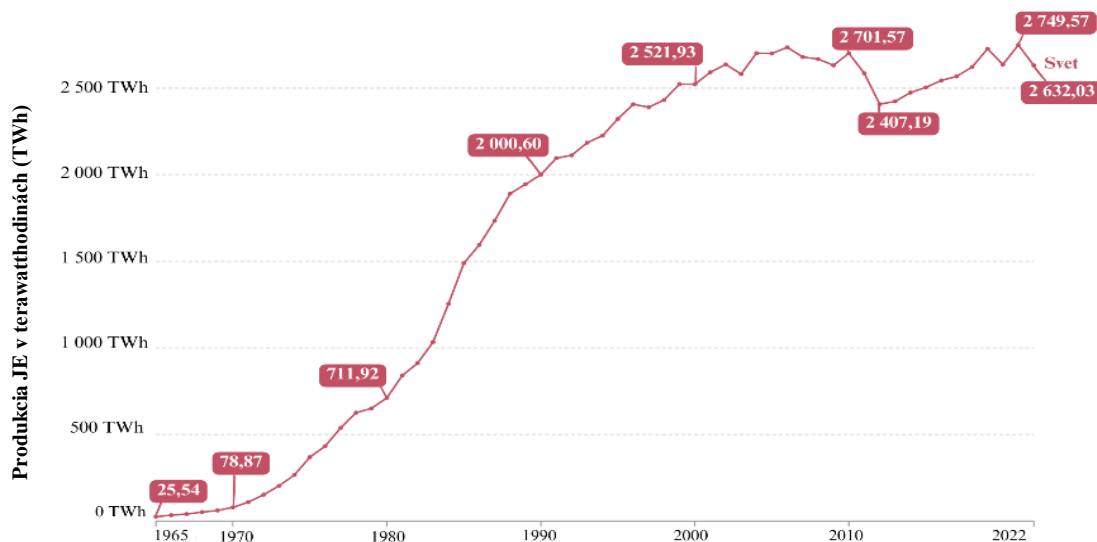
⁵⁷ Tamtiež

⁵⁸ Tamtiež

ranné míľniky potvrdili uskutočniteľnosť a potenciál jadrovej energie a poslúžili ako kľúčový impulz pre jej ďalší rozvoj v nasledujúcich desaťročiach.

K výraznému rastu jadrovej energetiky došlo najmä v 70., 80. a 90. rokoch minulého storočia ako vidíme na grafe č. 2. Počet nových elektrární postupne narastal s najvýraznejším nárastom medzi rokmi 1980 a 1990, kedy došlo k takmer dvojnásobnému zvýšeniu produkcie jadrovej energie. Spomalenie produkcie následne nastalo po nehode na ostrove Three Mile Island v roku 1979 a po katastrofe v Černobyle v roku 1986, ktorá mala výrazný negatívny dopad na jadrový priemysel v Európe. Napriek týmto udalostiam sme však sledovali ďalší nárast v produkcii jadrovej energie medzi rokmi 1990 a 2010, počas ktorého došlo takmer k zdvojnásobeniu produkcie. Zvrat nastal v roku 2011 po jadrovej havárii vo Fukušime, čo viedlo k rýchlemu prepadu celosvetovej produkcie jadrovej elektriny, vrcholiaceho v roku 2012, keď niektoré krajiny odstavili elektrárne z bezpečnostných dôvodov. Viaceré krajiny ako Belgicko, Čína, Južná Kórea, Švajčiarsko a Taiwan reagovali prijatím opatrení na zvýšenie bezpečnosti.⁵⁹ Od tohto momentu sme mohli sledovať pomalý, avšak postupný nárast produkcie, pričom najväčšia produkcia JE bola dosiahnutá v roku 2021 s hodnotou 2749,57 TWh.

Graf č. 2 Výroba jadrovej energie v rokoch 1965 až 2022 v TWh



Prameň: OUR WORLD IN DATA. Nuclear Energy.

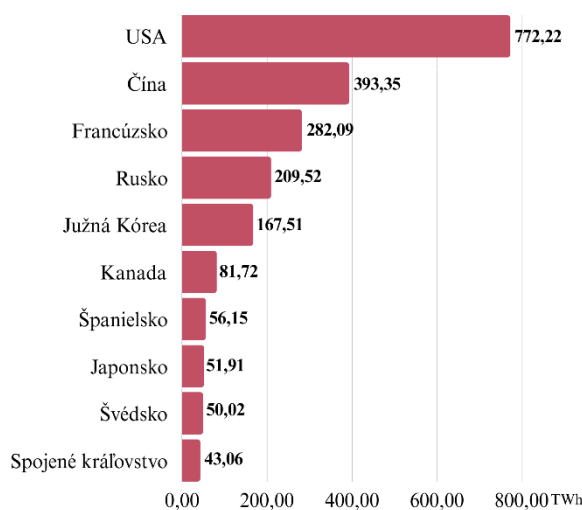
Podľa Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu je momentálne v prevádzke 438 reaktorov s čistým výkonom približne 392 756 MW v 32 krajinách. Paralelne prebieha

⁵⁹ Tamtiež

výstavba 58 reaktorov s celkovou čistou elektrickou kapacitou 59 867 MW.⁶⁰ Ako môžeme sledovať na grafe č. 4, väčšina reaktorov vo výstavbe sa nachádza v Číne, kde je v procese stavby 21 nových reaktorov s celkovým výkonom 21 609 MW. India a Turecko nasledujú s výstavbou 8 a 4 reaktorov. Čína je lídrom v rozvoji jadrovej energie a to aj napriek tomu, že má v prevádzke o 38 reaktorov menej ako Spojené štáty americké. Krajina dominuje nielen vo výstavbe nových reaktorov, ale aj v plánovaní ďalších a síce Spojené štáty majú silné postavenie v jadrovej energetike od jej počiatkov, Čína môže tento trend narušiť.

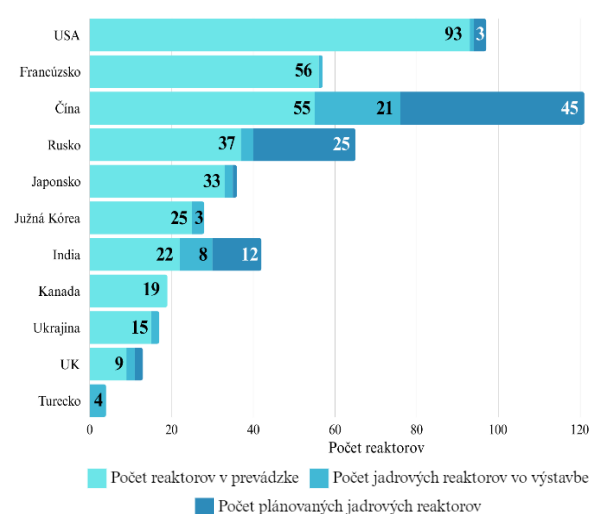
Zaujímavosťou je, že z 32 krajín, ktoré prevádzkujú jadrové elektrárne len Francúzsko, Slovensko, Ukrajina a Belgicko ich využívajú ako hlavný zdroj energie. Francúzsko v najvyššej miere, pričom u ostatných troch krajín tvorí jadrová energia približne 50 %-tný podiel na domácej produkcii elektriny. Zvyšné krajiny majú síce nižší podiel jadrovej energie v ich domácich energetických mixoch, ale to neznamená, že nedisponujú značnými kapacitami v tejto oblasti.

Graf č. 3 Výroba jadrovej energie podľa krajín za rok 2022 v TWh



Prameň: vlastné spracovanie na základe: MAAE-PRIS. Nuclear Share of Electricity Generation in 2022

Graf č. 4 Počet jadrových reaktorov podľa krajín za rok 2023



Prameň: vlastné spracovanie na základe: STATISTA. Number of nuclear reactors.

Keď sa odrazíme od grafického znázornenia údajov na grafe č. 3, ktorý usporadúva krajiny podľa ich energetickej produkcie a na grafe č. 4, ktorý zoraďuje krajiny podľa počtu reaktorov v krajine, je zjavné, že Spojené štáty americké sú momentálne najväčším producentom jadrovej energie na svete. Disponujú najvyšším počtom reaktorov, ktoré

⁶⁰ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Nuclear Power in the World Today. [cit. 2023-02-12]. Dostupné na internete: <<https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>>

dosahujú celkový výkon 772 TWh. Napriek tomu jadrová energia tvorí len 18 % ich domácej produkcie elektriny. Na druhej strane pri Francúzsku, ktoré je tiež jej popredným výrobcom, tvorí jadrová energia až 70 % domácej produkcie elektriny. Dôvody nízkeho podielu JE v iných krajinách sú rôzne, môžu závisieť od vysokej závislosti krajiny od fosílnych palív, prioritizovaním obnoviteľných zdrojov energie alebo v tom hrajú rolu politické rozhodnutia modelujúce individuálne stratégie energetického mixu konkrétnej krajiny. Tieto aspekty môžu v priebehu rokov ovplyvniť aj počet krajín podporujúcich jadrovú energiu. Niektoré krajiny totižto v minulosti prevádzkovali jadrové reaktory ale v súčasnosti nemajú v prevádzke žiadne jadrové elektrárne. Medzi nimi je aj Taliansko, ktoré do roku 1990 zatvorilo všetky svoje jadrové elektrárne a odvtedy sa jadrová energia prestala využívať z dôvodu referenda v roku 1987.⁶¹ Nemecko prevádzkovalo jadrové elektrárne od roku 1960 až do ukončenia svojej politiky postupného ukončovania prevádzky v roku 2023. Rakúsko (jadrová elektráreň Zwentendorf) a Filipíny (jadrová elektráreň Bataan) nikdy nezačali využívať svoje prvé jadrové elektrárne, ktoré boli kompletne vybudované.^{62,63} K týmto prípadom sa radí aj Kazachstan, ktorý ukončil prevádzku JE v roku 1999, no na rozdiel od predchádzajúcich príkladov ju tento štát plánuje znovu zaviesť pravdepodobne do roku 2035.⁶⁴ Prečo krajina s druhými najväčšími zásobami uránu ako je Kazachstan, zaujala takýto dôrazný postoj, je otázkou, ktorú treba preskúmať. Pre pochopenie ich súčasného stanoviska k jadrovej energii je dôležité zohľadniť historický kontext ich vzťahu k tejto forme energie.

1.3 Historický kontext vývoja jadrového priemyslu v Kazachstane

Začiatky kazašského jadrového priemyslu sa datujú do polovice minulého storočia. Vtedy bol Kazachstan súčasťou Sovietskeho zväzu a stal sa neoddeliteľnou súčasťou sovietskeho jadrového programu, pričom zohrával kľúčovú úlohu v ťažbe uránu, testovaní a vývoji jadrových technológií. Sovietsky zväz spustil svoj jadrový program v Kazachstane v roku 1948. "Volkovova expedícia", ktorá vznikla 1. januára toho roku, znamenala začiatok

⁶¹ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Nuclear Power in Italy. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/italy.aspx>>

⁶² CARPINELLI, B. – DONOVAN, J.: Nuclear Power Receives Record National Support at 66th IAEA General Conference. [cit. 2023-28-11]. Dostupné na internete: < Nuclear Power Receives Record National Support at 66th IAEA General Conference | IAEA>

⁶³ WORLD NUCLEAR NEWS: Philippines relaunches nuclear energy programme. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Philippines-relaunches-nuclear-energy-programme>>

⁶⁴ NUCLEAR ENGINEERING INTERNATIONAL: Kazakhstan chooses site for second NPP. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na internete: <Kazakhstan chooses site for second NPP - Nuclear Engineering International (neimagazine.com)>

programu.⁶⁵ Cieľom tejto expedície a jej tímu, ktorý sa riadil príkazom č. 173 vydaným ministrom geológie ZSSR koncom roku 1947, bolo nájsť ložiská uránu na území Kazachstanu. Tento urán mal slúžiť pre potreby obranného komplexu a rozvíjajúcu sa jadrovú energetiku ZSSR. Expedícia bola úspešná a jej výsledkom bolo objavenie prvého ložiska uránu v roku 1951 v Korday. Tento objav upevnil úlohu Kazachstanu ako kľúčového hráča v jadrových ambíciách Sovietskeho zväzu a spravil z neho svetového lídra, pokiaľ ide o preskúmané zásoby uránu, ložiská uránu a metódy podzemného lúhovania.⁶⁶

Od tohto momentu začala krajina aktívne budovať svoje jadrové odborné znalosti. V roku 1957 Fyzikálny a technický ústav Akadémie vied Kazachstanu založil Ústav jadrovej fyziky (IJF).⁶⁷ V jeho areáli neďaleko mesta Almaty bol prevádzkovaný výskumný reaktor VVR-K s výkonom 10 MW, ktorý sa stal významným centrom pre jadrový výskum.⁶⁸ Prelomový moment v jadrovej histórii Kazachstanu nastal v roku 1972, kedy vzhľadom na význam a perspektívnosť jadrového výskumu bol v meste Aktau spustený vôbec historicky prvý experimentálno-priemyselný reaktor s rýchlymi neutrónmi na svete, BN-350.⁶⁹ Tento krok zdôraznil dôležitosť a perspektívy jadrovej technológie v Kazachstane.

Je dôležité ešte raz zdôrazniť, že pred získaním nezávislosti bol uránový priemysel Kazachstanu, pred rokom 1991 jedným zo segmentov jadrového vojensko-priemyselného komplexu ZSSR pod názvom Ministerstvo stredného strojárstva.⁷⁰ Z tohto dôvodu dosiahol daný sektor hospodárstva najväčší rozvoj počas studenej vojny, kedy bol výrazne ovplyvnený sovietskymi obrannými objednávkami.⁷¹ Medzi rokmi 1949- 1989 ako dôležité centrum pre sovietsky jadrový program bolo územie Kazachstanu postihnuté istými negatívnymi udalosťami. V oblasti severovýchodne od hlavného mesta Astany, konkrétne v Semipalatinských polygónoch boli vykonané desiatky jadrových testov. V roku 1949 sa na tomto mieste uskutočnili prvé skúšky jadrových zbraní. Nasledoval prvý podzemný jadrový výbuch v roku 1961 a v nasledujúcich desaťročiach sa tu uskutočnilo približne 500 jadrových, termonukleárnych a vodíkových výbuchov. Tieto testy sa vykonávali

⁶⁵ Názov mohol mať rôzne významy, od mena geológa Volkova po symboliku vlka. Bol zvolený na zamaskovanie skutočných aktivít organizácie - bežná prax ZSSR pre utajenie a ochranu strategických objektov.

⁶⁶ GLOBUS: AO «Volkovgeologija» – geologičeskoe obespečenie Kazatomproma. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <<https://www.vnedra.ru/novosti/ao-volkovgeologiya-geologicheskoe-1090/>>

⁶⁷ ROSATOM: Setting Course for Nuclear. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <Setting Course for Nuclear (rosatomnewsletter.com)>

⁶⁸ Tamtiež

⁶⁹ Tamtiež

⁷⁰ bol ústredným orgánom štátnej správy ZSSR, ktorý vykonával funkcie riadenia jadrového priemyslu a zabezpečovania vývoja a výroby jadrových hlavíc.

⁷¹ ROSATOM: Setting Course for Nuclear. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <Setting Course for Nuclear (rosatomnewsletter.com)>

v prísnom utajení a mali vážne ekologické a zdravotné dopady na miestne obyvateľstvo a negatívne skúsenosti značne poznačili aj vnímanie kazašského národa voči využívaniu jadrovej energie.

Koncom 80. rokov nabralo hnutie proti jadrovým testom v Kazachstane na intenzite, čo viedlo k zhromaždeniam v Alma-Ate. V nadväznosti na tieto udalosti sa v roku 1990 konala konferencia s názvom „Svetoví voliči proti jadrovým zbraniam“ na ktorej sa zúčastnili delegáti z 30 krajín.⁷² Po získaní nezávislosti Kazašskej republiky prezident Nursultan Nazarbajev prisľúbil a dekrétom nariadil uzatvorenie Semipalatinskej testovacej lokality. Uzavretie tohto areálu bolo symbolickým víťazstvom v boji proti jadrovým zbraniam a zároveň začiatkom novej éry pre Kazachstan. S jeho uzavretím avšak bolo spojených pár výziev, ktorým nová republika musela čeliť, ako potreba konzervácie vojensko-priemyselných zariadení, posúdenie environmentálnych škôd či rekultiváciu postihnutého územia.⁷³ Na riešenie týchto komplexných úloh Kazachstan zriadil Národné jadrové centrum (NNC KR) v spolupráci s odborníkmi z Ruska, Spojených štátov amerických a MAAE. Po osamostatnení sa krajina stala signatárom *Zmluvy o nešírení jadrových zbraní* v roku 1992, čím sa stal prvou krajinou s jadrovými zbraňami, ktorá dobrovoľne začala s ich demontážou a procesom odzbrojenia, vrátane presunu sovietskych jadrových hlavíc späť do Ruska.⁷⁴ V tejto situácii sa prezident Nursultan Nazarbajev rozhodol využiť existujúci vedecký potenciál, ktorý predstavovala rozsiahla sieť podnikov s moderným vybavením a vysokej kvalifikácie expertov v oblasti jadrového výskumu, a zameriavať ho na mierové účely a inovatívne riešenia v rôznych odvetviach.

Spočiatku sa tieto ambície stretli s výzvami. Rozpad ZSSR narušil jednotný administratívny a technologický reťazec podnikov Ministerstva stredného strojárstva, ktoré boli zodpovedné za jadrový priemysel. V týchto náročných podmienkach začalo vedenie Kazachstanu prijímať súbor opatrení s cieľom oživiť priemysel. Prvým krokom bolo združenie všetkých podnikov jadrového priemyslu do Kazašskej štátnej korporácie podnikov jadrovej energie a priemyslu (KATEP). V auguste 1993 bola KATEP reorganizovaná na národnú akciovú spoločnosť. Tieto opatrenia boli zamerané najmä na zabránenie neoprávnenému vývozu uránu a na posilnenie kontroly nad jadrovým

⁷² ŠLAUS, I.: Kazakhstan Remains Committed to Advancing Disarmament Efforts on Global Stage. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <<https://astanatimes.com/2023/08/kazakhstan-remains-committed-to-advancing-disarmament-efforts-on-global-stage/>>

⁷³ Tamtiež

⁷⁴ LJAPUNOV, K.: Došli do jadra. Kak Kazahstan stal donorom atomnoj ènergii v Evrazii [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <<https://lenta.ru/articles/2021/12/01/atomkz/>>

materiálom. V roku 1997 bolo toto úsilie završené vytvorením Národnej atómovej spoločnosti Kazatomprom. Kazatomprom sa stal jediným producentom uránu v Kazachstane a jedným z najväčších producentov uránu na svete. Dnes je jadrový priemysel v Kazachstane zameraný najmä na ťažbu uránových rúd a výrobu palivových peliet pre iné krajiny.⁷⁵ Uránový priemysel republiky patrí medzi najdynamickejšie sa rozvíjajúce odvetvia pričom vláda vypracovala program rozvoja jadrového priemyslu do roku 2030 s cieľom vytvoriť kompletný cyklus jadrového paliva. Podľa všetkých prognóz sa trh s jadrovou energiou a výrobou bude len zvyšovať, keďže ide stále o ekonomicky najdostupnejší zdroj energie, ktorý dokáže uspokojiť rastúcu svetovú spotrebu energie.

O tom do akej miery je jadrový priemysel Kazašskej republiky konkurencieschopný budeme skúmať v jadre praktickej časti tejto práce. Pred samotným skúmaním si však stanovíme ciele a metódy pozorovania, ktoré nám pomôžu dospieť k relevantným výsledkom.

⁷⁵ Tamtiež

2 Ciele a metodika práce

Prvotným cieľom diplomovej práce je analyzovať konkurencieschopnosť jadrového priemyslu v Kazašskej republike. Práca implikuje aj partikulárne ciele, ktorými sú:

- Posúdiť pozitívne a negatívne aspekty jadrovej energie a jej potenciálne začlenenie do energetického portfólia jednotlivých krajín;
- Preskúmať a analyzovať aktivity zahrnuté v jadrovom cykle kazašského jadrového priemyslu.
- Posúdiť úroveň rozvoja a konkurencieschopnosti jadrového priemyslu prostredníctvom analýzy určených determinantov, ako sú zásoby a produkcia uránu, vedecko-technické kapacity a infraštruktúra, dostupnosť vysokokvalifikovaného personálu, právny rámec a medzinárodná spolupráca.
- Prezentovať aktuálne plány Kazašskej republiky na zlepšenie konkurencieschopnosti jadrového priemyslu prostredníctvom budovania nových jadrových elektrární.

Vyššie uvedené ciele boli dosiahnuté pomocou nasledovných metodických postupov. Analýza ako nástroj pre rozbor komplexnejšej časti na drobnejšie bola využívaná v teoretickom vecnom obsahu tejto práce, v úvodnej kapitole a jej podkapitolách, pričom analýzou sa tiež vymedzili kapitoly praktickej časti práce. Analyzovali sme determinanty ovplyvňujúce konkurencieschopnosť jadrového priemyslu, ktoré riadia ďalší rozvoj jadrového priemyslu a určujú jeho postavenie na medzinárodnom trhu s uránom, jeho prestíž a dôveru v rámci medzinárodného jadrového spoločenstva krajín, ktoré združuje MAAE a určili štádium reťazového jadrového cyklu, v ktorom sa Kazachstan ako najväčší producent uránu na svete nachádza. Táto analýza je kľúčová pre uplatniteľnosť syntézy ako ďalšej použitej metódy, ktorá integruje jednotlivé analyzované faktory do celkového rámca a umožňuje tak získanie komplexného prehľadu o tom, v akom rozsahu môže jadrový priemysel Kazachstanu ďalej pokračiť a kde je potrebné vykonať ďalšie kroky na dosiahnutie zlepšenia. Pospájaním súvislostí a informácií by malo dôjsť k vytvoreniu si komplexného prehľadu identifikovaných špecifik do uceleného celku.

Metóda komparácie bola ďalším aplikovaným postupom, použitá na porovnanie prístupov Kazašskej republiky k jadrovej energii pred a po rozpade ZSSR, na porovnanie dát o zásobách a produkcii uránu, pri hodnotení pozitívnych a negatívnych aspektoch jadrovej energie, na porovnanie prístupov krajín k využívaniu jadrovej energie a zároveň sa hodnotila pozícia Kazachstanu v porovnaní s ostatnými štátmi, ktoré disponujú značnými zásobami uránu. Komparácia je fundamentálnou metódou pre objektívne posúdenie zadanej tematiky, častokrát vyjadrená vizuálnym obsahom; grafmi a tabuľkami. Smerom k záveru

smerujeme k zovšeobecneniu prezentovaných myšlienok. Metódou indukcie bolo možné zjednotiť jednotlivé na prvý pohľad od seba nezávislé kategórie do všeobecných tvrdení a odporúčaní.

Hlavnými prameňmi informácií pre spracovanie témy diplomovej práce boli odborné knihy, vedecké štúdie a články elektronickej povahy, novinové príspevky od osvedčených, predovšetkým ruských alebo kazašských, zdrojov. Číselné a indexové hodnoty sú vyňaté z oficiálnych primárnych štatistík Ministerstva energetiky RK, NNC KR, z dát poskytnutých NAC Kazatompromom a štatistík zastrešených medzinárodnými organizáciami ako Medzinárodná atómová agentúra a Svetová jadrová asociácia. Prezentované argumenty sa opierajú buď priamo o jeden z ich kľúčových zákonov, ktorý upravuje smerovanie štátnej politiky jadrového sektora *Zákon Kazašskej republiky o využívaní atómovej energie* alebo o *Koncepciu rozvoja jadrového priemyslu v Kazašskej republike na roky 2011 - 2014 s perspektívou rozvoja do roku 2020*, pomocnými boli aj údaje kazašskej telegrafnej agentúry KAZTag, či Stredoázijského úradu pre analytické výkazníctvo CABAR.

Prvá časť diplomovej práce sa venuje charakteristike jadrovej energie, jej kladným a záporným stránkam a dôvodom pre jej zahrnutie do energetického mixu krajín. Analyzuje súčasný stav jadrovej energie vo svete a zameriava sa na vývoj jadrového priemyslu v Kazašskej republike počas ZSSR, keď bola významnou súčasťou jadrových aktivít Ruska, vzhľadom na jej významné zásoby uránu. Súčasne vzhľadom na zmenu štruktúry a prístupu Kazachstanu k využívaniu jadrovej energií a budovania jadrového priemyslu sa nám predostiera hypotéza toho, že *bohatstvo zásob uránu dáva Kazachstanu strategickú výhodu voči iným krajinám v jadrovom priemysle a na svetovom trhu s uránom*. Na ktorú nadväzuje ďalšia hypotéza a tou je, že *zásoby uránu, technologické a vedecké kapacity, právny rámec a medzinárodná spolupráca ovplyvňujú dopyt po jadrovej energii v Kazachstane a tým aj konkurencieschopnosť priemyslu, pričom optimalizácia jadrového cyklu a výstavba jadrovej elektrárne pomôžu zlepšiť energetickú bezpečnosť a konkurencieschopnosť Kazachstanu*.

Pri písaní práce sme zhromaždili štatistické údaje súvisiace s uránovým a jadrovým priemyslom: zásoby, produkcia a cena uránu, podiel Kazatompromu na produkcii uránu, porovnanie energetickej účinnosti jadrovej energie s ostatnými zdrojmi energie, distribúcia jadrových reaktorov naprieč krajinami, energetická výkonnosť jadra a iných zdrojov. Finálna snaha diplomovej práce posudzuje konkurencieschopnosť jadrového priemyslu na základe analýzy jeho determinantov. Cieľom je zhodnotiť, či sú aktuálne faktory postačujúce pre jeho konkurencieschopnosť a zaistenie energetickej bezpečnosti a udržateľnosti energetického sektora a jadrového priemyslu.

3 Výsledky práce a diskusia

3.1. Analýza súčasného stavu jadrového priemyslu v Kazachstane

Počas posledných dvoch desaťročí dosiahla Kazašská republika významné úspechy v oblasti jadrového priemyslu, čo mu vytvorilo uznávané postavenie vo svetovom meradle. Jadrový priemysel je komplexný sektor, ktorý zahŕňa niekoľko vzájomne prepojených aktivít tvoriacich jadrový cyklus. Pri posúdení schopnosti Kazachstanu v oblasti jadrovej energie sa bude zohľadňovať jeho súčasný úspech a potenciál v každej fáze jadrového palivového cyklu. Jadrový cyklus je zložitý technologický proces zaobchádzania s jadrovým palivom. Tento cyklus sa začína ťažbou a frézovaním uránu, nasleduje jeho konverzia a obohacovanie, čím sa urán spracuje a transformuje na jadrové palivo, ktoré poháňa jadrové technológie a zariadenia, ďalej zahŕňa výstavbu ako výskumných tak aj komerčných jadrových reaktorov slúžiacich k produkcii jadrovej energie a celý cyklus sa uzatvára likvidáciou jadrového odpadu alebo prípadným opätovným spracovaním odpadu resp. recykláciou.

Kazašská republika nemá skompletizovanú každú etapu jadrového cyklu ale v rámci svojho jadrového priemyslu sa angažuje v geologickom prieskume, ťažbe uránu, výrobe prírodných koncentrátov uránu, výrobe práškov oxidu uránu a výrobe palivových peliet a kaziet. V jadrovom priemysle krajiny sú zapojené tieto podniky: RŠP Národné jadrové centrum Kazašskej republiky⁷⁶, RŠP Ústav jadrovej fyziky, MAEK-Kazatomprom a Národná akciová spoločnosť Kazatomprom.⁷⁷ Jednotlivé aktivity jadrového sektora v krajine sú zverené spoločnosti NAC Kazatomprom, ktorá je kľúčovou entitou pre kazašský jadrový priemysel. Zahŕňa 26 podnikov pôsobiacich v oblasti geologického prieskumu, výskumu, ťažby, spracovania a obohacovania uránu a vývozu uránu. Rozsah jej činnosti zahŕňa vývoj malých a stredných energetických reaktorov, výstavbu jadrových elektrární a spoluprácu s priemyselnými odvetviami a spoločnosťami pôsobiacimi v oblasti jadrového priemyslu. Kazatomprom vlastní tri závody, ktoré sa špecializujú na výrobu materiálov pre jadrový, letecký, elektrotechnický a strojársky priemysel. Okrem toho zahŕňa aj výskumné centrum, špeciálne školiace a vzdelávacie centrum.

⁷⁶ RŠP – Republikánsky štátny podnik

⁷⁷ BAYAKENOVA,S.: Kazakhstan. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/cnpp2022/countryprofiles/Kazakhstan/kazakhstan.htm>>

Spoločnosť má významné miesto v kazašskej ekonomike a od svojich počiatkov bola hnacou silou iniciatív, ktoré posilnili konkurencieschopnosť kazašského jadrového priemyslu doma aj v zahraničí. Po rozpade ZSSR vypracoval Kazatomprom stratégie s cieľom obnoviť jadrový priemysel v krajine. V roku 2000 sa zaviedla dôsledná politika obnovy sektoru, čo umožnilo získanie finančných prostriedkov na pokrytie dlhov a zabezpečilo stabilné financovanie odvetvia.⁷⁸ Tieto kroky posilnili postavenie Kazachstanu na medzinárodnom trhu a umožnili mu prístup k americkým a európskym trhom s uránom. Výsledkom týchto opatrení bolo zvýšenie produkcie uránu v Kazachstane a krajina sa umiestnila na šiestom mieste vo svetovej produkcii. Konkurencieschopnosť jadrového priemyslu Kazachstanu ďalej narastala vďaka dohodám s ekonomicky silnými krajinami ako sú Čína a Južná Kórea. Tento rozvoj umožnil prístup na nové trhy s uránom a zvyšovanie produkcie, čo si vyžadovalo aj transfer nových technológií. Kazachstan získal nové vŕtacie stroje na ťažbu uránu, čo prispelo k efektívnejšiemu prieskumu a ťažbe. V roku 2004 spoločnosť Kazatomprom na sympóziu Svetovej jadrovej asociácie stanovila ambiciózny cieľ dosiahnuť produkciu uránu vo výške 15 000 ton do roku 2010, čo sa im podarilo úspešne naplniť.⁷⁹ Rozvoj nových uránových baní v tomto období prispel k ďalšiemu rastu a rozvoju jadrového priemyslu v Kazachstane. V rokoch 2003 až 2006 Kazachstan aktívne rozširoval spoluprácu v oblasti jadrového priemyslu so zahraničnými partnermi, vrátane krajín ako Japonsko, Čína a Rusko, čím si získal dôveru viacerých zahraničných partnerov a posilnil svoju pozíciu ako spoľahlivý a efektívny producent uránu na medzinárodnom trhu.

Neskôr, v roku 2008 spoločnosť Kazatomprom začala v Kazachstane formovať myšlienku úplného jadrového palivového cyklu podpísaním medzinárodných dohôd. Dňa 11. júna 2008 podpísala významnú dohodu s francúzskou spoločnosťou Areva o vývoji jadrového palivového cyklu.⁸⁰ Vytvoril sa spoločný podnik Katco, ktorého cieľom je do roku 2039 vyprodukovať 4 000 ton uránu, ktorý bude následne distribuovaný spoločnosťou Areva. Navyše, dohoda určila výrobu 1 200 ton uránu v metalurgickom závode Ulba na výrobu jadrových palivových peliet. Z toho mala byť časť vo veľkosti 400 ton použitá pre francúzske jadrové reaktory a zvyšných 800 ton mala plne využiť spoločnosť Kazatomprom. Táto dohoda zaväzovala Kazachstan k vytvoreniu nadnárodnej vertikálne integrovanej

⁷⁸ TSKHAY, A.: The Development of Nuclear Energy in Kazakhstan and its Integration to the Country's Energy Sector. In *GS Doshisha*. s. 113

⁷⁹ Tamtiež

⁸⁰ TSKHAY, A.: The Development of Nuclear Energy in Kazakhstan and its Integration to the Country's Energy Sector. In *GS Doshisha*. s. 114

spoločnosti pre jadrový palivový cyklus ale momentálne nie je známe, že by takáto spoločnosť bola vytvorená.

Jednotlivé etapy jadrového cyklu kazašskej republiky sú nasledovné. Geologický prieskum pre spoločnosť Kazatomprom zabezpečuje dcérska organizácia Ministerstva geológie Volkovgeology JSC, nástupca Volkovskej geologickej expedície, ktorá stála za prvými objavmi uránových ložísk na území Kazašskej republiky.⁸¹ Od roku 2012 Kazatomprom intenzívne realizuje prieskumné práce s cieľom identifikovať nové ložiská uránového pieskovca v južnom Kazachstane, ktoré sú financované prostredníctvom spoločnosti Volkovgeologia. Tento program, naplánovaný do roku 2030 doteraz získal investíciu presahujúcu 20 miliónov amerických dolárov do roku 2015.⁸² Ťažba uránu zabezpečená spoločnosťou Kazatomprom dosahuje taktiež nadpriemerné výsledky, ktoré si podrobnejšie rozoberieme v samostatnej kapitole, venujúcej sa uránu a jeho významu pre jadrový priemysel Kazachstanu.

Medzikrok medzi premenou prírodného uránu na obohatený urán je proces nazývajúc sa konverzia. Konverzia uránu, ktorá predstavuje kľúčový krok v jadrovom cykle, je procesom, kde sa uránový koncentrát transformuje na plynný hexafluorid uránu (UF₆), potrebný pre obohacovanie uránu. V máji 2007 podpísala kanadská spoločnosť Cameco Corporation dohodu s Kazatompromom o preskúmaní možnosti zriadenia závodu na konverziu uránu s použitím technológie Cameco v Kazachstane, pričom výrobná kapacita mala byť 12 000 ton ročne.⁸³ V júni 2008 Cameco a Kazatomprom oznámili vytvorenie novej spoločnosti Ulba Conversion LLP s cieľom vybudovať tento závod v metalurgickom závode Ulba v Ust'-Kamenogorsku.⁸⁴ Aj keď projekt bol pozastavený, v roku 2016 Kazatomprom uzavrel s Camecom dohodu, ktorá mu poskytla päťročnú opciu na licenciu technológie konverzie uránu, výrobu UO₃ a na výstavbu a prevádzku závodu na konverziu uránu v Kazachstane.⁸⁵ Projekt rafinérie uránu s kapacitou 6 000 ton ročne bol označený za "strategický cieľ" v roku 2014 a ďalšie kroky smerujúce k jeho realizácii boli dohodnuté

⁸¹ GLOBUS: AO «Volkovgeologija» – geologičeskoe obespečenie Kazatomproma. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <<https://www.vnedra.ru/novosti/ao-volkovgeologiya-geologicheskoe-1090/>>

⁸² GORBATENKO, O.: Resource availability in Kazakhstan. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <https://nucleus.iaea.org/sites/INPRO/df8/Section%203/Plenary_Resource_07_Gorbatenko.pdf>

⁸³ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx>>

⁸⁴ Kazatomprom: Konversija. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <[Конверсия | Казатомпром \(stanford.edu\)](https://stanford.edu)>

⁸⁵ WISE URANIUM: Current Issues: New Uranium Conversion/Enrichment and Nuclear Fuel Plant Projects – Asia. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <<https://www.wise-uranium.org/epasi.html#KZ>>

v roku 2016.⁸⁶ V decembri 2018 a januári 2020 sa podpísali dohody medzi spoločnosťami Kazatomprom, Ulba Metallurgical Plant a Cameco, ktoré udelili kazašskej strane právo na využívanie technológií na rafináciu a konverziu uránu. Spoločnosť UMP momentálne realizuje investičný projekt *Budova 600: Rekonštrukcia a výstavba rafinérie oxidu dusného uránu s ročnou kapacitou 6 000 ton* s cieľom preskúmať možnosti implementácie nových technológií rafinácie uránu.⁸⁷ Tieto kroky predstavujú súčasť plánov Kazatompromu na vytvorenie nadnárodnej vertikálne integrovanej spoločnosti s úplným jadrovým palivovým cyklom.

Kazachstan sa spolieha na služby Ruska pri transformácii uránovej rudy na jadrové palivo.⁸⁸ Kapacita na výrobu obohateného uránu je dostupná len v niekoľkých štátoch, pričom Rusko zastáva takmer polovicu svetovej kapacity na obohacovanie. Zvyšná kapacita sa nachádza v Nemecku, Holandsku, Spojenom kráľovstve a v Spojených štátoch amerických. Úzka spolupráca s Ruskom tvorí základný pilier jadrovej stratégie Kazachstanu od začiatku 21. storočia. V súčasnosti sa urán, ťažený v Kazachstane, obohacuje v Rusku a následne sa prepravuje do závodu Ulba v Ust'-Kamenogorsku.⁸⁹ Od roku 2013 disponuje Kazatomprom prístupom k službám obohacovania uránu s kapacitou až 2,5 milióna separačných pracovných jednotiek (SWU) ročne prostredníctvom rusko-kazašského spoločného podniku Uranium Enrichment Center JSC (UEC) až do roku 2043.⁹⁰ Táto možnosť obohacovania uránu je využívaná spoločnosťou Kazatomprom na podporu výroby produktov v spoločnosti Ulba-FA, konkrétne na výrobu palivových peliet a kaziet.⁹¹ UEC bola založená v roku 2006, čím sa Kazachstan stal 50 %-tným akcionárom Ural Electrochemical Plant JSC, najväčšieho závodu na obohacovanie uránu na svete.⁹² V roku 2020, po strategickom zameraní sa na ťažbu uránu, Kazatomprom predal svoj podiel v tomto závode svojmu ruskému partnerovi TVEL, ktorý je divíziou pohonných hmôt patriacou k Rosatomu s tým, že si zachoval prístup k službám obohacovania uránu v Rusku.⁹³ UEC sa

⁸⁶ Tamtiež

⁸⁷ KAZATOMPROM: Produkcija JaTC. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <Продукция ЯТЦ (kazatomprom.kz)>

⁸⁸ SILVAN, K. – SIDDI, M.: Russia and Kazakhstan in the global nuclear sector: From uranium mining to energy diplomacy: FIIA Briefing Paper 371. 2023. In *FIIA Ulkopoliittinen Instituutti*. s. 1

⁸⁹ Tamtiež

⁹⁰ KAZATOMPROM: Produkcija JaTC. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <Продукция ЯТЦ (kazatomprom.kz)>

⁹¹ Tamtiež

⁹² SILVAN, K. – SIDDI, M.: Russia and Kazakhstan in the global nuclear sector: From uranium mining to energy diplomacy: FIIA Briefing Paper 371. 2023. In *FIIA Ulkopoliittinen Instituutti*. s. 1

⁹³ ROSATOM: Setting Course for Nuclear. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <Kazakhstan Interested (rosatomnewsletter.com)>

odlišuje od Medzinárodného centra na obohacovanie uránu (IUEC), na ktorom sa Rusko a Kazachstan naďalej aktívne zúčastňujú. IUEC vzniklo v máji 2007, keď oba štáty spojili svoje úsilie s cieľom poskytnúť nejadrovým štátom prístup k obohatenému uránu bez nutnosti získavať kritické jadrové technológie, a to s ohľadom na režim nešírenia jadrových zbraní.⁹⁴ Plánuje sa, že IUEC bude sídliť v Angarsku v Rusku na základe federálneho štátneho podniku Angarsk Electrolysis Chemical Plant, ktorý bol schválený odborníkmi MAAE.⁹⁵ V súčasnosti hlavnými akcionármi IUEC sú Rusko (90 % akcií) a Kazachstan (10 % akcií).⁹⁶ Očakáva sa, že Rusko bude prenášať ďalších 10 % akcií Arménsku v rámci tohto projektu. Okrem toho o projekt IUEC prejavili záujem aj krajiny ako Ukrajina, Belgicko, Južná Kórea a Kanada.

Ďalšou fázou jadrového palivového cyklu je po obohatení výroba palivových peliet z oxidu uraničitého (UO₂). Palivové pelety sú jednou z hlavných zložiek jadrového paliva pre jadrové elektrárne. Dnes Kazatomprom prostredníctvom svojej vedúcej dcérskej spoločnosti Ulba Metallurgical Plant je schopný ponúkať nasledujúce produkty na svetovom trhu:

- Palivové pelety určené pre ruské konštrukčné reaktory, vrátane variantov s prídavkom horľavých absorbérov.
- Palivové pelety pre ľahkovodné reaktory, vrátane špeciálnych typov pre palivové zloženie AFA 3G, navrhnuté spoločnosťou Framatome.⁹⁷

Ulba Metallurgical Plant je jedným z najväčších svetových výrobcov palivových peliet. Technológia používaná v tomto závode umožňuje výrobu práškového oxidu uránu keramickej kvality obohateného až o 5 % v 235U. UMP dodáva palivo do ruských a ukrajinských reaktorov VVER a RBMK už takmer 50 rokov, pričom je súčasne schváleným dodávateľom práškového oxidu uraničitého pre americkú spoločnosť General Electric.⁹⁸ Okrem toho Kazatomprom v súčasnosti spolupracuje so svojimi partnermi z Japonska, Kórey, Číny, USA, Francúzska a Kanady na realizácii kvalifikačných testov a certifikáciách palivových zmesí. Kazatomprom si stanovil cieľ, zásobovať do roku 2030 až

⁹⁴KAZATOMPROM: Obogašenie. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <Обогащение | Казатомпром (stanford.edu)>

⁹⁵ Tamtiež

⁹⁶ Tamtiež

⁹⁷KAZATOMPROM: Produkcija JaTC. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <Продукция ЯТЦ (kazatomprom.kz)>

⁹⁸ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: < Uranium in Kazakhstan | Nuclear Power in Kazakhstan - World Nuclear Association (world-nuclear.org) >

jednu tretinu svetového trhu palivovými produktami, pričom Čína bude hlavným odberateľom.⁹⁹ Využívajúc svoje technologické zdroje a medzinárodnú spoluprácu, Kazachstan neobmedzil svoje aktivity len na výrobu palivových peliet ale rozšíril ich aj do oblasti výroby palivových kaziet ako ďalšej alternatívy pre jadrové reaktory.

Spoločnosť Kazatomprom a jej partner China General Nuclear Power Company (CGNPC) spoločne iniciovali projekt s UMP s cieľom vybudovať zariadenie na výrobu palivových kaziet (FA) pre čínske jadrové elektrárne. Prevádzka závodu Ulba Fuel Assembly Plant (Ulba-FA LLP) bola spustená v decembri 2020 a oficiálne otvorená v novembri 2021. Pre tento závod bola vybraná najmodernejšia technológia francúzskej spoločnosti Framatome, ktorá je jedným z popredných globálnych výrobcov palivových článkov. Závod Ulba-FA obdržal certifikát od spoločnosti Framatome, ktorý potvrdzuje jeho schopnosť vyrábať palivové súbory AFA 3GTM v objeme 200 ton uránu ročne.¹⁰⁰

Kazašská republika si aj vďaka svojej schopnosti spĺňať prísne požiadavky a kritéria nie len jej súčasných a potenciálnych zahraničných partnerov ale aj Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu získala dôveru a rešpekt v medzinárodnom jadrovom spoločenstve ako spoľahlivý a uznávaný dodávateľ uránu. V roku 2015 vláda Kazašskej republiky schválila návrh dohody s MAAE o zriadení „palivovej banky“ nízko obohateného uránu (LEU) v Kazachstane. Táto banka obsahuje fyzickú zásobu približne 90 metrických ton nízkoobohateného uránu obohateného hexafluoridu uránu vhodnú na výrobu paliva pre typický ľahkovodný reaktor.¹⁰¹ LEU obsiahnuté v banke je dostatočné na výrobu jadrového paliva na pohon veľkého mesta na tri roky. Banka slúži ako mechanizmus poslednej možnosti pre členské štáty v prípade prerušenia dodávky LEU do jadrovej elektrárne v dôsledku výnimočných okolností, ktoré znemožňujú zabezpečenie paliva z komerčného trhu alebo akéhokoľvek iného dodávateľského systému, čím sa stáva stabilným zdrojom jadrového paliva. Kľúčovým princípom MAAE LEU Bank ako záruky dodávateľského mechanizmu poslednej inštancie je, že nesmie deformovať komerčný trh a je v súlade s právami členských štátov MAAE na rozvoj jadrovej energie na mierové účely.¹⁰² Závod Ulba Metallurgical Plant bol vybraný pre svoju infraštruktúru, kvalifikovaný personál, spoľahlivý systém fyzickej ochrany a dostupnosť dopravnej infraštruktúry, okrem toho UMP

⁹⁹ KAZATOMPROM: Produkcija JaTC. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <Продукция ЯТЦ (kazatomprom.kz)>

¹⁰⁰ WISE URANIUM: Current Issues: New Uranium Conversion/Enrichment and Nuclear Fuel Plant Projects – Asia. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <<https://www.wise-uranium.org/epasi.html#KZ>>

¹⁰¹ IAEA: Low Enriched Uranium (LEU) Bank. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <<https://www.iaea.org/topics/iaea-low-enriched-uranium-bank>>

¹⁰² Tamtiež

spĺňa prísne kritéria MAAE s 20 ročnou históriou dodržiavania bezpečnostných noriem MAAE.¹⁰³ Tento výber vyzdvihuje Kazašskú republiku ako dôležitého hráča v globálnom jadrovom priemysle a predstavuje otvorenú príležitosť získať určitú prestíž v medzinárodnom jadrovom priemysle.

V priebehu posledných desaťročí Kazachstan dosiahol významný pokrok smerom k úplnému uzavretiu jadrového cyklu. Napriek tomu, že je vedúcim producentom uránu a exportérom palivových produktov do ekonomicky rozvinutých krajín, ktoré aktívne využívajú jadrovú energiu, najmä vo svojom energetickom sektore, Kazachstan zatiaľ nevyužíva svoj jadrový potenciál na výrobu elektrickej energie ale na výskum a medicínske aplikácie. Krajina má v prevádzke štyri výskumné reaktory, tri v bývalom Semipalatinskom testovacom mieste blízko Kurčatova v regióne Východný Kazachstan (IGR, RA a IVG.1M) a jeden v Alatau, neďaleko bývalého hlavného mesta Almaty (VVR-K).¹⁰⁴ Tieto reaktory patria pod Národné jadrové centrum Kazašskej republiky a slúžia pre vedecký výskum, vývoj nových materiálov a rádioaktívnych látok pre medicínske účely. Všetky výskumné reaktory, ktoré v súčasnosti fungujú v Kazachstane, boli postavené v sovietskych časoch. Jeden z najstarších výskumných reaktorov IGR na svete bol uvedený do prevádzky v roku 1961. Reaktor RA vychádzal z návrhu stolového prototypu pohonu jadrovej kozmickej lode a bol uvedený do prevádzky v roku 1987.¹⁰⁵ Tento reaktor je v súčasnosti trvalo odstavený a zatiaľ sa neplánuje obnoviť jeho prevádzka.¹⁰⁶ Napriek tomu ho podľa klasifikácie MAAE stále považujú za funkčný, pretože neexistuje vypracovaný a schválený plán jeho vyradovania. V 1990 bol potom postavený ďalší výskumný reaktor IVG.1M.¹⁰⁷ Používa sa okrem iného na testovanie palivových kaziet, štúdium potenciálnych núdzových situácií a vývoj preventívnych opatrení. V rámci záväzkov Kazachstanu sa mení z vysoko obohateného na nízko obohatené uránové palivo. V roku 1967 bol uvedený do prevádzky výskumný reaktor VVR-K v meste Alatau neďaleko Almaty.¹⁰⁸ V súčasnosti slúži na základný výskum v oblasti jadrovej fyziky a materiálov a na výrobu rádioaktívnych izotopov pre medicínu a priemysel. Pred niekoľkými rokmi bol VVR-K prerobený na nízko

¹⁰³ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx>>

¹⁰⁴ NURZHANOV A.: Republic of Kazakhstan. In *KINS-IAEA Workshop on Safety Review and Assessment for Licensing NPPs*. s. 6-9

¹⁰⁵ Tamtiež

¹⁰⁶ Tamtiež

¹⁰⁷ IAEA: Third national report of the Republic of Kazakhstan on compliance with obligations subsequent upon the convention on nuclear safety. In *IAEA National Report of Kazakhstan*. 2019. s. 17

¹⁰⁸ IAEA: Third national report of the Republic of Kazakhstan on compliance with obligations subsequent upon the convention on nuclear safety. In *IAEA National Report of Kazakhstan*. 2019. s. 13

obohatené palivo po komplexnom programe generálnej opravy a modernizácie, ktoré vykonala spoločnosť Rosatom.¹⁰⁹

Okrem týchto troch aktívnych jadrových inštalácií Kazašská republika nedisponuje na jej území funkčnou jadrovou elektrárnou. Je síce pravda, že krajina prevádzkovala na svojom území jadrovú elektráreň Mangystau v meste Aktau na pobreží Kaspického mora, ktorej súčasťou bol spomínaný reaktor BN-350 ale jej životnosť začala rokom 1972 a skončila v 1999, kedy bola elektráreň odstavená z prevádzky z bezpečnostných a environmentálnych dôvodov.¹¹⁰ Jej primárnou funkciou počas 27 rokov životnosti bolo fungovať ako zdroj elektriny, diaľkového vykurovania a odsolovania vody pre mesto Aktau. Reaktor BN-350 bol vtedy jediným energetickým reaktorom na svete, používaným na priemyselné odsolovanie, ktorý riešil problém s nedostatkom pitnej vody v regióne.¹¹¹ Išlo o revolučnú technológiu vtedajšej doby a hoci od uzavretia elektrárne Mangistau, Kazachstan absentuje vlastníctvom komerčne aktívneho jadrového zariadenia, skúsenosti nadobudnuté z tohto obdobia môžu byť cenným prínosom pri zvažovaní opätovného začlenenia jadrovej energie do energetického systému krajiny. Kazachstan už dávnejšie prejavil záujem o výstavbu jadrovej elektrárne na svojom území a preskúmal potenciál rôznych medzinárodných partnerstiev v tomto úsilí. Kazašský minister energetiky však v roku 2015 pozastavil prípravy na výstavbu jadrovej elektrárne s odvolaním sa na prebytok energie v Kazachstane. Napriek tomu MAAE dokončila revíziu kazašskej infraštruktúry pre program jadrovej energetiky na žiadosť vlády v novembri 2016.¹¹² Podľa správy Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu je Kazachstan v dobrej pozícii pokračovať v rozvoji svojho civilného jadrového programu.

¹⁰⁹ ROSATOM: Setting Course for Nuclear. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <Kazakhstan Interested (rosatomnewsletter.com)>

¹¹⁰ NTI: Kazakhstan Nuclear Facilities. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <Kazakhstan Nuclear Facilities (nti.org)>

¹¹¹ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <Uranium in Kazakhstan | Nuclear Power in Kazakhstan - World Nuclear Association (world-nuclear.org) >

¹¹² NTI: Kazakhstan Nuclear Facilities. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <Kazakhstan Nuclear Facilities (nti.org)>

3.2 Determinanty konkurencieschopnosti jadrového priemyslu

Kazachstan dokázal v krátkom čase rozvinúť oblasť jadrového priemyslu na konkurencieschopnú úroveň na svetovom trhu. Počas ôsmich rokov národná spoločnosť Kazatomprom nielenže oživila jadrový priemysel z krízy ale stala sa aj jedným z kľúčových hráčov v oblasti svetovej produkcie uránu. Tento výsledok by nebolo možné dosiahnuť bez dôsledného záväzku a strategického plánu činnosti kazašskej vlády, ako aj zahraničných investícií. Po rozpade Sovietskeho zväzu Kazachstan čelil kríze a stagnácii, ktoré musel prekonať počas prvých desaťročí svojej nezávislosti. Následne sa zameriaval na dosiahnutie priemyselného a hospodárskeho rozvoja a na zohranie vedúcej úlohy v jadrovom priemysle.

Jadrový priemysel Kazašskej republiky je zastúpený v rôznych aspektoch rozvoja, vrátane jadrového priemyslu, vedy a techniky, vývoja nukleárnej medicíny, termonukleárnych a urýchľovacích technológií, a prevádzky výskumných jadrových reaktorov. Dnes má Kazachstan všetky objektívne predpoklady pre rozvoj jadrového priemyslu, a to:¹¹³

- Prítomnosť značného množstva preukázaných zásob uránu;
- Prítomnosť rozvinutého priemyslu ťažby a spracovania uránu;
- Prítomnosť atómovej vedy;
- Prítomnosť systému na monitorovanie seizmických udalostí
- Dostupnosť personálneho potenciálu vysokokvalifikovaných odborníkov;
- Dostupnosť právneho rámca pre reguláciu využívania jadrovej energie v súlade s požiadavkami MAAE
- Dostupnosť medzinárodnej spolupráce na rôznych úrovniach
- Významný pokrok vo vývoji a implementácii jadrových technológií na výrobu lekárskeho rádiofarmáku
- Skúsenosti s likvidáciou a bezpečným nakladaním s jadrovým odpadom

V roku 2022 globálna klimatická kríza ovplyvnila trhy s energiou, čo viedlo k zvýšenému záujmu členských štátov MAAE o jadrovú energiu s cieľom dosiahnuť nulové emisie a zabezpečiť energetickú bezpečnosť. Taktiež sa zvyšuje využívanie jadrovej technológie na neenergetické účely, ako je ochrana vodných zdrojov, udržateľnejšie riadenie

¹¹³ BAYAKENOVA, S.: Kazakhstan. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/cnpp2022/countryprofiles/Kazakhstan/kazakhstan.htm>>

poľnohospodárstva a zlepšovanie liečby rakoviny. Tento trend sa prejavuje v rôznych oblastiach energetického sektora a posilňuje konkurencieschopnosť jadrovej energie voči iným zdrojom energie. Kazašská republika ako najvyspelejšia ekonomika Strednej Ázie, vníma jadrovú energiu ako kľúčový faktor pre dosiahnutie energetickej bezpečnosti a diverzifikácie energetického mixu krajiny a súčasne podporuje rozvoj jadrovej energie s cieľom posilniť svoje postavenie na medzinárodnej scéne.

Vyššie sme stručne sme zdôraznili významné atribúty kazašského jadrového priemyslu, ktoré umožňujú výstavbu prvej jadrovej elektrárne v post sovietskej ére a zvyšujú konkurencieschopnosť tohto odvetvia na domácom aj medzinárodnom trhu. V nasledujúcich podkapitolách sa budeme venovať podrobnejšej analýze týchto oblastí, začneme s právnym rámcom a inštitúciami tvoriacimi základ pre tvorbu a implementáciu iniciatív v jadrovom sektore.

3.2.1 Jadrová energetická politika v Kazachstane

Kazachstan disponuje rozvinutou štátnou štruktúrou pre riadenie jadrového priemyslu. Vláda Kazašskej republiky, zastúpená Ministerstvom energetiky (ME KR), nesie zodpovednosť za realizáciu štátnej politiky v oblasti využívania jadrovej energie. Táto politika sa riadi *Zákonom Kazašskej republiky o využívaní atómovej energie* z 12. januára 2016, ktorá určuje právny základ a zásady regulácie spoločenských vzťahov v oblasti využívania jadrovej energie na účely ochrany života a zdravia ľudí, ich majetku, ochrany životného prostredia a na zabezpečenie režimu nešírenia jadrových zbraní, jadrovej, radiačnej a fyzikálnej bezpečnosti pri využívaní jadrovej energie.¹¹⁴

¹¹⁴ ZAKON RESPUBLIKI KAZAHSTAN: Ob ispol'zovanii atomnoj ènergii. [cit. 2021-20-11]. Dostupné na inernete: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1600000442>

Obrázok č. 1 Riadiaca štruktúra Kazašskej republiky



Prameň: IAEA. Country Nuclear Power Profiles: Kazakhstan

V súčasnosti je za jadrový dozor v Kazachstane zodpovedné Ministerstvo životného prostredia Kazašskej republiky (MŽP KR). Túto úlohu plní prostredníctvom Výboru pre atómovú a energetický dozor a kontrolu (CAESC). CAESC ME KR, v minulosti známy ako Výbor pre atómovú energiu Ministerstva priemyslu a nových technológií KR je ústredným orgánom štátnej správy v pôsobnosti MŽP KR.¹¹⁵ Jeho úlohou je vykonávať dohľad nad jadrovou bezpečnosťou a realizovať štátnu politiku v oblasti využívania atómovej energie. Má široké spektrum kompetencií v oblasti regulácie, kontroly, licencií, výskumu a medzinárodnej spolupráce. Medzi jeho hlavné úlohy konkrétne patrí: realizácia štátnej politiky v oblasti jadrovej energie a elektriny, regulácia, implementácia, dohľad nad jadrovou energiou a elektrárnami, kontrola dodržiavania pravidiel radiačnej bezpečnosti a licenčných podmienok, udeľovanie licencií a registrácia v oblasti jadrovej energie, výskum a vývoj v oblasti jadrovej bezpečnosti a nešírenia jadrových zbraní, medzinárodná spolupráca v oblasti jadrovej energie.

Medzi jeho ďalšie kompetencie patrí aj koordinácia vývozu a dovozu jadrových materiálov, štátna evidencia a kontrola zdrojov ionizujúceho žiarenia, certifikácia zamestnancov jadrových zariadení, akreditácia organizácií v oblasti jadrovej bezpečnosti, tvorba strategických a programových dokumentov v oblasti energetiky. Okrem tohto odboru má MŽP KR tri podriadené organizácie medzi ktoré patria už spomínané: RSE Národné

¹¹⁵ BAYAKENOVA, S.: Kazakhstan. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/cnpp2022/countryprofiles/Kazakhstan/kazakhstan.htm>>

jadrové centrum Kazašskej republiky, RSE Ústav jadrovej fyziky a LLP Mangistau Atomic Energy Combine – Kazatomprom.

Národné jadrové centrum KR bolo založené v roku 1992 na základe dekrétu prezidenta SR č. 779. *O Národnom jadrovom centre a agentúre pre atómovú energiu Kazašskej republiky*.¹¹⁶ NNC KR podporuje mierové využívanie atómovej energie prostredníctvom vedecko-technických aktivít so zameraním na rozvoj jadrovej energetiky, technológií CTF a vodíkovej energie, radiačnú bezpečnosť, ekológiu, podporu režimu nešírenia jadrových zbraní a informačnú a personálnu podporu jadrového priemyslu v Kazachstane.

Ústav jadrovej fyziky KR, založený v roku 1957 je jedinečnou inštitúciou zameranou na základný a aplikovaný výskum a vzdelávanie v jadrovom priemysle. Jeho hlavným poslaním je posilniť vedecký a technologický potenciál Kazachstanu v jadrovej fyzike a príbuzných oblastiach, ako je astrofyzika, fyzika častíc, medicína a energetika. IJF vyrába 85 % všetkých rádiofarmák používaných v Kazachstane a pri poskytovaní odbornej pomoci spolupracuje s domácimi a medzinárodnými inštitúciami. Jej hlavnou činnosťou je vývoj technológií pre mierové využitie jadrovej energie, čím prispieva k ekonomickému zlepšeniu Kazachstanu a prechodu z rozvojovej krajiny na rozvinutú.¹¹⁷

Spoločnosť LLP MAEC - Kazatomprom je dcérska spoločnosť NAC Kazatomprom. LLP MAEC bola založená 1. júla 1968 s úlohou zásobovať priemysel a obyvateľstvo regiónu Mangistau elektrickou energiou, tepelnou energiou a vodou na rôzne účely. Kazatomprom sa stala jej vlastníkom a prevádzkovateľom od 1. mája 2003 a od 14. novembra 2019 je súčasťou podriadených organizácií ME KR.¹¹⁸ Od 21. novembra 2022 prešiel energetický podnik do komunálneho vlastníctva a bol premenovaný na spoločnosť LLP MAEK.¹¹⁹

V Kazachstane existuje viacero štátnych orgánov, ktoré dohliadajú na rôzne aspekty jadrovej energie. Ďalšou inštitúciou podpory jadrovej energetiky okrem CAESC je odbor atómovej energie a priemyslu, ktorý je tiež súčasťou ME KR. Ďalšie regulačné funkcie vykonáva Výbor pre environmentálnu reguláciu a kontrolu Ministerstva ekológie, geológie a prírodných zdrojov zaoberajúci sa ochranou životného prostredia. Funkcie sanitárnej a epidemiologickej starostlivosti o obyvateľstvo sú zabezpečované Výborom pre sanitárnu a epidemiologickú kontrolu Ministerstva zdravotníctva Kazašskej republiky. Ministerstvo

¹¹⁶ NNC. National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <nnc.kz/en/setup/nnc.html>

¹¹⁷ INP. Institut jadernoj fiziki. [online]. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <https://inp.kz/ru>

¹¹⁸ MAEK. O predpriatii. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <https://maek.kz/index.php/ru/>

¹¹⁹ Tamtiež

vnútra Kazašskej republiky má na starosti povoloňacie funkcie a zabezpečuje bezpečnosť zariadení. Kontrolu a dozor v oblasti priemyselnej bezpečnosti vykonáva Výbor priemyselného rozvoja Ministerstva priemyslu a rozvoja infraštruktúry Kazašskej republiky a likvidáciu nehôd spôsobených človekom zabezpečuje Ministerstvo pre mimoriadne situácie.¹²⁰

Štátne regulačné orgány v Kazachstane sú nezávislé a neovplyvňujú ich organizácie zaoberajúce sa využívaním atómovej energie.¹²¹ Táto nezávislosť zabezpečuje nestranné a objektívne regulačné funkcie. Krajina má päť hlavných vnútroštátnych zákonov, ktoré tvoria právny rámec pre využívanie atómovej energie, stanovujú bezpečnosť, ochranu životného prostredia a reguláciu jadrových aktivít.¹²²

- Zákon Kazašskej republiky zo dňa 12. januára 2016 č. 442-V „*O využívaní atómovej energie*“;
- Zákon Kazašskej republiky z 23. apríla 1998 č. 219 „*O radiačnej bezpečnosti obyvateľstva*“;
- Zákon Kazašskej republiky „*O povoleniach a oznamovaní*“, 16. mája 2014;
- Zákon Kazašskej republiky z 11. apríla 2014 č. 188-V "O civilnej ochrane"
- Environmentálny zákonník Kazašskej republiky, 2. januára 2021 č. 400-VI;
- Zákonník podnikania, 29. 10. 2015.

Týmto zákonom sa musí podriaďovať viacero podnikov pôsobiacich v jadrovom odvetví, ktoré sa zaoberajú ťažbou uránu, výrobou jadrového paliva, výskumom a vývojom, ako aj prevádzkou jadrových elektrární. Okrem už troch spomínaných organizácií je základným kameňom tohto odvetvia jednoznačne NAC Kazatomprom a jej dcérske a spoločné podniky.

Kazašská republika si stanovila dve základné koncepcie so stanovenými cieľmi smerom k rozvoju jadrového priemyslu. V roku 2011 bol spustený *Program rozvoja atómového priemyslu v Kazašskej republiky na roky 2011-2014 s výhľadom na predĺženie do roku 2020*.¹²³ Pôvodným zámerom programu bolo pripraviť podklady pre výstavbu

¹²⁰ BAYAKENOVA,S.: Kazakhstan. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <<https://www-pub.iaea.org/MTCDD/Publications/PDF/cnpp2022/countryprofiles/Kazakhstan/kazakhstan.htm>>

¹²¹ Tamtiež

¹²² BAYAKENOVA,S.: Kazakhstan. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <<https://www-pub.iaea.org/MTCDD/Publications/PDF/cnpp2022/countryprofiles/Kazakhstan/kazakhstan.htm>>

¹²³ ZAKON RESPUBLIKI KAZAHSTAN: Ob utverždenii Programmy razvitija atomnoj otrasli v Respublike Kazahstan na 2011 - 2014 gody s perspektivoj razvitija do 2020 goda. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <<https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1100000728>>

jadrovej elektrárne. Avšak rozhodnutie vlády Kazašskej republiky o tejto výstavbe sa odložilo na začiatok roku 2016 a dodnes nebolo naplnené. Medzitým stratil program svoju platnosť na základe nariadenia vlády Kazašskej republiky. Druhou koncepciou je *Koncepcia rozvoja uránového priemyslu a jadrovej energetiky Kazašskej republiky na roky 2002-2030*.¹²⁴

Podľa najnovších informácií viažucich sa na rok 2023, ktorú zverejnil Námetník ministra energetiky Zhandos Nurmaganbetov na brífingu v Centrálnej komunikačnej službe, sa v Kazašskej republike pripravuje stratégia rozvoja jadrového priemyslu s cieľom nájsť odpovede na otázky súvisiace s bezpečnostnými technológiami, výberom konkrétnych technológií a objemom jadrovej výroby v energetickom sektore.¹²⁵ Odborníci z rôznych krajín, vrátane šéfa MAAE tvrdia, že dosiahnutie uhlíkovej neutrality bez jadrovej energie je nemožné.¹²⁶ Vzhľadom na cieľ Kazachstanu dosiahnuť uhlíkovú neutralitu do roku 2060 sú jadrové elektrárne smerodajné pre energetickú bilanciu krajiny.¹²⁷ Aj keď má jadrový priemysel Kazachstanu stabilné základy vo funkčnej organizačnej štruktúre, legislatíve a strategických konceptoch rozvoja, pre ďalší pokrok je nevyhnutná medzinárodná spolupráca. Konkurencieschopnosť krajiny bude závisieť od jej postavenia v medzinárodnom spoločenstve, kde iné krajiny už využívajú jadrovú energiu alebo plánujú jej zavedenie v súvislosti s globálnymi zmenami v energetickom sektore.

3.2.2 Vplyv medzinárodnej spolupráce na konkurencieschopnosť priemyslu

Po rozpade Sovietskeho zväzu sa Kazachstan rozhodol presadzovať politiku denuklearizácie a stal sa uznávaným lídrom v oblasti nešírenia jadrových zbraní. Tým, že Kazachstan ako prvá krajina uzavrel svoj jadrový testovací areál v Semipalatinsku a vzdal sa jadrových zbraní, získal od hlavných jadrových mocností, ako sú USA, Rusko, Spojené kráľovstvo, Francúzsko a Čína, pevné záruky medzinárodnej bezpečnosti.

V súčasnosti je plnohodnotným členom Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu, ktorá je hlavným fórom pre spoluprácu v oblasti jadrovej energetiky na celosvetovej úrovni. Členom sa stal 14. augusta v roku 1994 čím sa zaviazal k dodržiavaniu noriem a

¹²⁴ ZAKON RESPUBLIKI KAZAHSTAN: O Koncepcii razvitija uranovoj promyšlennosti i atomnoj ènergetiki Respubliki Kazahstan na 2002-2030 gody. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P020000926_>

¹²⁵ KAZINFORM: Strategiju razvitija atomnoj otrasli razrabatyvajú v Kazahstane. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <Стратегию развития атомной отрасли разрабатывают в Казахстане (inform.kz)>

¹²⁶ Tamtiež

¹²⁷ ZAKON RESPUBLIKI KAZAHSTAN: Ob utverždenii Strategii dostiženija uglerodnoj nejtral'nosti Respubliki Kazahstan do 2060 goda. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <<https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>>

predpisov týkajúcich sa bezpečnosti, ochrany životného prostredia a nešírenia jadrových zbraní. Členstvo Kazachstanu v tomto medzinárodnom klube tiež zdôrazňuje jeho uznanie ako zodpovedného aktéra v oblasti jadrovej energie. Krajina podnikla významné kroky na rozvoj svojej jadrovej infraštruktúry vrátane zriadenia výskumných zariadení, vzdelávacích programov a regulačných rámcov na podporu bezpečného a chráneného využívania jadrovej technológie a súčasne aktívne spolupracuje s MAAE a ďalšími členskými krajinami na rôznych projektoch, iniciatívach a dohovoroch týkajúcich sa jadrovej bezpečnosti, výskumu a technologického rozvoja.

Kazachstan sa aktívne zapája do rôznych medzinárodných zmlúv a iniciatív týkajúcich sa nešírenia jadrových zbraní a jadrovej bezpečnosti. Krajina je signatárom kľúčových dohôd, ako je Zmluva o nešírení jadrových zbraní (NPT), Zmluva o všeobecnom zákaze jadrových skúšok (CTBT), ktorú považuje za významný faktor posilnenia režimu nešírenia jadrových zbraní a START-I.¹²⁸ Okrem toho Kazachstan vo februári 2004 podpísal dodatkový protokol s MAAE a je členom Skupiny jadrových dodávateľov. Kazachstan pristúpil 16. septembra 2005 k Medzinárodnému dohovoru o potláčaní činov jadrového terorizmu (NTC), je zmluvnou stranou Dohovoru o fyzickej ochrane jadrových materiálov (CPPNM), v apríli 2011 ratifikoval jeho dodatok z roku 2005 a je aktívnym partnerom v Globálnej iniciatíve na boj proti jadrovému terorizmu.¹²⁹ Okrem toho Kazachstan zohral významnú úlohu pri vytvorení Stredoázijskej zóny bez jadrových zbraní (CANWFZ), známej ako Semipalatinská zmluva, ktorú ministri zahraničných vecí piatich stredoázijských štátov - Kazachstanu, Kirgizska, Tadžikistanu, Turkménska a Uzbekistanu - podpísali 8. septembra 2006 a ktorá nadobudla platnosť 21. marca 2009.¹³⁰ Tieto kroky jasne zdôrazňujú rozhodnutie a angažovanosť Kazašskej republiky využívať jadrovú energiu výhradne na mierové a civilné využitie, a konať v súlade s jadrovou bezpečnosťou.

Na rovnakých princípoch stoja významné strategické partnerstvá, ktoré sa podarilo Kazatompromu nadviazať s Ruskom, Japonskom, Čínou, Kanadou a Francúzskom. Rusko a Kazachstan sa aktívne podieľajú na rozvoji jadrovej energie prostredníctvom spolupráce v niekoľkých oblastiach, vrátane vývoja reaktorov, obohacovania uránu, ťažby uránu a nakladania s jadrovým odpadom. V rámci tejto spolupráce bolo podpísaných viacero dohôd

¹²⁸ PRESIDENT OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN: STRATEGY “Kazakhstan-2050” [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <https://www.akorda.kz/en/addresses/addresses_of_president/address-by-the-president-of-the-republic-of-kazakhstan-leader-of-the-nation-nnazarbayev-strategy-kazakhstan-2050-new-political-course-of-the-established-state>

¹²⁹ NTI: Kazakhstan Nuclear Overview. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <Kazakhstan Nuclear Overview (nti.org)>

¹³⁰ Tamtiež

a vytvorených spoločných podnikov s cieľom podporiť rozvoj jadrovej energie v oboch krajinách. Najvýznamnejšou z týchto dohôd je *Dohoda o komplexnom rozvojovom programe rusko-kazašskej spolupráce pri mierovom využívaní atómovej energie v oblasti jadrovej energie a palivového cyklu*, pričom kľúčové oblasti spolupráce predstavuje vývoj reaktorov cez JV Atomniye Stantsii a rozšírenie kapacity obohacovania uránu v spolupráci so spoločnosťou Tenex.¹³¹

Kazachstan a Japonsko podporujú rozsiahlu spoluprácu v oblasti jadrovej energetiky, vrátane dodávok uránu, technického vývoja a výstavby jadrových elektrární. Intenzívna spolupráca bola zaznamenaná najmä v období od apríla 2007 do júna 2015. Medzi kľúčové míľniky patrí podpísanie medzivládnej dohody o rozvoji jadrovej energie v roku 2007, uzatvorenie *Dohody o dodávkach uránu a japonskej pomoci pri modernizácii závodu na výrobu paliva v UMP* v 2008.¹³² V roku 2010 Kazatomprom založil dva kľúčové spoločné podniky na ťažbu a spracovanie kovov vzácnych zemín: Summit Atom Rare Earth Company so spoločnosťou Sumitomo a joint venture s Toshiba. Tieto iniciatívy podnietili vytvorenie *Dohody o technickej spolupráci medzi NNC a Japonskou agentúrou pre atómovú energiu (JAEA)*. Pričom v októbri 2015 bola podpísaná ďalšia dohoda medzi Kazatomprom, JAPC a Marubini Utility Services o rozvoji spolupráce pri výstavbe a financovaní jadrovej elektrárne, ktorá zahŕňa konzultácie, výmenu skúseností v oblasti komunikácie s verejnosťou, organizovanie technických workshopov a stretnutí expertov na bezpečnosť a školenia personálu.¹³³ Jednotlivé iniciatívy a dohody medzi krajinami naznačujú, že táto spolupráca je prospešná pre obe krajiny a umožňuje im zdieľať svoje znalosti a skúsenosti v oblasti jadrovej energie.

Okrem Japonska sa rozvíja aj spolupráca Kazachstanu s Čínou v oblasti jadrového priemyslu. V roku 2006 čínska spoločnosť Guangdong Nuclear Power Group Holdings (CGNPC) podpísala dohodu s Kazatompromom o čínskej účasti na kazašských projektoch ťažby uránu a o investíciách Kazachstanu do čínskeho jadrového priemyslu. Vďaka tejto dohode sa Kazachstan stal hlavným dodávateľom uránu pre CGNPC, predbehol francúzsku spoločnosť Areva a do roku 2013 začal predávať jadrové palivo do Číny.¹³⁴ Spolupráca

¹³¹ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <Uranium in Kazakhstan | Nuclear Power in Kazakhstan - World Nuclear Association (world-nuclear.org)>

¹³² Tamtiež

¹³³ Tamtiež

¹³⁴ TSKHAY, A.: The Development of Nuclear Energy in Kazakhstan and its Integration to the Country's Energy Sector. In *GS Doshisha*. s. 115

medzi Čínou a Kazachstanom je strategicky dôležitou pre obe krajiny, pričom umožňuje Kazachstanu diverzifikovať svoje trhy s uránom a Číne si zabezpečiť stabilné dodávky uránu pre svoje jadrové programy.

Spolupráca medzi Kazachstanom a Francúzskom v oblasti jadrovej energie sa začala v roku 2008 podpísaním dohody medzi Kazatomprom a francúzskou spoločnosťou Areva (teraz Orano) o vývoji jadrového palivového cyklu. Na základe zmluvy bol založený spoločný podnik Katco. Areva mala v tomto novom podniku väčšinový podiel a riadila všetky predaje. V októbri 2009 obe strany podpísali dohodu o založení spoločného podniku IFASTAR na integrovanú dodávku paliva pre ázijských zákazníkov a výrobu jadrového paliva v závode Ulba. V závode Ulba-FA Areva získala kontrakt na výrobu palivových kaziet pre China General Nuclear Corp. (CGN) v marci 2016. Prevádzka závodu bola plánovaná na rok 2020 a v novembri 2021 bol tento závod otvorený v spolupráci s CGN.

Strategické partnerstvo Kazachstanu s Kanadou zahŕňa ťažbu, konverziu a rafináciu uránu. V máji 2007 Cameco Corporation uzavrela dohodu s Kazatomprom na preskúmanie zariadenia závodu na konverziu uránu a zvýšenie produkcie v bani Inkai. Ako ďalší krok bola v roku 2008 založená spoločnosť Ulba Conversion LLP na vybudovanie závodu na konverziu uránu ale projekt bol pozastavený. V 2013 prebiehala predbežná štúdia pre rafinériu uránu v Kazachstane a o tri roky neskôr sa obe strany dohodli na dokončení štúdie uskutočniteľnosti rafinérie uránu s produkciou 6 000 tU ročne.¹³⁵

Za zmienku stojí aj spolupráca medzi Kazachstanom a Spojenými štátmi americkými v oblasti jadrovej energie, ktorá je dôležitá pre obe strany. Kazachstan získava prístup k americkému trhu s uránom a USA posilňujú jadrovú bezpečnosť a konverziu výskumných reaktorov v Kazachstane. V 2016 podpísali obe krajiny *Kazašsko-americká dohoda o energetickom partnerstve* týkajúca sa jadrovej bezpečnosti a konverzie výskumných reaktorov.¹³⁶ Prostredníctvom dohody s Converdyn o ponúkaní uránu vo forme UF₆ sa podarilo Kazachstanu vstúpiť na nové trhy, čo je značný úspech smerujúci k podpore konkurencieschopnosti tohto odvetvia.¹³⁷

Záverom môžeme konštatovať, že Kazachstan je aktívne zapojený v medzinárodnom jadrovom spoločenstve a podporuje medzinárodné iniciatívy. Krajina zdôrazňuje svoj záväzok k mierovému využívaniu jadrovej energie, čím zmierňuje obavy členských štátov

¹³⁵ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <Uranium in Kazakhstan | Nuclear Power in Kazakhstan - World Nuclear Association (world-nuclear.org)>

¹³⁶ Tamtiež

¹³⁷ Tamtiež

MAAE o možné zneužitie jadrovej energie na vojenské účely. Uzatvorené dohody a spolupráca s poprednými hráčmi v jadrovom priemysle svedčia o spoľahlivosti a stabilite Kazachstanu s vyhliadkami na ďalší rast. Tieto vzťahy sa začali formovať najmä vďaka stratégiám, ktoré Kazachstan venoval rozvoju svojho uránového priemyslu

3.2.3 Zásoby uránu a ich význam pre jadrový priemysel v Kazachstane

Urán je prirodzene sa vyskytujúci, strieborno-sivý, tvárny a elektropozitívny kov. Nachádza sa zvyčajne vo forme rôznych izotopov, pričom najbežnejšími sú urán-238 a urán-235. Ťaží sa z baní ako ruda a je dôležitou komoditou pre energetický sektor. Ťažba uránu má zásadný význam pre jadrový priemysel, pretože slúži ako primárna surovina pre výrobu jadrového paliva a rôznych komponentov v jadrovej energetike. Jadrové elektrárne špecificky využívajú U-235. Tento rádioaktívny kov má pre Kazašskú republiku nesmierny význam. Uránový priemysel patrí v krajine medzi najdynamickejšie a najkľúčovejšie sektory národného hospodárstva, je súčasťou ťažobného priemyslu, ktorý prispieva 17 % na tvorbe HDP.¹³⁸ Kazachstan má druhé najväčšie preskúmané zdroje prírodného uránu na svete, hneď po Austrálii. V roku 2022 bola vydaná spoločná správa MAAE a OECD/NEA, vo všeobecnosti známej ako „červená knižka“ podľa ktorej je počet identifikovaných dostupných zdrojov uránu v Kazašskej republike 815 200 ton, čo v percentuálnom podaní predstavuje 13 % celosvetových zásob.¹³⁹

Tabuľka č. 1 Zásoby uránu podľa krajín v roku 2021

	Množstvo uránu v tonách (tU)	Percentuálny podiel na svete
Austrália	1 684 100	28
Kazachstan	815,2	13
Kanada	588,5	10
Rusko	480,9	8
Namíbia	470,1	8
Južná Afrika	320,9	5
Niger	311,1	5
Brazília	276,8	5
Čína	223,9	4
Mongolsko	144,6	2

Prameň: vlastné spracovanie podľa: WNA. World Uranium Mining Production.

¹³⁸ THE WORLD BANK: Mining sector diagnostic- Kazakhstan. 2023 *In the Worlds Bank Report*. s. 10

¹³⁹ IAEA – NEA: Uranium 2022: Resources, Production and Demand.2022 *In IAEA and NEA report*. s. 20-22

Ložiská uránu objavené v Kazachstane sú rozdelené do šiestich provincií na základe ich geologickej polohy, genetických vlastností a územnej izolácie: Shu-Sarysu (69,7 %), Severný Kazachstan (12,1 %), Syrdarya (9,1 %), Ili (5,6 %), Kaspický (2,9 %) a región Balchaš (0,6 %).¹⁴⁰ Približne 76 % ložísk uránu je sústredených v južných provinciách krajiny.¹⁴¹

Prvé uránové ložisko v krajine bolo objavené v roku 1951 v Kordai, a neskôr, koncom 60. rokov sa uskutočnili najvýznamnejšie objavy v provinciách Shu-Sarysu a Syrdarya v oblasti Turkestan a Kyzylorda v Kazachstane. V dôsledku týchto objavov sa Kazachstan stal svetovým lídrom v overených zásobách uránu vhodných pre metódu in-situ leaching (ISL) aj vďaka rozsiahlym ložiskám uránu pieskovcového typu. Krajina vybudovala silné základy pre túto metódu v 70. a 80. rokoch minulého storočia, a dnes viac ako polovica svetových zásob uránu vhodných pre metódu ISL je v Kazachstane.¹⁴² Metóda ISL je považovaná za najšetrnejšiu a najbezpečnejšiu pre životné prostredie podľa MAAE.¹⁴³ Poskytuje ekonomické a ekologické výhody, ako sú nižšie náklady na ťažbu, menšia environmentálna záťaž a zlepšené zdravotné a bezpečnostné výsledky v porovnaní s konvenčnými metódami. Táto metóda minimalizuje negatívny vplyv na povrchové štruktúry a nevyžaduje pracovnú silu vysielanú do podzemia, pretože proces ťažby uránu prebieha hlboko pod zemou. Po ukončení ťažby sa lokality obnovujú do pôvodného stavu. Dôležité je však poznamenať, že metóda ISL je vhodná len za určitých geologických podmienok, ktoré sú v Kazachstane splnené. Z 56 preskúmaných ložísk s bilančnými zásobami uránu má 14 ložísk v Kazachstane udelené právo na podpovrchové využitie, zatiaľ čo zvyšných 42 je v rezerve.¹⁴⁴

Hoci sa Kazachstan radí na druhé miesto v zásobách a rezervách uránu, dominuje v jeho ťažbe. Toto výsadné postavenie si udržiava od roku 2009, keď dosiahol takmer 28 % na celkovej globálnej produkcii uránu.¹⁴⁵ Na grafe č. 5 môžeme pozorovať výrazný nárast uránového priemyslu za posledné dve desaťročia, pričom do roku 2019 podiel kazašskej produkcie uránu vzrástol na pozoruhodných 43 % svetovej produkcie uránu, čím sa stal

¹⁴⁰ GORBATENKO, O.: Resource availability in Kazakhstan. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <https://nucleus.iaea.org/sites/INPRO/df8/Section%203/Plenary_Resource_07_Gorbatenko.pdf>

¹⁴¹ Tamtiež

¹⁴² IAEA – NEA: Uranium 2022: Resources, Production and Demand.2022 In *IAEA and NEA report*. s. 23

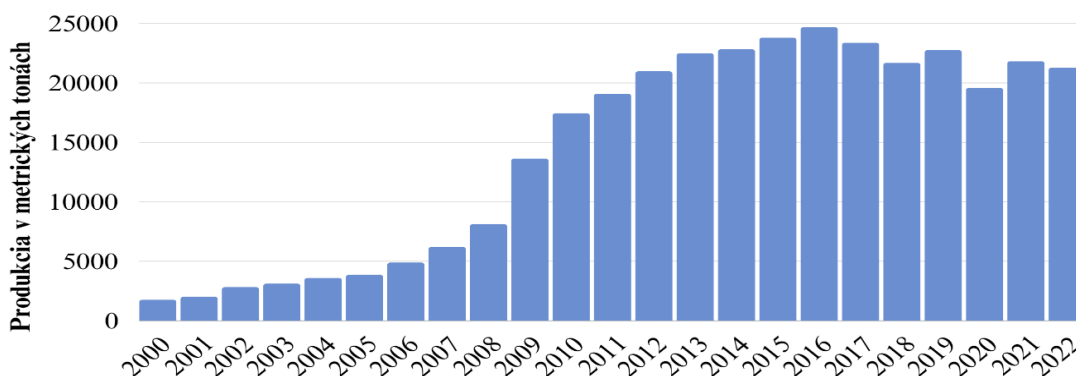
¹⁴³ DPROM. KZ: Казахстан — номер один в добыче урана. [cit. 2024-25-02]. Dostupné na internete: <<https://dprom.kz/dobycha/kazahstan-nomyer-odeen-v-dobichye-urana/>>

¹⁴⁴ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <Uranium in Kazakhstan | Nuclear Power in Kazakhstan - World Nuclear Association (world-nuclear.org)>

¹⁴⁵ Tamtiež

absolútnym lídrom v tomto odvetví. Rok 2020 so sebou síce prináša mierny pokles produkcie v dôsledku nízkych cien uránu a vplyvu pandémie COVID-19 ale kazašský uránový sektor, napriek týmto nepriaznivým udalostiam zostal a zostáva odolným, ako nasvedčuje produkcia uránu za rok 2021 a 2022, kedy sa množstvo vyťaženého uránu pohybuje na úrovni v priemere 21 523 mil. ton. Hlavný obchodný riaditeľ NAC Kazatomprom, Askar Batyrbaev vo svojom prejave na fóre Atomexpo 2022 uviedol, že pri týchto hodnotách by overené zásoby uránu mali vystačiť na 30 rokov produkcie.¹⁴⁶

Graf č. 5 Produkcia uránu v Kazachstane v rokoch 2000 až 2022 v metrických tonách

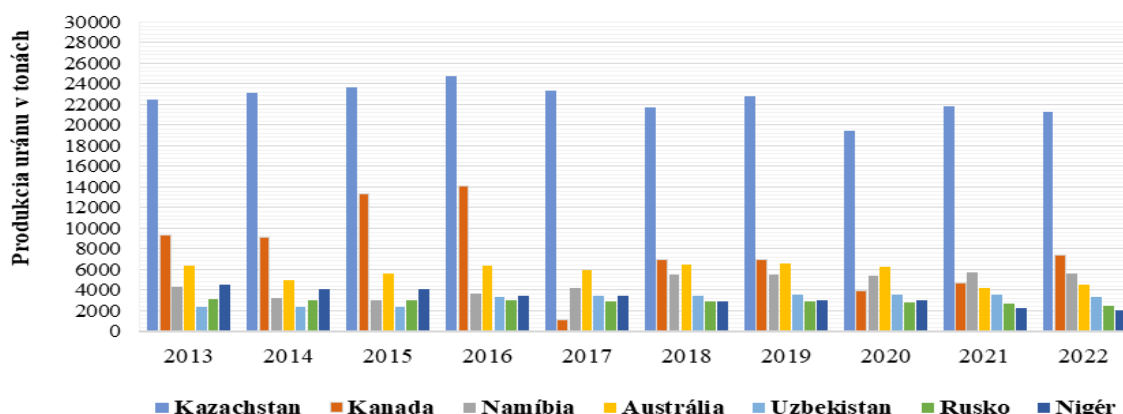


Prameň: vlastné spracovanie na základe: KAZATOMPROM. Dobyča prírodného urana.

Na ďalšom grafe č. 6 môžeme sledovať komparáciu produkcie uránu medzi poprednými svetovými producentmi. Kazachstan je konzistentne najväčším producentom uránu, pričom jeho produkcia neustále rastie a v roku 2022 prekročila hranicu 21 000 ton, čo bol viac než dvojnásobok produkcie druhého najväčšieho producenta, Kanady, ktorý vyprodukoval 7 351 ton uránu. Namíbia predbehla Austráliu a posunula sa na tretie miesto, pretože zatiaľ čo v Namíbii produkcia uránu neustále rastie, v Austrálii klesá. Uzbekistan, Rusko a Niger patria medzi ďalších producentov s nižším podielom na celkovej svetovej produkcii uránu. Produkcia Uzbekistanu dosiahla približne 6 500 ton, zatiaľ čo Rusko približne 5 500 ton v roku 2022. Ich produkcia sa drží na relatívne stabilnej úrovni.

¹⁴⁶ DPRM. KZ: Казахстан — номер один в добыче урана. [cit. 2024-25-02]. Dostupné na internete: <<https://dprm.kz/dobycha/kazahstan-nomyer-odeen-v-dobichye-urana/>>

Graf č. 6 Produkcia uránu v popredných krajinách produkujúcich urán v rokoch 2013 až 2022 v metrických tonách



Prameň: vlastné spracovanie na základe: WNA. World Uranium Mining Production.

Hnacou silou kazašského uránového priemyslu je NAC Kazatomprom, vedúci svetový výrobca a distribútor prírodného uránu, ktorý zastáva približne 22 % alebo jednu pätinu globálnej produkcie uránu.¹⁴⁷ Vo svojej štruktúre združuje 13 ťažobných projektov na 26 ťažobných miestach po celom Kazachstane, ťažiacich urán metódou ISL. Z týchto 13 projektov sú tri v úplnom vlastníctve Kazatompromu a desať prebieha v rámci spoločných podnikov so zahraničnými investormi Orano, Baiken-U (Japanese Energy Asia (BVI) Limited), Inkai (Kanada), Cameco, Akbastau (ruská skupina UUranskaya Group, Rosatom), Zarechnoye (Rosatom a Kirgizsko) a ďalšie.¹⁴⁸ V roku 2022 spoločnosť Kazatomprom dosiahla podiel na produkcii uránu vo výške 11 373 tU, čím prekonal hlavných svetových konkurentov ako Orano, Cameco a Uranium One.

Tabuľka č. 2 Desať najväčších spoločností produkujúcich urán za rok 2022

Spoločnosť	Množstvo uránu v tonách (tU)	% z celkovej svetovej hodnoty
Kazatomprom	11 373	23
Cameco	5 675	12
Orano	5 519	11
CGN	4 627	10
Uranium One	4 454	9
Navoi Mining	3 300	7
CNNC	3 247	7
BHP	2 813	6
ARMZ	2 508	5
General Atomics/Quasar	1 740	4
Iné	4 098	6
Spolu	49 355	100

Prameň: vlastné spracovanie na základe. WNA. World Uranium Mining Production.

¹⁴⁷ STAFF REPORT: Kazakhstan Becomes Leader in Uranium Production in 2022. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <Kazakhstan Becomes Leader in Uranium Production in 2022 - The Astana Times>

¹⁴⁸ DPROM. KZ: Казахстан — номер один в добыче урана. [cit. 2024-25-02]. Dostupné na internete: <<https://dprom.kz/dobycha/kazakhstan-nomyer-odeen-v-dobichye-urana/>>

V rámci krajiny má táto spoločnosť monopolné postavenie. Disponuje unikátnou surovinovou základňou, ktorá zahŕňa najväčšie známe a potenciálne svetové zásoby uránu. Navyše, vzhľadom na geologické zvláštnosti kazašských ložísk uránu a použitie metódy ISL s nízkymi kapitálovými nákladmi, je ťažba uránu v Kazachstane porovnateľne lacnejšia ako v iných častiach sveta čo poskytuje Kazatompromu silnú konkurenčnú výhodu. Zhruba 58 % identifikovaných zdrojov uránu v Kazachstane je možné získať za cenu nižšiu ako 80 USD za kilogram uránu (kgU).¹⁴⁹ Zaujímavosťou je, že spoločnosť používa metódu ISL na riadenie celého procesu ťažby a prevádzkuje osem z desiatich najväčších baní ISL na celom svete.¹⁵⁰ Nevýhodou tejto metódy môže byť ale silná závislosť od kyseliny sírovej, ktorá je rozhodujúcou v extrakčnom procese nevyhnutnom na získanie uránu z rudy. Produkcia uránu metódou ISL v Kazachstane vyžaduje veľké množstvo kyseliny sírovej, približne 1,5 milióna ton ročne, kvôli relatívne vysokým hladinám uhličitanu v rudných ložiskách.¹⁵¹ Tieto výzvy súvisiace s dostupnosťou kyseliny sírovej môžu byť prekážkou pri dosahovaní ťažobných cieľov a dodávok uránu. Výpadky dodávok môžu ovplyvniť trh s uránom a viesť k prudkému zvýšeniu jeho cien. Podľa grafu č. 7 dosahuje aktuálne cena uránu 13-ročné maximum.¹⁵² Nárast cien uránu signalizuje zmenšujúcu sa nadmernú ponuku, ktorá trvala desaťročie po jadrovej katastrofe vo Fukušime z roku 2011, ktorá spôsobila globálny odklon od jadrovej energie.

Graf č. 7 Fluktuácia cien uránu v rokoch 2011 až 2024 v dolároch za libru



Prameň: FINANCIAL TIMES. Uranium prices could power on after largest producer warns on supply, say investors.

¹⁴⁹ GORBATENKO, O.: Resource availability in Kazakhstan. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na internete: <https://nucleus.iaea.org/sites/INPRO/df8/Section%203/Plenary_Resource_07_Gorbatenko.pdf>

¹⁵⁰ KAZATOMPROM: Produkcija JaTC. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <Продукция ЯТЦ (kazatomprom.kz)>

¹⁵¹ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan. [cit. 2024-15-02]. Dostupné na internete: <Uranium in Kazakhstan | Nuclear Power in Kazakhstan - World Nuclear Association (world-nuclear.org)>

¹⁵² 1 libra (lb) = 0,4536 kg

Vzhľadom na vysoké náklady na výstavbu reaktorov tvorí urán len malý podiel celkových nákladov na jadrovú energiu. Energetické spoločnosti sa preto primárne zaoberajú skôr dostupnosťou jadrového paliva než jeho cenou. Kazašská republika ako významný producent uránu, môže z tejto situácie profitovať. Rast hodnoty uránu môže viesť k zvýšeným investíciám, novým pracovným miestam a rozvoju jadrového priemyslu v krajine.

Kazachstan v súčasnosti exportuje celý objem svojho uránu na medzinárodný trh. Hlavnými importérmi sú Spojené štáty, Južná Kórea, Európska únia, India, Ukrajina a Kanada. Značná časť sa vyváža do Ruska a Číny, kam smeruje viac ako polovica produkcie. Zmena geopolitickej situácie by mohla viesť k nárastu exportu uránu do Spojených štátov a Európy. Hoci na ruský urán zatiaľ nie sú uložené sankcie, generálny riaditeľ Kazatompromu, Yerzhan Mukanov, oznámil, že niekoľko jadrových elektrární vo východnej Európe plánuje uzavrieť zmluvy so spoločnosťou v roku 2025, aby znížili ich závislosť od ruského jadrového paliva.¹⁵³

Na export smeruje urán v dvoch formách: prírodný urán a spracovaný urán, ktorý bol rafinovaný a obohatený s cieľom zvýšiť obsah štiepneho izotopu uránu-235. Tento spracovaný urán slúži ako palivo v jadrových reaktoroch na výrobu elektriny alebo pri výrobe jadrových zbraní. Kapacita pre obohacovanie uránu v Kazachstane je v porovnaní s inými krajinami pomerne nízka. V roku 2022 krajina exportovala len 3 % obohateného uránu v celkovej hodnote 212 miliónov USD. Naopak vývoz prírodného uránu z Kazachstanu v prvých desiatich mesiacoch roku 2023 dosiahol rekordnú úroveň s celkovou hodnotou predaja vo výške 2,46 miliardy USD, čo predstavuje významný 33 %-tný nárast oproti predchádzajúcemu roku.¹⁵⁴ Súčasne Kazachstan sa týmto podieľa na takmer 60 % celosvetových dodávkach uránu. Tento nárast potvrdzuje rastúce postavenie Kazachstanu na trhu s exportom uránu. Čína sa ukázala ako primárna hnacia sila tohto prudkého nárastu, pričom zaznamenala mimoriadny rast dovozu uránu z Kazachstanu. Vývoz uránu do Číny dosiahol hodnotu 922,7 milióna USD, čo predstavuje zvýšenie o 2,2-násobok v porovnaní s rokom 2022.¹⁵⁵ Pozoruhodné výsledky vo vývoze uránu sa neobmedzovali len na Čínu ale došlo aj k výraznému rastu na ruskom odbyte. Export uránu do Ruska dosiahol takmer hodnotu 1,2 miliardy USD, čo predstavuje značný 72 %-tný medziročný nárast. Tento rast však kompenzoval pokles exportu do Kanady, kde hodnota dodávok klesla o 70 % na

¹⁵³ KAZATOMPROM: Integrated Annual Report 2022. 2022. In *Kazatomprom Annual report*. s. 4-7

¹⁵⁴ HAIDAR, A.: Kazakh Uranium Exports Reach Record High in 2023. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <Kazakh Uranium Exports Reach Record High in 2023 - The Astana Times>

¹⁵⁵ Tamtiež

168,5 milióna USD.¹⁵⁶ Medzi európske krajiny importujúce urán patria Francúzsko, Holandsko, Spojené kráľovstvo. Dodávky uránu do západných krajín prúdia cez Trans-kaspickú medzinárodnú dopravnú cestu (TITR), známu aj ako Stredný koridor. Cez TITR prešlo do západných krajín v roku 2023 celkovo 71 % dodávok uránu.¹⁵⁷

Domáci dopyt po prírodnom a obohatenom uráne sa v Kazachstane v nasledujúcom desaťročí neočakáva. Napriek tomu zohráva uránový priemysel v Kazachstane kľúčovú úlohu vo svetovej jadrovej energetike a ekonomike krajiny. Predstavuje dôležitý faktor pre budúci rozvoj a medzinárodné postavenie krajiny, vďaka preukázaným a odhadovaným zásobám uránu, vhodnej úrovni investícií vrátane zahraničných investícií a rastúcemu globálnemu dopytu po jadrovej energii. Export surovej uránovej rudy ale nestačí na udržanie konkurencieschopnosti Kazachstanu v jadrovom priemysle. Krajina si preto stanovila ambiciózny cieľ zvýšiť podiel nesurovinových produktov na exporte na 70 %, čo vyžaduje prechod k znalostnej ekonomike.¹⁵⁸ Pre tento prechod sa plánuje zvýšiť financovanie vedy na minimálne 3 % HDP s cieľom podporiť vývoj a objavy, ktoré posilnia hospodárstvo krajiny a jej pozíciu v jadrovom priemysle.¹⁵⁹ Hlavným cieľom rozvoja jadrovej energie v krajine je vytvorenie znalostnej ekonomiky, ktorá sa zakladá na posilnení kapacít vedeckého výskumu a rozvoji ľudských zdrojov. Krajina sa zameriava na vzdelávanie a prípravu kvalifikovaných pracovníkov pre oblasť jadrovej energetiky a s ňou súvisiacich odvetví.

3.2.4 Dostupnosť vysokokvalifikovaných odborníkov

Kazachstan kladie veľký dôraz na rozvoj vysokokvalifikovaných ľudských zdrojov pre potreby národného jadrového sektora. Krajina disponuje vlastným tímom odborníkov, ktorí absolvovali špičkové vzdelanie a výcvik v renomovaných inštitúciách v Rusku, Japonsku a Francúzsku. V jadrovom priemysle Kazachstanu je momentálne zamestnaných viac ako 20 tisíc ľudí, z čoho 15 tisíc tvorí hlavný výrobný personál.¹⁶⁰ Okrem toho veľké množstvo špecialistov pôsobí v Národnom jadrovom centre a Ústave jadrovej fyziky, kde sa už desaťročia úspešne prevádzkujú výskumné jadrové reaktory a vyvíja sa práca na svetovej úrovni v oblasti zabezpečenia bezpečnosti jadrových elektrární. Výsledky týchto aktivít sú

¹⁵⁶ Tamtiež

¹⁵⁷ Tamtiež

¹⁵⁸ ZAKON.KZ: V Kazachstane imejutsja vse predposylki dlja razvitiija atomnoj ènergetiki - K. Tokaev. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <<https://www.zakon.kz/redaktsiia-zakonkz/4612561-v-kazachstane-imejutsja-vse-predposylki.html>>

¹⁵⁹ Tamtiež

¹⁶⁰ QAZAQ GREEN: Kazakhstan has the necessary human resources for construction and reliable operation of nuclear power plants – Timur Zhantikin.[cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <<https://qazaqgreen.com/en/journal-qazaqgreen/analytics/1669/>>

zohľadnené v mnohých inovatívnych projektoch jadrových elektrární v Japonsku, Francúzsku a ďalších krajinách, s ktorými spolupracujú kazašskí jadroví vedci. Rozvoj jadrovej energetiky v Kazachstane si vyžiada značný počet kvalifikovaných pracovníkov v rôznych oblastiach sektoru. Aj keď sa konečné rozhodnutie o jadrovej elektrárni ešte len prijme, je dôležité už teraz investovať do rozvoja ľudských zdrojov, aby bola krajina pripravená na budúce potreby. Ako je známe, prevádzka jadrovej elektrárne s dvoma jadrovými blokmi si vyžaduje približne 2 000 ľudí s rôznymi špecializáciami.¹⁶¹ V záujme posilnenia jadrových kapacít Kazachstanu bol schválený Ministerstvom vedy a školstva KR protokol o spoločnom výcviku personálu pre jadrové elektrárne. Tento protokol sa týka spolupráce medzi Kazatompromom, konkrétne jeho dcérskou spoločnosťou UMP a Ústavom jadrovej fyziky. Integrácia technologických kapacít Kazatompromu na báze UMP a vedeckých a experimentálnych kapacít IJF otvorí novú perspektívu na podporu vedeckých aktivít v jadrovom priemysle Kazachstanu.¹⁶² V súčasnosti poskytuje odborné vzdelávanie pre jadrový priemysel Kazachstanu množstvo popredných vzdelávacích organizácií a inštitútov, vrátane Národného jadrového centra, Ústavu jadrovej fyziky, Školiaceho strediska Alatau, ako aj dcérskych spoločností Kazatompromu: Jadrová univerzita a Ústav špičkových technológií. V krajine sa nachádza päť univerzít so zameraním na odbory jadrovej fyziky, astrofyziky, tepelnej energetiky a jadrovej energetiky. Ide o Kazašskú národnú univerzitu Al-Farabi, ktorá vykonáva spoločný výskum s Európskou organizáciou pre jadrový výskum (CERN). V roku 2022 sa Národná výskumná jadrová univerzita (MEPhI), jedna z hlavných univerzít Rosatomu, rozhodla zriadiť pobočku v Almaty v spolupráci s kazašskou národnou univerzitou Al-Farabi. Táto pobočka umožňuje študentom zamerať sa na oblasti jadrovej energie a technológií alebo informačných technológií. Ďalšou univerzitou je Almaty University of Energy and Communications pomenovaná po G. Daukeev (AUEC), ktorá spolupracuje s univerzitou MEPhI na dvojstupňovom vzdelávaní a vedeckých stážach pre vysokoškolákov a doktorandov v oblasti teoretickej a jadrovej fyziky. Semipalatinská štátna univerzita pomenovaná po Shakarim má medzinárodnú spoluprácu v oblasti technickej fyziky a tepelnej energetiky s inštitúciami v Poľsku a Rusku. Ďalej v Kazachstane pôsobí Štátna technická univerzita východného Kazachstanu pomenovaná po Serikbajevej a Eurázijská národná univerzita LNGumilyov.

¹⁶¹ Tamtiež

¹⁶² KAZATOMPROM: Kazatomprom is increasing its R&D potential in the nuclear industry. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <Kazatomprom is increasing its R&D potential in the nuclear industry>

Okrem univerzít ponúka doplnkové vzdelanie v obore aj Ústav radiačnej bezpečnosti a ekológie NNC KR, kde sa školia špecialisti v oblasti radiačnej bezpečnosti prostredníctvom školiaceho a informačného centra. Druhá výskumná organizácia Kazachstanu IJF zase vytvorila Výcvikové centrum pre jadrovú bezpečnosť na školenie kazašských špecialistov v oblasti fyzickej ochrany, účtovníctva, kontroly a boja proti nezákonnému obchodovaniu s jadrovými materiálmi.

Tieto inštitúcie významne vplývajú na budovanie vedeckého a technologického potenciálu Kazachstanu a súčasne budujú povedomie o jadrovej bezpečnosti a radiačnej ochrane. Univerzity Kazašskej republiky, vrátane Al-Farabi, LN Gumilyov ENU a Semey Shakarim State University, vchovali za posledných 10 rokov viac ako 3 000 odborníkov v oblasti teoretickej a jadrovej fyziky.¹⁶³ Program Bolashak poskytuje študentom z Kazachstanu vynikajúcu príležitosť venovať sa kariére v oblasti jadrového priemyslu a jadrového inžinierstva. Študenti majú možnosť získať kvalitné vzdelanie a cenné skúsenosti v renomovaných inštitúciách po celom svete. Štipendium zahŕňa úhradu nákladov na štúdium v zahraničí s podmienkou návratu do Kazachstanu za prácou do 3–5 rokov po skončení štúdia. Čo je skvelou poistkou, ktorá priláka kvalifikovanú pracovnú silu späť do krajiny. V rámci tohto programu sa od roku 2010 vyškolilo 21 bakalárov, 12 magistrov a jeden špecialista v odboroch "Jadrový priemysel", "Fyzika atómového jadra a častíc", "Technická fyzika", "Jadrové elektrárne a zariadenia", "Jadrové inžinierstvo".¹⁶⁴ Vysokokvalifikovaný odborníci sú dôležitou zložkou podporujúcich konkurencieschopnosť jadrového priemyslu v Kazachstane pretože ich vedomostná kapacita im umožňuje sa aktívne zapájať do medzinárodnej spolupráce v oblasti jadrovej vedy, ktorá je nevyhnutná k ďalšiemu pokroku v tejto oblasti. Proaktívny prístup k príprave ľudských zdrojov v oblasti jadrovej energetiky môže Kazachstanu priniesť viacero výhod. Poskytne to krajine čas na vybudovanie silnej a kompetentnej pracovnej sily v tejto oblasti, posilní jej postavenie na medzinárodnom trhu jadrovej energie a zároveň demonštruje zodpovedný prístup k rozvoju tejto technológie. Existuje viacero výziev, ktoré je potrebné prekonať ale vďaka úsiliu vlády a medzinárodnej spolupráci sa očakáva, že v najbližších rokoch sa jadrový priemysel v Kazachstane bude ďalej rozvíjať. Budúcimi iniciatívami a plánmi Kazašskej republiky v oblasti rozvoja jadrovej energetiky sa zaoberáme v nasledujúcej kapitole.

¹⁶³ QAZAQ GREEN: Kazakhstan has the necessary human resources for construction and reliable operation of nuclear power plants – Timur Zhantikin.[cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <<https://qazaqgreen.com/en/journal-qazaqgreen/analitics/1669/>>

¹⁶⁴ Taktiež

3.3 Perspektívy vývoja jadrového priemyslu v Kazachstane

Budúcnosť jadrového priemyslu Kazašskej republiky leží v skompletizovaní jadrového cyklu krajiny. Hoci krajina začala konať v chýbajúcich článkoch jadrového cyklu: v oblastiach konverzie a obohacovania uránu, narazila na prekážky. Kazašský ekonóm a inžinier Aset Nauryzbaev uviedol, že Kazachstan nemá a ani nikdy nebude mať technológie na obohacovanie uránu, čo je zakázané *Zmluvou o nešírení jadrových zbraní*, ktorej je signatárom.¹⁶⁵ Etapou, ktorá sa nachádza vo svojich zárodkoch je výstavba jadrovej elektrárne za účelom produkcie elektrickej energie. Už viac ako 25 rokov prebiehajú v krajine diskusie o výstavbe jadrovej elektrárne, pričom prvé myšlienky vlastníť vlastnú jadrovú elektrárňu sa v krajine začali formovať v roku 1997 na podnet Ministra školstva a vedy Vladimira Shkolnika. Jeho návrh sa týkal nahradenia staršieho bloku elektrárne Mangistau novou jadrovou elektrárnou, avšak táto vízia sa nikdy nenaplnila ako sa nenaplnila medzi rokmi 2006-2009 opätovná možnosť spustenia jadrovej elektrárne v Mangistau tentoraz s ruskou pomocou. V 2010 ale Kazašská republika pracovala na koncepcii „*Rozvoja jadrového priemyslu v Kazašskej republike na roky 2011 - 2014 s perspektívou rozvoja do roku 2020*“ s tým že, po niekoľkých neúspešných pokusoch o výstavbu jadrovej elektrárne, vláda od roku 2014 rozšírila svoje názory a začala zvažovať možnosti spolupráce nielen s Ruskom ale aj s ďalšími krajinami rozvíjajúcimi jadrovú energetiku. Taktiež bola ustanovená inštitúcia na preskúmanie vhodných lokalít pre výstavbu jadrovej elektrárne. Podľa rozhodnutia vlády z 29. augusta 2013 bola zriadená komisia, ktorej cieľom bolo navrhnúť umiestnenie a štruktúru jadrovej elektrárne v krajine. Za potenciálne miesta výstavby boli určené, mesto Kurchatov a dedina Ulken, blízko jazera Balchaš.¹⁶⁶ Aj keď boli podpísané memorandá o porozumení o spolupráci pri výstavbe jadrovej elektrárne s ruskou a japonskou stranou, rokovania o výstavbe sa neposunuli ďalej. V 2016 minister energetiky Kanat Bozumbajev uzavrel túto iniciatívu vyhlásením o tom, že krajina podlieha prebytku elektriny a z tohto dôvodu sa plány na výstavbu jadrovej elektrárne pozastavujú na nasledujúcich sedem rokov a teda do roku 2023. Kazachstan je jednou z najbohatších krajín z hľadiska nerastných surovín, v súčasnosti silne závislou od fosílnych palív. Od roku 2019 sa 89,5 % elektrickej energie v krajine vyrábalo z fosílnych palív, pričom vodná energia predstavovala 9,4 % a ostatné obnoviteľné zdroje menej ako

¹⁶⁵ ULITIN IGOR': Zapret importa rossijskogo urana v SŠA: kak èto skažetsja na Kazahstane? [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <Запрет импорта российского урана в США: как это скажется на Казахстане? (orda.kz)>

¹⁶⁶ NURŽANOV, A.: Perspektivy atomnoj ènergetiki Kazahstana. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <<https://cabar.asia/ru/perspektivy-atomnoj-energetiki-kazahstana>>

2 %. Základom elektroenergetiky v Kazachstane sú uhoľné tepelné elektrárne nachádzajúce sa v severných regiónoch, ktoré zabezpečujú približne 81 % produkcie elektrickej energie. Vzhľadom na niekoľko medzinárodných iniciatív, ktoré podporuje Kazachstan, ako napríklad cieľ dosiahnuť uhlíkovú neutralitu do roku 2060 a zníženie emisií skleníkových plynov o 15 % do roku 2030, sa aktívne snaží integrovať viac nízkoemisných energetických alternatív do svojho energetického mixu. Do roku 2060 má za cieľ získať 50 % elektriny z alternatívnych zdrojov, pričom kľúčovú úlohu v jeho dekarbonizačnej stratégii zohráva jadrová energia.¹⁶⁷ Ďalším dôvodom budovania jadrovej elektrárne v Kazachstane sú prognózy, ktoré hovoria o zvyšujúcom sa ekonomickom raste a naň viažucu sa spotrebu energie, ktorá rastie rýchlejšie ako jej produkcia. Podľa Ministerstva energetiky Kazašskej republiky je dnes dostupná kapacita existujúcich elektrární v Kazachstane 16 200 MW a podľa prognózovanej bilancie elektrickej energie na roky 2019-2025 sa v krajine neočakáva žiadny nedostatok.¹⁶⁸ V celej krajine sa však vyvinula nerovnomerná spotreba a výroba elektriny, v dôsledku čoho ministerstvo energetiky predpovedá konštantný deficit v južných regiónoch krajiny. Od roku 2021 do roku 2035 sa predpokladá priemerný ročný rast spotreby na úrovni 2,7 %, s priemerným ročným rastom HDP 4,5 %. Vzhľadom na plánované vyradovanie elektrární a zabezpečenie rezerv bude potrebné do roku 2035 vybudovať približne 17 GW nových základných, flexibilných a obnoviteľných energetických kapacít, k čomu má prispieť aj stavba novej jadrovej elektrárne.¹⁶⁹ Kazašský minister energetiky Bolat Akchulakov zdôrazňuje nevyhnutnosť výstavby jadrovej elektrárne, aby sa uspokojili rastúce energetické potreby krajiny, riadili náklady na energiu s cieľom podporiť hospodársky rast a udržali energetickú stabilitu pri postupnom vyradovaní uhlia.

Mnohí odborníci uprednostňujú aj využitie obnoviteľných zdrojov energie. Avšak, v prípade Kazachstanu, ktorý má obmedzené množstvo vodných zdrojov, pričom obnoviteľné zdroje energie nie sú spoľahlivým a nepretržitým zdrojom, sa uprednostňuje jadrová energetika. Jadrová energetika pre Kazašskú republiku neznamena len stabilný bezuhlíkový zdroj energie ale tiež predstavuje prirodzený vývoj kazašského jadrového palivového cyklu. Preto sa kroky smerujúce k výstavbe jadrovej elektrárne opäť obnovili ako 3. etapa po nástupe nového prezidenta Kazašskej republiky, Kassym-Jomart Tokajeva. S tým že v roku 2018, Kazašská jadrová elektráreň (KNPP), ktorá bola označená za

¹⁶⁷ NURŽANOV, A.: Perspektivy atomnoj ènergetiki Kazahstana. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <<https://cabar.asia/ru/perspektivy-atomnoj-energetiki-kazahstana>>

¹⁶⁸ Tamtiež

¹⁶⁹ Tamtiež

vlastníka/prevádzkovateľa budúcej elektrárne, začala pripravovať štúdiu realizácie s cieľom zdôvodniť potrebu jadrovej energie, výber lokality na výstavbu elektrárne, prehodnotiť stav elektrárne a projektovaný výkon. Tím z Integrovaného preskúmania jadrovej infraštruktúry (INIR) MAAE v roku 2023 navštívil Kazachstan s cieľom posúdiť pokrok v implementácii odporúčaní z predchádzajúcej misie v roku 2016.¹⁷⁰ Vedúci tímu misie MAAE Mehmet Ceyhan vyjadril uznanie za úsilie Kazachstanu v oblasti koordinácie programu jadrovej energetiky, financovania jadrovej elektrárne, núdzového plánovania a nakladania s rádioaktívnym odpadom a zdôraznil potrebu ďalšej práce na dokončení správy podporujúcej rozhodovací proces programu jadrovej energetiky.¹⁷¹ Ministerstvo energetiky spolu so spoločnosťou Samruk-Kazyna po preskúmaní vhodných lokalít na výstavbu jadrovej elektrárne vybralo dedinu Ulken v regióne Alma-Ata v blízkosti jazera Balchaš.¹⁷² Podľa vtedajšieho ministra energetiky Magzuma Mirzagaliev¹⁷³ je lokalita Ulken optimálnou oblasťou z hľadiska infraštruktúry, pretože vedľa nej vedie severo-južné prenosové vedenie energie a samotná obec sa nachádza bližšie k južnému regiónu, kde je vyššia koncentrácia spotreby elektrickej energie.¹⁷⁴ Predbežný plán prvej jadrovej elektrárne sa odhaduje na 10 až 15 miliárd USD s dvoma reaktormi s výkonom 1 000 až 1 400 MW. Stavba by mala byť dokončená do desiatich rokov, s uvedením do prevádzky v roku 2035, pričom popri plánoch výstavby veľkej jadrovej elektrárne sa skúma potenciál malých modulárnych reaktorov (SMR), ktoré by sa prispôbili potrebám krajiny. Súčasne sa skúma inovatívne spojenie týchto reaktorov s obnoviteľnými zdrojmi energie, čo by umožnilo vytvoriť hybridný systém s cieľom maximalizovať výhody oboch zdrojov energie.¹⁷⁵

Od 2019 študuje KNPP technológie reaktorov na základe komplexnej analýzy jadrovej bezpečnosti a súladu s požiadavkami medzinárodných regulačných orgánov v oblasti jadrovej bezpečnosti a MAAE. Zvažujú sa technológie od dodávateľov z Francúzska (EDF), Číny (CNNC), Ruska (Rosatom) a Južnej Kórey (KHNP).¹⁷⁶ Podľa bývalej zástupkyne riaditeľa NNC KR a súčasnej riaditeľky Vedecko-technického centra pre bezpečnosť jadrových technológií Kazachstanu (NTSC), Iriini Tazhibaeva sú preferovanými

¹⁷⁰ IAEA: IAEA Reviews Progress of Kazakhstan's Nuclear Infrastructure Development. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <IAEA Reviews Progress of Kazakhstan's Nuclear Infrastructure Development |>

¹⁷¹ Tamtiež

¹⁷² PISTILLI, M.: Uranium Reserves: Top 5 Countries. [cit. 2023-02-12]. Dostupné na internete: < Uranium Reserves: Top 5 Countries (investingnews.com)>

¹⁷³ dnes predseda predstavenstva JSC NK KazMunayGas

¹⁷⁴ NIE: Kazakhstan continues to pursue NPP plans. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <https://www.neimagazine.com/news/newkazakhstan-continues-to-pursue-npp-plans-10756528>

¹⁷⁵ Tamtiež

¹⁷⁶ MINISTERSTVO ÈNERGETIKI RESPUBLIKI KAZAHSTAN.: Razvitie atomnoj ènergetiki. [cit. 2021-20-11]. Dostupné na internete: < Развитие атомной энергетики (www.gov.kz)>

dodávateľmi Francúzsko a Rusko. Rusko, kvôli bohatej histórii spolupráce, jednotnému regulačnému rámcu a jeho rozsiahlym skúsenostiam s výstavbou jadrových elektrární v zahraničí.¹⁷⁷ Pri Francúzsku sa zohľadňuje skutočnosť, že v závode na výrobu palivových montáží Ulba LLP TVS v Ust'-Kamenogorsku sa používa francúzska technológia na výrobu palivových článkov. Hlavným kritériom pri výbere dodávateľa jadrovej technológie je zabezpečenie jadrovej a radiačnej bezpečnosti overenými riešeniami. Dodávateľom môže byť len krajina, ktorá má skúsenosti s konštrukciou referenčných blokov, aj mimo svojho územia.

Napriek všetkým plánom týkajúcich sa výstavby jadrovej elektrárne v Kazachstane bude realizácia projektu závisieť od výsledkov celoštátneho referenda o ktorom sa prvýkrát zmienil prezident Kassym-Jomart Tokajev vo svojom verejnom vyhlásení 1. septembra 2023, pričom referendum o jadrovej elektrárni by sa mohlo konať koncom leta alebo na jeseň 2024.¹⁷⁸ Táto iniciatíva sa zakladá na tom, že verejnosť a miestne komunity by mali mať možnosť vyjadriť sa k tejto otázke. Tento prístup je odôvodnený aj tým, že jadrová história Kazašskej republiky je prepojená s určitými tragickými udalosťami, ako sú napríklad jadrové testy vykonávané za čias ZSSR v Semipalatinsku, ktoré mali veľmi negatívne dôsledky na zdravie obyvateľov. Odvtedy v krajine prevláda určitá miera jadrovej fóbie, čo môže vyvolať medzi kazašským národom istú úroveň skepticizmu. Okrem obáv, ktoré možno nájsť medzi kazašským obyvateľstvom sa objavujú aj iné problémy s výstavou jadrovej elektrárne na území Kazachstanu. Ekonóm a energetický expert, Aset Nauryzbayev kritizuje vládu, upozorňujúc na nedostatok premyslenia ohľadom likvidácie toxického odpadu a plánovania výstavby jadrovej elektrárne.¹⁷⁹ Nauryzbayev tvrdí, že v Kazachstane nie sú potrebné jadrové elektrárne z ekonomického ani politického hľadiska a označuje ich za priame riziká pre obyvateľov krajiny, najmä v regióne Balchaš a Almaty, pretože výstavba jadrovej elektrárne v Balchaši by mohla viesť k rozdeleniu krajiny na severnú a južnú zónu, zablokovať železnice a diaľnice a zničiť Balchašské jazero.¹⁸⁰ Nauryzbayev tiež

¹⁷⁷ EURASIA EXPERT: Irina Tažibaeva, NTC BJAТ: «О подготовке Казахстана к референдуму о строительстве АЭС» [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <Ирина Тажибаева, НТЦ БЯТ: «О подготовке Казахстана к референдуму о строительстве АЭС» | Атомная энергия 2.0 (atomic-energy.ru)>

¹⁷⁸ KAZTAG: Approximate dates for referendum in Kazakhstan on nuclear power plants declared. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <Approximate dates for referendum in Kazakhstan on nuclear power plants declared (kaztag.kz)>

¹⁷⁹ TOREBAEVA, M.: АЭС в Казахстане: Real'nost' vse eše daleka ot idej, no.. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <АЭС в Казахстане: Реальность все еще далека от идей, но.... - Cronos Asia>

¹⁸⁰ TOREBAEVA, M.: АЭС в Казахстане: Real'nost' vse eše daleka ot idej, no.. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na internete: <АЭС в Казахстане: Реальность все еще далека от идей, но.... - Cronos Asia>

poukazuje na stále rastúce náklady na jadrovú energiu v porovnaní so stále lacnejšími alternatívami, ako sú solárna a veterná energia.

Zástancovia výstavby jadrových elektrární tvrdia, že investície do jadrovej energie sú nevyhnutné pre dosiahnutie statusu jednej z 30 najvyspelejších krajín pre Kazachstan. Podľa nich je táto forma energie rozšírená po celom svete a len málo krajín ju úplne odmieta. Irina Tazhibaeva, výkonná riaditeľka NTSC zdôrazňuje vysoký podiel elektriny vyrobenej z jadrovej energie vo Francúzsku ako dôkaz jej dôležitosti.¹⁸¹ Taktiež poukazuje na rast spotreby elektrickej energie na obyvateľa v Kazachstane, čo naznačuje potrebu diverzifikácie energetických zdrojov. Podobný názor zastáva viacero kazašských odborníkov, ktorí sa stavajú za výstavbu jadrovej technológie, pričom zdôrazňujú potrebu zvážiť náklady na výstavbu a prínosy, ktoré by takýto krok mohol priniesť krajine. Pre úspešnú a zodpovednú realizáciu projektu jadrovej elektrárne je kľúčová transparentnosť a komunikácia všetkých krokov s dôrazom na vedecké fakty a objektívne informácie. Dôležité je nielen zdôrazniť výhody ale aj nevýhody tejto technológie a zhodnotiť súčasné energetické kapacity Kazachstanu.

¹⁸¹ Tamtiež

Záver

Na základe analýzy údajov sme dospeli k záveru, že jadrový priemysel v Kazachstane predstavuje významný a dynamicky rastúci sektor, ktorý má značný dosah nielen na domácu ekonomiku ale aj na celosvetový trh s jadrovou energiou a palivom. Napriek absencií komerčných jadrových zariadení, disponuje krajina bohatými zásobami uránu, čo jej poskytuje strategickú výhodu. Kazachstan je vedúcim svetovým producentom uránu, a preto nie je len pasívnym hráčom na svetovom trhu ale má aktívny vplyv na jeho dynamiku. V súčasnosti prebiehajú rozsiahle programy výstavby jadrových elektrární v Číne, Indii a Japonsku, čo zdôrazňuje rastúci dopyt po uráne a jeho význam v globálnej ekonomike. Zásoby uránu v Kazachstane tak majú významný vplyv na celosvetový jadrový priemysel a energetický sektor, čím krajina získava pozíciu kľúčového hráča na trhu s jadrovým palivom a potvrdzuje potrebu stabilného a spoľahlivého zdroja uránu.

Perspektívy jadrovej energetiky v Kazachstane sú priaznivé, keďže krajina má potenciál stať sa významným producentom jadrovej energie v regióne. Vzhľadom na záväzok Kazachstanu k mierovému využitiu jadrovej energie v súlade so širším úsilím o riešenie globálnych energetických výziev, podpory udržateľného rozvoja a zmiernenia zmeny klímy sa jadrová energia, stáva vďaka jej vlastnostiam pre krajinu atraktívnou voľbou. Kazachstan si stanovil ambiciózne ciele v oblasti jadrovej energie, chce rozvíjať nové high-tech odvetvia, posilniť svoj vedecký a technologický potenciál a dosiahnuť vedúcu pozíciu na svetovom trhu s jadrovým palivom. Pre dosiahnutie strategických pozícií v globálnom cykle jadrového paliva, Kazachstan potrebuje vybudovať integrovanú spoločnosť jadrového palivového cyklu na základe NAC Kazatomprom v spojení s poprednými zahraničnými spoločnosťami. Tento krok je dôležitý nielen pre zvýšenie exportného potenciálu ekonomiky a rozvoj inovatívnych odvetví, ale aj pre posilnenie prestíže krajiny v medzinárodnom spoločenstve. Pri rozširovaní partnerstiev v oblasti JE by však Kazašská republika mala zohľadniť svoje dlhodobé záujmy a vyhnúť sa obmedzenej úlohe iba ako dodávateľa surovín pre medzinárodný jadrový priemysel. Vláda by mala aktívne rozvíjať spoluprácu na princípoch pragmatizmu a vzájomnej výhodnosti s cieľom zabezpečiť prístup k sofistikovaným technológiám a know-how.

Napriek výzvam a rizikám spojených s rozvojom jadrového priemyslu, ako sú vysoké náklady na výstavbu jadrových elektrární, otázky bezpečnosti a nakladania s jadrovým odpadom a napriek obavám kazašského obyvateľstva, má jadrový priemysel v Kazachstane potenciál konkurovať súčasnému dominujúcemu podielu fosílnych palív na energetickom

mixe. A to z dôvodu, že nízko nákladová ťažba kazašského uránu v kombinácii s nízkymi nákladmi prevádzky jadrovej elektrárne má potenciál pokryť predpovedaný energetický deficit krajiny aj vďaka energetickej účinnosti tejto jadrovej technológie. Vzhľadom na tieto riziká a obavy je nevyhnutné, aby kazašská vláda pokračovala v rozvoji jadrovej energetiky s dôrazom na bezpečnosť, životné prostredie a verejný záujem. Kazachstan sa už etabloval ako silný a konkurencieschopný hráč na trhu s prírodným uránom a palivovými produktmi s výbornými vyhliadkami do budúcnosti. Má všetky potrebné predpoklady na to, aby sa stal jedným z lídrov v jadrovom priemysle, vrátane veľkých zásob uránu, rozvinutého priemyslu ťažby a spracovania, kvalifikovaných odborníkov a regulačného rámca. Je členom MAAE a podporuje medzinárodnú spoluprácu v oblasti jadrovej energie. Hlavným odporúčaním, ktoré by sa malo ale prijať, je investovať do ľudského kapitálu resp. uprednostniť odbornú prípravu zamestnancov pred investíciami do technologického rozvoja a výstavby jadrových zariadení. Príprava kvalifikovaného personálu je časovo náročná a vyžaduje si dlhodobé úsilie, keďže školenie kvalifikovaného odborníka môže trvať až 10 rokov. S ohľadom na rozsiahle plány spoločnosti Kazatomprom je nevyhnutné už teraz intenzívne pracovať na vytvorení domáceho systému odbornej prípravy nových inžinierov a technického personálu. To zahŕňa špecialistov na projektovanie, výstavbu a prevádzku jadrových zariadení, ako aj odborníkov na radiačné materiály, jadrovú a vodíkovú energiu, riadenú termonukleárnu syntézu, rádioekológiu a jadrovú medicínu.

Okrem toho bude blížiac sa verejné referendum o výstavbe prvej jadrovej elektrárne prelomovým bodom pre expanziu Kazachstanu v jadrovom palivovom cykle. Pre dlhodobý úspech tohto programu bude nevyhnutné nájsť rovnováhu medzi energetickou bezpečnosťou, environmentálnymi záujmami a verejnou mienkou. Zvládnutím týchto výziev a príležitostí môže Kazachstan realizovať svoju víziu bezpečnej a udržateľnej jadrovej energetiky, ktorá slúži ako katalyzátor hospodárskeho rastu, ochrany životného prostredia a energetickej nezávislosti. Pri tvorbe tejto práce sme sa stretli s určitými limitmi, najmä z dôvodu absencie jadrovej energetiky v Kazachstane. To nám znemožnilo priamo porovnať konkurencieschopnosť jadrovej energie s inými zdrojmi energie v energetickom mixe krajiny. Ďalší výskum, ktorý nadviazal a ďalej rozvinul túto prácu by sa mohol zamerať na reálne zhodnotenie efektívnosti projektu výstavby jadrovej elektrárne v Kazachstane. Takýto výskum by mohol preskúmať, či investície do jadrovej energie, konkrétne výstavby jadrovej elektrárne, splnili ciele, ktoré si krajina stanovila, a do akej miery dokázali znížiť závislosť Kazachstanu od fosílnych palív.

Zoznam použitej literatúry

1. **AFP.** 2019. Storage of nuclear waste a 'global crisis': report. In PHYS ORG. [online]. 30. január 2019. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <https://phys.org/news/2019-01-storage-nuclear-global-crisis.html>
2. **AJANOVIS, Amela - REINHARD, Haas – LUTZ, Mez.** 2020. The Technological and Economic Future of Nuclear Power. German, Berlin: Springer VS, 2020. 382s. ISBN 101327394X
3. **ANS NUCLEAR CAFE.** 2013. Nuclear Matinee – James Hansen on Nuclear Power. In NuclearNewswire. [online]. 9. august 2013. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na: <https://www.ans.org/news/article-1396/matinee-hansen-on-nuclear-powe/>
4. **AREF, Lana.** Nuclear Energy: the Good, the Bad, and the Debatable. In Massachusetts Institute of Technology. [online]. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na: Nuclear Energy: the Good, the Bad, and the Debatable - Curriculum Booklet (nih.gov)
5. **BAYAKENOVA, Shyryn.** 2021. Kazakhstan. In Country Nuclear Power Profiles IAEA. [online]. 2021 [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/cnpp2022/countryprofiles/Kazakhstan/kazakhstan.htm>
6. **CADICOTT, Helen.** 2007. Nuclear Power Is Not the Answer. United States, New York: New Press, 2007. 240s. ISBN 1595582134
7. **CARPINELLI, Bianca. – DONOVAN, Jeffrey.** 2022. Nuclear Power Receives Record National Support at 66th IAEA General Conference. In International Atomic Energy Agency. [online]. 30. september 2022. [cit. 2023-28-11]. Dostupné na: Nuclear Power Receives Record National Support at 66th IAEA General Conference | IAEA
8. **SERIKOV, Timur.** 2019. Atomnaja promyšlennost' Kazahstana: èvoljucija uspeha. In Central Asia Monitor. [online]. 11. júl 2019. [cit. 2023-02-12]. Dostupné na: Атомная промышленность Казахстана: эволюция успеха | Новости Центральной Азии на Camonitor.kz
9. **CRACE, John.** 2015. Nuclear power paves the only viable path forward on climate change: James Hansen, Kerry Emanuel, Ken Caldeira and Tom Wigley. In The Guardian. [online]. 3. december 2015. [cit. 2023-02-12]. Dostupné na: Nuclear power

paves the only viable path forward on climate change | James Hansen, Kerry Emanuel, Ken Caldeira and Tom Wigley | The Guardian

10. **DPROM. KZ.** 2023. Kazahstan — nomer odin v dobyče urana. In Dprom. Kz. [online]. 12. september 2023 [cit. 2024-25-02]. Dostupné na: <https://dprom.kz/dobycha/kazahstan-nomyer-odeen-v-dobichye-urana/>
11. **EURASIA EXPERT.** 2023. Irina Tažibaeva, NTC BJaT: «O podgotovke Kazahstana k referendumu o stroitel'stve AĚS» In Atomnaja ènergija. [online]. 15. september 2023 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: <https://www.atomic-energy.ru/statements/2023/09/15/138742>
12. **GALINDO, Andrea.** 2022. What is Nuclear Energy? The Science of Nuclear Power. In International Atomic Energy Agency. [online]. 15. november 2020. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na: What is Nuclear Energy? The Science of Nuclear Power | IAEA
13. **GIRALDO, S. Juan. – GOTHAM, J. Douglas – NDERITU, G. David. – PRECKEL, V. Paul. – MIZE, J. Darla.** 2012. Fundamentals of Nuclear Power. In State Utility Forecasting Group. [online]. 2012. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na: Microsoft Word - Nuke report title.docx (purdue.edu)
14. **GLOBUS.** 2012. AO «Volkovgeologija» – geologičeskoe obespečenie Kazatomproma. In GLOBUS. [online]. 11 máj 2012 [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: <https://www.vnedra.ru/novosti/ao-volkovgeologiya-geologicheskoe-1090/>
15. **GORBATENKO, Olga.** 2014. Resource availability in Kazakhstan. IAEA: Plenary resource, Kazatomprom. [online]. 26 august 2014. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: https://nucleus.iaea.org/sites/INPRO/df8/Section%203/Plenary_Resource_07_Gorbatenko.pdf
16. **H AidAR, Aida.** 2023. Kazakh Uranium Exports Reach Record High in 2023. In The Astana Times. [online]. 20. december 2023 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: Kazakh Uranium Exports Reach Record High in 2023 - The Astana Times
17. **INTERNATIONAL ENERGY AGENCY.** 2023. Nuclear power. In IEA. [online]. 11.júl 2023. [cit. 2023-28-11]. Dostupné na: Nuclear - IEA
18. **IAEA.** Energy. In IAEA. [online]. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na: Nuclear energy, safe use of nuclear power | IAEA

19. **IAEA.** Low Enriched Uranium (LEU) Bank. In IAEA. [online]. [cit. 2024-13-02].
Dostupné na: <https://www.iaea.org/topics/iaea-low-enriched-uranium-bank>
20. **IAEA.** 2019. Third national report of the Republic of Kazakhstan on compliance with obligations subsequent upon the convention on nuclear safety. In IAEA National Report of Kazakhstan. [online]. 2019. s. 81. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: National Report of Kazakhstan (iaea.org)
21. **IAEA.** 2023. IAEA Reviews Progress of Kazakhstan's Nuclear Infrastructure Development. In IAEA. [online]. 11. apríl 2023 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: IAEA Reviews Progress of Kazakhstan's Nuclear Infrastructure Development | IAEA
22. **IAEA – NEA.** 2022. Uranium 2022: Resources, Production and Demand. In IAEA and NEA report. [online]. 2023, s. 568 [cit. 2024-25-02]. Dostupné na: Uranium 2022: Resources, Production and Demand (iaea.org)
23. **INP.** Insitut Jadernoj Fiziki. [online]. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: <https://inp.kz/ru>
24. **JAGANMOHAN, Madhumitha.** 2024. Number of operable nuclear power reactors worldwide as of May 2023, by country. In Statista. [online]. 10 júl 2023 [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: [Nuclear power plants in the world 2023 | Statista](#)
25. **JAVYS.** Jadrová bezpečnosť. In Energetický slovník. [online]. [cit. 2024-10-02].
Dostupné na: Energetický slovník - Infoservis - Javys, a.s.
26. **JIE, H. Lim.** 2023. Is nuclear energy the answer to a sustainable future? Experts are divided. In CNBC. [online]. 21. august 2012. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na: <https://www.cnbc.com/2023/08/22/nuclear-energy-the-answer-to-a-sustainable-future-experts-are-divided.html>
27. **KAZATOMPROM.** 2022. Integrated Annual Report 2022. In Kazatomprom Annual report. [online]. 2022, s. 356 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: Microsoft Word - ENG_Annual report_280423 fin checked.docx (kazatomprom.kz)
28. **KAZATOMPROM.** 2024. Kazatomprom is increasing its R&D potential in the nuclear industry. In Kazatomprom. [online]. 31. január 2024 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: Kazatomprom is increasing its R&D potential in the nuclear industry
29. **KAZATOMPROM.** Produkciya JaTC. In Kazatomprom. [online]. [cit. 2024-15-02].
Dostupné na: https://www.kazatomprom.kz/ru/page/produktsiya_yattS

30. **KAZATOMPROM.** 2010. Obogašenie. In Kazatomprom. [online]. 10 decembra 2010. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: Обогащение | Казатомпром (stanford.edu)
31. **KAZINFORM.** 2023. Strategiju razvitija atomnoj otrasli razrabatyvajut v Kazahstane. In Kazinform [online]. 30. máj 2023 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: https://www.inform.kz/ru/strategiyu-razvitiya-atomnoy-otrasli-razrabatyvayut-v-kazahstane_a4073022
32. **KAZINFORM.** 2022. Stroitel'stvo AËS: čto даст Kazahstanu atomnaja ènergetika. In Meždunarodnoe informacionnoe agentstvo Kazinform. [online]. 22. júl 2022. [cit. 2023-02-12]. Dostupné na: Строительство АЭС: что даст Казахстану атомная энергетика (inform.kz)
33. **KAZATOMPROM.** 2010. Konversija. In Kazatomprom. [online]. 10 decembra 2010. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: Конверсия | Казатомпром (stanford.edu)
34. **KAZTAG.** 2024. Approximate dates for referendum in Kazakhstan on nuclear power plants declared. In KazTag. [online]. 18. marec 2024 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: Approximate dates for referendum in Kazakhstan on nuclear power plants declared (kaztag.kz)
35. **LJAPUNOV, Konstantin.** 2021. Došli do jadra. Kak Kazahstan stal donorom atomnoj ènergii v Evrazii. In LENTA.RU. [ONLINE]. 1. DECEMBER 2021 [CIT. 2024-13-02]. Dostupné na: <https://lenta.ru/articles/2021/12/01/atomkz/>
36. **MAAE.** 2004. From Obninsk Beyond: Nuclear Power Conference Looks to Future. In MAAE news. [online]. 10 júl 2023 [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: From Obninsk Beyond: Nuclear Power Conference Looks to Future | IAEA
37. **MAËK.** O predprijatii. In MAËK. [online]. [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: <https://maek.kz/index.php/ru/>
38. **MCGUIRE, Lauren.** 2023. Exploring the Advantages of Nuclear Energy. In NES Fircroft. [online]. 2023. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na: Exploring the Advantages of Nuclear Energy | NES Fircroft (www-nesfircroft-com.translate.goog)
39. **MIT ENERGY INITIATIVE.** 2018. The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World. In an interdisciplinary MIT study. [online]. 2018. [cit. 2023-10-11].

Dostupné na: <https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2018/09/The-Future-of-Nuclear-Energy-in-a-Carbon-Constrained-World.pdf>

40. **NATIONAL GRID**. 2022. What is nuclear energy (and why is it considered a clean energy)?. In National grid. [online]. 8. august 2022. [cit. 2023-28-11]. Dostupné na: [What is nuclear energy? | Why is nuclear a clean energy? | National Grid Group](#)
41. **NEA OECD**. 2003. Nuclear Energy Today. In OECD PUBLICATION. [online]. 2003. pp. 9-21. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na: [oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/3595-nuclear-energy-today.pdf](https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/3595-nuclear-energy-today.pdf)
42. **NEI**. 2023. Kazakhstan continues to pursue NPP plans. In NEI. [online]. 13. apríl 2023 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: <https://www.neimagazine.com/news/newskazakhstan-continues-to-pursue-npp-plans-10756528>
43. **NEI**. Nuclear Waste. In NEI. [online]. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <https://www.nei.org/fundamentals/nuclear-waste>
44. **NNC**. National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan. [online]. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: [nnc.kz/en/setup/nnc.html](https://www.nnc.kz/en/setup/nnc.html)
45. **NOVAK, Stanislav – PODEST, Milan**. 1987. Nuclear power plant ageing and life extension: Safety aspects. In IAEA bulletin. [online]. 1987. roč. 4, pp. 31-33 [cit. 2024-05-01]. Dostupné na: <https://www.iaea.org/sites/default/files/29402043133.pdf>
46. **NTI**. 2021. Kazakhstan Nuclear Facilities. In NTI. [online]. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: <https://www.nti.org/analysis/articles/kazakhstan-nuclear-facilities/>
47. **NTI**. 2018. Kazakhstan Nuclear Overview. In NTI. [online]. 23. apríl 2018 [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: <https://www.nti.org/analysis/articles/kazakhstan-nuclear/>
48. **NUCLEAR ENGINEERING INTERNATIONAL**. 2022. Kazakhstan chooses site for second NPP. In NEI. [online]. 9 august 2022 [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: [Kazakhstan chooses site for second NPP - Nuclear Engineering International \(neimagazine.com\)](#)
49. **NURZHANOV, Ardak**. Republic of Kazakhstan. In KINS-IAEA Workshop on Safety Review and Assessment for Licensing NPPs. [online]. s. 18. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: <https://ansn.iaea.org/Common/topics/OpenTopic.aspx?ID=18370>

50. **NURŽANOV, Aslan.** 2019. Perspektivy atomnoj ènergetiki Kazahstana. In Central Asian Bureau for Analytical Reporting. [online]. 14. máj 2019 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: <https://cabar.asia/ru/perspektivy-atomnoj-energetiki-kazahstana>
51. **O'DONOGHUE, J. Amy.** 2023. Renowned climate scientist: What U.S. should do to stop warming, help others. In DeseretNews. [online]. 19. apríl 2023 [cit. 2023-20-12]. Dostupné na: <https://www.deseret.com/2023/4/19/23687335/james-hansen-climate-change-nuclear-energy-lobbyists-utah-china-policy-politics-obama/>
52. **OFFICE OF NUCLEAR ENERGY.** 2021. Nuclear Power is the Most Reliable Energy Source and It's Not Even Close. In Office of Nuclear Energy. [online]. 24. marec 2021. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na: <https://www.energy.gov/ne/articles/nuclear-power-most-reliable-energy-source-and-its-not-even-close>
53. **OUR ENERGY POLICY.** 2020. Climate Perspectives and The Future of Energy. In Our Energy Policy. [online]. 8. september 2020. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na: <https://www.ourenergypolicy.org/shellenberger-climate-perspectives-and-the-future-of-energy/>
54. **PBS.** Interview with Ralph Nader. In PBS. [online]. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na: <https://www.pbs.org/wgbh/pages/frontline/shows/reaction/interviews/nader.html>
55. **PRESIDENT OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.** Strategy “Kazakhstan-2050” [online]. [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: https://www.akorda.kz/en/addresses/addresses_of_president/address-by-the-president-of-the-republic-of-kazakhstan-leader-of-the-nation-nnazarbayev-strategy-kazakhstan-2050-new-political-course-of-the-established-state
56. **PROCESS INDUSTRY FORUM.** The five worst nuclear disasters in history. In Process Industry Forum. [online]. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <The five worst nuclear disasters in history - Process Industry Forum>
57. **PISTILLI, Melissa.** 2023. Uranium Reserves: Top 5 Countries. In Investing News Network. [online]. 21. november 2023. [cit. 2023-02-12]. Dostupné na: Uranium Reserves: Top 5 Countries (investingnews.com)
58. **QAZAQ GREEN.** 2023. Kazakhstan has the necessary human resources for construction and reliable operation of nuclear power plants – Timur Zhantikin. In Qazaq

- Green Analytics. [online]. 25. december 2023 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: <https://qazaqgreen.com/en/journal-qazaqgreen/analytics/1669/>
59. **ROSATOM**. 2023. Setting Course for Nuclear. In ROSATOM newsletter. [online]. 11 máj 2012 [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: Setting Course for Nuclear (rosatomnewsletter.com)
60. **STAFF REPORT**. 2023. Kazakhstan Becomes Leader in Uranium Production in 2022. In The Astana Times. [online]. 21. august 2023 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: Kazakhstan Becomes Leader in Uranium Production in 2022 - The Astana Times
61. **SERIN, Esin**. 2022. What is the role of nuclear in the energy mix and in reducing greenhouse gas emissions? In The London School of Economics and Political Science. [online]. 2. december 2012. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na: What is the role of nuclear in the energy mix and in reducing greenhouse gas emissions? - Grantham Research Institute on climate change and the environment (lse.ac.uk)
62. **SILVAN, Kristina** – **SIDDI, Marco**. 2023. Russia and Kazakhstan in the global nuclear sector: From uranium mining to energy diplomacy: FIIA Briefing Paper 371. FIIA Ulkopoliittinen Instituutti. 2023 Dostupné na: Russia and Kazakhstan in the global nuclear sector | FIIA
63. **ŠLAUS, IVO**. 2023. Kazakhstan Remains Committed to Advancing Disarmament Efforts on Global Stage. In The Astana Times. [online]. 31 august 2023 [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: <https://astanatimes.com/2023/08/kazakhstan-remains-committed-to-advancing-disarmament-efforts-on-global-stage/>
64. **THE WORLD BANK**. 2023. Mining sector diagnostic- Kazakhstan. In the Worlds Bank Report. [online]. február 2023, s. 99 [cit. 2024-25-02]. Dostupné na: [World Bank Document](#)
65. **TOREBAEVA, Madija**. 2022. АЭС в Казахстане: Real'nost' vse eše daleka ot idej, no... In CRONOS Central Asia. [online]. 27. august 2022 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: АЭС в Казахстане: Реальность все еще далека от идей, но.... - Cronos Asia
66. **TSKHAY, Aliya**. The Development of Nuclear Energy in Kazakhstan and its Integration to the Country's Energy Sector. In GS Doshisha. [online]. roč. 2, č. 7, pp. 109-118. [cit.

2024-13-02]. Dostupné na: 同志社GS No.2 07研究ノート Aliya Tskhay.indd (doshisha.ac.jp)

67. **TURYSBEKOVA, Ajgul.** 2022. Atomnaja ènergetika v Kazahstane: za i protiv. In Kazahstanskaja pravda. [online]. Almaty: 30. máj 2022. [cit. 2023-02-12]. Dostupné na: Атомная энергетика в Казахстане: за и против (kazpravda.kz)
68. **ULITI, Igor.** 2023. Zapret importa rossijskogo urana v SŠA: kak èto skažetsja na Kazahstane? In ORDA. [online]. 13. december 2023 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: Запрет импорта российского урана в США: как это скажется на Казахстане? (orda.kz)
69. **UNION OF CONCERNED SCIENTISTS.** 2013. Brief History of Nuclear Accidents Worldwide. In UCS. [online]. 01 október 2013 [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <https://www.ucsusa.org/resources/brief-history-nuclear-accidents-worldwide>
70. **UNION OF CONCERNED SCIENTISTS.** 2016. Nuclear Waste. In UCS. [online]. 21. júl 2016 [cit. 2024-05-01]. Dostupné na: Nuclear Waste | Union of Concerned Scientists (ucsusa.org)
71. **UNWIN, Jack.** 2019. Nuclear power: The pros and cons of the energy source. In Power Technology. [online]. 28. máj 2019. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na: <https://www.power-technology.com/features/nuclear-power-pros-cons/>
72. **U. S. EIA.** Nuclear explained: Nuclear power and the environment. In 22. U. S. EIA. [online]. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na: Nuclear power and the environment - U.S. Energy Information Administration (EIA)
73. **U. S. NRC.** 2024. Backgrounder on Radioactive Waste. In U.S. NRC. [online]. 26. január 2024. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/radwaste.html>
74. **U. S. NRC.** 2024. Status of Initial License Renewal Applications and Industry Initiatives. In U.S. NRC. [online]. 7. február 2024. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na: <https://www.nrc.gov/reactors/operating/licensing/renewal/applications.html>
75. **VEDA NA DOSAH.** 2017. Je jadrová energetika nebezpečná? In Veda na dosah. [online]. 12. august 2017. [cit. 2024-05-01]. Dostupné na: Je jadrová energetika nebezpečná? - VEDA NA DOSAH (cvtisr.sk)

76. **WISE URANIUM.** 2024. Current Issues: New Uranium Conversion/Enrichment and Nuclear Fuel Plant Projects – Asia. In WISE Uranium Project. [online]. 10 február 2024 [cit. 2024-15-02]. Dostupné na: <https://www.wise-uranium.org/epasi.html#KZ>
77. **WORLD NUCLEAR ASSOCIATION.** 2024. Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan. In WNA. [online]. marec 2024 [cit. 2024-15-02]. Dostupné na: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx>
78. **WORLD NUCLEAR ASSOCIATION.** 2022. Processing of Used Nuclear Fuel. In WNA. [online]. december 2020 [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/fuel-recycling/processing-of-used-nuclear-fuel.aspx>
79. **WORLD NUCLEAR ASSOCIATION.** What is nuclear waste, and what do we do with it?. In WNA. [online]. [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <https://world-nuclear.org/nuclear-essentials/what-is-nuclear-waste-and-what-do-we-do-with-it.aspx>
80. **WORLD NUCLEAR ASSOCIATION.** 2019. Why nuclear is an environmentalist's story. In WNA news. [online]. 24. apríl 2019. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na: <https://world-nuclear-news.org/Articles/Why-nuclear-is-an-environmentalists-story>
81. **WORLD NUCLEAR ASSOCIATION.** 2022. Chernobyl Accident 1986. In: World Nuclear association. [online]. apríl 2022. [cit. 2023-28-11]. Dostupné na: Chernobyl | Chernobyl Accident | Chernobyl Disaster - World Nuclear Association (world-nuclear.org)
82. **WORLD NUCLEAR ASSOCIATION.** 2020. Outline History of Nuclear Energy. In WNA. [online]. november 2020. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na: History of Nuclear Energy - World Nuclear Association (world-nuclear.org)
83. **WORLD NUCLEAR ASSOCIATION.** 2023. Nuclear power in the World Today. In: World Nuclear association. [online]. november 2023. [cit. 2023-10-11]. Dostupné na: Nuclear Power Today | Nuclear Energy - World Nuclear Association (world-nuclear.org)
84. **WORLD NUCLEAR ASSOCIATION.** 2022. Nuclear Power in Italy. In WNA. [online]. júl 2022 [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/italy.aspx>

85. **WORLD NUCLEAR NEWS**. 2022. Philippines relaunches nuclear energy programme. In WNN. [online]. 3 marec 2022 [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Philippines-relaunches-nuclear-energy-programme>
86. **X ENERGY**. 2023. The Advantages of Nuclear Energy. In X energy. [online]. 10 júl 2023 [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <https://x-energy.com/blog-all/investing-in-our-planet-earth-day-and-beyond-2sz9p>
87. **X ENERGY**. 2023. Investing in Our Planet: Earth Day and Beyond. In X energy. [online]. 21. apríl 2023. [cit. 2023-20-12]. Dostupné na: <https://x-energy.com/blog-all/investing-in-our-planet-earth-day-and-beyond>
88. **ZAKON.KZ**. 2014. V Kazahstane imejutsja vse predposylki dlja razvitija atomnoj ènergetiki - K. Tokaev. In Zakon.kz. [online]. 29. marec 2014 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: <https://www.zakon.kz/redaktsiia-zakonkz/4612561-v-kazahstane-imejutsja-vse-predposylki.html>
89. **ZAKON.KZ**. 2023. Stroitel'stvo AÈS v Kazahstane: est' li ugrozy i kakovy pljusy. In Zakon.kz. [online]. 3 august 2023 [cit. 2024-10-02]. Dostupné na: <https://www.zakon.kz/stati/6402114-stroitelstvo-aes-v-kazahstane-est-li-ugrozy-i-kakovy-plyusy.html>
90. **ZASTÚPENIE EURÓPSKEJ KOMISIE NA SLOVENSKU**. 2022. Diskusia Café Európa: Budúcnosť jadrovej energie v Európe. In Európska Komisia. [online]. 28. apríl 2022. [cit. 2023-28-11]. Dostupné na: Diskusia Café Európa: Budúcnosť jadrovej energie v Európe - Európska komisia (europa.eu)
91. **ZAKON RESPUBLIKI KAZAHSTAN**. 2023. Ob utverždenii Strategii dostiženija uglerodnoj nejtral'nosti Respubliki Kazahstan do 2060 goda. [online]. 2. februára 2023 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>
92. **ZAKON RESPUBLIKI KAZAHSTAN**. 2011. Ob utverždenii Programmy razvitija atomnoj otrasli v Respublike Kazahstan na 2011 - 2014 gody s perspektivoj razvitija do 2020 goda. [online]. 29. júla 2011 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1100000728>

93. **ZAKON RESPUBLIKI KAZAHSTAN.** 2002. O koncepcii razvitija uranovoj promyšlennosti i atomnoj ènergetiki Respubliki Kazahstan na 2002-2030 gody. [online]. 20. august 2002 [cit. 2024-20-02]. Dostupné na: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P020000926_
94. **ZAKON RESPUBLIKI KAZAHSTAN.** 2016. Ob ispol'zovanii atomnoj ènergii. [online]. 12. januára 2016 [cit. 2024-13-02]. Dostupné na: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1600000442>