



Obnovitelné zdroje energie ve Spojených státech od roku 1850 do roku 1973

Bakalářská práce

Studijní program:

Studijní obory:

Autor práce:

Vedoucí práce:

B1301 Geografie

Geografie se zaměřením na vzdělávání (dvouoborové)

Historie se zaměřením na vzdělávání

David Zlesák

PhDr. Michal Ulvr, Ph.D.

Katedra historie



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: David Zlesák
Osobní číslo: P17000292
Studijní program: B1301 Geografie
Studijní obory: Historie se zaměřením na vzdělávání
Geografie se zaměřením na vzdělávání (dvouoborové)
Název tématu: Obnovitelné zdroje energie ve Spojených státech od roku
1850 do roku 1973
Zadávající katedra: Katedra historie

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Tato bakalářská práce má za cíl v jednotlivých kapitolách zaměřených na konkrétní obnovitelné zdroje energie zmapovat jejich vývoj a nejzásadnější příklady jejich aplikace v reálném životě. Práce dále charakterizuje vliv obnovitelných zdrojů na oblasti lidského života, jako je motorismus, energetika, zemědělství, ekonomika. Navíc se bude zabývat vztahem těžby a využití ropy a vývojem obnovitelných zdrojů.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

BETZ, Albert. Introduction to the Theory of Flow Machines. Pergamon Press, 1966. ISBN 978-0080114330.

BRUMMITT, Richard Kenneth; POWELL, C. E. Authors of Plant Names. Kew: Royal Botanical Gardens, 1992. Dostupné online. ISBN 1-84246-085-4

MELOSI, Martin. Energy and Environment in the United States: The Era of Fossil Fuels. Oxford University: Oxford University Press, 1987. ISBN 978-0075546665.

RIGHTER, Robert. Wind Energy in America: A History. University of Oklahoma Press, 2008. ISBN 978-0806140001.

SMITH, Zachary; TAYLOR, Katrina. Renewable and Alternative Energy Resources: A Reference Handbook. ABC-CLIO, 2008. ISBN 978-1598840896.

WYATT, Alan. Electric power: Challenges and choices. Book Press, 1989. ISBN 978-0920650004.

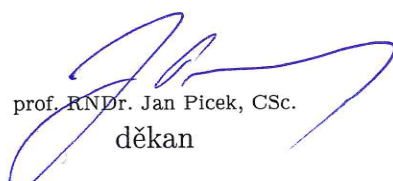
Vedoucí bakalářské práce:

PhDr. Michal Ulvr, Ph.D.

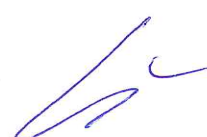
Katedra historie

Datum zadání bakalářské práce: **14. prosince 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. prosince 2019**


prof. RNDr. Jan Pícek, CSc.
děkan




doc. PhDr. Jaroslav Pažout, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 14. prosince 2018

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS/STAG se shodují.

22. listopadu 2019

David Zlesák

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce PhDr. Michalu Ulvrovi PhD. za odborný dohled a cenné připomínky při psaní této práce. Dále své rodině za podporu, a především své matce za podstatné připomínky.

Anotace

Tato bakalářská práce pojednává o historii obnovitelných zdrojů na území Spojených států amerických v období 1850-1970. Zároveň mapuje nejvýznamnější milníky používaných technologií a ukazuje, jak se jednotlivé obnovitelné zdroje uplatňovaly a používaly v kontextu doby, s přesahem i do jiných zemí, pokud byly pro dané téma zásadní. Jedná se o nejběžnější obnovitelné zdroje jako je sluneční, větrná, vodní, geotermální energie a obnovitelné zdroje v automobilismu. Zabývá se i některými důsledky na rozvoj průmyslu, zemědělství, ale i negativními dopady v oblasti životního prostředí.

Dále jsou zde popsány některé nedokončené projekty, jež měly vést k novým obnovitelným zdrojům. Nastíněna je jaderná fúze, tedy možnost netradičního řešení rostoucí světové poptávky po energii, která nebyla dosud prakticky dořešena. Poslední kapitola pojednává o projektu Atlantropa, jenž kompletně zapadl v minulosti.

Práce chronologicky předkládá problematiku podle jednotlivých odvětví a zároveň stručně vysvětluje principy, na nichž dané obnovitelné zdroje fungují.

Klíčová slova:

Spojené státy americké – obnovitelné zdroje – vodní energie – větrná energie – sluneční energie – geotermální energie – jaderná energie – jaderná fúze – Atlantropa

Abstract

This bachelor thesis concerns the history of renewable resources on the territory of the United States of America in the years 1850 – 1970. Concurrently it maps the most significant milestones of technology used and indicates how individual renewable resources were applied and used in the context of time, with overlap to another countries, if it was essential. These are the most common renewable resources as solar energy, wind energy, water energy, geothermal energy and renewable resources in motorism. It concerns even some impacts on industrial development, agriculture, but also negative impacts in environment.

Further there are described some unfinished projects, which had to lead to new renewable resources. Nuclear fusion is being outlined, thus the possibility of nontraditional solution of growing world energy demand, which has not been practically solved out. Last chapter focuses on project „Atlantropa“, which has been completely set in the past.

This thesis chronologically puts forward the problematics according to individual branches and simultaneously briefly explains the principles on which these renewable resources work.

Key words

United States of America – renewable resources – water energy – wind energy – solar energy – geothermal energy – nuclear energy – nuclear fusion – Atlantropa

Obsah

Úvod	8
Sluneční energie	13
Větrná energie.....	22
Vodní energie	25
Velké americké přehrady	29
Moře jako zdroj energie	34
Geotermální energie	36
Obnovitelné zdroje v motorismu	41
Jaderná energie a fúze	47
Atlantropa	54
Závěr	56

Úvod

Tato práce stručně pojednává o historii vývoje a použití obnovitelných zdrojů energie ve Spojených státech amerických v letech 1850 až 1973. Jedná se o období, kdy se plně přecházelo na energetický zdroj ve formě ropy, popřípadě jejích derivátů či frakcí. Obnovitelné zdroje používá lidstvo téměř od svého počátku, od objevů na poli elektrotechniky a mechaniky, ale využívání vedlo pouze k jednoduchým činnostem, jako je pohon lodí či využívání toků řek k pohonu mlýnských kol.

Obnovitelné zdroje jsou termínem, který často slycháváme a spojujeme jej většinou s ekologií nebo s environmentálními problémy. To, že stojí na základech, které často s naším pojetím obnovitelných zdrojů příliš nesouvisí, jsem se, mimo jiné, snažil dokázat v této práci.

Po dlouhou dobu vedly snahy vynálezců a konstruktérů k přeměně přírodních sil na mechanickou, nejčastěji rotační energii, aby mohly být nahrazeny parní stroje. Až počátkem 20. století se snahy přesunuly k přímé transformaci přírodní energie na elektrickou, kterou – díky rozsáhlé elektrifikaci ve 30. letech 20. století – bylo možno využívat z obnovitelných zdrojů nejen lokálně, v místě, kde se vyskytovala, ale pomocí rozvodné sítě ji dovést téměř kamkoli.

Tento rozmach byl technickou revolucí, ke komercializaci a získání významného podílu na trhu ale nedošlo. Konkurovala mu levná ropa.

Do dalšího vývoje zasáhla II. světová válka, která mnoho projektů přerušila. V poválečném světě se ke slovu dostala znovu především ropa, která na dlouhou dobu zaujala místo prvořadého energetického zdroje, spolu s uhlím. Dodnes se celosvětově vyrobí 60 % elektrické energie z uhlí.

Pro okamžité dodávky při výpadku zdrojů se od konce války celosvětově budují velké vodní elektrárny; ty sloužily k mnoha účelům. Od zadržování vody v době povodní, přes dodávání stabilní energie, až po rekreační účely. Od velkých projektů se ale začalo ustupovat kvůli vzrůstajícím ekologickým nárokům od 70. let 20. století.

Bouřlivým vývojem si prošly všechny způsoby, jak využít či přeměnit přírodní zdroje. Mnohdy se podařilo vymyslet více způsobů, jak daný zdroj použít. Příkladem může být sluneční energie, která se využívá pro přímou přeměnu elektromagnetického záření nebo jako zdroj tepelné energie nebo ve zjednodušených aplikacích jako systémy s tepelnými čerpadly apod.

Zájem o obnovitelné zdroje je primárně v oblastech, kde není rozvodná síť. Ve Spojených státech to bylo především na odloučených farmách, kde větrné mlýny poháněly vodní pumpy. Zvýšený zájem byl vždy v období, kdy došlo ke skokovému zvýšení cen pohonných hmot.

V současné době jsou obnovitelné zdroje vnímány jako řešení mnoha společenských problémů. Zjistěte je dobré využívat zdrojů, které jsou „zadarmo“ a nemusí se těžit či kvůli nim budovat rozsáhlé provozy. Plně přejít – při současné úrovni průmyslu a energetických nárocích – na obnovitelné zdroje je jen těžko představitelné.

Práce se mimo jiné zabývá i základním technickým principem, na kterém obnovitelné zdroje pracují, a kdo na dané konstrukční řešení přišel. Doplňuje tak kontext technické historie a bez jejího pochopení nelze práci vnímat jako samostatnou. Mnoho technických objevů, které

umožnily rozvoj tohoto oboru, je velice starých, jiné vycházejí přímo z fyzikálních základů média, se kterým pracují.

Přestože byla daná technologie často dílem náhody, stále se objevují nové a nové možnosti získávání energie z nejrůznějších, málo prozkoumaných energetických zdrojů. Namátkou to může být třeba energie z umělých tornád, využívání energie pomalu tekoucí vody pohybující se na dně moří, elektrárny na principu komínového jevu, energie rozdílu potenciálů povrchové a hlubinné vody nebo různé způsoby vesmírných či měsíčních solárních základů, které budou pomocí mikrovln posílat energii na Zemi.

Ty jsou ale dnes natolik vzdálené, že jejich prosazení není v blízkém horizontu reálné. Často také vycházejí z již popsaných principů.

Obnovitelnými zdroji a jejich technologiemi se zabývám již dlouho. Spousta uvedených skutečností mi tudíž byla známá již před tím, než jsem začal psát tuto práci. Ovšem bakalářská práce mi pomohla prozkoumat trendy a reálné použití na jednom konkrétním území, spravovaném jedním právním rámcem v dané době.

Při práci s prameny a literaturou jsem narazil na spoustu slepých uliček ve vývoji každého obnovitelného zdroje, tudíž jsem se snažil vybrat pouze důležité body, vedoucí ke skutečnému posunu. Vycházím primárně z internetových zdrojů doplněných o fakta z monografií. Metodou analýzy jsem vybral to nejpodstatnější. Následně jsem porovnal získaná data zejména z hlediska odlišností, v případě neshody jsem hledal další zdroje. U obecných informací jako jsou třeba různá státní nařízení, jsem použil metodu indukce, což znamená, že obecně platné nařízení jsem považoval za obecně uplatňované. Syntézou informací jsem vytvořil základní rámec této práce.

Cíle mapování jsou v každé kapitole mírně odlišné. V kapitole o sluneční energii mě primárně zajímalo, jaký z typů (fototermický nebo fotoelektrický) vznikl dříve a jaké bylo praktické použití. Jaké objevy to dokazují a zda měly ve chvíli svého objevu vliv na společnost nebo byly použity až mnohem déle, kdy na ně někdo navázal. Pro zmapování jsem použil původní prameny, jako např. práce Rudolfa Herze „Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die electrische Entladung“ nebo práce Alberta Einsteina „Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt.“ Tito dva teoretici položili základ dalšímu zkoumání, které už mělo praktický dosah, což prokázal jak teoreticky, tak prakticky Robert Millikan v díle „Einstein's Photoelectric Equation and Contact Electromotive Force,“ když experimentem ověřil Einsteinovu teorii. Alan Chodos, jenž se mimo jiné zabýval historií Bellových laboratoří, o tomto experimentu publikoval článek. Další kniha, „The Silicon Solar Cell Turns 50,“ popisuje trend zvyšování účinnosti solárních panelů. Se zvyšující se účinností se rozšiřovalo i spektrum použitelných aplikací. O tom pojednává například Matthew Jepps v publikaci „Solar Power in Space,“ kde se věnuje například solárním panelům na vesmírných sondách. Co bránilo dalšímu masovému rozšíření, objasňují data z organizace OPEC nebo kniha „Ropa: Průvodce pro začátečníky.“ Data ukazují, jak výzkum a následná poptávka po solárních panelech a dalších obnovitelných zdrojích korelovaly s vývojem ceny ropy, zejména v době ropné krize a při výrazných zvýšení cen za tuto

komoditu. Dobovým odrazem je známý projev prezidenta Cartera a následné založení Institutu solární energie, o čemž pojednávám dále.

V publikacích o fotoelektrických panelech a elektrárnách se často nacházely i zmínky o fototermických způsobech využití sluneční energie. O prvotním vývoji hovoří Sophie Turner v elektronickém článku „History of Solar Energy.“ Jedná se o výčet chronologického historického použití, které mě nasměrovalo na původní zdroje z 60. let minulého století. O pokusech a jejich výsledcích pojednává Colin Porteous v knize „Solar Architecture in Cool Climates.“

V druhé kapitole, zabývající se větrnou energií, jsem prvotní inspiraci našel v díle „Velká kniha o energii,“ vydaném Akademií věd České republiky, kde byl popsán základní princip fungování. Kvůli ověření těchto poznatků jsem hledal technickou publikaci, ze které kniha čerpala. Překvapilo mě, že tyto závěry poprvé uvedl již Fausto Veranzio v práci „Machinae novae Favsti Verantii sicensi“ z roku 1595. Další zmínky o úspěšném použití energie větru pro praktické účely se poté objevují ve Skotsku a v Ohio, což zmiňuje časopis „Scientific American.“ O vývoji, počtu a rozměrech větrných mlýnů píše Paul Gipe v díle „Wind Energy for the Rest of Us.“ Tato kniha, kladně hodnocena akademickým prostředím na webových stránkách Amazonu, mě navedla na další publikace jako je „Introduction to the Theory of Flow Machines,“ kde se, mimo jiné, do hloubky, z technického pohledu rozebíraly principy fungování lopatek nejen větrných elektráren, ale také letadel.

Kniha dále vysvětluje některé fyzikální zákony. Pro ověření informací jsem pátral po reálných použitích Magnusova jevu a zjistil jsem, že byl experimentálně zkoumán za pomoci Flattnerova rotoru na palubě lodi Barbara. O dalších úspěších píše Erich Hau v publikaci „Wind turbines: fundamentals, technologies, application, economics.“

Větrné elektrárny od konce II. sv. války jsou již konstrukčně velmi blízké těm dnešním, až na použité materiály. Zvyšoval se pouze jejich počet, výška a výkon, což dokládá Robert Righter v knize „Windfall: Wind Energy in America Today.“

U kapitoly o vodní energii jsem na začátku pátral, jak se vůbec podařilo přijít na teoretický a později praktický koncept turbíny. Předpokladem bylo vyhledat informace o starých mlýnech a od nich pokračovat chronologicky k dále navazujícím objevům. Zde mi velmi pomohla kniha Zbyňka Hrkala „Voda včera dnes a zítra,“ ve které se objevila zmínka o nejstarším mlýnu v českých zemích. Hledal jsem pak další aktivní využití vodní síly, až jsem se dostal k prvnímu předchůdci vodního čerpadla, jinak zvaném vodní trkač, konstrukčně vycházejícím z vodních mlýnů, ovšem ve značně modifikované úpravě, což jsem se dozvěděl z digitalizovaných materiálů školy Annales. Stále jsem se ale nemohl dostat k samotnému původu turbíny jako takové. Až když jsem začal hledat v knize „Technology And Society,“ volně přístupné díky Google Books, jsem našel zmínku o prvním prototypu turbíny, který byl následně několikrát vylepšen. Za autora turbíny je považován Clerence Boudin, jenž jí dal i název. Své praktické použití turbína našla při realizaci plánů na Niagarskou přehradu. Projekt ale zkrachoval, jak o tom píše i Rick Berkata na svých stránkách „Niagara Falls: History of Power.“ Jeho informace jsem poté porovnal s knihou Pierra Bertona „A History of the Falls.“

Další typy turbín a jejich použití jsem čerpal z dokumentů, které se na jednotlivé typy zaměřovaly, namátkou Teslova turbína, popsána v patentu z roku 1909, který je taktéž zdigitalizován a přístupný na Google Patents.

Ve své práci jsem se snažil načrtnout, jaký společenský dopad mělo budování velkých amerických přehrad. Využil jsem toho, že ve Spojených státech je velký počet zájemců právě o tuto tematiku, a díky internetovému přístupu jsem se dostal ke zdrojům, detailně zkoumajícím dané téma. Hodnotným zdrojem jsou oficiální stránky jednotlivých přehrad, které poskytují i zajímavé dobové souvislosti. Tyto stránky jsem použil, abych se dostal k autorům jednotlivých prací zaměřených na konkrétní přehrady. O přehradě Grand Coulee poutavě informuje Paul Pitzer, o Bath County Pumped Storage zase Ryan Korosowsky v článku „The Inside Story Of The World’s Biggest ‘Battery’ And The Future Of Renewable Energy,“ kde mimo jiné vysvětluje samotný princip fungování úložiště elektřiny. Environmentálním hrozbám velkých přehrad budovaných v druhé polovině 20. století (jak názorně ukázal příklad přehrady Tellico), se věnuje Marc Reisner v knize „Cadillac Desert: The American West and Its Disappearing Water.“ Tato kniha se rovněž zabývá právním rámcem a ukazuje postoj vlády USA k takovým projektům. Na knihu mě odkázaly reference z jiných internetových zdrojů, které jsem použil.

V poslední části této kapitoly se zabývám okrajovým využitím moře jako obnovitelného zdroje. Přílivové elektrárny mají podobnou konstrukci jako přehradní hráze, a rovněž turbíny v nich instalované, mají podobnou funkci. Ve Spojených státech zatím žádná taková elektrárna není, ale jsou vytipována vhodná místa na Aljašce. Tady jsem se zaměřil na postavené a funkční elektrárny mimo USA, ukazující další možný směr vývoje obnovitelných zdrojů.

Kapitola o geotermální energii v úvodu informuje o základním rozdílu při využívání tohoto zdroje oproti jiným. Informace jsem čerpal především z knihy „A Guide to Geothermal Energy and the Environment,“ v níž autoři popisují do hloubky všechna pozitiva a negativa spojená s používáním tohoto zdroje a vyvracejí některé zažité mýty, vytvořené okolo. V publikaci se mimo jiné nacházejí zmínky o prapůvodním využití na americkém kontinentu. Podrobně pak tyto informace doplňují online materiály. O jedné z prvních geotermálních elektráren v Geysers informuje dobový zdigitalizovaný pramen „Third Symposium On The Cerro Prieto Geothermal Field, Baja California.“ Další spleť vývoj popisuje bakalářská práce „Optimalizace a inovace ve vytápění pomocí tepelných čerpadel,“ která zmiňuje náhodu, při níž došlo k objevu tepelného čerpadla, použitého v kombinaci s geotermální energií. Za důležitou považuji také zmínku o boji s freony, jež tepelná čerpadla používala jako náplň, čímž vážně ohrožovala životní prostředí. Údaje o tom, jak se vyvíjel počet instalací a výkonů geotermálních energií ve vztahu k různým typům podloží a použité technologie k získání tepla z hlubin Země jsem našel zejména v knize „100 Yearsof Geothermal Power Production a Geothermal Energy: Renewable Energy and the Environment.“

V kapitole pojednávající o využití obnovitelných zdrojů jsem pro prvotní přehled použil internetovou stránku „Biodiesel.com,“ obsahující sekci historie. Tato stránka mě odkázala na knihu „Auto Mania: Cars, Consumers, and the Environment,“ pojednávající o vztahu spotřebitelského kapitalismu a životního prostředí od prvopočátku, přes ropnou krizi

v 70. letech, až po budoucí výhledy. V knize mě dále zaujal popis fungování společnosti Standard Oil, která díky inovativnímu přístupu pomohla prosadit spotřebu ropy po celých USA a změnila americkou společnost. Následnou ropnou krizí, vzniklou vysokou spotřebou, se zabývají knihy „Ropa: průvodce pro začátečníky“ a „The Party's Over: Oil, War and the Fate of Industrial Societies.“ Obě popisují mechanismy krize, ale prvně jmenovaná mi přišla objektivnější. O environmentálních otázkách pojednává kniha „Energy and Environment in the United States: The Era of Fossil Fuel,“ kde autor popisuje největší katastrofy a dopady na společnost, v souvislosti s ropou. O teorii ropného vrcholu a opatřeních po krizi rovněž informuje kniha „Ropa: průvodce pro začátečníky.“

Předposlední kapitola pojednává o jaderné energii a fúzi. Přestože se nejedná o klasický obnovitelný zdroj, jaderná fúze by měla, podle propočtů, nahradit všechny energetické zdroje. Přestože se dnes stále jedná o vzdálenou budoucnost, vývoj započal již roku 1920, což uvádí „The Encyclopedia of Mass Spectrometry.“ O štěpení jader atomů pojednává publikace „Energy and the Making of Modern California,“ v níž lze najít i data o všech energetických zdrojích v Kalifornii. Její autor, James C. Williams, je profesorem historie a problematice velmi dobře rozumí. Těžištěm této kapitoly je pojednání o MHD generátoru, zatím pouze teoreticky použitelném zařízení, který ovšem potvrdil mnohé teoretické myšlenky. Informace o něm jsem čerpal z encyklopedie „Britannica“ a z dalších internetových zdrojů, například od organizace ITER, jež provozuje Tokamak (zařízení, které prakticky ověřilo teorii jaderné fúze). Do hloubky se touto problematikou zabývá kniha „Nuclear Fusion Research: Understanding Plasma-Surface Interactions,“ v níž autor shrnuje poznatky, které měl v době vydání k dispozici, nabízí různé pohledy a předpoklady, jak dospět k funkčnímu prototypu.

Pokud je projekt fúzního reaktoru z našeho úhlu pohledu utopický, pak poslední kapitola věnovaná Atlantopě, je naprosto mimo dnešní vědecké chápání. Tuto kapitolu jsem vypracoval na základě dokumentu České televize, který mě inspiroval k hledání dalších informací o projektu za pomoci internetových zdrojů. Nejvíce jsem vycházel z článku „Atlantropa: The Colossal 1920s Plan to Dam the Mediterranean and Create a Supercontinent,“ obsáhle informujícího o projektu a odkazujícího na další práce spojené s tímto tématem.

V celé práci mi velmi pomohl internetový portál Google Books, jenž zdigitalizoval ohromné množství tištěných monografií, jako je například Renewable and Alternative Energy Resources: A Reference Handbook, díky čemuž jsem mohl zkvalitnit poznámkový aparát a dohledat knihy, které bych jinak nesehnal.

Téma bakalářské práce jsem si vybral kvůli svému zájmu o techniku a technickou historii. Zároveň si myslím, že propojení technických informací, zakomponovaných do jednotlivých historických období, může obohatit naši představu o stavu společnosti z nového úhlu pohledu.

Sluneční energie

Podle sluneční konstanty dopadá na planetu Zemi energie o výkonu 1,3 KW na metr čtvereční, ovšem v ideálních podmínkách. Reálně se jedná o zhruba 350 wattů. Je to způsobeno nejen přechodem světla skrze atmosféru, ale i dalšími rušivými jevy.¹ K tomu se ještě přidává pravidelné střídání dne a noci. Přesto existují dva způsoby, jak elektrickou energii využít. Prvním z nich je použití přímého slunečního světla na ohřívání. V historii se jednalo o primitivní způsoby, jako jsou solární ohřivače pokrmů. Pokročilejší pasivní využívání slunce přináší například vhodně zvolená architektura budov, které ve svých izolacích přes den absorbují sluneční světlo, a v noci trvá dlouho, než vychladnou.

Mezi aktivní využívání patří fototermické a fotovoltaické systémy. Fotovoltaické systémy mají svůj počátek od roku 1839, kdy Edmond Becquerel přednesl na zasedání Akademie věd svoji studii pod názvem: *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires*.² V této práci je zaznamenán a ověřen poznatek změny proudu mezi elektrodami ponořenými v roztoku v závislosti na intenzitě osvětlení. Někdy je pod tímto objevem označován jeho otec Antoine César Becquerel, a to z důvodu, že Edmondu Becquerelovi bylo v době objevu pouze 20 let.³

Fototermické systémy jsou starší a mnohem jednodušší. Kovy se sice tavily pomocí parabolických zrcadel již ve středověku, ale tato činnost neměla žádný další význam. Víceúčelové využití parabolického zrcadla bylo předvedeno až roku 1883 na pařížské výstavě, kde se používalo ohnisko zrcadla pro ohřev vody na páru a k následnému pohonu tiskařského stroje. Noviny, vytištěny tímto způsobem, dostaly název Le Soleil (Slunce). K tomuto vynálezu přivedl autora tehdejší trend rostoucí poptávky po uhlí, což bylo mimo jiné zapříčiněno masivním nárůstem dovozu zboží ze vzdálené ciziny. Pokusy o využití solární energie, které se veřejně neprezentovaly, však probíhaly již od roku 1860, kdy francouzský profesor Augustine Mouchot sestavil se svým týmem první sluneční motor, který ve vnitřku parabolického zrcadla vyráběl tolik páry, že stačil k pohonu strojů.⁴ Roku 1873 proto Mouchot předpověděl: „Nastane čas, kdy evropský průmysl přestane tyto přírodní zdroje hledat. Ropné zdroje a uhelné doly nejsou nevyčerpatelné, ale na mnoha místech rychle docházejí. Vráť se tedy

¹WATTS, Anthony. Historical and present Total Solar Irradiance has been tinkered with again [online]. 2014 [cit. 13.9.2019]. Dostupné z: <https://wattsupwiththat.com/2014/02/10/historical-and-present-total-solar-irradiance-has-been-tinkered-with-again/>

²BECQUEREL, Edmond. Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires [online]. 1839 [cit. 13.9.2019]. Dostupné z: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2968p/f561.image> S. 561.

³BECQUEREL, Henri. Tout sur les unités de mesure. Biographie: [online]. Henri Antoin Becquerel(1852– 1908)[cit. 13.9.2019]. Dostupné: <https://www.uni-flensburg.de/fileadmin/content/projekte/satm/biografien/biografien-frz/bequerel-biografie-fr.pdf> S. 1,3.

⁴PERLIN, John. From Space to Earth: The Story of Solar Electricity. Harvard: Harvard University Press, 2002. ISBN 978-0674010130. [cit. 13.9.2019]. Dostupné z: <https://archive.org/details/FromSpaceToEarth-TheStoryOfSolarElectricity/page/n13> S. 4,5

člověk k síle vody a větru? Nebo bude emigrovat tam, kde jsou nejsilnější zdroje? Historie ukáže, co přijde.“⁵

Tímto svým výrokem sepokusil předpovědět, jak se bude průmysl dále vyvíjet a jakým způsobem se budou hledat nové energetické zdroje. Kromě výše zmíněného konceptu solárně poháněného tiskařského stroje, došlo už v roce 1876 k první přímé transformaci slunečního záření na elektrickou energii. Tento objev učinili William Grylls a jeho student Richard Evans Day. Prokázali tak, že pevný materiál je schopen změnit světlo na elektřinu.⁶

K dalšímu významnému průlom, vedoucímu k pochopení závislosti světla na elektřině, přispěl Heinrich Rudolf Hertz roku 1887. Svými výzkumy přišel na to, že elektrický výboj vznikne snáze mezi elektrodami, na které dopadá ultrafialové záření. Objevil tak fotoelektrický efekt. Své pozorování zaznamenal v práci *Ueber den Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung*.⁷ V té době neexistovalo racionální vysvětlení, proč k tomuto jevu dochází, a proto nebyl vyvíjen tlak na další zkoumání.

Roku 1905 vydal Albert Einstein práci „*Concerning an Heuristic Point of View Toward the Emission and Transformation of Light*“⁸ v níž podal vysvětlení fotoelektrického jevu. Podle něj mají fotony dostatek energie,⁹ aby uvolnily elektrony z valenční vrstvy jedné skupiny prvků, takzvaných polovodičů.¹⁰ Platí, že energie uvolněného elektronu závisí pouze na frekvenci záření (energie fotonů) a počet elektronů na intenzitě záření (počtu fotonů). K dalším pokusům ale nedošlo a přednost byla, z ekonomických důvodů, dána tekutým palivům.

Až o 11 let později, v roce 1916, se podařilo Einsteinovu hypotézu ověřit v laboratorních podmínkách, a to experimentem, jenž tuto teorii měl původně vyvrátit. Robert Andrews Millikanse v roce 1909 znovu pokusil přepočítat rovnice, ke kterým došel Einstein. Dospěl k závěru, že je teorie nesprávně podložena.¹¹ Jeho domněnky se mu ještě potvrdily, když v roce 1912 dosadil hodnotu elementárního elektrického náboje,¹² a ve výpočtech se

⁵“The time will arrive when the industry of Europe will cease to find those natural resources, so necessary for it. Petroleum springs and coal mines are not inexhaustible but are rapidly diminishing in many places. Will man, then, return to the power of water and wind? Or will he emigrate where the most powerful source of heat sends its rays to all? History will show what will come.”

⁶RICHARDSON, Luke. The History of Solar Energy [online]. 2018 [cit. 23.11.2019]. Dostupné z: <https://news.energysage.com/the-history-and-invention-of-solar-panel-technology/>

⁷HERTZ, Heinrich Rudolf. Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung. Online Library [online]. 1887 [cit. 13.9.2019]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/andp.18872670827> S. 983.

⁸ V originálu: „Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt“),

⁹EINSTEIN, Albert. Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. Universität Wien [online]. 1905 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <http://www.zbp.univie.ac.at/dokumente/einstein1.pdf> S. 132-138.

¹⁰ EINSTEIN, Albert. Concerning an Heuristic Point of View Toward the Emission and Transformation of Light. Alternative Energy [online]. 1905 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/einstein_photoelectric_paper1.pdf S. 1-14.

¹¹MILLIKAN, Robert Andrews. Einsteins Photoelectric Equation and Contact Electromotive Force. CaltechAUTHORS [online]. University of Chicago Ryerson Physical Laboratory, 1915 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <http://authors.library.caltech.edu/43236/1/MILpr16a.pdf> S. 21-28.

¹² Nejmenší možný elektrický náboj jedné volné částice

s Einsteinem lišil.¹³ Tím ovšem velmi přesně určil Planckovu konstantu, a naopak definitivně potvrdil správnost Einsteinovy teorie. Celou práci se všemi výsledky a detailním popisem pokusu včetně protokolu ze samotného měření vydal roku 1916 pod názvem „*A Direct Photoelectric Determination of Planck's "h."*”¹⁴

Po prokázání funkčnosti se vyskytl další problém – jakým způsobem tuto energii využít. Experimenty Roberta Millikana a dalších nedokázaly energii nijak zachytit, a ta unikala neřízeně bez jakéhokoliv praktického využití. Docházelo pouze k fotoemisi,¹⁵ při níž elektrony unikají do okolí, ale nestane se z nich stabilní a pravidelný zdroj. Cílem dalších výzkumů bylo vytvořit zařízení, ve kterém uvolněné elektrony cestují stejným směrem, aby se z nich stal stabilní zdroj. Další vývoj se proto zaměřil na sestavení efektivního fotovoltického článku. Do té doby byly pokusy velice neuspokojivé, první fotovoltický článek s účinností 1 % vynalezl Charles Fritts již roku 1883.¹⁶ Pokusy se proto snažily přijít s jinými metodami, jak světlo přetvořit na elektrickou energii, například se zkoušelo ozařovat různé typy materiálů a kompozitů vysokofrekvenčním zářením.

Ještě předtím, než byly teoretické informace k výrobě fotovoltického článku, se jiným vědcům podařilo vytvořit PN přechod nezbytný k přímé přeměně světla na elektrickou energii. Roku 1876 to dokázali již dříve uvedení průkopníci William Grylls Adams a Richard Evans Day. PN¹⁷ přechodu dosáhli na hranici selenu a platiny. I přes úspěch a další zdokonalení v podobě modelu koncentračního fotovoltického systému, předvedenému před mnoha významnými osobnostmi v Anglii, nedošlo k praktickému využití. Celý výzkum se ztratil ve víru času a zapomnělo se na něj. Bylo to dáno malou poptávkou a uvedením v době, kdy na to společnost ještě nebyla připravena.¹⁸

Stejně účinnosti jako Charles Fritts dosáhl roku 1940 také Russell Shoemaker Ohl při svém prvním experimentálním PN přechodu na bázi křemíku.¹⁹ Stalo se tak poté, kdy

¹³GOODSTEIN, David. In Defense of Robert Andrews Millikan. CaltechAUTHORS [online].ENGINEERING & SCIENCE N O . 4 , 2000 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <http://calteches.library.caltech.edu/4014/1/Millikan.pdf> S. 31-37

¹⁴MILLIKAN, Robert Andrews. A Direct Photoelectric Determination of Planck's "h". PHYSICAL REVIEW JOURNALS: Published by the American Physical Society [online]. 1916 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.7.355> S. 335-373.

¹⁵ Vyzařované elektrony a jejich vysílání do prostoru

¹⁶CHODOS, Alan. April 25, 1954: Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell. AMERICAN PHYSICAL SOCIETY: Published by the American Physical Society [online]. 2009 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <http://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>

¹⁷PN přechod je rozhraní polovodiče typu P a polovodiče typu N. PN přechod propouští elektrický proud pouze jedním směrem a je základním stavebním kamenem polovodičových součástek jako jsou diody a tranzistory, fotovoltické články, svítivé LED diody a integrované obvody.

¹⁸SMITH, Zachary a Katrina TAYLOR. Renewable and Alternative Energy Resources: A Reference Handbook. ABC-CLIO,[online] 2008. ISBN 978-1598840896.[cit. 14.9.2019]. Dostupné z:https://books.google.cz/books?id=OIA-fN3Bd4QC&pg=PA155&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false S. 155, 165

¹⁹CHODOS, Alan. April 25, 1954: Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell. AMERICAN PHYSICAL SOCIETY: Published by the American Physical Society [online]. 2009 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <http://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>

zkoumal několik vzorků křemíku, z nichž jeden měl praskliny. Na tomto konkrétním vzorku vysledoval průchod proudu při nasvícení. Na hranicích praskliny našel stopové množství cizích prvků, které se chovaly jako PN přechod.

V roce 1953 se v Bellových laboratořích podařilo vyvinout první křemíkový solární panel s měřitelným elektrickým proudem. Za tímto objevem stáli Gerald Pearson, Daryl Chapin a Culvin Fuller²⁰ a vše souviselo s rozvojem výzkumu polovodičových součástek, z nichž jedna byla fotodioda. Při zdokonalování polovodičových vlastností se podařilo vyvinout kompozitní materiál na bázi křemíku.²¹ Těmi aditivy jsou prvky s pěti, nebo naopak jen třemi atomy ve valenční vrstvě, díky nimž má polovodič své vlastnosti. Foton svým vlivem uvolní kombinaci v krystalické mřížce křemíku a uvede do pohybu kombinaci nábojů, v literatuře označované jako elektron-díra (akceptory a donory). Tento solární článek dosahoval účinnosti 6 %.

První satelitem, poháněným solárními články na bázi křemíku, byla sonda Vanguard 1 v roce 1958. Námořnictvo Spojených států amerických zpočátku odmítalo přistoupit k nevyzkoušené technologii, ale za použití křemíkových článků se postavil Hans Ziegler, pravděpodobně největší světový expert na satelitní přístroje pozdních padesátých let. Tvrdil, že by konvenční baterie vyčerpaly svoji energii za pár dnů, a tím by se celá družice v hodnotě několika milionů dolarů stala provozuneschopnou. Námořnictvo poté zvolilo kompromis a vyslalo družici jak se solárními panely, tak s chemickými bateriemi. Zhruba po týdnu selhaly baterie, ale solární panely dokázaly zásobovat družici ještě po několik let.²² Od té doby se, až na velmi vzácné výjimky, jako jsou krátkodobé sondy, nebo naopak sondy pro průzkum velmi vzdálených oblastí od Slunce, používají solární panely. Zatímco sonda Vanguard 1 měla 6 křemíkových solárních článků, které generovaly celkem zhruba 1 watt,²³ výkon fotovoltaiických panelů na v současnosti provozované Mezinárodní vesmírné stanici (ISS) je 110 kWp.²⁴ Jedná se o stodesetitisícinásobný výkon.²⁵

V průběhu 50. let 20. století se cena pohybovala v tisících dolarů za watt a množství vynaložené energie na výrobu jednoho článku bylo větší než energie, kterou článek vytvořil za celou dobu své životnosti. To bylo dáno nejenom nízkou účinností, ale také faktem, že se solární panely vyráběly stejnou technologií jako mikročipy. S dalším vývojem a spotřebou

²⁰PERLIN, John. The Silicon Solar Cell Turns 50. The National Renewable Energy Laboratory [online]. National Center for Photovoltaics; the National Renewable Energy Laboratory produced this brochure as NREL Report No. BR-520-33947, 2004 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33947.pdf>

²¹Do kterého je vpraveno velmi malé množství aditiv (v některé literatuře označované jako nečistoty)

²²PERLIN, John. Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy. New World Library, 2013. ISBN 978-1608681327. S. 128.

²³JEPPESEN, Matthew. Solar power in space: 60th anniversary of Vanguard 1. Renew Economy: Clean Energy News and Analysis [online]. 2018 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://reneweconomy.com.au/solar-power-in-space-60th-anniversary-of-vanguard-1-41568/>

²⁴Jednotka kWp ukazuje, jak velký výkon je fotovoltaiický panel schopen poskytnout při přesně specifikovaných podmínkách.

²⁵Powering the Future. NASA Glenn Contributions to the International Space Station (ISS) Electrical Power System. [online]. 2011 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/centers/glenn/about/fs06grc.html>

mikročipů se jejich nákladnost postupně snižovala. Nicméně z důvodu vytváření velkých souvislých ploch, na nichž musely být diodové pásy umísťovány, se cena nakonec ustálila. Klasické mikročipy, sloužící k výpočetním funkcím mají rozměry v milimetrech, ale solární panely v řádu metrů.²⁶

Počátkem šedesátých let nebyla komerční poptávka po alternativních zdrojích energie nijak velká. V domácnostech a průmyslových odvětvích dominovaly fosilní zdroje.²⁷ Ropný průmysl drtil svojí nízkou cenou vše a mnoho lidí ani neuvažovalo o ropě jako o zboží, ale spíše samozřejmosti, jako je vzduch.²⁸ Nebyla vůle uplatňovat technologii pro masové komerční použití. Výzkumy, jak zlevnit solární články a podobné technologie proto probíhaly pouze v laboratorních podmínkách. Panovaly také obavy, že solární panely nebudou na Zemi dobře fungovat, nebo že se nikdy nezaplatí. Na Zemi navíc o ceně energie rozhoduje pouze tržní cena, bez přidané hodnoty vesmíru jako jediného dlouhodobého zdroje. Změna v technologii, umožňující zlevnit cenu jedné kilowatthodiny ze 100\$ na 20\$, přišla spolu s Dr. Elliotem Bermanem, který spolu se svým týmem, financovaným společností Exxon Corporation, umožnil konkurovat benzínovým generátorům na odlehlých místech bez elektrického vedení. Své využití tak solární články našly paradoxně ve světelných majácích na ropných plošinách, kde nahradily ohromné baterie vyžadující mnoho údržby. Na ropných polích se také používalo malé stejnosměrné napětí pro udržování kovových částí bez koroze. Principem bylo vytvoření rozdílu potenciálu, který zabraňoval korozi. Celkový příliv kapitálu poté zajistil stabilní trh s fotovoltaickými články.²⁹

Obnovený zájem o fotovoltaiku přinesla až ropná krize. Od té doby se již kontinuálně investuje do technologie a výstavby větrných elektráren, což vede k nižší ceně za takto vytvořenou energii, zvyšuje se účinnost a životnost, a dokonce se podařilo překonat hranici, kdy fotovoltaický panel vyprodukuje víc energie, než bylo potřeba pro jeho zhotovení. Tohoto pokroku se dosáhlo novými technologiemi pro čištění křemíku a vytvářením velmi čistých prostor minimalizujících znečištění prachovými částicemi ze vzduchu. Specializované prostory měly i další přednosti jako vnitřní úpravu a konstrukci místností, ze kterých se neuvolňovaly v průběhu času mikroskopické částice.³⁰

Založením Institutu sluneční energie v roce 1977 vzniklo první federální zařízení na využívání energie ze Slunce. Později se zařízení rozšířilo a bylo přejmenováno na „Primární

²⁶Newsflash: solar power costs are falling below fossil fuels [online]. 2012 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <http://theconversation.com/newsflash-solar-power-costs-are-falling-below-fossil-fuels-7215>

²⁷SMIL, Václav. Ropa: průvodce pro začátečníky. Přeložil Pavel KAAS. Praha: Kniha Zlin, 2018. Tema (Kniha Zlin). ISBN 978-80-7473-703-9 S. 221-225.

²⁸Average annual OPEC crude oil price from 1960 to 2019 (in U.S. dollars per barrel) [online]. 2019 [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/262858/change-in-opec-crude-oil-prices-since-1960/>

²⁹PERLIN, John. Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy. New World Library, 2013. ISBN 978-1608681327. S. 110.

³⁰BECHNÍK, Bronislav. Historie a perspektivy OZE - fotovoltaika, technologie krystalického křemíku. TZB-info: Nejnavštěvovanější odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov [online]. 2009 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5470-historie-a-perspektivy-oze-fotovoltaika-technologie-krystalickeho-kremiku>

laboratoř pro obnovitelnou energii a výzkum a vývoj v oblasti obnovitelné energie a výzkumu.“ Postupem času se institut rozšířil o pracoviště pro výzkum větrné, vodní a geotermální energie. Od druhé poloviny sedmdesátých let byla také vytvořena pracoviště pro biorafinaci a biomasu a pracoviště pro výzkum vodíkové technologie. Největší finanční prostředky ale po celou dobu čerpaly solární technologie, (nadruhém místě pak biorafinace).³¹

Prezident Carter přednesl dne 18.4.1977 významný projev, ve kterém mimo jiné mluvil o tom, že Spojené státy čelí bezprostřednímu nedostatku energie a země musí provést hluboké změny ve způsobu, jakým ji využívá: „...Dnes večer s Vámi chci vést rozhovor na nepříjemné téma, které v historii nemá obdoby. S výjimkou prevence války je to největší výzva, se kterou se naše země potká během našich životů. Energetická krize nás ještě nepřemohla, ale pokud nebudeme jednat rychle ...“³²

V projevu vyzval k morálnímu zamyšlení nad tím, jak dlouho budou Spojené státy ještě schopny fosilní paliva využívat. Varoval také, že se procento dovážené ropy každý rok zdvojnásobí a zároveň bude klesat produkce domácí těžby, což by mohlo ohrozit svobodné instituce.³³ Nedlouho po jeho projevu byl schválen zákon o povrchové těžbě za účelem snížení dopadů těžby uhlí na životní prostředí. Tento zákon mimo jiné zakazoval povrchovou těžbu v horách.³⁴ V srpnu téhož roku došlo k výpadku v dodávkách zemního plynu. K situaci přispěl především neklid na Blízkém východě a nárůst dominance Íránu. Následně byla založena organizace EDRA, která dostala na starost kontrolu nad spotřebou i dovozem zemního plynu.³⁵

Zajímavým konceptem jsou termovoltaiické elektrárny. I přes současný pohled na fototermické systémy, jenž někdy dokonce podobné systémy považuje za slepou vývojovou větev obnovitelné energie, se stále jedná o aktivně využívané metody pro ohřev teplé vody.³⁶ Mnoho lidí je ovšem mylně považuje za akceschopné jen v letním období, a to ještě za ideálních klimatických podmínek.³⁷

³¹ National Renewable Energy Laboratory (NREL) Biography [online]. [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://alternativeenergy.procon.org/view.source.php?sourceID=008536>, <https://alternativeenergy.procon.org/view.answers.php?questionID=001272#answer-id-011861>

³² „Tonight I want to have an unpleasant talk with you about a problem unprecedented in our history. With the exception of preventing war, this is the greatest challenge our country will face during our lifetimes. The energy crisis has not yet overwhelmed us, but it will if we do not act quickly ...“

³³ CARTER, Jimmy. The President's Proposed Energy Policy: U.S President Jimmy Carter delivered this televised speech on April 18, 1977. Alternative Energy [online]. 1977 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/Carter%27s_Speech.pdf

³⁴ PUBLIC LAW 95-87: Surface Mining Control and Reclamation Act of 1977. Alternative Energy [online]. 1977 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/Carter%27s_Speech.pdf S. 1,6

³⁵ EDRA: Mise, hodnota, historie [online]. [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://www.edra.org/page/missionvaluehistory>

³⁶ SRDEČNÝ, Karel. Solární termické systémy – slepá vývojová větev?. TZB-info: Nejnavštěvovanější odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov [online]. 2013 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/10475-solarni-termicke-systemy-slepa-vyvojova-vetev>

³⁷ BECHNÍK, Bronislav. Příprava teplé vody – fotovoltaika nebo solární tepelné kolektory?. TZB-info: Nejnavštěvovanější odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov [online]. 2013 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/10475-solarni-termicke-systemy-slepa-vyvojova-vetev>

První systémy schopné koncentrovat sluneční světlo do nějakého bodu, nebo alespoň odklonit sluneční paprsky a využít je, jsou známy již od starověku. Jedním z takových přístrojů je lupa, kterou člověk vynalezl zhruba v sedmém století před naším letopočtem.³⁸ Přestože tento objev dlouho neznamenal žádnou revoluci, jednalo se jistě o významný pokrok. Prvním, kdo podle legendy použil zařízení na podobném principu, byl Archimedes v boji s římskou armádou. Řecká armáda toto zařízení popsala jako hořící zrcadlo. I když je způsob koncentrace slunečních paprsků odlišný od lupy, tedy skla či průhledného nerostu, princip koncentrace svazku fotonů za účelem zvýšení teploty je stejný.

Zpět k využívání koncentrovaných paprsků slunce se vrátil až švýcarský fyzik Horace-Bénédict de Saussure v roce 1776, kdy vynalezl solární troubu.³⁹ Tyto trouby se od té doby úspěšně používaly v oblastech vysoké sluneční aktivity a neustále se vylepšovaly. Zařízení z roku 1876, pracující s osmi zrcadly, dokázalo připravit příděly pro 7 vojáků za dvě hodiny. Navzdory své funkčnosti bylo toto řešení nepraktické. Ještě více zdokonalil koncept „otec sluneční energie v USA“, Clarence Kemp. Roku 1891 si nechal patentovat solární ohřívač vody natolik úspěšný, že ho po čase využívalo až 30 % domů v Pasadeně. Využití ohřívačů pokleslo v období II. světové války kvůli nedostatku mědi, jež se stala surovinou strategického plánování pro armádu. Francie v první polovině 20. století posílala do svých kolonií, hlavně do Indočíny, solární vařiče. Později, v souvislosti s humanitární pomocí se solární trouby dostaly do Afriky. Od 70. let se stala trendem výstavba solárních pecí v místě potřeby, z materiálů, které jsou na daném místě k dispozici, aby místní obyvatelé byli co možná nejvíce soběstační.⁴⁰

Pro laboratorní a průmyslové potřeby byly v 60. letech 20. století postaveny masivní sluneční pece. Jedna z prvních byla v Odeillo (oblast ve francouzských Pyrenejích).⁴¹ Tato laboratorní pec dokáže vytvořit teplotu až 4000 °C a účelem bylo získat čisté kovy bez příměsí, čehož lze docílit pouze vysokými teplotami. Od toho byl už jen krok k elektrárně na sluneční pohon, kterou jako první zrealizoval francouzský profesor Trombé⁴² a dosahovala výkonu 2,5 MW.⁴³ Elektrárny tohoto typu, samozřejmě se značně pokročilou konstrukcí, se od té doby rozšířily do všech oblastí, ve kterých jsou k tomu vhodné podmínky, tedy do oblastí kolem rovníku či pouští. Ve větším měřítku se ale rozšířily malé neprůmyslové panely, typicky instalované na střechy rodinných či činžovních domů. Takové kolektory obsahují velké množství trubiček, do nichž se přímo opírá sluneční záření. Rozdělení obsahu ohřívajícího média na menší množství vede k dobrému přenosu a k velké efektivitě. Dobrá izolace

³⁸ American Journal of Archaeology: Lenses in Antiquity [online]. 1987 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: https://www.jstor.org/stable/505216?origin=crossref&seq=1#page_scan_tab_contents S. 191.

³⁹ TURNER, Sophie. History of Solar Energy. Solarenergybase [online]. 2012 [cit. 2019-11-23]. Dostupné z: <https://www.solarenergybase.com/history-of-solar-energy/>

⁴⁰ PARRY, Nathan. History of Solar Cooking [online]. [cit. 19.10.2019]. Dostupné z: <http://www.solarcooker-at-cantinawest.com/solarcooking-history.html>

⁴¹ Odeillo solar furnace [online]. 2018 [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Odeillo_solar_furnace

⁴² PORTEOUS, Colin. Solar Architecture in Cool Climates. London: Routledge, 2005. ISBN 978184977258. S. 88-89.

⁴³ Four Solaire Développement [online]. [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://www.mont-louis.net/english/heritage/solar-furnace/>

v kombinaci s ukrytím trubiček pod sklo, vytvářející skleníkový efekt, umožňuje dosáhnout teploty více než 120 °C.⁴⁴ Takto zhotovené panely dokáží kumulovat část energie, i když je pod mrakem, díky difúznímu a reflexnímu záření. Výkon se dá dále zvyšovat pomocí vakua v prostoru kolektoru mezi trubičkami s médiem, nebo aktivních systémů, které kolektory natáčí za sluncem.⁴⁵

Jiným typem solárních termických elektráren jsou věžové sluneční elektrárny. Jedná se o areály s jednou centrální věží, na jejímž vrcholu jsou odráženy sluneční paprsky pomocí heliostatů (naklápěcích zrcadel). Většina takových elektráren stojí v Kalifornii. První z nich, Solar One,⁴⁶ pracující od roku 1985 (postavena 1982), dosahuje výkonu 12MW. Na vrcholu věže bývá teplota až 560 °C. Další podobné elektrárny v programu SEGS mají ještě větší účinnost díky korekci účinnosti přeměny. Oproti první verzi s účinností 6% se nyní pohybuje okolo 17%. Problém takových elektráren pramení ze stejných příčin, kvůli kterým se volí jejich umístění, tedy prach a písečné bouře. Zrcadla programu SEGS jsou speciálně konstruována německou sklárnou Schott Glass. Přesto se však musí každý týden omývat vodou, což je ve vyprahlých oblastech, kde se nacházejí, významný problém. Rozbitá skla je také nutno po každé větší písečné bouři obnovit. Mnoho společností se proto snaží systémy vylepšit. Wiezmannův institut v Izraeli představil plán na vzduchový ohříváč vyplněný keramickými jehlami, o které se vzduch ohřívá až na 600°C.

Solar Two byl původně prototyp modulu solární farmy s 1926 pohyblivými zrcadly. Každý heliostat má plochu 42 m² a každý zvlášť je řízen centrálním počítačovým systémem. Po roce 1995 byl vystavěn další prstenec. Nové heliostaty mají plochu 95 m.² Navíc se změnilo teplovodné médium z vody na dusičnanovou sůl, šetrnou k životnímu prostředí, jež díky schopnosti dobře akumulovat teplo dokáže dodávat energii i po značnou část noci. Nevznikají tak příliš velké výkyvy v rozvodné soustavě. Solar Two dosáhl maximálního výkonu 10MW. Poté, kdy v roce 2001 dosloužil, začaly výzkumné týmy University of California přeměňovat Solar Two na Air Cherenkov. Když kosmické nabitě částice nebo gama paprsky zasáhnou atmosféru, vytvoří kaskádu sekundárních nabitých částic. Tato sprcha částic emituje viditelné fotony zvané Cherenkovovo světlo po velmi krátkou dobu 10 miliardtin sekundy, které se rozprostírají v kruhu o průměru asi 200 metrů na zemském povrchu. Solar Two se svou velkou rozlohou a individuálně řízenými heliostaty poskytuje vhodné technické vybavení pro pozorování těchto částic. Vědci zprovoznili 165 heliostatů a nainstalovali sekundární optiku na vrchní části komínu. Sekundární optika obsahuje sférické zrcadlo o průměru 6 metrů, které zobrazuje pole na poli 80 fotonásobičů (PMT).⁴⁷

⁴⁴ MATUŠKA, Tomáš. Solární zařízení v příkladech. Praha: Grada, 2013. Stavitel. ISBN 978-80-247-3525-2. S. 236,237,238.

⁴⁵ QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel.[cit. 14.9.2019]. ISBN 978-80-247-3250-3. S. 127-38.. S. 126,127.

⁴⁶QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel.[cit. 14.9.2019]. ISBN 978-80-247-3250-3. S. 127-38.

⁴⁷ History Of Solar Two [online]. University of California at Davis, 2009 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20090810073406/http://ucdcms.ucdavis.edu/solar2/history.php>

Mimo ohřev vody se dá sluneční záření přeměnit i přímo na elektrickou energii. K tomu jsou určeny fotovoltaické panely, které používají síť miniaturních fotodiod. Principem je fotovoltaický jev, umožňující uvolnění elektronů po dopadu slunečního záření. Děje se tak na rozhraní dvou typů polovodiče (typ P a N).⁴⁸ Na centimetr čtvereční připadá výkon okolo 12mW. Jejich spojením do paralelních nebo sériových obvodů můžeme dosáhnout buď velkého napětí nebo proudu. I přesto, že se účinnost pořád zvyšuje, stále se pohybuje okolo 10 %. Při použití speciální technologie nanášení supertenkových vrstev vzácných kovů lze dosáhnout maximální účinnosti až 30 %. Jedná se však o ideální podmínky vesmírného prostoru.⁴⁹

Způsobů, jak zefektivnit výkon, je mnoho. Jedním z nich je započítat ekonomický faktor. Tak se zrodil nápad na využití elektřiny ze solárních panelů na elektrolýzu vody. Následným získáním vodíku se zredukuje řetězec o jeden stupeň. Elektřina ze solárních panelů se musí z důvodu přepravy po elektrické síti transformovat ze stejnosměrného na střídavý proud, přičemž se část energie ztratí. Pro výrobu vodíku ale musí být střídavý proud usměrněn na stejnosměrný, což je také ztrátové. Jedná se tak o víceúčelové využití. Tento koncept byl ověřen a vyzkoušen v letech 1988 až 1999 v konsorciu Solar-Wasserstoff.⁵⁰ Výkon ze tří solárních polí dosahoval až 360 kW a přebytečná energie se používala právě pro elektrolýzu. Vodík i kyslík se poté skladovaly v tlakových nádržích. Při nedostatku slunečního svitu se vyrobený vodík s kyslíkem slučoval přes palivové články s účinností až 70 %.⁵¹ Je to jeden z nejučinnějších způsobů skladování solární energie, ovšem se značně zvýšeným rizikem. Tento systém je nepoužitelný pro malé aplikace, protože cena na zajištění bezpečnosti je natolik vysoká, že by se investice dlouho vracela a při započtení pravidelných servisních prohlídek se téměř nevyplatí.⁵²

⁴⁸ MORAVEC, Jan. Polovodiče: Fotovoltaický jev a parametry fotovoltaického článku [online]. 2017 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/polovodice-fotovoltaicky-jev-parametry-fotovoltaickeho-clanku>

⁴⁹ KNIER, Gil. How do Photovoltaics Work?. NASA: Share to Science [online]. 2008 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells/>

⁵⁰ WINTER, Carl-Jochen. Solar hydrogen, energy carrier for the future exemplified by two field programs: Hysolar and solar-wasserstoff-bayern (SWB). Science Direct [online]. Überlingen, 1994 [cit. 14.9.2019].]. S. 69,76

⁵¹ ZOHURI, Bahman. Hydrogen Energy: Challenges and Solutions for a Cleaner Future: Edison demolishes Daggett solar tower. Springer, 2018. ASIN B07GTSVBGG. S. 170

⁵² FREI, Martin. Vodíkový pohon automobilů: Nechceme lithium, chceme vodík. Auto [online]. 2018 [cit. 19.10.2019]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/vodikovy-pohon-automobilu-nehceme-lithium-chceme-vodik-121182>

Větrná energie

Rozdíly tlaku vzduchu v kombinaci s rotací Země způsobují rozdíl potenciálů v atmosféře, který se vyrovná prouděním vzduchu. Tomuto jevu říkáme vítr. V kombinaci s desítkami možných typů povrchů, teplot, nadmořských výšek, zeměpisné šířky, vzniká počasí. Dlouhodobý stav počasí je podnebí. Protože se často cyklicky opakuje, v souladu s oběhem Země kolem Slunce, dá se lépe předpokládat a tuto sílu využít. Mezi pravidelně se opakující patří například pasáty a antipasáty, monzuny a antimonzuny. Teoreticky maximální možný výkon získatelný z větrné energie dosahuje 3 TW,⁵³ což je nezanedbatelný obnovitelný zdroj. S využíváním větrné energie se však pojí problém. Tím je potřeba protiváhy nějakého „tvrdého“ zdroje, umožňující vyrovnávat výkyvy, nejen při malém proudění vzduchu, ale také při moc velkém. Jedná se tak převážně o uhelné elektrárny, které jsou schopny bleskurychlého rozběhu a okamžitého, ač neekonomického zastavení produkce elektrické energie.

Využívání větrné energie sahá až do starověkého Egypta a do 19. století se jednalo o jediný způsob pohonu zaoceánských lodí, poté ustoupil tento zdroj do pozadí. O moderních větrných elektrárnách (moderních ve smyslu, v jakém je chápeme my) psal již chorvatský vynálezce Fausto Veranzio ve své knize „*Machinae Novae*“ z roku 1595. Je pozoruhodné, že ve svých plánech dokázal teoreticky uvažovat o horizontálních i vertikálních turbínách, dokonce i o zakřivení nebo V tvarovaných čepelích.⁵⁴

První větrnou elektrárnu uvedl roku 1887 do provozu skotský akademik James Blythe pro osvětlení svého rekreačního domu v Marykirku ve Skotsku. Ve stejném období Charles F. Brush postavil plně automatizovanou větrnou turbínu a se svými kolegy Jacobem S. Gibbem a Brinsleym Coleberdem se mu podařilo obhájit tento koncept pro výrobu elektrické energie v Clevelandu v Ohiu.⁵⁵ Do provozu byla uvedena roku 1888. Dynamo, na které je větrné kolo připojeno, má 500 otáček za minutu a při plném zatížení generuje 12 kW. (Ch. F. Brush si zároveň pochvaloval, jak je elektrárna bezúdržbová.)⁵⁶

Okolo roku 1900 se počet větrných mlýnů (elektráren) už pohyboval okolo 2500. Při dnešním odhadovaném přepočtu se jednalo o zhruba 30 MW. Největší mlýny dosahovaly 24 metrů, s lopatkami do průměru 23 metrů. V USA do roku 1908 fungovaly větrné elektrárny do odhadovaného výkonu 25 kW, tedy řádově méně.⁵⁷

Výzkum větrných elektráren je úzce spojen s vývojem leteckých vrtulí a částečně také s výzkumem lodních šroubů. To je zřejmé již jen z velmi blízkého vizuálního porovnání. Mnoho

⁵³ Velká kniha o energii. Praha: L.A. Consulting Agency, 2001. ISBN 80-238-6578-1. S.69.

⁵⁴ VERANZIO, Fausto. *Machinae novae* Favsti Verantii scieni 1595. Facsimile Publisher, 2017. S. 45

⁵⁵ "Mr. Brush's Windmill Dynamo": SCIENTIFIC AMERICAN [online]. Springer Nature, 1980 [cit. 2019-11-24]. Dostupné z: <https://www.scientificamerican.com/magazine/sa/1890/12-20/>

⁵⁶ HAGEDORN, Luke. Origins of Wind Power: Mr. Brush's Windmill Dynamo: (1839–1906).

Renewable Energy Law Insider [online]. 2011 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://www.renewableenergylawinsider.com/2011/07/28/origins-of-wind-power-mr-brushs-windmill-dynamo/>

⁵⁷ GIPE, Paul. Wind Energy for the Rest of Us: A Comprehensive Guide to Wind Power and How to Use It. wind-works.org, 2016. ISBN 978-0997451818. S. 56.

inženýrů a fyziků, zabývajících se konstrukcí lopatek, vyzkoumalo obecná pravidla, podle nichž se řídily jak letecké vrtule, tak i lopatky větrných turbín. Jedním z významných vědců, podílejících se na formování teoretických vlastností lopatek, byl i Albert Betz. Betzovo pravidlo, vzniklé při studiu teorie větrem poháněných strojů, odvozuje, jaké maximální množství energie lze získat pomocí rotoru z média, pohybujícího se zadanou rychlostí. Tato teorie vyšla v jeho práci z roku 1920 „*Das Maximum der teoretisch möglichen Ausnutzung des Windes durch Windmotoren*,“ tedy „*Teoretický limit pro nejlepší využití větru větrnými motory*.“⁵⁸ Rotory reálných zařízení (například větrných turbín) vykazují další ztráty energie, které jejich účinnost dále snižují.

Ke znovuvyužití plachet došlo za použití Flattnerova rotoru v roce 1919.⁵⁹ Tento rotor funguje na základě Magnusova jevu.⁶⁰ Zkráceně se jedná o vznik boční síly při obtékání rotujícího válce v prostředí s plynem nebo kapalinou. Tím vzniká tlak, který se dá použít k pohonu. Při použití dvou a více válců lze navíc korigovat směr, takže loď nepotřebuje kormidlo. Funkčnost tohoto systému potvrdila loď Barbara, která vyplula roku 1926 z Hamburku do New Yorku. Doplnila sice jen díky vznětovým motorům, ale ukázala způsob, jak uspořit palivo.⁶¹ O několik let později použil podobnou konstrukci francouzský námořní důstojník, oceánograf, vynálezce a ochránce přírody Jacques-Yves Cousteau na katamaránech Moulin á vent a Acyone, u nichž ušetřil až 40% paliva.⁶²

Velkým posunem a technologickým know-how se stala větrná elektrárna na Jaltě. Stavba začala v roce 1929 a o dva roky později byla uvedena do provozu.⁶³ Jednalo se o první několikalistou horizontální větrnou elektrárnu. Výkonem 100 kW a výškou 30 metrů se jednalo o velký průlom své doby.⁶⁴

Dva roky před velkou hospodářskou krizí v roce 1929, představili bratři Jacobsovi první komerčně dostupnou větrnou elektrárnu určenou pro elektrifikaci vzdálených farem. Mnoho míst, kde se tyto farmy nacházely, nemělo přístup k elektrické rozvodné síti a muselo se spoléhat na nákladné benzinové či naftové generátory. Jejich hlavní slabinou byla doprava pohonných hmot pro nepřerušovaný chod. Větrná elektrárna vycházela z konstrukce větrných pump na vodu. Později oba vynálezci ještě vylepšili návrh výměnou původních lopatek za vrtule z letadel. V témže roce vznikla společnost Jacobs Wind Electric Company, jež mezi lety

⁵⁸BETZ, Albert. Introduction to the Theory of Flow Machines 1966. Pergamon, 2014. S. 193.197.

⁵⁹ SEIFERT, Jost. A review of the Magnus effect in aeronautics [online]. 2012 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://www.renewableenergyinsider.com/2011/07/28/origins-of-wind-power-mr-brushs-windmill-dynamo/>

⁶⁰TOKATY, Grigori. A History and Philosophy of Fluid Mechanics. Dover Publications, 1994. ISBN 978-0486681030. S. 148-156.

⁶¹ WALKER, Fred. Ships and Shipbuilders: Pioneers of Design and Construction. Seaforth Publishing, 2010. ISBN B00KTI0T4K. S. 220.

⁶² COUSTEAU'S TURBOSAIL [online]. The Cousteau Society., 2017 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://www.cousteau.org/legacy/technology/turbosail/>

⁶³ HAU, Erich. a Horst. Renouard. Wind turbines: fundamentals, technologies, application, economics. 2nd New York: Springer, 2006. ISBN 3-540-24240-6. S. 32.

⁶⁴ WYATT, Alan. Electric Power Chllgs Choices. University of Toronto Press. ISBN 978-0920650011. S. 110.

1927 až 1957 vyprodukovala na 30 000 větrných elektráren. I jiné společnosti využily poptávky, a proto se počet větrných elektráren ve třicátých a čtyřicátých letech pohyboval v řádu sta tisíc. K vysokému odbytu také přispěla hospodářská krize, která odstartovala zájem o obnovitelné zdroje.⁶⁵

⁶⁵RIGHTER, Robert. Windfall: Wind Energy in America Today. Oklahoma: University of Oklahoma Press, 2011. ISBN 978-0806141923. S. 15,16.

Vodní energie

Jak je všeobecně známo, proud vody obsahuje dostatečnou energii k pohonu různých pohyblivých věcí. Této vlastnosti se využívá ve vodních elektrárnách. Již málokdo však ví, že voda je nositelem tří typů energií: mechanické, vnitřní a chemické. Mechanickou sílu vody začali využívat již Sumerové, u nichž jsou doložena primitivní vodní kola, dále i Číňané a Indové. Až od 50. let 20. století se začaly zkoumat možnosti dalších dvou typů vodní síly.

Vodní kola patřila k nejčastějšímu typu přeměny mechanické energie vody v energii rotačního pohybu. Po celou dobu vývoje se konstruktéři snažili vytvořit vhodné „vodní kolo“,⁶⁶ později zvané spíše turbína. Snaha zkonstruovat vodní kolo, a tím si ulehčit práci pochází pravděpodobně z potřeby semlít co nejvíce mouky, s co nejmenší námahou.

Z principu se vodní kola dělí na dvě kategorie, lopatková a korečková. Rozdíl je v typu nátok. Lopatková používají dolní nátok a korečková horní. Lopatková kola dosahují účinnosti 20 až 60 %. Korečková mají oproti lopatkovým některé výhody. Mohou se například otáčet v protisměru k proudu, hlavně však nejsou tak závislá na stavu vody, protože využívají její polohovou energii. Účinnost korečkových kol se pohybuje v rozmezí 60 až 80 %. Nevýhoda obou typů, pokud vynecháme účinnost, spočívá v tom, že zvyšování výkonu je možné pouze přidáním více kol do vodního toku, což samozřejmě má také své omezení, například kvůli snadnému průjezdu lodí.

Ke speciálnímu typu využití vody patří pístové vodní motory, které převáděly tlak vody ve válci pomocí klikové hřídele na rotační pohyb. Zřídka se také objevily pístové motory dvojčinné, kde byla na píst přiváděna voda oběma směry. Od toho byla jen krátká cesta k vynálezu vodního trkače v roce 1797, za jehož autora je považován Joseph Mongolfier.⁶⁹ Jednalo se o první typ vodního čerpadla. Na rozdíl od předchozích pokusů o zkrocení síly přírody se objevil koncept umělého vytvoření tlaku za účelem zvýšení efektivity, což se ovšem příliš nepodařilo. Trkač sice umožňuje čerpat vodu do vyšších poloh, alevětšina vody jím pouze volně protéká.

Dalším vývojovým stádiem je turbína, která byla vytvořena díky neustálé snaze o vylepšování vodního kola. Na rozdíl od něj využívá současně kinetickou i tlakovou energii vody. Turbíny dělíme podle způsobu průchodu vody na stejnotlaké a různotlaké. Rozdíl je především v efektivitě využití daných typů energií. Přesný rozdíl mezi oběma typy však není pevně daný.

Cestu k výzkumu turbín zahájil Jacques Besson roku 1579,⁷⁰ umístěním šroubu do kamenného vertikálního koryta zděné kašny. Jeho následovník Andreas Segner tento

⁶⁶ LAIKA, Viktor. Korečník na horní vodu. Abeceda malých vodních pohonů [online]. 2009 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/vodnikolaHD/korecnikHD.htm>

⁶⁹ DE MONTGOLFIER, J.M. *Journal des Mines*, 13 (73) [PDF]. [online] 1803. [cit. 16.9.2019]. S. 42–51. Dostupné z: <http://Annales.ensmp.fr/articles/1802-1803-1/32-38.pdf> S. 42, 48

⁷⁰ MENON, R.V. *Technology And Society*. Pearson Education India, 2010. ISBN 978-8131756416.

Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=jxkpXtyDk-4C&pg=PA67&lpg=PA67&dq=Jacques+Besson+turbine&source=bl&ots=c5qcqEWb6z&sig=ACfU3U2otqvNPUO2TuxXsFo7Yh6OhDtTFQ&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwiWnZvThpbgAhVRz4UKHVu4ArMQ6AEwCnoECAUQAQ#v=onepage&q=Jacques%20Besson%20turbine&f=false> S. 67, 68.

nápad vylepšil o trubky nasazené na duté hřídeli, čímž vlastně vytvořil zcela nový způsob, jak využít energii vody. Zlepšení spočívalo tedy spíš v novém přístupu, než v posunu pochopení principu, jakým voda vykonává práci.⁷¹Sám Segner nedokázal vysvětlit, jak jeho systém funguje.

To objasnil až jeho nástupce Leonhard Euler,⁷²jenž přišel na to, že se kolo otáčí pomocí reaktivní síly. Skutečná turbína, jak podle názvu, tak i podle našeho pohledu, spatřila světlo světa až roku 1826.⁷³U jejího zrodu stál francouzský inženýr C. Bourdin⁷⁴, který jí taktéž vymyslel název. Od té doby se vlastně princip jen zdokonaluje. S významným zdokonalením Bourdinovy turbíny přišel jeho student Benoit Fourneyron, kterému se podařilo zvýšit účinnost až na 80 %.⁷⁵

Dalším logickým krokem bylo přestavět turbínu na axiální použití. Způsobů, jak ještě zdokonalit turbínu, bylo opět několik. Významně přispěl Angličan James Bicheno Francis, žijící v USA.⁷⁶ Jeho pokročilé metody modelování vedly k vytvoření stejnojmenné vodní turbíny, která se ale v Evropě nemohla dlouho prosadit zdůvodu nedostatečných výpočtů prokazujících účinnost.⁷⁷

Historicky první hydroelektrárna ve Spojených státech, Robert Moses Niagara, schopná svojí produkcí zásobovat více míst, byla uvedena do provozu roku 1882. Plány na stavbu však pocházely již z roku 1805, kdy Augustus a Peter Porter získali práva na využívání řeky. Zemřeli ovšem dříve, než stihli stavbu realizovat. Po nich se několik dalších společností pokusilo projekt oživit, avšak neúspěšně.⁷⁸

⁷¹ LEYMAN F. A practical hero, Mechanical Engineering, Magazine, [online] 2004. [cit. 16.9.2019].

Dostupné z:

<https://web.archive.org/web/20070619110441/http://www.memagazine.org/backissues/membersonly/feb04/features/prachero/prachero.html>

⁷²ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES ET BELLES. Histoire De L'académie Royale Des Sciences Et Des Belles Lettres De Berlin: Avec Les Mémoires Pour La Même Année, Tirez Des Registres De Cette Académie, Volume. Nabu Press, [cit. 16.9.2019]. 2011. [online] ISBN 978-1246679137.

Dostupné z:

https://books.google.cz/books?id=_60EAAAQAAJ&pg=PA185&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false S. 188,189,193

⁷³ŠKÁPIKOVÁ, Jitka, Helena PETÁKOVÁ a Dan MORAVEC. Turbína. Jejím otcem je francouzský inženýr Claude Bourdin. Na počátku 19. století tak nazval svůj rotační vodní motor. Český Rozhlas 2 [online]. 2014 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z:

<https://dvojka.rozhlas.cz/turbina-7548344>

⁷⁴SYTAŘOVÁ, Irena. Alternativní a obnovitelné zdroje elektrické energie. Jaderné elektrárny, jejich perspektivy a nové koncepce [online]. 2008 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z:

http://www.physics.muni.cz/~blazkova/dp/Alternativni_zdroje1.htm

⁷⁵LANDIS, Fred a Roland BUDENHOLZER. Turbine [online]. [cit. 16.9.2019]. Dostupné z:

<https://www.britannica.com/technology/turbine>

⁷⁶BOSCHI, Marcel a John TAYLOR. GRINNELL Dynasty: THE EARLY HISTORY OF GRINNELL CORPORATION AND THE FIRE SPRINKLER INDUSTRY [online]. 2017 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z:

<https://www.britannica.com/technology/turbine>

⁷⁷FRANCIS, James. Prevention of Floods in the Valley of Stony Brook: A Report by a Commission. Forgotten Books, 2019. ISBN 978-0656015870. S. 22,26

⁷⁸BERKETA, Rick. Niagara Falls: History of Power [online]. 2018 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z:

<http://www.niagarafrontier.com/power.html>

V roce 1877 zakoupil Jacob F. Schoellkopf za 71 000 dolarů kanál, spolu s právy na využívání vodní energie a vybudoval elektrárnu ke komerčnímu využití. V roce 1881 dokončila společnost Schoellkopf Elektrárnu č. 1, která fungovala až do roku 1904. V roce 1891 byla postavena elektrárna Schoellkopf č. 2 v soutěsce pod vodopády sespádem 210 m a v letech 1914 a 1918 postavila společnost Schoellkopf stanice č. 3A a 3B.⁷⁹

Na všechny vodní toky však nebyla Francisova turbína vhodná. Jednalo se především o lokality s malými průtoky a velkým spádem. Pro tyto podmínky vytvořil roku 1884 vhodnou turbínu L.A. Pelton.⁸⁰ Jeho koncept byl revoluční ve dvou ohledech. Prvním bylo použití trysek, jimiž se voda hnala na turbínu, což částečně vyrovnávalo nevýhodu malého průtoku a maximalizovalo zisky ze spádu. Zároveň trysky hnaly vodu z více míst, což opět vedlo k zvýšení výkonu. Dalším vylepšením byly lopatky miskovitého tvaru, které vzdáleně připomínaly již zmiňované korečkové vodní mlýny.

O další rozšíření se se zasloužila společnost Niagara Falls Power Company, vlastníci elektrárny Adams. Mezi lety 1900 a 1904 společnost postavila energetickou stanici č. 2 a zvýšila celkové množství generátorů na 11.⁸¹ Počátkem 20. století byly v USA postaveny téměř všechny velké vodní elektrárny. V téže době se stavěly přehrady rovněž na českém území. Tento trend vydržel až do 60. let 20. století.

Pro efektivní využívání potenciální energie z vody či větru se mnoho konstruktérů snažilo vymyslet a sestavit turbíny. Některým se to dařilo lépe než jiným, ovšem každá turbína se hodí pro jiné účely. Než bude řeč o další velice známé vodní turbíně českého konstruktéra Kaplana, která je třetím z nejznámějších konfiguračních typů turbín, je namístě zmínit i projekty, které nejsou tak používané.

Teslova turbína, vynalezena roku 1913 legendárním elektromechanikem a konstruktérem, využívá tření vody o soustavu štěrbin v rotoru a vytváří tak odstředivou sílu.⁸² Dostředivé účinky poté odvádí vodu s minimální zbytkovou energií pryč. Výhodou je možnost samoregulace. Se zvyšujícím se zatížením se zpomalí otáčky a voda směřuje více do středu, čímž se zvýší průtok. Je vhodná pro místa, kde je velice nárazový průtok a čistá voda bez mechanických nečistot a jiných sedimentů, které by mohly ucpat štěrbiny. V obráceném režimu lze také použít jako čerpadlo.⁸³

⁷⁹ End of an era on the Niagara Frontier, Part I: 25-Hz At Niagara Falls [online]. 2012 2018 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20120916114057/http://www.ieee.org/organizations/pes/public/2008/jan/peshistory.html>

⁸⁰ LAIKA, Viktor. Korečník na horní vodu. Abeceda malých vodních pohonů [online]. 2009 2018 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/pelton.htm>

⁸¹ BERTON, Pierre. Niagara: A History of the Falls. Excelsior Editions, 2009. ISBN 978-1438429281. S. 227, 279, 454.

⁸² GINGERY, Vincent. Building the Tesla Turbine. David J. Gingery Publishing, 2004. ISBN 978-1878087294. S. 3, 5, 8.

⁸³ TESLA, Nikola. Turbine Patent: US1061206A. Google Patents [online]. 1913 2018 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US1061206>

Bánkiho turbína⁸⁴ byla navržena v roce 1919 zdokonalením projektu Australana A. G. M. Mitchela z roku 1903.⁸⁵ Je pozoruhodné, že se vlastně vrací ke kořenům. Jedná se o radiální turbínu velice podobnou historickým vodním kolům s rozdílem zakrytí pro zvýšení účinnosti. Používána je většinou v amatérských vodních elektrárnách, kde se dá i při neprofesionálním přístupu dosáhnout uspokojivé účinnosti, nepřesahující 100 kW.

Savoniova turbína je speciálním typem turbíny pracující na odporovém principu.⁸⁶ Nedosahuje nijak velké účinnosti (15-20 %), ale je nezávislá na směru proudění média. Vynálezce, po němž dostala své jméno, ji zkonstruoval v roce 1922. Ve většině případů se instaluje její větrná varianta. Velkou nevýhodou je však tzv. mrtvý bod - natočení rotoru, při kterém nedochází k přeměně energie a rotor stojí. Aby k tomu nedocházelo, instaluje se více rotorů s rozdílným natočením lopatek.

Kaplanova turbína byla podložena téměř dvaceti lety výzkumu a výpočtů. Provozuschopná konstrukce pochází z roku 1912. Jedná se o axiální turbínu s nízkým počtem lopatek bez vnějšího věnce. Zpočátku tato konfigurace velmi trpěla na kavitaci, fyzikální jev, který je schopen lopatky zničit.⁸⁷ Po úplném odstranění této překážky již ale nic nebránilo masovému rozšíření. K prvnímu velkému nasazení došlo roku 1925 ve Švédsku,⁸⁸ kde byla instalována v místní vodní elektrárně s výkonem 8243 kW. Hlavní výhodou Kaplanovy turbíny je možnost natáčení lopatek i rozvodného kola. Tato vlastnost ji předurčila k instalaci i mimo primární okruh použitelnosti, tedy na nízkých spádech. Jediné, co se při vyšších spádech mění, je počet lopatek rotoru. Od tří na spádech do deseti metrů po deset na spádech větších než padesát metrů. Teoreticky výhodné jsou ovšem jen spády do sedmdesáti metrů.⁸⁹ Poté je již hmotnost samotného rotoru natolik vysoká, že se ztráty zase zvyšují.

Odvozené typy turbín jen modifikují stávající konfiguraci. Thomanova turbína používá pevné rozvodové kolo a pohyblivé lopatky.⁹⁰ Opakem je propelerová turbína. Kombinací je turbína strafla, kde jsou lopatky umístěny přímo na rotoru generátoru.

⁸⁴ LAIKA, Viktor. Bánkiho turbína. Abeceda malých vodních pohonů [online]. 2009 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/banki.htm>

⁸⁵ STUDENÍK, Jiří a Michal SVITAVSKÝ. Energie větru, vody, biomasy. Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz, 2016. ISBN 978-80-88058-08-3.

⁸⁶ KLEČKA, Jiří. VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA SE SAVONIOVÝM ROTOREM PRO VÝROBU ELEKTRICKÉ ENERGIE: Diplomová práce. 2009 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: http://www.ueen.feec.vutbr.cz/images/Veda_a_vyzkum/Produkty/Model_Savonius_turbine/Savonus.pdf S. 19.

⁸⁷ Pokles tlaku způsobený pohybem tělesa v médiu vytvoří vakuum, které imploduje za vzniku rázové vlny s ničivým důsledkem.

⁸⁸ STUDENÍK, Jiří a Michal SVITAVSKÝ. Energie větru, vody, biomasy. Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz, 2016. [cit. 17.9.2019]. ISBN 978-80-88058-08-3.

⁸⁹ LAIKA, Viktor. Kaplanova S-turbína. Abeceda malých vodních pohonů [online]. 2009 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/pretlakoveturbiny/kaplan-s.htm>

⁹⁰ HORKÝ, Jiljí. REGULACE TURBÍN MALÝCH VODNÍCH ELEKTRÁREN [online]. Brno, 2019 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=192397 S. 37.

Velké americké přehrady

Od roku 1905 se američtí zemědělci snažili zkrotit alespoň částečně tok řeky Colorado. V roce 1922 se podařilo dokončit plány na Hooveru přehradu. V té době se hovořilo o tzv. *Boulder Canyon Project*. V plánu bylo potlačovat pomocí umělé hráze záplavy a vyrábět elektrickou energii. Někteří kongresmani se obávali, že voda ze zavlažování nebude rovnoměrně rozdělena. Po vzájemné domluvě a vyřešení sporných otázek byl koncem roku 1928 projekt schválen a dostal čestné jméno po prezidentu Hooverovi.⁹¹

Další projekt na výstavbu přehrady přišel roku 1918. První světová válka vedla ke sloučenívětšiny energetických podniků do společnosti Niagara Falls Power Company. V letech 1921 až 1924 postavila společnost Schoellkopf tři energetickou stanici. Stanice obsahovala tři generátory vytvářející střídavé napětí o frekvenci 25 Hz o celkové kapacitě 160 MW, pozdější modernizací zvýšila počet generátorů na 19 o výkonu 340 MW.⁹²

Ve stejném roce se objevil plán další velké americké přehrady-Grand Coulee. Jejím zastáncem byl Rufus Woods,⁹⁴ jehož vizí bylo vytvořit vodní nádrž schopnou akumulovat dostatek vody pro Kolumbijskou plošinu. K plánu se přidali také Billy Clapp a James O'Sullivan. Clapp argumentoval tím, že příroda v minulosti vytvořila ve stejných místech přírodní ledovcovou přehradu, a proto by neměl být problém vytvořit ji zde uměle. O'Sullivan tuto tezi převzal a začal psát články na podporu tohoto projektu.⁹⁵

Před samotnou stavbou se uvažovalo o dvou koncepcích. První počítala s klasickou betonovou hrází. Druhá koncepce navrhovala vybudovat vodní kanály sloužící k zavlažování. O'Sullivan napsal článek, ve kterém obhajoval svoji koncepci: „Příjmy z prodeje elektrické energie samy o sobě jistě zaplatí veškerou údržbu, úroky z investice poskytnou fond pro likvidaci nákladů samotného projektu.“⁹⁶

Do už tak vyostřeného sporu vstoupila společnost Washington Water Power se svým plánem elektrárny. Navrhla vybudovat přehradu v Kettle Falls, k čemuž získala roku 1922 předběžné povolení. Tento plán by při své realizaci nejenom zmenšil původní přehradu, ale také by znemožnil výstavbu vodních kanálů.⁹⁷

Opravdový boj se rozhořel při hlasování v Kongresu. Stoupenci obou stran pořádali veřejné akce. Roku 1929 se podařilo přesvědčit prezidenta Hoovera, aby podpořil studii pro vytvoření přehrady v hodnotě 600 000 dolarů. Studie vydaná roku 1932 počítala s deseti

⁹¹ WULFF, Alexia. A Brief History Of The Hoover Dam. The Culture Trip [online]. 2016 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://theculturetrip.com/north-america/usa/articles/a-brief-history-of-the-hoover-dam/>

⁹² BERKETA, Rick. SCHOELLKOPF POWER STATION DISASTER: a history [online]. 2008 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <http://www.niagarafrontier.com/schoellkopf.html>

⁹⁴ WOODS, Rufus. The 23-Years' Battle for Grand Coulee Dam. Wenatchee Daily World, 1944. [cit. 17.9.2019]. Dostupné z:

<https://digitalcollections.lib.washington.edu/digital/collection/grandcoulee/id/374> S. 2.

⁹⁵ LOWITT, Richard. The New Deal and the West. University of Oklahoma Press, 1993. ISBN 978-0806125572. S. 112.

⁹⁶ „The revenue from the sale of electric energy alone would surely pay all the upkeep, interest on the investment; and provide a sinking fund for the liquidation of the cost of the project itself,”

⁹⁷ COOKE, Alistair. Alistair Cook's America. Knopf, 1973. ISBN 9780394487267 S. 217.

přehradami na řece.⁹⁸ Projektu velice pomohlo, že prezident Roosevelt potřeboval v prezidentských volbách roku 1933 podporu ze západní části USA. Po vítězných volbách ovšem neuvolnil slíbených 100 milionů dolarů, ale pouze 63 milionů. Přesto stavba začala.

Už v roce 1931 se rozběhla naplno stavba Hooverovy přehrady. Na stavbě spolupracovalo šest firem a tisíce zaměstnanců. V první fázi stavby se otryskávaly stěny kaňonu a razily dočasné tunely pro odklonění řeky Colorado. Poté přišla samotná stavba hráze. Futuristická a vizuálně nejznámější přehrada má čtyři příjmové věže, které dopravují vodu k turbínám.⁹⁹ Při stavbě se musel beton neustále zvlhčovat, aby nedošlo k jeho popraskání. Aby byl dodržen termín dokončení stavby, musely se do betonu instalovat speciální chladicí smyčky, které stále nevytvrdlý beton ochlazovaly, zatímco se o několik metrů výše vyléval další beton. Přehradou byla dokončena roku 1935.¹⁰⁰ Postavena byla v době masové nezaměstnanosti, ovšem o výstavbě se rozhodlo především s ohledem na množství energie (kterou podle propočtů mohla produkovat), což bylo okolo 2 000 MW.¹⁰¹

Rooseveltův plán, že zpočátku bude vynaloženo méně peněz, ale později se plán změní a projekt bude navýšen na původních 100 milionů dolarů,¹⁰² což se také roku 1935 stalo. Plány, které dříve počítaly s malou výškou hráze byly upraveny a začalo se se stavbou vysoké přehrady. Roosevelt se proto stal terčem kritiky. Své rozhodnutí vysvětloval tím, že větší přehrada bude generovat 8krát více energie a výnosy z prodeje elektřiny pokryjí toto navýšení. Navíc podpořil další projekt, který umožnil využívat vodu z přehrad i pro zavlažování, čímž si získal další příznivce.

Přehrada Grand Coulee byla uvedena do provozu 22.3.1941. Na začátku druhé světové války se energie z přehrady obzvlášť hodila pro zbrojní průmysl a rozmetala pochybnosti kritiků, kteří stavbu často označovali jako „kolosální přehradu v nedaleké divočině vzdáleného státu,“ jejíž zákazníci byli podle Kongresu „sage brush and jackrabbits“ (pelyněk a králíci). Energie přehrady Grand Coulee pomáhala pohánět jaderné zařízení armády v Hanfordu a v závodech na produkci hliníku do letadel.¹⁰³ Mnoho amerických politiků vyjadřovalo po válce podporu pro výstavbu přehrad. Kandidát na viceprezidenta Earl Warren poznamenal: „Pravděpodobně by nás Hitler porazil při vývoji atomové bomby, kdyby nebylo

⁹⁸ Hoover Dam [online]. History.com Editors, 2010 [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <https://www.history.com/topics/great-depression/hover-dam>

⁹⁹ HOOVER DAM: A project for the ages [online]. 2018 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://www.bechtel.com/projects/hover-dam/>

¹⁰⁰ WULFF, Alexia. A Brief History Of The Hoover Dam. The Culture Trip [online]. 2016 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://theculturetrip.com/north-america/usa/articles/a-brief-history-of-the-hoover-dam/>

¹⁰¹ NIX, ELIZABETH. 7 Things You Might Not Know About the Hoover Dam. History [online]. 2018 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://www.history.com/news/7-things-you-might-not-know-about-the-hoover-dam>

¹⁰² HOLBROOK, Stewart. The Columbia. Northwest Corner Books, 2017. ISBN 978-1941890080. S. 226

¹⁰³ PITZER, Paul. Grand Coulee: Harnessing a Dream. Washington State Univ, 1994. ISBN 978-0874221107. S. 118, 123.

hydroelektrického zařízení v Columbii, což umožnilo projekt v Hanfordu, vedoucí k sestrojení bomby.“¹⁰⁴

Dne 7. června 1956 se stala katastrofa. Voda pronikla do zadní stěny, což vedlo ke zhroucení dvou třetin elektrárny Schoellkopf č. 3b a 3c. Nehoda zabila jednoho pracovníka a způsobila škody ve výši 100 milionů dolarů. Zbytky stanic 3b a 3c byly poté zbořeny a suť nahrnuta do rokle, kterou katastrofa vytvořila. Důsledkem této havárie bylo urychlení snah o přestavbu přehrad na Niagarských vodopádech. O technický stav přehrad se také začaly zajímat státní orgány, což vedlo k jejich kontrole.¹⁰⁵

Po válce vzrostla snaha o elektrifikaci venkova a snaha o zvýšení hospodářské produkce, což vedlo k úvahám o nových vodních elektrárnách. Aktuální se rovněž stala ochrana proti povodním, proto se začalauž v roce 1943 plánovat stavba vodní kaskády na řece Missouri. V rámci projektu se počítalo i se splavněním velké části řeky, kvůli transportu zboží ze severu USA až do Karibského zálivu.¹⁰⁶

Problémem při budování byly pozemky, které by kvůli stavbě zůstaly pod vodou. Ležely totiž v místech indiánské rezervace v severozápadní Dakotě. Půdu zde vlastnily tři indiánské kmeny.¹⁰⁷ Indiáninakonec dostali odstupné, ale ztratili 94 % své zemědělské půdy.¹⁰⁸ Zákon o konečném vypořádání popřel právo kmenů užívat nádrží na pastvu, lov, další účely včetně rozvoje zavlažování a licenčních poplatků na všech podzemních nerostných surovinách v oblasti nádrže. Násilně bylo přemístěno přibližně 1 700 obyvatel, většina do New Townu v Severní Dakotě. Garrisonova přehrada tak téměř úplně zničila tradiční způsob života tří spřízněných kmenů původních obyvatel. Stavba, která stála 300 milionů dolarů, započala v roce 1947 a o šest let později se slavnostně otvírala. Přehrada byla o dva měsíce později věnována prezidentu Eisenhowerovi.¹⁰⁹

Přehradní nádrž Bath County Pumped Storage Station přezdívaná „největší baterie na světě“ je dosud největší přečerpávací elektrárnou. Její skladovací kapacita je 24 000 MWh.¹¹⁰ Samotná přehrada se nachází v jihovýchodní Virginii a dolní nádrž od vrchní odděluje

¹⁰⁴ „Probably Hitler would have beaten us in atom bomb development if it had not been for the hydroelectric development of the Columbia, making possible the big Hanford project which brought forth the bomb.“; Grand Coulee Dam: History and purpose [online]. 2016 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nwcouncil.org/reports/columbia-river-history/grandcouleehistory>.

¹⁰⁵ National Register of Historic Places Registration Form [online]. 2013 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nps.gov/nr/feature/places/pdfs/13000029.pdf>

¹⁰⁶ GOVAERTS, Lotte. Garrison Dam. History [online]. 2017 [cit. 17.9.2019].]. Dostupné z: https://nrmnh.typepad.com/rogers_archaeology_lab/2017/10/garrison-dam.html

¹⁰⁷ MEYER, Roy. The Village Indians of the Upper Missouri: The Mandans, Hidatsas, and Arikaras. University of North Carolina Press, 1977. ISBN 978-0803209138. S. 14,49,59,86

¹⁰⁸ LAWSON, Michael. Dammed Indians: The Pick-Sloan Plan and the Missouri River Sioux, 1944-1980. Univ of Oklahoma Pr, 1994. ISBN 978-0806126722. S.35,160,210

¹⁰⁹ GARRISON POWER PLANT [online]. 2011 [cit. 20.11.2019]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20110601000637/http://www.nwo.usace.army.mil/html/Lake_Proj/brochure/s/GarrisonD_PP.pdf

¹¹⁰ KORONOWSKI, Ryan. The Inside Story Of The World's Biggest 'Battery' And The Future Of Renewable Energy. History [online]. 2013 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://thinkprogress.org/the-inside-story-of-the-worlds-biggest-battery-and-the-future-of-renewable-energy-8984e81283c/>

380 metrů dlouhý, téměř kolmý, vodní kanál. Stavba započatá roku 1977, byla dokončena v roce 1985. V letech 2004 a 2009 proběhla modernizace turbín, čímž došlo ke zvýšení výkonu z 480 MW na 500 MW pro každou ze šesti turbín. Jako každá přečerpávací elektrárna, v dobách zvýšené spotřeby, dodává do sítě potřebnou energii a při malém odběru (většinou v noci) čerpá vodu do horní nádrže, proto nemusí být odstavovány jaderné a uhelné elektrárny.¹¹¹

Přehrada John Day, postavena na řece Columbia, ukrývá ve svých útrobách 16 turbín a produkuje 2160 MW. Výstavba probíhala mezi lety 1968 a 1972, nákladem 511 milionů dolarů. Přemísťování půdy uprostřed přehradní nádrže vedlo k žalobě a skončilo u Nejvyššího soudu ve věci Spojených států v. Rands.

Do 60. let 20. století se americká veřejnost přikláněla k budování vodních elektráren. Byly považovány za symbol pokroku a technologickou výzvu, protože každá přehrada je mírně odlišná a vyžaduje speciální individuální přístup při konstrukci. Spojené státy americké vybudovaly během 1. poloviny 20. století tisíce přehrad.¹¹² Nejlepší místa pro přehrady proto byla již v padesátých letech využita a najít vhodnou lokalitu bylo stále obtížnější.

Přehrada Tellico znamenala obrat ve vnímání velkých vodních elektráren. Stavba přehrady byla zpožděna kvůli nalezení ohroženého druhu ryby Snail Darter (*Percina tanasi*), oponenti stavby přehrady podali v roce 1978 žalobu za porušování zákona o ohrožených druzích.¹¹³ Společnost Tennessee Valley (TVA), investor stavby, požádala o výjimku. V soudním řízení prvního stupně neuspěla. V té době však bylo už 95 % přehrady postaveno. Přehrada Tellico tedy nakonec výjimku dostala, a to z ekonomických důvodů. Společnost TVA také přesídlila rybu do okolních řek a potoků, což velmi pečlivě sledovali zákonodárci z Tennessee.

Podle vyjádření soudu, přehrada ve východním Tennessee přeměnila stagnující oblast na rekreační „krajinu divů“ a poskytla potřebné ekonomické stimuly. Dnes je jezero Tellico oblíbeným místem pro plavbu lodí, plavání a rybaření. Na březích se objevily tři golfové rezortní obytné komplexy. V osmdesátých letech minulého století byla vybudována vesnice Tellico Village s rozlohou 4800 akrů, což bylo součástí plánu TVA na využití pobřežní oblasti kolem jezera pro průmyslový, obytný a rekreační rozvoj.

Aby tento závazek splnila, povzbudila společnost TVA kraje Loudon, Monroe a Blount a zákonodárce v Tennessee, aby vytvořili Agenturu pro rozvoj nádrží Tellico. Agentura propaguje poloostrov „Tellico,“ oblast přiléhající k nádrži, jako vynikající umístění pro firmy, které mají malý dopad na životní prostředí. Nezaměstnanost v regionu klesla z 10,4 % v roce 1982 na jen asi 4 % dnes. Před zahájením projektu Tellico se nezaměstnanost v oblasti Monroe pohybovala téměř kolem 24 %.¹¹⁴

¹¹¹BUDÍN, Jan. Přečerpávací vodní elektrárna - princip a uspořádání [online]. 2015 [cit. 18.9.2019].

Dostupné z: <https://oenergetice.cz/typy-elektren/precerpavaci-vodni-elektarna-princip-usporadani-2/>

¹¹²REISNER, Marc. Cadillac Desert: The American West and Its Disappearing Water, Revised Edition. Penguin Books, 1993. ISBN 978-0140178241. S. 164-167

¹¹³URSCHEL, Donna. Zygmunt Plater to Discuss His Book "The Snail Darter and the Dam," [online]. 2014 [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <https://www.loc.gov/item/prn-14-031/?locrl=rssloc>

¹¹⁴THOMPSON, Jim. Tellico Dam and the Snail Darter. Spectrum Communications, 1991. ISBN 978-1879018037. S. 102.

Přehrada Tellico sama nevytváří elektřinu, ale odvádí tok řeky přes kanál do nedalekého jezera Fort Loudoun. Zásobník Tellica také poskytuje ochranu před povodněmi. Jezero Tellico a jeho kanál, který se připojuje k jezeru Fort Loudoun, umožňují provoz lodí a člunů, jež se mohou pohybovat po řekách Tennessee, Ohio a Mississippi až k moři. Co se týče ryby Snail Darter: v roce 1984 byla reklasifikována z velmi ohroženého druhu na ohrožený, a teď se jí daří v několika blízkých řekách a potocích.¹¹⁵

¹¹⁵ Telling the Story of Tellico: It's Complicated [online]. [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <https://www.tva.gov/About-TVA/Our-History/Built-for-the-People/Telling-the-Story-of-Tellico-Its-Complicated>

Moře jako zdroj energie

Voda tvoří velkou část planety Země. Pohyby takového objemu vody samy o sobě znamenají obrovský přesun energie, která je vyvolána kinetickou energií rotace Země. Pohyb vody částečně, svojí setrvačností, zpomaluje otáčení Země. Otázkou je pouze, jak tento zdroj zkrotit. Nejjednodušším způsobem, objeveným již v dávné minulosti, je přílivová energie, kterou pohání cyklické pohyby Měsíce a v menší míře také Slunce. Frekvence jednoho cyklu stoupá a klesá v intervalu 12,5 hodiny. Dvakrát do měsíce přitom dochází k maximu, a to ve chvíli, kdy jsou Měsíc a Slunce v jedné přímce. Zároveň dvakrát měsíčně dochází k minimu, v bodě, kdy Měsíc a Slunce svírají pravý úhel. Tento stav nastává rovněž dvakrát měsíčně. I když průměrný rozdíl hladin při přílivu a odlivu je pouze půl metru, jedná se o slibný zdroj energie.¹¹⁶

Existují místa, kde jsou rozdíly extrémní a dosahují šestnácti až devatenácti metrů. Z tohoto důvodu lze teoreticky získat z přílivu a odlivu energii srovnatelnou s energií všech světových řek,¹¹⁷ ovšem při reálném přepočtu, s ohledem na ztráty a další zmenšující jevy, je to pouze třetina této energie. I to je samozřejmě lákavý zdroj, i když jeho realizace je závislá nejenom na výběru vhodné lokality, ale také na možném ovlivnění biodiverzity. Pro dostatečný výkon je často třeba vybudovat i několikakilometrové hráze umístěné většinou v zálivech. Výhodou je předpověď přílivových a odlivových cyklů, a tím lepší možnost kontroly rozvodné sítě, nevýhodou, že se produkce nedá příliš regulovat.

Princip provedení jev zásadě jednoduchý. Voda do nádrže při přílivu přiteče a za odlivu se žene zpátky do moře. Jiným typem jsou přílivové elektrárny v ústí řeky, kde dochází k naplnění vodou. Přestože tento způsob vytváření energie není příliš rozšířený, jedná se o starý a tradiční pohon mnoha vodních mlýnů určených k čerpání vody, především ve Francii, Itálii, Anglii a Skotsku. Za první přílivovou elektrárnu lze považovat Hydro Station v Cheshire s výkonem 600 kW, zbudovanou roku 1913.¹¹⁸ Další elektrárna měla být v USA. Začala se budovat roku 1935, ale k jejímu dokončení z ekonomických důvodů nedošlo. Nejznámější přílivová elektrárna se nachází v ústí řeky Rance ve Francii.¹¹⁹ Zprovozněna byla v roce 1967. Sever Francie je jedním z mála míst, kde jsou pro tento typ elektrárny příznivé podmínky. Elektrárna je postavena přímo na místě své předchůdkyně, elektrárně Aber-Wrac'h, jež ovšem nebyla, právě tak jako americká, dostavěna. Hráz Rance je dlouhá 750 metrů. Ve své spodní části, dlouhé 333 metrů, je rozmístěno 24 přímoproudých Kaplanových turbín s obtékaným generátorem, přičemž každý generátor dosahuje výkonu 10 MW. Elektrárna ročně vyrobí

¹¹⁶ KABEŠ, Karel. Využití energie mořských vln pro výrobu elektřiny [online]. 2015 [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/vyuziti-energie-morskych-vln-pro-vyrobu-elektřiny--11591>

¹¹⁷ KOŠTÁL, J.: Elektřina z měsíce. Elektro, 2007, S. 15.

¹¹⁸ MÍKA, Robert. Přílivová elektrárna ve Francii vyrábí stejně jako Dlouhé Stráně. Envi web: zpravodajství životního prostředí již od roku 1999 [online]. 2016 [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/107202>

¹¹⁹ La Rance Barrage. Wyre Tidal energy [online]. 2015 [cit. 2019-09-18]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20150204062904/http://www.wyretidalenergy.com/tidal-barrage/la-rance-barrage>

přibližně 550 GWh. Svého výkonu dosahuje nejen díky rozdílu potenciálu hladin, ale také kvůli proudu řeky.

V rámci levné a udržitelné energie vzniklo mnoho projektů. Jedním z nejambicióznějších mělo být přehrazení úžiny mezi Kolským poloostrovem a pevninou,¹²⁰ kde byly plánovány dvě přílivové elektrárny, ale tento projekt nebyl realizován. V současné době mají o takto získanou energii zájem například Skotsko nebo Indie, která počítá s přílivovými elektrárnami na více místech. Dlouhotrvající intenzivní výzkum probíhá v USA a v Kanadě.

¹²⁰ Billion rouble plans for Russian tidal power plant [online]. 2009 [cit. 19.10.2019]. Dostupné z: <https://barentsobserver.com/en/node/20087>

Geotermální energie

Jen ve vrchních deseti kilometrech zemské kůry je ukryta energie, která se rovná sedmdesátinásobku všech zásob uhlí na světě. Stejně jako všechny jiné obnovitelné zdroje je nerovnoměrně rozdělena a odhaduje se zhruba na $0,05 \text{ W/m}^2$. To odpovídá desetitisícině intenzity slunečního záření na povrchu. Využívání energie Země probíhá v místech takzvaných geologických anomálií, kde se k povrchu dostává větší množství energie a vyplatí se ji využívat.¹²¹

Na území dnešní Ameriky byla, dle archeologických důkazů, geotermální energie známa již před 10 000 lety. Paleoindiáni využívali horké prameny jako zdroj tepla a minerály ve vodě jim sloužily k léčení.¹²² Jako první, v nám známých dějinách, objevil americké horké prameny v oblasti Yellowstone John Colter v roce 1807. Místo od té doby proslulo jako „Colter's Hell.“ Ve stejném roce byla založena osada Hot Springs v Arkansasu, která se později stala městem. Zde od roku 1830 Asa Thompson využíval tři prameny k ohřevu vody v dřevěné vaně, za kterou si účtoval jeden dolar. Je to první známé komerční užití geotermální energie.¹²³

Roku 1852 vznikají lázně The Geysers Resort Hotel. Lázně pojmenoval objevitel místa William Bell Elliot jako „Geysers“. Jedná se o teplé prameny v oblasti severně od města San Franciso v Kalifornii. Lázně v minulosti navštívili například J. Pierpont Morgan, Ulysses S. Grant, Theodore Roosevelt nebo Mark Twain.

Další nově objevené horké prameny v oblasti Geysers daly podnět Samu Brannanovi, který investoval téměř půl milionu dolarů do extravagantního resortu Calistoga, plného hotelů, lázní, pavilonů, kluzišť a závodíšť. Brannanův resort měl napodobovat evropské lázně, ale jako vše americké byl megalomanský.¹²⁴

První dálkový systém vytápění pomocí geotermální energie byl zaveden ve městě Boise v Idahu roku 1892. Jednalo se o jednoduchý systém přivedení teplé vody pomocí potrubí, nejdříve do městských budov. Do několika let systém vytápěl více než 200 domů a 40 firem v centru města. V současnosti jsou v Boise čtyři systémy dálkového vytápění, jež poskytují teplo více než 1,5 milionu m^2 obytného, obchodního a vládního prostoru. Tento systém napodobila i další americká města a v současnosti existuje v USA 17 systémů dálkového vytápění.¹²⁵

První geotermální elektrárna ovšem nevznikla ve Spojených státech, ale v Itálii, v roce 1904. Za jejím vynálezem stojí kníže Piero Ginori Conti. Malá elektrárna na suchou páru,

¹²¹ VOBOŘIL, David. Geotermální energie. OEnergetice [online]. 2015 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/jake-jsou-moznosti-vyuziti-geotermalni-energie-cesku>

¹²² KAGEL, Alyssa, Diana BATES a Karl GAWELL. A Guide to Geothermal Energy and the Environment [online]. 2007 [cit. 2019-09-18]. Dostupné z: <http://www.charleswmoore.org/pdf/Environmental%20Guide.pdf> S. 5,7,15.

¹²³ HILL, Mary. Hot Springs National Park. Arcadia Publishing, 2014. ISBN 978-1467112857.

¹²⁴ Geothermal explained: Where geothermal energy is found [online]. 2008 [cit. 2019-09-18]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/where-geothermal-energy-is-found.php>

¹²⁵ A History of Geothermal Energy in America [online]. [cit. 2019-09-19]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/eere/geothermal/history-geothermal-energy-america>

v oblasti Larderello v Toskánsku rozsvítila 5 žárovek pomocí přírodních prúdů v zemi. Jednalo se o první praktickou ukázkou geotermální energie.¹²⁶

I v době, kdy nic nemohlo cenou konkurovat ropě, probíhaly v USA pokusy s obnovitelnými geotermálními zdroji. Roku 1920 vyvrtal John D. Grant ve městě Geysers geotermální studnu, která ale nesplnila očekávání. O rok později se pokus opakoval, tentokrát úspěšně. Energie byla používána pro pohon malého generátoru stejnosměrného proudu a sloužila pro osvětlení resortu Geysers. V dalších letech následovalo vrtání dalších studen o celkovém výkonu 250 kW. Síť studen však nebyla kvůli nízkým cenám ropy konkurenceschopná a po několika problémech s materiály, které nedokázaly vydržet v extrémních podmínkách výparů geotermální vody, se od projektu ustoupilo.¹²⁷

Ve 30. letech 20. století prováděla společnost Pioneer Development Company průzkumné vrtání na využití geotermální energie. K tomuto počínání je vedla realizace prvního tepelného čerpadla pro domácnost z roku 1924 ve Švýcarsku.¹²⁸ První komerční využití geotermální energie pro vytápění skleníků bylo realizováno roku 1926 v Boise v Idahu. Byl používán vrt o hloubce 305 metrů. V oblasti Klamath Falls navíc Charlie Lieb realizoval první teplovodní výměník (DHE), řešící problém s korozivními vlastnostmi páry z vrtů.

Na využití energie Země je založen princip tepelného čerpadla. To si uvědomil profesor Carl Nielsen z Ohio State University v roce 1948. Pomocí kombinace geotermální energie a tepelného čerpadla vytápěl svůj dům i J. D. Krock, jenž je také průkopníkem prvního komerčního užití tepelného čerpadla z podzemní vody. Systémy geotermálních tepelných čerpadel se skládají ze tří částí. Zemního výměníku tepla, jednotky tepelného čerpadla a systému dodávání vzduchu (potrubí). Výměníkem tepla se rozumí systém potrubí nazývaný smyčka, který je umístěn v mělké zemi v blízkosti budovy. Tekutina (obvykle voda nebo směs vody a nemrznoucí směsi) cirkuluje potrubím, aby absorbovala nebo uvolnila teplo v zemi. Na tento způsob přišel koncem 40. let 20. století Robert C. Webber. Když vrtal do země s hloubkově zmraženým vrtákem, poté co se dotkl rukou výstupního potrubí chladícího zařízení, si spálil ruku. Tak narazil na anomálii, kterou se pokusil zužitkovat. Propojil výstup ze zařízení k bojleru na teplou vodu, následně vhněl horkou vodu do potrubní smyčky a posléze větrákem ohřátý vzduch do místností.¹²⁹

¹²⁶ LUND, John. 100 YEARS OF GEOTHERMAL POWER PRODUCTION: Geo-Heat Center. CiteSeerX: The Pennsylvania State University [online]. 2004 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.405.203&rep=rep1&type=pdf> S.11.12.13

¹²⁷ THIRD SYMPOSIUM ON THE CERRO PRIETO GEOTHERMAL FIELD, BAJA CALIFORNIA, MEXICO: United States Department of Energy, Office of Renewable Technology Geothermal and Hydropower Technology Division in Cooperation with Comisidn Federal de Electricidad de Me'xico [online]. San Francisco, California, 1981 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/geysers.pdf> S. 553,556

¹²⁸ Vznik tepelného čerpadla. Tc.blueteam.cz [online]. 2015 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <http://tc.blueteam.cz/historie-tepelneho-cerpadla.html>

¹²⁹ PETR, Jan. OPTIMALIZACE A INOVACE VE VYTÁPĚNÍ POMOCÍ TEPELNÝCH ČERPÁDEL: OPTIMIZATION AND INNOVATION OF HEATING BY THERMAL PUMPS. Vysoké technické učení v Brně [online]. Brno, 2018 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=175134 S. 11.

Princip tepelného čerpadla objevil ale už William Thomson Kelvin v roce 1852. Tepelná čerpadla fungují podobně jako chladničky, které vytvářejí chladné místo (uvnitř zařízení) pomocí chladiče tím, že přenášejí teplo na relativně zahřáté místo (okolní pokoj). V zimním období tepelné čerpadlo odstraňuje teplo z výměníku a vhání ho do systému dodávky vzduchu uvnitř budovy, čímž přenáší teplo ze země na vnitřní budovu. V létě je proces obrácený a tepelné čerpadlo přenáší teplo z vnitřního vzduchu do výměníku tepla, což efektivně přenáší teplo z vnitřku na zem. Teplo odváděné ze vzduchu v létě může být také použito k ohřevu vody.¹³⁰

První funkční tepelné čerpadlo postavil Peter von Rittinger roku 1855. Tento rodák z Nového Jičína se mimo jiné zasloužil o rozšíření těžby uhlí v ostravsko-karvinském regionu nebo modernizaci jáchymovských dolů. Ovšem věnoval se především vývoji těžebních strojů.¹³¹ Jeho tepelná čerpadla se používala v rakouských dolech k vysoušení vytěžené soli. Podle Rittingera je také pojmenována cena „Peter Ritter von Rittinger International Heat Pump Award,“ která je udělována nejlepším výrobkům z oblasti tepelných čerpadel a klimatizační techniky. Jeho památku udržuje rakouský majitel hradu Rabenstein nedaleko Grazu, jenž tepelnými čerpadly vytápí celý rozlehlý historický areál.

Mezi další významné konstruktéry patří také Aurel Stodola, který vytvořil tepelné čerpadlo pro radnici v Ženevě, nainstalované roku 1928. Stodola pro konstrukci tepelného čerpadla použil znalosti, které získal při zkoumání automatických systémů. Systémy samoregulace mají pro tepelná čerpadla velký význam, protože nosné médium musí pracovat v úzkém rozsahu provozních teplot.

Masovému rozmachu napomohl také objev freonu v roce 1932, za nímž stála americká společnost Kinetic Chemicals Inc.¹³² Velký nárůst nově instalovaných čerpadel pak nastal v souvislosti s ropnou krizí v 70. letech 20. století, kdy v Evropě pracovalo 100 000, v Japonsku 500 000 a ve Spojených státech 3 000 000 tepelných čerpadel.¹³³ Jejich útlum začal až v 90. letech 20. století se zjištěním, že freony ničí ozonovou vrstvu Země.¹³⁴

Geotermální tepelná čerpadla využívají mnohem méně energie než konvenční topné systémy, protože vytápějí teplem ze Země. Jsou také efektivnější při ochlazování budov, protože nešetří jen energii a peníze, ale také snižují znečištění ovzduší.¹³⁵ Z hlediska

¹³⁰ PETIT, Randy a Turner COLLINS. Heat Pumps: Operation, Installation, Service. Esco Press, 2011. ISBN 978-1930044296. S. 63-67.

¹³¹ Vynálezce tepelného čerpadla se narodil v Novém Jičíně: Czech Klima [online]. 2017 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.czechklima.cz/novinky/vynalezce-tepelneho-cerpadla-se-narodil-v-novem-jicine>

¹³² BELLIS, Mary. The History of Freon. Trought [online]. 2019 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/history-of-freon-4072212>

¹³³ Z historie tepelných čerpadel: Czech Klima [online]. 2017 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.czechklima.cz/novinky/vynalezce-tepelneho-cerpadla-se-narodil-v-novem-jicine>

¹³⁴ KOLÁŘ, Jan a Jan KOTEK. Jak freony likvidují ozonovou vrstvu?. Přírodovědci [online]. 2016 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/1469>

¹³⁵ Geothermal Heat Pump Basics: National Renewable Energy Laboratory (NREL) [online]. 2018 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nrel.gov/research/re-geo-heat-pumps.html>

geotermálního zdroje rozlišujeme elektrárny na tři typy. Pole suchých par, pole mokrých par a nízkoteplotní pole.¹³⁶

První geotermální elektrárna, napojená na více zdrojů geotermálních polí, začala fungovat roku 1960 a provozovala ji společnost Pacific Gas and Electric. Nacházela se v Geysers. První turbína produkovala 11 MW čisté energie a v provozu byla více než 30 let.¹³⁷

Z hlediska využívání obnovitelných zdrojů byl pro Spojené státy důležitý Zákon o geotermální páře (Geothermal Steam Act) z roku 1970, umožňující pronájem pozemků, na nichž se nacházejí geotermální zdroje. Zároveň vyloučil všechny oblasti národních parků, stejně tak i oblasti, které již ochraňuje Mineral Leasing Act z roku 1920.¹³⁸

Geotermální elektrárny fungující na suchou páru dosahují nejvyšší účinnosti a zároveň mají nejjednodušší konstrukci. Využívají přírodního tlaku parových kapslí, odkud se odvádí pára o teplotě až 250°C. Jedinou úpravou, kterou přírodní pára prochází, je separace vlhkosti. Poté se pára již přivádí do turbín. Nejstarší elektrárna tohoto typu, z italského Larderall, funguje od roku 1913 a dosahuje výkonu 380 MW. Takto vyrobená kWh elektrické energie stojí šestkrát méně než z uhelných elektráren. Největší geotermální elektrárna The Geysers je dokonce ještě úspornější, jejich kilowatthodina má stejné výrobní náklady jako u jaderných elektráren.¹³⁹

Druhý typ elektráren, pracujících na mokrou páru, dosahuje menších výkonů, v řádu desítek MW. Místo páry se ze Země čerpá přímo voda o teplotě až 380°C. Voda je ve speciálních nádržích odtlačována a část, která se změní v páru, se používá pro pohon turbín. Zbytek vody je využit pro ohřev jiného média (stejně jako u všech systémů používajících média s jiným bodem varu). Problémy bývají s trubkami a mechanickými částmi, které musí být vyrobeny z materiálů odolávajících korozi.¹⁴⁰

Speciálním experimentálním typem je Hot-dry rock. Jedná se o projekt umělého navrtání a vyhloubení podzemního prostoru, do kterého se poté použije studená voda a čerpá teplá. S tímto nápadem se ve Spojených státech začalo experimentovat v 70. letech 20. století. S tehdejší technikou bylo navrtáno několik otvorů do hloubky 5-8 km a poté pomocí výbušnin vybudovány na dně rozsáhlé umělé jeskyně s co nejvíce trhlinami. Experimenty však úspěch nepřinesly. Více než dvě třetiny vody se v zemi ztratilo, a po několika týdnech se zbylá voda začala ochlazovat. Prostup teploty horninou je totiž desetitisíckrát pomalejší než v kovech. Při

¹³⁶ SYTAŘOVÁ, Irena. Alternativní a obnovitelné zdroje elektrické energie. Jaderné elektrárny, jejich perspektivy a nové koncepce [online]. 2008 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: https://www.physics.muni.cz/~blazkova/dp/Alternativni_zdroje4.htm

¹³⁷ LUND, John. 100 YEARS OF GEOTHERMAL POWER PRODUCTION: Geo-Heat Center. CiteSeerX: The Pennsylvania State University [online]. 2004 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.405.203&rep=rep1&type=pdf>

¹³⁸ KUBISZEWSKI, Ida. Geothermal Steam Act of 1970, [online]. United States [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://legcounsel.house.gov/Comps/Geothermal%20Steam%20Act%20Of%201970.pdf>

¹³⁹ LUND, John. Geothermal energy. Britannica [online]. [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/geothermal-energy#ref1135649>

¹⁴⁰ GLASSLEY, William. Geothermal Energy: Renewable Energy and the Environment. CRC Press, 2010. ISBN 9781482221749. S. 370.

dalších výzkumech, za použití dat z experimentů, odborníci vypočítali, že pro vytvoření 1GW energie by byla potřeba jeskyně o rozloze 300 km.² (Nehledě na neexistující průzkum zvýšené seismické aktivity nebo poklesů půdy.)¹⁴¹

¹⁴¹ TENNYSON, George. HOT DRY ROCK TECHNOLOGY. U.S. Department of Energy Office of Scientific and Technical Information [online]. [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.osti.gov/servlets/purl/838245>

Obnovitelné zdroje v motorismu

I když se to může zdát zvláštní, tak již na počátku éry automobilů se uvažovalo, zda se dají využít nějaké formy obnovitelných zdrojů. Po vítězství spalovacích motorů v souboji s elektrickým pohonem, tato myšlenka poněkud zapadla a objevila se znovu po delší době. Ideu zapojení obnovitelných zdrojů velmi prosazoval John Ericsson,¹⁴² jenž byl toho názoru, že fosilní paliva nejsou jedinou cestou a oponoval i tezí, že s koncem obnovitelných zdrojů skončí naše civilizace. (Na konci 19. století panovala hojně rozšířená myšlenka, že s vyčerpáním obnovitelných zdrojů padne celá vyspělá civilizace. Mnoho lidí si pamatovalo na problémy vzniklé uhelnou krizí. Otázkou tak tedy bylo, co spalovat.)

U spalovacích motorů se rozhořel souboj mezi benzinem a etanolem. Hlavním zastáncem druhého typu paliva byl William K. Vanderbilt, automobilový závodník mezi lety 1904 a 1910.¹⁴³ Již roku 1900 proběhla první ukázka naftového paliva na bázi rostlinného oleje, za jehož zrodem stála francouzská společnost Otto Company. Rostlinná složka byla z arašídového oleje. Francouzská vláda měla velký zájem na tom, aby se dalo produkovat palivo z rostlinné výroby. Francie měla tehdy vysoký podíl ekonomiky v zemědělství. Navíc by také mohly tyto plodiny produkovat její kolonie a uspokojit nejen domácí spotřebu, ale přinést mateřskému státu další zisky.

Rudolf Diesel se na výzkum rostlinného paliva rovněž později soustředil. Stal se předním zastáncem konceptu biopaliv, přestože se v té době takový termín nepoužíval. Významným podporovatelem etanolového paliva byl i Henry Ford.¹⁴⁴ Vyřešením problému s transportem se ale od roku 1913 ropa rozšířila natolik, že nebyl problém ji levně sehnat. Ustanovil se nový standard – motorová nafta. Během krátké doby výrobci naftových motorů uzpůsobili konstrukci právě na tento typ paliva. Výsledkem byly účinné motory s velkým výkonem a nízkou spotřebou. Rozšířily se hlavně do zemědělství a těžkého průmyslu, kde splňovaly všechny požadavky na efektivní provoz.¹⁴⁵ Etanol má vyšší oktanové číslo, s menším obsahem a dokázal produkovat větší výkon. Přesto byl nastolen problém, který se řeší i v současnosti: zda se má přeměňovat část polních výrobků na palivo a zda by nebylo lepší výnos polí nechat pro výrobu potravin.

„Vypadá to, že v blízké budoucnosti bude tato země muset každoročně vyplácet obrovské částky, aby získala zásoby ropy z Mexika, Ruska a Persie,“ uvedl Hibbert na stránkách

¹⁴²HEADLEY, Phineas. *The Miner Boy and His Monitor; Or, the Career and Achievements of John Ericsson, the Engineer*. HardPress Publishing, 2012. ISBN 978-1290289726. S. 180.

¹⁴³GITTELMAN, Steven. Willie K. Vanderbilt II: A Biography. McFarland & Company, 2010. [cit. 19.9.2019]. ISBN 978-0786447770. S.83,87,104

¹⁴⁴“It looks as if in the rather near future, this country will be under the necessity of paying out vast sums yearly in order to obtain supplies of crude oil from Mexico, Russia and Persia,” Hibbert said in a 1921 scientific journal article. “It is believed, however, that the chemist is capable of solving this difficult problem.... (and) it would seem that cellulose in one form or another is capable of filling that role.

¹⁴⁵HISTORY OF BIODIESEL FUEL. Pacific Biodiesel [online]. [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.biodiesel.com/biodiesel/history/>

vědeckého časopisu roku 1921. „Předpokládá se však, že chemici jsou schopni vyřešit tento obtížný problém.... (a) zdá se, že celulóza v té či oné formě je schopna tuto roli plnit.“¹⁴⁷

Později, v roce 1925, dokonce prohlásil, že palivem budoucnosti bude téměř všechno, co se dá z biohmoty vyrobit. Toto tvrzení bylo v té době převratné. Ropný průmysl tehdy počítal s výrobou benzínu právě z ropy. I přes potenciál, nacházející se v obnovitelných nebo potenciálně obnovitelných zdrojích, vlastní realizace těchto projektů zaostávala, z důvodu návratnosti, za soudobými technologickými možnostmi.

Využití etanolu jako paliva bylo populární poměrně dlouhou dobu. Mělo relativně velkou podporu, i přesto, že společnost Texaco, založená již v roce 1901, postupem času razantně snížila cenu paliva. Název společnosti pochází ze zkratky The Texas Company a po dlouhou dobu byla jediným prodejcem ropných produktů ve Spojených státech.¹⁴⁸ Vliv této společnosti byl po celou dobu působení na burze enormní. Situace okolo vzrůstajícího podílu ropy jako paliva vyvrcholila 8. června 1906, kdy Theodore Roosevelt podepsal zákon o podpoře paliv vyrobených z rostlin. Tento zákon osvobozoval etanol od vnitřní daně z příjmů, pokud není určen k pití.¹⁴⁹ (Zákon měl ale také další záměr. Prezident Roosevelt ve stejné době hledal konkurenci pro společnost Big Oil.) Etanolový průmysl se tak po významném propadu opět vzpamatoval a začal produkovat 50 milionů galonů ročně.¹⁵⁰

Aby se více podpořila výroba etanolu, vypracovala v roce 1906 společnost Electric Testing Laboratory ve spolupráci s Columbie University studii prokazující, že etanol má stejné hodnoty BTU (britská tepelná jednotka) jako benzín. Americké ministerstvo zemědělství si nechalo vypracovat podobné testy a došlo k obdobným závěrům. Své testy nechala vypracovat i Americká geologická služba. Z jejich výsledků vyplývá, že etanol může dosahovat daleko většího kompresního poměru, a tím i vyšší účinnosti. Při úpravě kompresního poměru u motorů vycházely hodnoty výkonu i spotřeby stejně jako u klasického benzínu. Dalším překvapivým výsledkem bylo, že zpráva kvitovala téměř perfektní stav výfukového potrubí, na rozdíl od stavu při spalování benzínu. Celkově zpráva konstatovala, že etanol je lepší palivo než benzín.¹⁵¹ Proto byl vzápětí vyvinut první Ford Model-T, uzpůsobený výhradně na etanol. Později, roku 1908, byl tento model ještě vylepšen, aby mohl fungovat na benzín i etanol.¹⁵²

¹⁴⁷HEADLEY, Phineas. *The Miner Boy and His Monitor; Or, the Career and Achievements of John Ericsson, the Engineer*. HardPress Publishing, 2012. ISBN 978-1290289726. S.180

¹⁴⁸FENNER, Kevin. *History of Ethanol used as a Fuel in Internal Combustion Engines*. Pacific Biodiesel [online]. 2007 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: http://www.energyresourcefulness.org/Fuels/ethanol_fuels/history_of_ethanol.html

¹⁴⁹MCCARTHY, Tom. *Auto Mania: Cars, Consumers, and the Environment*. Yale University Press, 2007. ISBN 978-0300110388. S. 250,252.

¹⁵⁰MORRIS, David. *West Wing's Ethanol Problem*. Renewable Energy World [online]. 2005 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.renewableenergyworld.com/2005/02/07/west-wings-ethanol-problem-22062/#gref>

¹⁵¹KOVARIK, Bill. *Henry Ford, Charles Kettering and the Fuel of the Future*. Environmental History [online]. 1998 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <http://www.environmentalhistory.org/billkovarik/about-bk/research/henry-ford-charles-kettering-and-the-fuel-of-the-future/>

¹⁵²SZYMKOWSKI, Sean. *Alt-fuel history: Ford Model T wasn't designed for multiple fuels, really*. Green Car Report [online]. 2017 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z:

Po více než dvaceti letech - 15.5. 1911 - zakročil Nejvyšší soud Spojených států amerických proti společnosti Standard Oil vlastněné Johnem D. Rockefellerem.¹⁵³ Společnost byla žalována za monopolní praktiky a po prohraném soudním řízení rozpuštěna. Rozsudek také konstatoval, že se Standard Oil dopustil nepřiměřeně velkého omezování mezistátního obchodu.¹⁵⁴ Rockefellerovy podnikatelské taktiky a monopolizace domácího průmyslu vedly k rozpadu na dceřiné společnosti Exxon v New Jersey, Mobil v New Yorku, Chevron v Kalifornii, Sohio v Ohio (později BP), Amoco v Indianě a ARCO v Atlantě. Všechny společnosti však nadále vlastnil J. Rockefeller, jenž se už postaral, aby se nově vzniklé společnosti vyhýbaly přímému kontaktu a soupeření mezi sebou.¹⁵⁵

Roku 1912 vyšel v časopise Scientific American článek, že fosilní zdroje dojdou.¹⁵⁶ Tento článek byl napsán 11 let po objevení obrovského ropného naleziště v Texasu, konkrétně u ropného kopce v Spindletopu. Do té doby produkovala nejvíce ropy Pensylvánie. Když ale 10. ledna 1901 vytryskla na zmíněném místě ropa do výšky 50 metrů, vše se změnilo. Ropa unikala nekontrolovaně celých 9 dní, než se podařilo zkonstruovat takzvaný „vánoční strom,“ zařízení sestávající z ventilů, speciálního sběrného místa, plynových čerpadel a systémů pro separaci vody, které zároveň umožňuje další vrtání do rezervoáru ropy. Mimo těchto všech funkcí také slouží jako zátka při vrtání do mořského dna.¹⁵⁷

První zákon, řešící problém znečištění ropnými látkami, byl vydán v roce 1924. Federální vláda Spojených států amerických vytvořila precedens pro boj se znečišťujícími ropnými látkami. Zákon zahrnoval kontaminaci vody z tankerů, průsaky do země a další ekologické problémy, ohrožující biotopy. Přestože se uvedený zákon zabýval pouze znečištěním pocházejícím z ropy a jejích derivátů, stal se prvním zákonem svého druhu vůbec. Legislativa ohledně ropných skvrn byla ale poprvé upravena až v roce 1969, v souvislosti s ropnou katastrofou v Santa Barbaře.¹⁵⁸

https://www.greencarreports.com/news/1110170_alt-fuel-history-ford-model-t-wasnt-designed-for-multiple-fuels-really

¹⁵³ STANDARD OIL COMPANY MUST DISSOLVE IN 6 MONTHS; ONLY UNREASONABLE RESTRAINT OF TRADE FORBIDDEN; And of Such Unreasonable Restraint the Supreme Court Finds the Standard Guilty.: Special to The New York Times. [online]. 1911 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/1911/05/16/archives/standard-oil-company-must-dissolve-in-6-months-only-unreasonable.html>

¹⁵⁴ U.S. Supreme Court: Standard Oil Co. of New Jersey v. United States, 221 U.S. 1 (1910) Standard Oil Co. of New Jersey v. United States Argued March 14, 15, 16, 1910 Restored to docket for reargument April 11, 1910 Reargued January 12, 13, 16, 17, 1911 Decided May 15, 1911 [online]. 1911 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/Standard_V_US.pdf

¹⁵⁵ HEINBERG, Richard. The Party's Over: Oil, War and the Fate of Industrial Societies. New Society Publishers, 2005. ISBN 978-0865715295.S. 138.

¹⁵⁶ SMIL, Vaclav. Globální katastrofy a trendy: příštích padesát let. Přeložil Pavel KAAS. Praha: Kniha Zlin, 2017. Tema (Kniha Zlin). ISBN 978-80-7473-528-8. S. 120,121.

¹⁵⁷ Well integrity in drilling and well operations [online]. 2004 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.standard.no/pagefiles/1315/d-010r3.pdf> S. 140.

¹⁵⁸ MELOSI, Martin. Energy and Environment in the United States: The Era of Fossil Fuels. Oxford University Press, 1987. ISBN 978-0865715295.S. 167.

Po celá třicátá léta se, v souvislosti s hospodářskou krizí, představovaly a realizovaly nápady, jak vyrobit energii levněji, v reakci na neúměrně vysoké ceny za elektřinu a pohonné hmoty. Protože cena kukuřice tehdy klesla z 45 centů za libru na 10 centů, začala být používána k výrobě etanolu, vedle jiných zemědělských plodin. Stát toto počínání podporoval. Vznikly produkty s označením Agrol 5 a Agrol 10, které se lišily pouze v procentuálním zastoupení etanolu. Agrol 5 obsahoval 5-7 % etanolu, Agrol 10 nejméně 12,5-17,5 %. Projekt byl ale roku 1939 ukončen a továrna Atchison Agol opuštěna. Důvodem byla neprodejnost tohoto zboží poté, kdy skončily státní subvence.¹⁵⁹

Mimo ropu se pozornost obrátila také k zemnímu plynu. Federální vláda USA vydala nařízení pro regulaci této komodity, jež vešlo v platnost roku 1938. Zákon, mimo jiné, prošel kvůli tomu, že panovala obava z monopolu, jako v minulosti u ropy.¹⁶⁰

V padesátých letech se ovšem nejrozšířenějším energetickým zdrojem stala právě ropa, protože byla po válce ukončena kampaň za šetření benzínem a dalšími pohonnými látkami. Důsledkem bylo plýtvání. Ve Spojených státech amerických spatřily v té době světlo světa legendární automobily, které měly společnou jednu věc: ohromnou spotřebu pohonných hmot.¹⁶¹ Koncem padesátých let dohonil zemní plyn ropu ve spotřebě a stal se „palivem domácností.“ Bylo to dáno tím, že po druhé světové válce došlo ke skokovému zlepšení výrobních technologií při zpracování kovů, mimo jiné i k posunu svařovací technice. Díky tomu byla vybudována rozsáhlá infrastruktura nejen dálkových, ale i lokálních rozvodů potrubí, což umožnilo překonat jiné druhy domácího vytápění.¹⁶²

Marion King Hubbert představil roku 1956 teorii ropného vrcholu, podle níž má těžba ropy období růstu, vrchol a období poklesu. Teorie se v době svého vzniku nesetkala s příznivým přijetím a většinou byla ignorována. Hubbert také předpověděl ropnou krizi v 70. letech 20. století. Jeho odhady předpokládaly zvrát mezi lety 1966 až 1972.¹⁶³

Obrat nastal počátkem 60. let 20. století, kdy světová populace začala masově bohatnout a žít energeticky velice náročné životy. Lidé si hromadně pořizovali auta, elektrické domácí spotřebiče a stavěli klimatizované domy. Z této doby pochází pojem 3C: Car, Climatization and Color TV, což je ve zkratce vysvětlený životní styl 60. let. Takto vysoká spotřeba energie kladla stále větší nároky na zdroje. Za mnohými světovými konflikty, ať už na

¹⁵⁹ KOVARIK, Bill. Henry Ford, Charles Kettering and the Fuel of the Future. *Environmental History* [online]. 1998 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <http://www.environmentalhistory.org/billkovarik/about-bk/research/henry-ford-charles-kettering-and-the-fuel-of-the-future/>

¹⁶⁰ Well integrity in drilling and well operations [online]. 2013 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <http://naturalgas.org/regulation/history/>

¹⁶¹ SMIL, Vaclav. Ropa: průvodce pro začátečníky. Přeložil Pavel KAAS. Praha: Kniha Zlin, 2018. Tema (Kniha Zlin). ISBN 978-80-7473-703-9. S. 31,32,33.

¹⁶² History of the U.S. Natural Gas Industry [online]. [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.directenergy.com/learning-center/energy-choice/history-of-natural-gas-industry>

¹⁶³ HEINBERG, Richard. The Party's Over: Oil, War and the Fate of Industrial Societies. New Society Publishers, 2005. ISBN 978-0865715295S. 138

Blízkém východě, v Jižní Americe nebo v afrických státech té doby stála ropa, jakožto krev světové ekonomiky.¹⁶⁴

Spojené státy a další západní země měly přístup k levné ropě z oblasti Blízkého východu. Státy, produkující výrazně více ropy, než samy spotřebovaly, utvořily roku 1960 společenství OPEC, aby mohly kontrolovat její mezinárodní cenu. Zároveň měla organizace zajišťovat spravedlivé platby všem producentům.¹⁶⁵

Jedním z impulsů, který podnítil hledání alternativ, byla ropná skvrna v Santa Barbaře v roce 1969. Do země se při nekontrolovaném úniku dostalo asi 100 000 barelů ropy. Společnost Union Oil, vlastníci naleziště, byla odsouzena k zaplacení pokuty, ale finanční náhrada byla výrazně nižší než celkové škody. Kongres posléze zpřísnil předpisy pro udělování licencí na těžbu ropy.¹⁶⁶

V roce 1973, kdy vrcholila spotřeba ropy s 9,4 miliony barelů denně, Spojené státy podpořily Izrael v arabsko-izraelské válce.¹⁶⁷ Země OPEC, v reakci na to, uvalily embargo na dovoz ropy do USA a dalších států, podporujících židovský stát. Toto rozhodnutí mělo globální důsledky. Cena ropy se zvýšila až čtyřnásobně. Jelikož se embargo časově shodovalo s devalvací dolaru, hrozila globální recese. Některé západní státy, jež nedisponovaly žádnými vlastními zdroji, měly tendenci vystoupit ze Severoatlantické aliance.¹⁶⁸ Mnoho amerických států zavedlo přidělový systém na benzín. Jiné dovolovaly výjezd aut se sudými poznávacími značkami v sudé dny a lichými v liché dny.¹⁶⁹

Krizová situace urychlila plánovanou výstavbu Aljašského ropovodu, za nímž stálo objevení velkého rezervoáru ropy v zátoce Prudhoe na Aljašce roku 1968. Kongres koncem roku 1973 stavbu schválil i přes četné protesty ekologů. Už o rok dříve, v roce 1972, vydal ministr vnitra Walter Joseph Hickel prohlášení, ve kterém obhajoval maximální nezávislost na zahraniční ropě. Toto prohlášení změnilo veřejné mínění na rozšíření domácího ropného trhu.¹⁷⁰

Z důvodu neúspornosti automobilů přijal Kongres roku 1975 zákon o ochraně energetické politiky. Byly ustanoveny standardy CAFE (Corporate Average Fuel Economy)

¹⁶⁴ SMIL, Vaclav. Ropa: průvodce pro začátečníky. Přeložil Pavel KAAS. Praha: Kniha Zlin, 2018. Tema (Kniha Zlin). ISBN 978-80-7473-703-9. S. 73,74,75.

¹⁶⁵ Brief History: Organization of the Petroleum Exporting Countries [online]. [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/24.htm

¹⁶⁶ MELOSI, Martin. Energy and Environment in the United States: The Era of Fossil Fuels. Oxford University Press, 1987. Dostupné z: <https://academic.oup.com/envihistrevi/article-abstract/11/3/167/499977?redirectedFrom=fulltext>

¹⁶⁷ RABINOVICH, Abraham. The Yom Kippur War: The Epic Encounter That Transformed the Middle East. Schocken, 2005. ISBN 978-0805211245. S. 15,31,

¹⁶⁸ Second Arab Oil Embargo, 1973-1974 [online]. U.S. Department of State, 2009 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://2001-2009.state.gov/r/pa/ho/time/dr/96057.htm>

¹⁶⁹ TIME Magazine „Gas Fever: Happiness Is a Full Tank“ [online]. U.S. Department of State, 1974 [cit. 2019-09-20]. Dostupné z: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/53816349/gas-fever-happiness-full-tank>

¹⁷⁰ KUBISZEWSKI, Ida. Trans-Alaska Pipeline Authorization Act of 1973. Alternative Energy [online]. 1973 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/Alaska_Pipeline_Act.pdf

pro osobní automobily a lehké nákladní vozy, což mělo přispět k ozdravení ropné ekonomiky a také k ochraně životního prostředí.¹⁷¹ Koncem roku 1975 rovněž došlo k vytvoření strategické ropné rezervy, kterou založil Gerald R. Ford spolu s podpisem zákona o energetické politice a ochraně (EPCA, Public Law 94-163). Cílem bylo snížit dopad vážných přerušení dodávek energie, způsobených ropným embargem ze strany OPEC v letech 1973-1974. Strategická rezerva měla také za úkol odradit všechny, kdo nakládají s ropou, aby ji používali jako zbraň.¹⁷²

¹⁷¹ A Brief History of US Fuel Efficiency Standards: Where we are and where we're going [online]. 2017 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/fuel-efficiency/fuel-economy-basics.html>

¹⁷² BEAUBOUÉF, Bruce. The Strategic Petroleum Reserve: U.S. Energy Security and Oil Politics, 1975-2005 (Kenneth E. Montague Series in Oil and Business History). Texas A&M University Press, 2007. ISBN 978-1585446001. S. 270,271,272.

Jaderná energie a fúze

Obnovitelné zdroje, jak již jejich název napovídá, mají schopnost samy se obnovovat. Přesto, že je mnoho z nich závislých na sluneční energii nebo pohybu planety, které se z našeho pohledu zdají nevyčerpatelné, stále se jedná o dlouhodobé procesy, jež nejsme schopni (zatím) nijak ovlivnit. Mnoho procesů, závislých například na fázích Slunce nebo sluneční soustavy, nejsme schopni ani správně popsat. Stále se však jedná z našeho pohledu o obnovitelný zdroj. Vnímání se posunulo od prvních pokusů o využití obnovitelných zdrojů, kdy stačilo vědět, „že se obnovuje,“ a spíše se začal klást důraz na dobu využití energie. Zda zdroj určit jako krátkodobý či dlouhodobý, je většinou ovlivněno energetickou a ekonomickou politikou. V minulosti, kdy lidé nepřemýšleli v globálních souvislostech a ani nemohli domýšlet dlouhodobá rizika, a zároveň stačil malý zdroj energie k uspokojení všech potřeb, nebyl ani hypotetický problém ve využívání fosilních paliv. Se zvyšující se spotřebou se zdroje staly vyčerpatelnými. Pokud by například spotřeba uhlí byla stále konstantní a stejná jako v prvním rocesvého využívání, tak by uhlí z našeho současného pohledu bylo obnovitelným zdrojem. Naopak, pokud by se posunula technologie v získávání geotermální energie do takové intenzity, že by na ní byla naše energetická společnost závislá, mohlo by dojít k neomezenému využívání energie z jádra planety a jeho hypotetickému ochlazení s celoplanetárními důsledky. Z právního hlediska ČR se geotermální ani sluneční energie nepovažují za obnovitelné zdroje, protože oba zaniknou, bez ohledu na to, kdy.¹⁷³

Na vědecké půdě došlo roku 1920 k významnému objevu. Fyzik Francis William Aston zjistil, že celková hmotnost čtyř atomů vodíku je těžší než jeden atom helia, přičemž podle odhadů měly mít stejnou hmotnost. To znamená, že hmotnost, o kterou jsou vodíkové atomy těžší, je podle zákona $E=mc^2$ rovna obrovské vnitřní energii. Tento zdánlivě nedůležitý objev se stal základem pro výzkum jaderné fúze.¹⁷⁴

Ve dvacátých letech už také probíhaly pokusy se studenou fúzí. První, kdo přišel s informací, že se mu podařilo fúzi v laboratorních podmínkách vytvořit, byla dvojice vědců Friedrich Paneth a Kurt Peters. Později však toto tvrzení stáhli, protože si nebyli jisti, zda výsledky jejich pokusů neovlivnil vzduch. Nezávisle na tom John Tandberg, švýcarský vědec, dokázal protavit vodík do helia pomocí palladiových elektrod. V roce 1927 požádal o patent, který ovšem byl zamítnut.¹⁷⁵

Dalším významným posunem bylo detekování neutronů z jaderné fúze v roce 1933. Experiment zkoumal zrychlení protonů při dodání energie až 600 000 elektronvltu.¹⁷⁶

¹⁷³ § 7 odst. 2 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů

¹⁷⁴ DOWNARD, Kevin. The Encyclopedia of Mass Spectrometry: Francis William Aston [online]. 2015 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081003794000484?via%3DihubISBN 9780081003794](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081003794000484?via%3DihubISBN%209780081003794)

¹⁷⁵ PANETH, Fritz a Kurt PETERS. Über die Verwandlung von Wasserstoff in Helium: Francis William Aston. Wiley Online Library [online]. 1926 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cber.19260590860>

¹⁷⁶ COCKBURN, Stewart. Oliphant: The Life and Times of Sir Mark Oliphant. Axiom Books, 1981. ISBN 978-0959416404.S. 284

Ve výzkumech se stále pokračovalo. Po získání těžké vody byly učiněny pokusy s vystřelováním jejích atomů proti sobě, čímž se podařilo vytvořit atomy Helia-3 a tritia.¹⁷⁷

V prosinci 1942 proběhla první kontrolovaná jaderná reakce v rámci projektu Manhattan. Po svržení jaderných bomb na Japonsko se svět dostal do nové éry atomu.¹⁷⁸ V roce 1946 byla ustavena Komise pro atomovou energii USA (AEC). Americká vláda po dlouhou dobu propagovala jadernou zbraň a energii jako téměř čistý prostředek. Po celá padesátá i šedesátá léta proto byly navrhovány nejrůznější aplikace používající jako pohon štěpnou reakci. Od traktorů po kardiostimulátory.¹⁷⁹ To vše kvůli tomu, aby se jaderné energetice nepřisuzovaly vedlejší „špinavé“ jevy jako chemickým zbraním v první světové válce.¹⁸⁰

První patent na jaderný reaktor byl zaregistrován v roce 1946 Úřadem pro atomovou energii Spojeného království. Pod patenty byla uvedena jména sir George Paget Thomson a Moses Blackman. O rok později provedli malé experimenty za účelem konečné realizace komerčního jaderného reaktoru.¹⁸¹

Pro obhajobu výzkumu jaderného štěpení vznikl projekt mírového využití jaderné energetiky. Roku 1951 se rozběhl první jaderný reaktor v Idahu. Se současnými jadernými reaktory měl málo společného, dokázal vyrobit energii pro 4 stowattové žárovky. Od té doby se začaly postupně stavět reaktory pro komerční užití.¹⁸²

Výzkum jaderné fúze se v padesátých letech soustředil hlavně na vytvoření fúzní jaderné zbraně. Její funkčnost potvrdily úspěšné pokusy z roku 1951 pod označením Greenhouse Item. Při těchto pokusech se zvýšila destrukční schopnost jaderné bomby pomocí deuterium-tritia, v němž se zažehla jaderná fúze. Vzniklé neutrony narazily na okolní štěpný materiál, což způsobilo rychlejší štěpnou reakci s větším množstvím tepla.¹⁸³

¹⁷⁷ OLIPHANT, Mark a Lord RUTHERFORD. Experiments on the Transmutation of Elements by Protons. 1933. ISBN 978-0959416404 Dostupné z: https://www.jstor.org/stable/96218?seq=1#page_scan_tab_contents S. 259

¹⁷⁸ ATOMIC ENERGY ACT OF 1946: (Public Law 585, 79'h Congress) [online]. 1946 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/atomicenergyact1946.pdf>

¹⁷⁹ PRUTCHI, David. Medtronic's Atomic Pacemaker (early 1970's). Implantable device [online]. 2011 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <http://www.implantable-device.com/2011/12/24/medtronics-atomic-pacemaker-1970/>

¹⁸⁰ WILLIAMS, James. Energy and the Making of Modern California (Technology and the Environment). Univ of Akron, 1997. ISBN 978-1884836152. S. 368.

¹⁸¹ THOMSON, George a Moses BLACKMAN. Improvements in or relating to gas discharge apparatus for producing thermonuclear reactions. European Patent Office [online]. 1946 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=GB&NR=817681&KC=&FT=E&locale=en_EP

¹⁸² Argonne's Major Nuclear Energy Milestones: NUCLEAR SCIENCE AND ENGINEERING DIVISION [online]. 2009 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.anl.gov/nse/argonnes-major-nuclear-energy-milestones>

¹⁸³ Nuclear Test Film - Operation Greenhouse: Department of Energy [online]. 1951 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://archive.org/details/gov.doe.0800009>

Od 50. let 20. století přichází koncepce dlouhodobě využitelných zdrojů energie, které by byly schopny i při mnohanásobném zvýšení spotřeby uspokojovat nároky světových ekonomik, ideálně najít takový zdroj, který by lidstvo nebylo schopno v žádném případě vyčerpat. V posledních desetiletích se požadavky na obnovitelné zdroje dále vystupňovaly v souvislosti s ochranou životního prostředí. To vyžaduje najít surovinu či suroviny (věda pokročila natolik, abychom si byli schopni uvědomit, že z ničeho energii nevytvoříme a musí platit zákony o zachování hmoty a teorie popisující vztah mezi energií a hmotností – $E=mc^2$), jejichž využívání neohrozí fungování ekosystémů, a které zároveň v sobě ukrývají ohromné množství energie.¹⁸⁴

V roce 1954 přijal Kongres novou legislativu, která poprvé umožnila široké využívání atomové energie pro mírové účely. Zákon o atomové energii nově definoval její využití tím, že ukončil vládní monopol na technologické postupy a pomohl růstu soukromého komerčního jaderného průmyslu, což byl naléhavý národní cíl. Široká veřejnost se tak mohla aktivně účastnit na rozvoji a využívání atomové energie pro mírové účely. AEC zároveň připravila předpisy pro ochranu veřejného zdraví. Předpisystanovily tři stěžejní body:

- pokračovat v programu vývoje zbraní
- podporovat soukromé využívání aplikací jaderné energie
- podporovat bezpečné mírové aplikace komerční nukleární energie.¹⁸⁵

Splnit všechny požadavky najednou bylo nereálné nejenom z důvodů technických, ale také politických a jiných. V období studené války, kdy probíhala soutěž, jak v co největší míře rozvinout průmysl především pro vojenské účely, by neomezený zdroj energie znamenal jasné převrácení sil na jedné či druhé straně železné opony. Pokusy vybudovat fúzní reaktory se ovšem realizovaly. Mnohdy nepřímou, ale s každým dalším objevem se celkové poznání posouvalo dál. Přímým předchůdcem (zatím) nerealizovatelného fúzního reaktoru je takzvaný MHD generátor.¹⁸⁶

Jedná se o generátor elektrické energie využívající principu Faradayova a Hallova jevu. Vývoj magnetohydrodynamických generátorů probíhal od konce 50. let 20. století. Jedná se o způsob přímé přeměny pohybové energie na energii elektrickou. Vývoj se dá rozdělit do dvou etap. První etapa od konce 50. do konce 60. let, druhá etapa po roce 1970. V té době se o tento způsob generování elektrické energie zajímalo mnoho států, nejen světové mocnosti.

187

¹⁸⁴ŘÍPA, Milan. Řízená termojaderná fúze pro každého - 4U. 4., rozš. a čísl. vyd. Praha [i.e. Ostrava]: Vítkovice - výzkum a vývoj - technické aplikace, 2013. Svět energie. ISBN 978-80-260-4785-8.

¹⁸⁵WALKER, Samuel a Thomas WELLOCK. A Short History of Nuclear Regulation, 1946–2009. Solarenergybase [online]. 2010 [cit. 19-9-2019]. Dostupné z: <https://www.nrc.gov/docs/ML1029/ML102980443.pdf> S. 51.

¹⁸⁶MCCRACKEN, Garry. a Peter STOTT. Fusion: the energy of the universe. Burlington, MA: Elsevier Academic Press, 2005. ISBN 978-0124818514. S. 115

¹⁸⁷ELEKTRÁRNY S MHD GENERÁTOREM [online]. 1999 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/MHD_el.html

Prvně se o prokázání funkčnosti MHD generátoru pokusil již Michael Faraday tím, že objasnil princip elektromagnetické indukce. Elektromagnetická indukce je jev, ke kterému dochází pouze v dynamicky se měnícím magnetickém poli. Jedná se o schopnost cívky indukovat elektrické pole a následně produkovat elektrický proud. Tento fyzikální jev nastává v cívkách při dvou možných situacích. První je vzájemná interakce mezi magnetem a cívkou, kdy musí magnet měnit svoji polohu mezi póly cívky. Tak dojde k periodizaci kladného a záporného magnetického pole, a tím i ke kolmému protnutí (má největší účinky) magnetických siločar skrz cívku. Magnetické pole vyvolá na závitech cívky rozdíl potenciálu, který poté umožní tok elektronů na dvou vývodech cívky (pokud jsou galvanicky spojeny).¹⁸⁸

Druhý způsob, jímž lze generovat elektrické napětí, také popsali Faraday a vychází již z dalších poznatků na poli zkoumání cívek a jejich vlastností. V tomto případě se dvě cívky tradičně označované „primární“ a „sekundární“ umístí dostatečně blízko sebe s póly situovanými tak, aby umožňovaly co nejmenší odpor magnetických siločar. Poté se do primární cívky pustí střídavé napětí. To se za pomoci siločar přeneslo na druhou cívku, ve které se, stejně jako v prvním případě, začne indukovat napětí a vytvoří elektrický proud.

Faraday si uvědomoval, že každá vodivá částice je potenciálním nosičem svého vlastního magnetického pole. Objevil tak elektromagnetickou indukci. Kvůli objasnění tohoto fyzikálního jevu navrhl experiment na mostě Waterloo v Londýně.¹⁸⁹ Umístil elektrody do protékající řeky a domníval se, že se bude indukovat elektrické napětí díky tomu, že se voda pohybuje v magnetickém poli Země. I když tento experiment potřebné výsledky nepřinesl, jedná se o první výskyt výzkumu MHD generátoru, ačkoli se v době vzniku tak nenazýval.

S rozvojem využívání elektřiny, který nastal po skončení druhé světové války, se neustále řešila otázka, jak levně a efektivně tuto energii vyrábět. Distribuční elektrické sítě byly v té době již na celkem dobré úrovni, takže mohly přenášet dostatečné množství elektřiny, dimenzované na maximální zatížení sítě. Budování elektráren bylo však otázkou velkého vstupního kapitálu a stalo se předmětem sporů. O první velkou elektrifikaci se zasloužil již Edison v 80. letech 19. století. V mnoha státech došlo k elektrifikaci ve dvacátých letech 20. století (Československo) nebo ve třicátých letech (SSSR). Po druhé světové válce se však spotřeba elektřiny s rozvojem průmyslu natolik zvýšila, že se investice do elektráren přestávaly vyplácet. Proto se začaly hledat další způsoby levné produkce elektřiny. Tuto myšlenku podpořil i výpočet maximálního výkonu, kterého jsou schopny tepelné motory dosáhnout. Výpočet byl realizovaný již na počátku 19. století Sadiem Carnotem, jenž stanovil účinnost turbín na 35–40 %. Tento výsledek je podložen rozdíly teplotních vlastností zdroje tepla a teplotou odchozích spalin. I tepelné ztráty předurčily zájem o MHD generátor, který podle propočtů mohl dosahovat účinnosti až 70 %.¹⁹⁰

¹⁸⁸ JANDORA, Radek. Elektromagnetická indukce. Radek Jandora web [online]. 2000 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <http://radek.jandora.web.cz/f16.htm>

¹⁸⁹ Historical Perspective on MHD. CO2-Global: THE ZERO EMISSIONS COMPANY [online]. 2010 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <http://www.co2.no/default.asp?UID=185&CID=183>

¹⁹⁰ JACKSON, William a Ralph STROHL. Magnetohydrodynamic power generator. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA [online]. [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/magnetohydrodynamic-power-generator#ref155290>

Jedním z možných způsobů, jak navýšit výkon elektráren, je zvětšit teplotu páry, která vstupuje do turbín. Se zvýšením teploty se však úzce pojí tlak. Voda pod tlakem může dosáhnout větší teploty, a tím lze využít většího potenciálu. Pokud teplota páry přesáhne 530 až 550 °C vzniká takzvaná ostrá pára, která je přiváděna na lopatky turbín. Při takové teplotě je možné dosáhnout účinnosti až 40 %, její další zvyšování je ale velice náročné na fyzikální vlastnosti materiálů. Pokud by se do turbín dala pouštět pára o teplotě 1600 °C, účinnost by dosáhla (podle propočtů) až 70 %, ale to je za hranicí fyzikálních možností nejen tehdejších, ale i současných materiálů. Z toho důvodu se pozornost přesunula na MHD generátory, které nemají mechanické části.¹⁹¹

Konvenční přeměna tepla na elektrickou energii probíhá přes prostředníky. Klasický cyklus u většiny elektráren, kromě alternativních zdrojů, začíná u chemické energie uložené v uhlovodících. Hořením vzniká teplo, které se pomocí páry mění na energii pohybovou, poté magnetickou a následně elektrickou. Při každé této fázi dochází ke ztrátám. MHD generátor využívá Hallův jev, jenž překlene velkou část průběžných přeměn energie a vytváří elektřinu přímo z tepla.¹⁹² Tento jev nastává ve vodiči, skrze nějž protéká elektrický proud a je zároveň vystaven magnetickému poli. Magnetická síla působící na elektrické náboje a poté je vytlačuje na stěnu vodiče. Výsledkem je generování elektrického napětí.¹⁹³

Problematické je vytvoření a udržení magnetického pole dostatečně silného k tomu, aby dokázalo ovlivnit polohu takto nabitých částic. Vývoj se tak soustředil na nosné médium a na systém, který vytvoří tolik energie, aby se nemuselo magnetické pole dotovat energií z jiných zdrojů. Pro nedostatek zkušeností a velkou vývojovou náročnost byla dána přednost výstavbě jaderných elektráren. Protože se v té době již vědělo, jaký potenciál se skrývá v jaderných bombách, veřejnost přijímala novinku s rozpaky. Jedna část společnosti se obávala zkoumání této málo probádané síly. Druhá část v ní viděla potenciál dostatečného množství energie uvolněné z relativně malé hmotnosti paliva.¹⁹⁴ Možnost obnovení vývoje MHD generátoru se tak na dlouhou dobu odsunula mimo hlavní zájem a posuny v této oblasti přicházely hlavně z jiných objevů, které čas od času někdo vložil do již známých informací o funkci a parametrech MHD generátoru. Zatím poslední funkční projekt, ITER, se datuje k roku 2007 a má vzkřísit způsob komerčního využití jaderné fúze.¹⁹⁵

První, kdo se vrátil ke konceptu MHD generátoru po Faradayovi, byl maďarský inženýr B. Karlovitz. V letech 1938 až 1946 pracoval na otevřeném typu MHD generátoru spalujícím

¹⁹¹ STROHL, Ralph a William JACKSON. Magnetohydrodynamic power generator. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA [online]. [cit. 21.9.2019]. Dostupné z:

<https://www.britannica.com/technology/magnetohydrodynamic-power-generator>

¹⁹² REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Hallův jev. Encyklopedie fyziky [online]. [cit. 21.9.2019].

Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/294-halluv-jev>

¹⁹³ KOUTNÝ, Jaroslav a Ivo VLK. Elektronika I učebnice. VYTVOŘENO V RÁMCI PROJEKTU: DIGITÁLNÍ ŠKOLA: ICT VE VÝUCE TECHNICKÝCH PŘEDMĚTŮ, REG. Č. CZ.1.07/1.1.04/01.0137, Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola elektrotechnická, Olomouc 2009

¹⁹⁴ MAISONER D. et al., Power plant conceptual studies in Europe, Nucl. Fusion [online]. 2007 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0029-5515/47/11/014/meta>

¹⁹⁵ FREQUENTLY ASKED QUESTIONS: When will ITER be operational? [online]. 2007 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: https://www.iter.org/faq#When_will_ITER_be_operational

zemní plyn v laboratořích společnosti Westinghouse. Ke konci projektu generátor prokazatelně vytvořil malé množství vyrobené elektrické energie. Nejednalo se o významný posun ve výzkumu, přesto se podařilo prokázat funkčnost tohoto modelu. Projekt byl opuštěn hlavně proto, že se nepodařilo dostatečně porozumět podmínkám pro vytvoření vodivého plynu.

Další posun ve zkoumání tak nastal až s rozsáhlým výzkumem ionizace plynu. Tento výzkum primárně probíhal kvůli zkoumání letů do vesmíru a objasnil několik zásadních otázek, kvůli nimž projekt B. Karlovitze selhal. Výzkumy prokázaly razantní navýšení vodivosti přidáním cca 1 % alkalické látky, jako je například cesium, uhličitán draselný nebo sodík.¹⁹⁶ Pohyb horkého plynu se pod tlakem milionů pascalů urychluje na 1000–2000 metrů za sekundu. Ani tento projekt se však nedokázal přehoupnout přes hodnotu, která by umožňovala efektivní komerční využití. Další pozornost se tak přesunula k průzkumu plazmy, jež umožňuje snazší vychylování nabitých částic elektronů.

Obnovení zájmu o MHD generátory přinesla až ekonomická krize v 70. letech 20. století. Jednalo se ale o systémy otevřené, které již zkoumal Arthur R. Kantrowitz začátkem 60. let 20. století. Dosavadní rekord, zaznamenaný u MHD generátorů, dosáhl 35 MW, z toho však spotřeboval 8 MW na vlastní napájení magnetu.

V roce 1962 se ve Velké Británii konala první mezinárodní konference o MHD generátorech a o dva roky později byla svolána druhá. Od roku 1966 probíhala mezinárodní kooperace, projektu se zúčastnilo 18 zemí. Mezinárodní podpora projektu měla za úkol podporovat výzkum, a to hlavně na poli velice silných magnetů, které dokáží udržovat systém v běhu. Ke konci projektu se také počítalo s výzkumem nosného média, které by umožnilo menší energetickou dotaci k udržení funkčního zařízení.¹⁹⁷ V šedesátých letech AVCO Everett Aeronautical Research zahájilo řadu experimentů, jejichž výsledkem byl MHD generátor s výkonem 35 MW, z toho 8 MW používal pro vlastní chod magnetů.¹⁹⁸

S odezněním krize se náklady na budování těchto reaktorů ukázaly tak vysoké, že se nevyplatilo, aby se jimi někdo zabýval. Na konci 70. let 20. století se také objevila nová ložiska ropy a zároveň se zdokonalily způsoby, jak ji extrahovat z těžko přístupných míst (dna moří až do hloubky 10 km nebo kanadské píský). Poslední samostatný firemní projekt společnosti TRW se dvěma spalovacími komorami dokázal dodávat do sítě elektrickou energii po dobu osmi hodin. V tomto programu se ale více zkoumaly možnosti vysokovýkonných střídačů elektrické energie ze stejnosměrného na střídavé napětí. MHD generátor využily k vysokému pulznímu výkonu, jenž konvenční elektrárny nedokážou vytvořit z důvodu potřeby synchronizace svých

¹⁹⁶ STROHL, Ralph a William JACKSON. Magnetohydrodynamic power generator. *ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA* [online]. [cit. 21.9.2019]. Dostupné z:

<https://www.britannica.com/technology/magnetohydrodynamic-power-generator>

¹⁹⁷ CHERNYSHEV, Vyacheslav. International Co-operation in MHD Electrical Power Generation. *International Atomic Energy Agency* [online]. Vienna [cit. 21.9.2019]. Dostupné z:

<https://www.iaea.org/sites/default/files/20104984253.pdf>

¹⁹⁸ ROSA, R. J. *MAGNETOHYDRODYNAMICS APPLIED TO AEROSPACE AND DEEP SPACE PROPULSION*. Wiley Online Library [online]. 1966 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z:

<https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1749-6632.1966.tb50972.x>

systémů turbín na 3000 ot/min. Tyto DC/AC měniče se totiž stále více začaly uplatňovat v systémech obnovitelných zdrojů a speciálně u fotovoltaických polí jsou nepostradatelné.¹⁹⁹

MHD generátory sice posunuly naše znalosti na další úroveň, ale až poznatky z dalších odvětví teoreticky prokázaly funkčnost, i když se zatím neřešitelnými technologickými problémy. Podařilo se také nalézt ideální palivo do fúzních reaktorů. Tím se staly lehké prvky, izotopy vodíku – deuterium a tritium. Přičemž tritium se přirozeně vytváří v současných jaderných reaktorech jako nežádoucí plyn. A lze je také lehce synteticky vyrobit z lithia, jehož množství se odhaduje na 10 milionů tun. Jejich množství je tedy prakticky neomezené. V každém litru mořské vody se nachází 0,015 % deuteria s energetickou výtěžností přibližně jako 300 litrů benzínu.²⁰⁰ Celkové množství v oceánech se odhaduje na 35 milionů tun deuteria a spotřeba fúzních reaktorů, při výkonu 1 Gigawatt, může být několik gramů na den. To odpovídá dvěma kilogramům paliva do současných jaderných elektráren a 20 000 tun uhlí v tepelných elektrárnách. Při přepočtech na celosvětovou roční spotřebu by stačilo 11 600 tun fúzního paliva ročně na pokrytí všech energetických požadavků.²⁰¹

Ovšem takové srovnání nelze použít. Výroba elektrické energie navozuje představu nějaké průmyslové produkce. Energie se ovšem nevyrábí, ale transformuje. Chemická energie uchovaná v uhlí byla původně sluneční energií vytvořenou fúzí v jádrech hvězd a následně přetvářenou rostlinami na Zemi do podoby pevných či kapalných uhlovodíků. Spalováním je přeměňujeme na tepelnou energii, tu následně pomocí turbín a jejich rotačních částí na energii magnetickou a posléze na elektrickou.²⁰² Naše společnost se snaží nejčastěji o produkci elektrické energie proto, že ji lze měnit na všechny ostatní typy energií (tepelnou, světelnou, rotační a další...) Je to běžná praxe a pro naši společnost nepostradatelná.

Fúzní reaktor sice také přeměňuje tepelnou energii na elektrickou, ale způsob získání tepla je zatím mimo současnou úroveň našeho poznání. Využívá slučování atomů, v čemž je takto získaná energie mnohonásobně větší než u štěpení atomů, a to až do takové míry, že žádný nám známý materiál není schopen takovou teplotu vydržet. Jediným způsobem, jak superžhavou plazmu v komoře udržet, je pomocí magnetického pole. Štěpením lehkých jader atomů vznikne plazma, která se v komoře, díky svým magnetickým vlastnostem, dá udržet od stěn a zároveň je schopna svoji energii předávat dalším okruhům, a produkovat tak elektrickou energii.

¹⁹⁹ BAKER, Timothy. Experiments in DC/AC Circuits with Concepts. CENGAGE Delmar Learning, 1980. ISBN 978-0766840355. Dostupné

z: <https://books.google.cz/books?id=8nkLfkaM84lC&printsec=frontcover&dq=DC/AC&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwirlZn8i8zaAhWPZFAKHxuyA6kQ6AEIKDAA#v=onepage&q=DC%2FAC&f=false> S. 87.

²⁰⁰ ENTLER, Slavomír. Elektřina z fúze (I). TZB-info [online]. 2013 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/10011-eletrina-z-fuze-i>

²⁰¹ CLARK, Robert a Detlev REITER. Nuclear Fusion Research: Understanding Plasma-Surface Interactions (Springer Series in Chemical Physics). Springer, 2005. ISBN 978-3540230380. S.10,71,81.

²⁰² BRAAMS, C.M. a P.E. SCOTT. Nuclear Fusion. CRC Press, 2002. ISBN 978-0750307055. S.212 S.6,7,8.

Atlantropa

Mezi nejambicióznější projekty světového významu, o které se od počátku intenzivně zajímala také americká vláda, se řadí Atlantropa mnichovského architekta Hermanna Sörgela. Smělý vizionář svůj plán vybudovat přehradu v Gibraltarském průlivu představil v roce 1927. Postavil ho na zjištění, že do Středozemního moře musí z Atlantského oceánu přitéct určité množství vody, aby nezačalo vysychat. Zkoumal pak průtok všech velkých i malých řek ústících do Středozemního moře, aby svou domněnku potvrdil.

Po první světové válce panovalo mezi lidmi obecné nadšení z technického pokroku a věřilo se, že člověk dokáže přetvářet přírodu k všeobecnému blahu. Tento plán byl podporován lidmi, kteří viděli problém ve zvyšování počtu populace a možném nedostatku potravy a pitné vody. Gibraltarská přehrada by navíc generovala v té době obrovské množství energie. Podle Sörgela byl dostatek energie správným podnětem k ekonomickému rozmachu a svobodě, a navíc mohl projekt spojit národy rozdělené válkou.²⁰³

Podle jeho vize mělo být při realizaci Gibraltarské přehrady zaměstnáno obrovské množství lidí a v časovém horizontu 150 let by nově vysušené pobřeží Středozemního moře poskytlo více než půl milionu km² nové země,²⁰⁴ což odpovídá zhruba rozloze Francie. Hladina moře by klesla o 200 metrů. Sörgel byl přesvědčen, že Středozemí bývalo souší. Tato domněnka se potvrdila až v 70. letech, tehdy ovšem pro takové závěry neexistoval žádný důkaz.

V době vysoušení břehů Středozemního moře měl podle plánů vyrůst most spojující Itálii s Tuniskem skrze Sicílii. Most by mohl vyrůst již po vysušení 25 % moře. V oblasti Belgického Konga (dnes Demokratická republika Kongo) se počítalo s výstavbou obrovských zavlažovacích jezer. Po vyschnutí značné části Středozemního moře by mnohá přístavní města stála na pevnině. Marseille by podle odhadů byla 30 km od pobřeží a jako přístav ji mělo nahradit nové město Port-du Rhone.²⁰⁵

Stavba nových měst by zaměstnala další obrovský počet lidí. Projekt získal podporu u mnoha slavných architektů. Velkým stoupencem celé vize byl švýcarský inženýr Bruno Siegart, který odjel se Sörgelem na rozsáhlá měření na Gibraltar. V oblasti u města Tarifa chtěl Siegart těžit kámen a loděmi ho přepravit na místo přehradní hráze. Oba vizionáři došli k závěru, že nejvhodnější místo neleží v nejužším bodě, ale v nejmělkším úseku. Přehradní hráz by v tom případě dosahovala výšky 300 metrů a šířky 1500 metrů. Výkon elektrárny měl činit

²⁰³ KULKE, Ulli. Trockenlegen des Mittelmeers brächte den Frieden. Welt [online]. 2013 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.welt.de/geschichte/article120890068/Trockenlegen-des-Mittelmeers-braechte-den-Frieden.html>

²⁰⁴ Popular Science: Červenec 1933 [online]. 1933 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=AygDAAAAMBAJ&pg=PA44&lpg=PA44&dq=Bid+dam+to+water+sahara&source=bl&ots=47NDzSGeu8&sig=ACfU3U1VdJiTockHt0yN7cnDk4qmh_z5Q&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwjZ4diY7uHkAhUIQUEAHSYBBVEQ6AEwH3oECAgQAQ#v=onepage&q=Bid%20dam%20to%20water%20sahara&f=false S. 44.

²⁰⁵ KUŽEL, Martin. Plán jménem Atlantropa: Evropa měla být spojena s Afrikou!. Epocha Plus [online]. 2015 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://epochaplus.cz/plan-jmenem-atlantropa-evropa-mela-byt-spojena-s-afrikou/>

50 000 MW. Přehrada by navíc zadržovala sílu oceánu.²⁰⁶ Nikdo v té době nevěděl, jak se bude chovat železobeton při vystavení takovým podmínkám.

S nástupem nacistů k moci se plány na stavbu pozastavily. Sörgelova vize se totiž křížila s plány Adolfa Hitlera. Roku 1936 si nacistické ministerstvo propagandy objednalo půlhodinový film o tom, jak je Atlantropa nebezpečná. Film byl úspěšný a Atlantropa zdiskreditována. Sörgel, jenž zpočátku podporoval politické spojení Německa a Itálie, se pak proti nacistům stavěl a kritizoval jejich zbrojní plány. I přes důrazné upozornění gestapa svou vizi dále podporoval a vydal knihu „Tři velká A – Amerika, Asie, Atlantropa.“²⁰⁷

Po druhé světové válce Hermann Sörgel opět plně vystoupil se svým projektem Atlantropy. Na začátku studené války se Spojené státy snažily zajistit kontrolu nad světovým nerostným bohatstvím. Afrika se z tohoto úhlu začala jevit zajímavě. Sörgel přepracoval plány a rozšířil svůj projekt na velkou část Afriky. Podle něj měla vzniknout tři obrovská jezera generující elektřinu. Zatopeno mělo být Kongo, Čad a velká část jihu Afriky. Američané záhy od projektu vycouvali. V té době začali zkoumat mírové využití jaderné energie a považovali jeho financování za důležitější.²⁰⁸

Roku 1952 umírá Hermann Sörgel ve věku 67 let. S jeho odchodem se rozplynuly i plány na realizaci kontinentu Atlantropa.

²⁰⁶ MAUCH, Felix. Atlantropa – Endless Energy from the Mediterranean Sea. Enviromantal a Society Portal [online]. 2012 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z:

<http://www.environmentandsociety.org/arcadia/atlantropa-endless-energy-mediterranean-sea>

²⁰⁷ Atlantropa - sen o novém světadílu: Životní touhou architekta Hermanna Soergla bylo změnit tvář naší planety. Německý dokument [online]. 2006 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z:

<https://www.ceskatelevize.cz/porady/10095284573-atlantropa-sen-o-novem-svetadilu/20738253663/>

²⁰⁸ VIDAL, Ricarda. Atlantropa: The colossal 1920s plan to dam the Mediterranean and create a supercontinent [online]. 2015 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <http://theconversation.com/atlantropa-the-colossal-1920s-plan-to-dam-the-mediterranean-and-create-a-supercontinent-47370>

Závěr

Tato bakalářská práce usilovala o stručné nastínění vývoje obnovitelných zdrojů v USA. Spojené státy americké se řadí mezi průkopníky mnoha technologií, což jim, mimo jiné, napomohlo stát se světovou supervelmocí.

Použité zdroje jsou většinou publikace a články vysloveně technického typu, z nichž každý zvlášť se zabývá jiným odvětvím. Tato práce vznikla jejich kompilací, analýzou a zasazením do historického kontextu. Čerpal jsem většinou z digitalizovaných publikací, často v cizím jazyce, kvůli co největší pestrosti použitých materiálů. Základ jsem čerpal z díla „Velká kniha o energii,“ kterou vydala Akademie věd České republiky. Kniha mi napomohla k základnímu uchopení tématu, ale také mě navedla na další zdroje, české i zahraniční.

Z teoretických knih, které mě přivedly k dalším dobovým zdrojům, musím zmínit díla Kanaďana s českými kořeny, Václava Smila. Především jeho „Ropa: Průvodce pro začátečníky“ vhodně dotváří povědomí o době, ve které samotné milníky jednotlivých obnovitelných zdrojů vznikaly. Rovněž autorovy další knihy (které jsem však necitoval), jako např. „Globální katastrofy a trendy,“ také informují o dlouhém vývoji tradičních i netradičních zdrojů energie pro lidstvo. A pomohly mi rovněž najít mnoho dalších zdrojů, jež jsem použil.

Často jsem čerpal z původních vědeckých prací, například „Introduction to the Theory of Flow Machines,“ pro ilustraci jednotlivých kroků vedoucích k celkovému myšlenkovému posunu ve společnosti. K plnému pochopení mé práce je ale potřeba mít základní znalosti o daném úseku historie USA. Vyhýbal jsem se knihám popisujícím nějaké celé velké odvětví nebo oblast. Tyto publikace většinou obsahují mnoho technických dat, ale jen velmi málo vypovídají o samotném vývoji a zaměřují se často jen na aktuální stav.

Výše uvedená kniha „Introduction to the Theory of Flow Machines“ popisuje základní procesy a vztahy, které byly známy v roce 1966, kdy vyšla. Od obecných teoretických úvah, platných pro všechny stroje, postupuje k reálným aplikacím. Nastiňuje rovněž úskalí, s nimiž se potýkali vynálezci při navrhování a realizaci zařízení pracujících v prostoru s pohyblivými substancemi. Kniha je svědkem své doby, a přestože jsou některé technické poznatky již překonané, umožňuje vhled do mysli tehdejších konstruktérů. Pro čtenáře neznalé problematiky je napsána složitě, ale její historický přínos je významný pro pochopení tématu. Z tohoto důvodu jsem informace v ní obsažené bral pouze jako základní zdroj pro dohledání a porovnání s jinými prameny.

V části věnované biopalivům jsem čerpal z díla „Authors of Plant Names,“ v níž jsem vyhledával vědce, kteří se zabývali zkoumáním rostlin použitelných jako biopalivo nebo složky biopaliva. Kniha je pouhým výčtem autorů a pro svou práci jsem tak použil pouze několik málo údajů. Pro technické účely spojené s biopalivy se totiž zkoumal jen omezený počet druhů rostlin, u nichž existoval předpoklad, že by se z nich tyto zdroje daly získat.

Pro porovnání historického vývoje fosilních paliv ve Spojených státech jsem použil publikaci „Energy and Environment in the United States,“ v níž je popsáno, jakým způsobem ovlivnily fosilní zdroje směřování Spojených států, včetně environmentálních problémů, které to zároveň přineslo. Toto dílo je zajímavé celkovým pohledem na tehdejší populaci i průmysl

a vysvětluje, jak využívání fosilních paliv zasáhlo do různých složek života lidí. Je ovšem poněkud složitěji napsáno.

Velmi obsáhlá kniha mapující využití větrné energie ve Spojených státech „Wind Energy in America: A History“ se zabývá celkovým vývojem využití větrných elektráren od venkovské elektrifikace po větrné farmy. Velmi dobře popisuje toto období i po technické stránce. Jejím přínosem je například výhled do budoucích trendů nebo prostor, který dává odpůrcům této technologie.

Studentům amerických vysokých škol zabývajícím se obnovitelnými zdroji je často doporučována kniha „Renewable and Alternative Energy Resources: A Reference Handbook,“ poskytující přehled obnovitelných technologií a alternativních zdrojů, včetně jejich porovnání a ekonomického potenciálu. Obsahuje jasné odpovědi na palčivé otázky a je velmi čtivá. Z toho, jak je napsána, lze poznat, že je primárně určena pro americké čtenáře. Velkým bonusem této publikace je chronologické vymezení vývoje techniky i politiky v oblasti obnovitelných zdrojů. Jejimi autory jsou Zachary Smith, profesor na Northern Arizona University a Katrina Taylor, studentka postgraduálního studia environmentalistiky.

Cílem práce bylo i zmapování vlivu obnovitelných zdrojů na společnost a rovněž, jaké vedlejší výsledky jejich výzkum a zavádění do praxe přinesly. V kapitole o solární energii jsem se snažil popsat chronologii výzkumu i vliv na společnost. Díky praktické realizaci PN přechodu se podařilo vytvořit nejen první tranzistor ale také fotovoltaický panel, umožňující přenášet pomocí družic rychle zprávy po celém světě, což v důsledku vedlo ke globalizované společnosti. Z hlediska fototermických aplikací se jedná o projekt Solar One, produkující levnou a životní prostředí neznečišťující energii.

Instalace stovek větrných elektráren se stala pro společnost jedním ze symbolů boje proti znečištění planety. Zároveň došlo k pokroku ve výzkumu aerodynamiky, která umožnila zefektivnit automobilovou, leteckou a kosmickou technologii. Tvary automobilů se začaly zaoblovat a tento trend se později promítl i do dalších odvětví estetického designu a užitého umění, včetně architektury.

Vodní energie vstoupila do života lidí především skrze velké vodní projekty. Na území Spojených států, které má vydatné vodní zdroje často velké nádrže přetvářely krajinu za účelem výroby nebo akumulace elektrické energie. Americké velké vodní elektrárny dokázaly stabilizovat energetické výkyvy v elektrické síti a sehrály důležitou úlohu v rozvoji mnoha hospodářských projektů, například v době II. světové války. Přetvořením krajiny kvůli vodním elektrárnám se podařilo zamezit hospodářským ztrátám, díky schopnosti akumulovat vodu a přerozdělovat ji v době potřeby. Na druhou stranu to často znamenalo zábor půdy původním obyvatelům a vedlo k různým environmentálním problémům.

Geotermální energie poskytuje za pomoci tepelných čerpadel účinný zdroj vytápění objektů a přispěla ke změnám v konstrukci většiny nových budov. Využívání geotermálních zdrojů podnítilo zkoumání mnohdy neprobádaných míst v krajině nebo využití nepoužívaných brownfieldů (starých průmyslových objektů) k novému využití. Zdroje geotermální energie také většinou vytvořily nová pracovní místa.

Co se týče dopravy, přidávání biosložky do paliva se začalo realizovat až v nedávné době, přestože úspěšné pokusy proběhly již v prvních letech rozvoje automobilismu. Ovšem vliv nadnárodních společností, které své zisky založily na těžbě ropy, další výzkum v této oblasti na delší dobu pozastavil. Současné trendy vycházejí často právě z poznatků učiněných již dříve.

V kapitole o jaderné energetice pro mě bylo překvapujícím zjištěním, že výzkum jaderné fúze započal dříve, než jsem předpokládal. Jaderná technologie, která dnes slouží, stojí na relativně starých základech, protože se předpokládalo, že ji nahradí právě fúze. I další využití jaderných technologií (pokud pomineme zbraně a energetiku), jako jsou různé léčebné metody, ovlivňují naše životy. Jejich fungování je ale odvozeno ze základních principů objevených už na počátku zkoumání radioaktivity.

Poslední kapitola se ve stručnosti zabývá projektem Atlantropa. Nerealizovaný super kontinent dodnes slouží jako teoretický příklad pro zkoumání různých environmentálních problémů. Ve své době vedl ke zkoumání toků evropských řek a nastínil mnoho nezodpovězených otázek. Po válce se o tento projekt zajímaly také Spojené státy a občas se někdo teoreticky k projektu vrátí.

Obnovitelné zdroje jako celek pronikly do mnoha, nejen hospodářských, odvětví Spojených států a jejich vývoj tvoří zajímavý doplněk ke známým dějinám. Pronikly i do sféry studené války, kde vědci hledali všechny možnosti k získání výhody nad soupeřem, bez ohledu na to, kolik výzkum stojí nebo jestli bude mít reálné výsledky. V dnešní době zájem o ně neustále roste, nejen z ekonomického hlediska, ale rovněž proto, že si lidstvo stále naléhavěji uvědomuje, že naši planetu nelze chápat jako nevyčerpatelný zdroj.

Seznam pramenů a literatury

Prameny

"Mr. Brush's Windmill Dynamo": SCIENTIFIC AMERICAN [online]. Springer Nature, 1980 [cit. 2019-11-24]. Dostupné z: <https://www.scientificamerican.com/magazine/sa/1890/12-20/>

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES ET BELLES. Histoire De L'académie Royale Des Sciences Et Des Belles Lettres De Berlin: Avec Les Mémoires Pour La Même Année, Tirez Des Registres De Cette Académie, Volume. Nabu Press, [cit. 16.9.2019]. 2011. [online] ISBN 978-1246679137.

Dostupné z:

https://books.google.cz/books?id=60EAAAAQAAJ&pg=PA185&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

American Journal of Archaeology: Lenses in Antiquity [online]. 1987 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z:

https://www.jstor.org/stable/505216?origin=crossref&seq=1#page_scan_tab_contents

ATOMIC ENERGY ACT OF 1946: (Public Law 585, 79'h Congress) [online]. 1946 [cit. 20.9.2019].

Dostupné z: <https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/atomicenergyact1946.pdf>

BECQUEREL, Edmond. Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires [online]. 1839 [cit. 13.9.2019]. Dostupné z:

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2968p/f561.image>

BECQUEREL, Henri. Tout sur les unités de mesure. Biographie: [online]. Henri Antoin

Becquerel(1852– 1908)[cit. 13.9.2019]. Dostupné:

<https://www.uni-flensburg.de/fileadmin/content/projekte/satm/biografien/biografien-frz/bequerel-biografie-fr.pdf>

CARTER, Jimmy. The President's Proposed Energy Policy: U.S President Jimmy Carter delivered this televised speech on April 18, 1977. Alternative Energy [online]. 1977 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z:

https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/Carter%27s_Speech.pdf

DE MONTGOLFIER, J.M. *Journal des Mines*, 13 (73) [PDF].[online] 1803.[cit. 16.9.2019]. S. 42–51.

Dostupné z: <http://Annales.ensmp.fr/articles/1802-1803-1/32-38.pdf>

EINSTEIN, Albert. Concerning an Heuristic Point of View Toward the Emission and Transformation of Light. Alternative Energy [online]. 1905 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z:

https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/einstein_photoelectric_paper1.pdf

EINSTEIN, Albert. Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. Universität Wien [online]. 1905 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z:

<http://www.zbp.univie.ac.at/dokumente/einstein1.pdf>

HERTZ, Heinrich Rudolf. Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die electrische Entladung. Online Library [online]. 1887 [cit. 13.9.2019]. Dostupné z:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/andp.18872670827>

MELOSI, Martin. Energy and Environment in the United States: The Era of Fossil Fuels. Oxford University Press, 1987. Dostupné z: <https://academic.oup.com/envihistrevi/article-abstract/11/3/167/499977?redirectedFrom=fulltext>

OLIPHANT, Mark a Lord RUTHERFORD. Experiments on the Transmutation of Elements by Protons. 1933. ISBN 978-0959416404 Dostupné z: https://www.jstor.org/stable/96218?seq=1#page_scan_tab_contents

PETR, Jan. OPTIMALIZACE A INOVACE VE VYTÁPĚNÍ POMOCÍ TEPELNÝCH ČERPADEL: OPTIMIZATION AND INNOVATION OF HEATING BY THERMAL PUMPS. Vysoké technické učení v Popular Science: Červenec 1933 [online]. 1933 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=AygDAAAAMBAJ&pg=PA44&lpg=PA44&dq=Bid+dam+to+water+sahara&source=bl&ots=47NDzSGeu8&sig=ACfU3U1VdJiTokckHt0yN7cnDk4qmh_z5Q&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwjZ4diY7uHkAhUIQUEAHSYBBVEQ6AEwH3oECAgQAQ#v=onepage&q=Bid%20dam%20to%20water%20sahara&f=false

ROSA, R. J. MAGNETOHYDRODYNAMICS APPLIED TO AEROSPACE AND DEEP SPACE PROPULSION. Wiley Online Library [online]. 1966 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1749-6632.1966.tb50972.x>

STANDARD OIL COMPANY MUST DISSOLVE IN 6 MONTHS; ONLY UNREASONABLE RESTRAINT OF TRADE FORBIDDEN; And of Such Unreasonable Restraint the Supreme Court Finds the Standard Guilty.: Special to The New York Times. [online]. 1911 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/1911/05/16/archives/standard-oil-company-must-dissolve-in-6-months-only-unreasonable.html>

TESLA, Nikola. Turbine Patent: US1061206A. Google Patents [online]. 1913 2018 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US1061206>

THIRD SYMPOSIUM ON THE CERRO PRIETO GEOTHERMAL FIELD, BAJA CALIFORNIA, MEXICO: United States Department of Energy, Office of Renewable Technology Geothermal and Hydropower Technology Division in Cooperation with Comisidn Federal de Electricidad de Me'xico [online]. San Francisco, California, 1981 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/geysers.pdf>

VERANZIO, Fausto. Machinae novae Favsti Verantii sicensi 1595. Facsimile Publisher WOODS, Rufus. The 23-Years' Battle for Grand Coulee Dam. Wenatchee Daily World, 1944. [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://digitalcollections.lib.washington.edu/digital/collection/grandcoulee/id/374>

Literatura

BEAUBOUF, Bruce. The Strategic Petroleum Reserve: U.S. Energy Security and Oil Politics, 1975-2005 (Kenneth E. Montague Series in Oil and Business History). Texas A&M University Press, 2007. ISBN 978-1585446001.

BERTON, Pierre. Niagara: A History of the Falls. Excelsior Editions, 2009. ISBN 978-1438429281.

BRAAMS, C.M. a P.E. SCOTT. Nuclear Fusion. CRC Press, 2002. ISBN 978-0750307055

CLARK, Robert a Detlev REITER. Nuclear Fusion Research: Understanding Plasma-Surface Interactions (Springer Series in Chemical Physics). Springer, 2005. ISBN 978-3540230380.

COCKBURN, Stewart. Oliphant: The Life and Times of Sir Mark Oliphant. Axiom Books, 1981. ISBN 978-0959416404.

FRANCIS, James. Prevention of Floods in the Valley of Stony Brook: A Report by a Commission. Forgotten Books, 2019. ISBN 978-0656015870.

GINGERY, Vincent. Building the Tesla Turbine. David J. Gingery Publishing, 2004. ISBN 978-1878087294

GIPE, Paul. Wind Energy for the Rest of Us: A Comprehensive Guide to Wind Power and How to Use It. wind-works.org, 2016. ISBN 978-0997451818.

GITTELMAN, Steven. Willie K. Vanderbilt II: A Biography. McFarland & Company, 2010. [cit. 19.9.2019]. ISBN 978-0786447770.

GLASSLEY, William. Geothermal Energy: Renewable Energy and the Environment. CRC Press, 2010. ISBN 9781482221749.

HAU, Erich. a Horst. Renouard. Wind turbines: fundamentals, technologies, application, economics. 2nd New York: Springer, 2006. ISBN 3-540-24240-6.

HEADLEY, Phineas. The Miner Boy and His Monitor; Or, the Career and Achievements of John Ericsson, the Engineer. HardPress Publishing, 2012. ISBN 978-1290289726.

HEINBERG, Richard. The Party's Over: Oil, War and the Fate of Industrial Societies. New Society Publishers, 2005. ISBN 978-0865715295.

HILL, Mary. Hot Springs National Park. Arcadia Publishing, 2014. ISBN 978-1467112857.

HOLBROOK, Stewart. The Columbia. Northwest Corner Books, 2017. ISBN 978-1941890080.

HRKAL, Zbyněk. Voda: včera, dnes a zítra. Praha: Mladá fronta, 2018. ISBN 9788020449894.

KOŠŤÁL, J.: Elektřina z měsíce. Elektro, 2007 č. 10.

KOUTNÝ, Jaroslav a Ivo VLK. Elektronika I učebnice. VYTVOŘENO V RÁMCI PROJEKTU: DIGITÁLNÍ ŠKOLA: ICT VE VÝUCE TECHNICKÝCH PŘEDMĚTŮ, REG. Č. CZ.1.07/1.1.04/01.0137, Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola elektrotechnická, Olomouc 2009

LAWSON, Michael. Dammed Indians: The Pick-Sloan Plan and the Missouri River Sioux, 1944-1980. Univ of Oklahoma Pr, 1994. ISBN 978-0806126722.

LOWITT, Richard. The New Deal and the West. University of Oklahoma Press, 1993. ISBN 978-0806125572.

MATUŠKA, Tomáš. Solární zařízení v příkladech. Praha: Grada, 2013. Stavitel. ISBN 978-80-247-3525-2.

MCCARTHY, Tom. Auto Mania: Cars, Consumers, and the Environment. Yale University Press, 2007. ISBN 978-0300110388.

MCCRACKEN, Garry. a Peter STOTT. Fusion: the energy of the universe. Burlington, MA: Elsevier Academic Press, 2005. ISBN 978-0124818514.

MELOSI, Martin. Energy and Environment in the United States: The Era of Fossil Fuels. Oxford University Press, 1987. ISBN 978-0865715295.

MEYER, Roy. The Village Indians of the Upper Missouri: The Mandans, Hidatsas, and Arikaras. University of North Carolina Press, 1977. ISBN 978-0803209138.

PERLIN, John. From Space to Earth: The Story of Solar Electricity. Harvard: Harvard University Press, 2002. ISBN 978-0674010130. [cit. 13.9.2019]. Dostupné z: <https://archive.org/details/FromSpaceToEarth-TheStoryOfSolarElectricity/page/n13>

PERLIN, John. Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy. New World Library, 2013. ISBN 978-1608681327.

PETIT, Randy a Turner COLLINS. Heat Pumps: Operation, Installation, Service. Esco Press, 2011. ISBN 978-1930044296.

PITZER, Paul. Grand Coulee: Harnessing a Dream. Washington State Univ, 1994. ISBN 978-0874221107

PORTEOUS, Colin. Solar Architecture in Cool Climates. London: Routledge, 2005. ISBN 978184977258.

QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel. [cit. 14.9.2019]. ISBN 978-80-247-3250-3.

RABINOVICH, Abraham. The Yom Kippur War: The Epic Encounter That Transformed the Middle East. Schocken, 2005. ISBN 978-0805211245.

REISNER, Marc. Cadillac Desert: The American West and Its Disappearing Water, Revised Edition. Penguin Books, 1993. ISBN 978-0140178241.

RIGHTER, Robert. Windfall: Wind Energy in America Today. Oklahoma: University of Oklahoma Press, 2011. ISBN 978-0806141923.

ŘÍPA, Milan. Řízená termojaderná fúze pro každého - 4U. 4., rozš. a čísl. vyd. Praha [i.e. Ostrava]: Vítkovice - výzkum a vývoj - technické aplikace, 2013. Svět energie. ISBN 978-80-260-4785-8.

SMIL, Vaclav. Globální katastrofy a trendy: příštích padesát let. Přeložil Pavel KAAS. Praha: Kniha Zlin, 2017. Tema (Kniha Zlin). ISBN 978-80-7473-528-8.

SMIL, Vaclav. Ropa: průvodce pro začátečníky. Přeložil Pavel KAAS. Praha: Kniha Zlin, 2018. Tema (Kniha Zlin). ISBN 978-80-7473-703-9.

SMIL, Vaclav. Ropa: průvodce pro začátečníky. Přeložil Pavel KAAS. Praha: Kniha Zlin, 2018. Tema (Kniha Zlin). ISBN 978-80-7473-703-9.

SMITH, Zachary a Katrina TAYLOR. Renewable and Alternative Energy Resources: A Reference Handbook. ABC-CLIO,[online] 2008. ISBN 978-1598840896.[cit. 14.9.2019]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=OIa-fN3Bd4QC&pg=PA155&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

STUDENÍK, Jiří a Michal SVITAVSKÝ. Energie větru, vody, biomasy. Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz, 2016. ISBN 978-80-88058-08-3.

STUDENÍK, Jiří a Michal SVITAVSKÝ. Energie větru, vody, biomasy. Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz, 2016. [cit. 17.9.2019]. ISBN 978-80-88058-08-3.

THOMPSON, Jim. Tellico Dam and the Snail Darter. Spectrum Communications, 1991. ISBN 978-1879018037.

TOKATY, Grigori. A History and Philosophy of Fluid Mechanics. Dover Publications, 1994. ISBN 978-0486681030.

Velká kniha o energii. Praha: L.A. Consulting Agency, 2001. ISBN 80-238-6578-1.

WALKER, Fred. Ships and Shipbuilders: Pioneers of Design and Construction. Seaforth Publishing, 2010. ISBN B00KTI0T4K.

WILLIAMS, James. Energy and the Making of Modern California (Technology and the Environment). Univ of Akron, 1997. ISBN 978-1884836152.

WYATT, Alan. Electric Power Challgs Choices. University of Toronto Press. ISBN 978-0920650011.

ZOHURI, Bahman. Hydrogen Energy: Challenges and Solutions for a Cleaner Future: Edison demolishes Daggett solar tower. Springer, 2018.

Internetové zdroje

A Brief History of US Fuel Efficiency Standards: Where we are and where we're going [online]. 2017 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/fuel-efficiency/fuel-economy-basics.html>

A History of Geothermal Energy in America [online]. [cit. 2019-09-19]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/eere/geothermal/history-geothermal-energy-america>

Argonne's Major Nuclear Energy Milestones: NUCLEAR SCIENCE AND ENGINEERING DIVISION [online]. 2009 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.anl.gov/nse/argonnes-major-nuclear-energy-milestones>

Atlantropa - sen o novém světadílu: Životní touhou architekta Hermanna Soergla bylo změnit tvář naší planety. Německý dokument [online]. 2006 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10095284573-atlantropa-sen-o-novem-svetadilu/20738253663/>

Average annual OPEC crude oil price from 1960 to 2019 (in U.S. dollars per barrel) [online]. 2019 [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/262858/change-in-opec-crude-oil-prices-since-1960/>

BAKER, Timothy. Experiments in DC/AC Circuits with Concepts. CENGAGE Delmar Learning, 1980. ISBN 978-0766840355. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=8nkLfkaM84IC&printsec=frontcover&dq=DC/AC&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwirlZn8i8zaAhWPZFAXHXuyA6kQ6AEIKDAA#v=onepage&q=DC%2FAC&f=false>

BECHNÍK, Bronislav. Historie a perspektivy OZE - fotovoltaika, technologie krystalického křemíku. TZB-info: Nejnavštěvovanější odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov [online]. 2009 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5470-historie-a-perspektivy-oze-fotovoltaika-technologie-krystalickeho-kremiku>

BECHNÍK, Bronislav. Příprava teplé vody – fotovoltaika nebo solární tepelné kolektory?. TZB-info: Nejnavštěvovanější odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov [online]. 2013 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/10475-solarni-termicke-systemy-slepa-vyvojova-vetev>

BELLIS, Mary. The History of Freon. Trought [online]. 2019 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/history-of-freon-4072212>

BERKETA, Rick. Niagara Falls: History of Power [online]. 2018 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <http://www.niagarafontier.com/power.html>

BERKETA, Rick. SCHOELLKOPF POWER STATION DISASTER: a history [online]. 2008 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <http://www.niagarafontier.com/schoellkopf.html>

BETZ, Albert. Introduction to the Theory of Flow Machines 1966. Pergamon, 2014. S. 193.197. Billion rouble plans for Russian tidal power plant [online]. 2009 [cit. 19.10.2019]. Dostupné z: <https://barentsobserver.com/en/node/20087>

BOSCHI, Marcel a John TAYLOR. GRINNELL Dynasty: THE EARLY HISTORY OF GRINNELL CORPORATION AND THE FIRE SPRINKLER INDUSTRY [online]. 2017 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/turbine>

Brief History: Organization of the Petroleum Exporting Countries [online]. [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/24.htm

PETR, Jan. OPTIMALIZACE A INOVACE VE VYTÁPĚNÍ POMOCÍ TEPELNÝCH ČERPADEL: OPTIMIZATION AND INNOVATION OF HEATING BY THERMAL PUMPS. Vysoké technické učení v Brně [online]. Brno, 2018 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=175134

BUDÍN, Jan. Přečerpávací vodní elektrárna - princip a uspořádání [online]. 2015 [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/typy-elektraren/precerpavaci-vodni-elektrarna-princip-usporadani-2/>

COOKE, Alistair. Alistair Cook's America. Knopf, 1973. ISBN 9780394487267
COUSTEAU'S TURBOSAIL [online]. The Cousteau Society., 2017 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://www.cousteau.org/legacy/technology/turbosail/>

DOWNARD, Kevin. The Encyclopedia of Mass Spectrometry: Francis William Aston [online]. 2015 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081003794000484?via%3Dihub>

EDRA: Mise, hodnota, historie [online]. [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://www.edra.org/page/missionvaluehistory>

ELEKTRÁRNY S MHD GENERÁTOREM [online]. 1999 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/MHD_el.html

End of an era on the Niagara Frontier, Part I: 25-Hz At Niagara Falls [online]. 2012 2018 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20120916114057/http://www.ieee.org/organizations/pes/public/2008/jan/peshistory.html>

ENTLER, Slavomír. Elektřina z fúze (I). TZB-info [online]. 2013 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/10011-elektrina-z-fuze-i>

FENNER, Kevin. History of Ethanol used as a Fuel in Internal Combustion Engines. Pacific Biodiesel [online]. 2007 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: http://www.energyresourcefulness.org/Fuels/ethanol_fuels/history_of_ethanol.html

Four Solaire Développement [online]. [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://www.mont-louis.net/english/heritage/solar-furnace/>

FREI, Martin. Vodíkový pohon automobilů: Nechceme lithium, chceme vodík. Auto [online]. 2018 [cit. 19.10.2019]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/vodikovy-pohon-automobilu-nehceme-lithium-chceme-vodik-121182>

FREQUENTLY ASKED QUESTIONS: When will ITER be operational? [online]. 2007 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: https://www.iter.org/faq#When_will_ITER_be_operational

GARRISON POWER PLANT [online]. 2011 [cit. 20.11.2019]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20110601000637/http://www.nwo.usace.army.mil/html/Lake_Proj/brochures/GarrisonD_PP.pdf

Geothermal explained: Where geothermal energy is found [online]. 2008 [cit. 2019-09-18]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/where-geothermal-energy-is-found.php>

Geothermal Heat Pump Basics: National Renewable Energy Laboratory (NREL) [online]. 2018 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nrel.gov/research/re-geo-heat-pumps.html>

GOODSTEIN, David. In Defense of Robert Andrews Millikan. CaltechAUTHORS [online]. ENGINEERING & SCIENCE N O . 4 , 2000 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <http://calteches.library.caltech.edu/4014/1/Millikan.pdf>

GOVAERTS, Lotte. Garrison Dam. History [online]. 2017 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: https://nmnh.typepad.com/rogers_archaeology_lab/2017/10/garrison-dam.html

Grand Coulee Dam: History and purpose [online]. 2016 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nwcouncil.org/reports/columbia-river-history/grandcouleehistory>.

HAGEDORN, Luke. Origins of Wind Power: Mr. Brush's Windmill Dynamo: (1839–1906). Renewable Energy Law Insider [online]. 2011 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://www.renewableenergylawinsider.com/2011/07/28/origins-of-wind-power-mr-brushs-windmill-dynamo/>

Historical Perspective on MHD. CO2-Global: THE ZERO EMISSIONS COMPANY [online]. 2010 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <http://www.co2.no/default.asp?UID=185&CID=183>

HISTORY OF BIODIESEL FUEL. Pacific Biodiesel [online]. [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.biodiesel.com/biodiesel/history/>

History Of Solar Two [online]. University of California at Davis, 2009 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20090810073406/http://ucdcms.ucdavis.edu/solar2/history.php>
History of the U.S. Natural Gas Industry [online]. [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.directenergy.com/learning-center/energy-choice/history-of-natural-gas-industry>

Hoover Dam [online]. History.com Editors, 2010 [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <https://www.history.com/topics/great-depression/hoover-dam>

HOOVER DAM: A project for the ages [online]. 2018 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://www.bechtel.com/projects/hoover-dam/>

HORKÝ, Jiljí. REGULACE TURBÍN MALÝCH VODNÍCH ELEKTRÁREN [online]. Brno, 2019 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=192397

CHERNYSHEV, Vyacheslav. International Co-operation in MHD Electrical Power Generation. International Atomic Energy Agency [online]. Vienna [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.iaea.org/sites/default/files/20104984253.pdf>

CHODOS, Alan. April 25, 1954: Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell. AMERICAN PHYSICAL SOCIETY: Published by the American Physical Society [online]. 2009 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <http://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physics/history.cfm>

JACKSON, William a Ralph STROHL. Magnetohydrodynamic power generator. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA [online]. [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/magnetohydrodynamic-power-generator#ref155290>

JANDORA, Radek. Elektromagnetická indukce. Radek Jandora sweb [online]. 2000 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <http://radek.jandora.sweb.cz/f16.htm>

JEPPESEN, Matthew. Solar power in space: 60th anniversary of Vanguard 1. Renew Economy: Clean Energy News and Analysis [online]. 2018 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://reneweconomy.com.au/solar-power-in-space-60th-anniversary-of-vanguard-1-41568/>

KABEŠ, Karel. Využití energie mořských vln pro výrobu elektřiny [online]. 2015 [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/vyuziti-energie-morskych-vln-pro-vyrobu-elektriny--11591>

KAGEL, Alyssa, Diana BATES a Karl GAWELL. A Guide to Geothermal Energy and the Environment [online]. 2007 [cit. 2019-09-18]. Dostupné z: <http://www.charleswmoore.org/pdf/Environmental%20Guide.pdf>

KLEČKA, Jiří. VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA SE SAVONIOVÝM ROTOREM PRO VÝROBU ELEKTRICKÉ ENERGIE: Diplomová práce. 2009 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: http://www.ueen.feec.vutbr.cz/images/Veda_a_vyzkum/Produkty/Model_Savonius_turbine/Savonus.pdf

KNIER, Gil. How do Photovoltaics Work?. NASA: Share to Science [online]. 2008 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells/>

KOLÁŘ, Jan a Jan KOTEK. Jak freony likvidují ozonovou vrstvu?. Přírodovědci [online]. 2016 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/1469>

KORONOWSKI, Ryan. The Inside Story Of The World's Biggest 'Battery' And The Future Of Renewable Energy. History [online]. 2013 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://thinkprogress.org/the-inside-story-of-the-worlds-biggest-battery-and-the-future-of-renewable-energy-8984e81283c/>

KOVARIK, Bill. Henry Ford, Charles Kettering and the Fuel of the Future. Environmental History [online]. 1998 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <http://www.environmentalhistory.org/billkovarik/about-bk/research/henry-ford-charles-kettering-and-the-fuel-of-the-future/>

KOVARIK, Bill. Henry Ford, Charles Kettering and the Fuel of the Future. Environmental History [online]. 1998 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <http://www.environmentalhistory.org/billkovarik/about-bk/research/henry-ford-charles-kettering-and-the-fuel-of-the-future/>

KOZLERA, David. DĚJINY MLYNÁŘSKÉHO ŘEMESLA. Elektroskanzen Čechův Mlýn [online]. [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <http://www.elektroskanzen-slovace.cz/dejiny-mlynarskeho-remesla/>

KUBISZEWSKI, Ida. Geothermal Steam Act of 1970, [online]. United States [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://legcounsel.house.gov/Comps/Geothermal%20Steam%20Act%20Of%201970.pdf>

KUBISZEWSKI, Ida. Trans-Alaska Pipeline Authorization Act of 1973. Alternative Energy [online]. 1973 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/Alaska_Pipeline_Act.pdf

KULKE, Ulli. Trockenlegen des Mittelmeers brächte den Frieden. Welt [online]. 2013 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.welt.de/geschichte/article120890068/Trockenlegen-des-Mittelmeers-braechte-den-Frieden.html>

KUŽEL, Martin. Plán jménem Atlantropa: Evropa měla být spojena s Afrikou!. Epocha Plus [online]. 2015 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://epochaplus.cz/plan-jmenem-atlantropa-evropa-mela-byt-spojena-s-afrikou/>

La Rance Barrage. Wyre Tidal energy [online]. 2015 [cit. 2019-09-18]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20150204062904/http://www.wyretidalenergy.com/tidal-barrage/la-rance-barrage>

LAIKA, Viktor. Bankiho turbína. Abeceda malých vodních pohonů [online]. 2009 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/banki.htm>

LAIKA, Viktor. Kaplanova S-turbína. Abeceda malých vodních pohonů [online]. 2009 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/pretlakoveturbiny/kaplan-s.htm>

LAIKA, Viktor. Korečnick na horní vodu. Abeceda malých vodních pohonů [online]. 2009 2018 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/pelton.htm>

LAIKA, Viktor. Korečnick na horní vodu. Abeceda malých vodních pohonů [online]. 2009 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/vodnikolaHD/korecnikHD.htm>

LANDIS, Fred a Roland BUDENHOLZER. Turbine [online]. [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/turbine>

LEYMAN F. A practical hero, Mechanical Engineering, Magazine, [online] 2004. [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20070619110441/http://www.memagazine.org/backissues/membersonly/f eb04/features/prachero/prachero.html>

LUND, John. 100 YEARS OF GEOTHERMAL POWER PRODUCTION: Geo-Heat Center. CiteSeerX: The Pennsylvania State University [online]. 2004 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.405.203&rep=rep1&type=pdf>

LUND, John. 100 YEARS OF GEOTHERMAL POWER PRODUCTION: Geo-Heat Center. CiteSeerX: The Pennsylvania State University [online]. 2004 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.405.203&rep=rep1&type=pdf>

LUND, John. Geothermal energy. Britannica [online]. [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/geothermal-energy#ref1135649>

MAISONER D. et al., Power plant conceptual studies in Europe, Nucl. Fusion [online]. 2007 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0029-5515/47/11/014/meta>

MAUCH, Felix. Atlantropa – Endless Energy from the Mediterranean Sea. Enviromantal a Society Portal [online]. 2012 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <http://www.environmentandsociety.org/arcadia/atlantropa-endless-energy-mediterranean-sea>

MENON, R.V. Technology And Society. Pearson Education India, 2010. ISBN 978-8131756416. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=jxkpXtyDk-4C&pg=PA67&lpg=PA67&dq=Jacques+Besson+turbine&source=bl&ots=c5qcqEWb6z&sig=ACfU3U2otqvNPUO2TuxXsFo7Yh6OhDtTFQ&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwiWnZvThpbgAhVRz4UKHVu4ArMQ6AEwCnoECAUQAQ#v=onepage&q=Jacques%20Besson%20turbine&f=false>

MÍKA, Robert. Přilivová elektrárna ve Francii vyrábí stejně jako Dlouhé Stráně. Envi web: zpravodajství životního prostředí již od roku 1999 [online]. 2016 [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/107202>

MILLIKAN, Robert Andrews. A Direct Photoelectric Determination of Planck's "h". PHYSICAL REVIEW JOURNALS: Published by the American Physical Society [online]. 1916 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.7.355>

MILLIKAN, Robert Andrews. Einsteins Photoelectric Equation and Contact Electromotive Force. CaltechAUTHORS [online]. University of Chickago Ryerson Physical Laboratory, 1915 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <http://authors.library.caltech.edu/43236/1/MILpr16a.pdf>

MORAVEC, Jan. Polovodiče: Fotovoltaický jev a parametry fotovoltaického článku [online]. 2017 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/polovodice-fotovoltaicky-jev-parametry-fotovoltaickeho-clanku>

MORRIS, David. West Wing's Ethanol Problem. Renewable Energy World [online]. 2005 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.renewableenergyworld.com/2005/02/07/west-wings-ethanol-problem-22062/#gref>

National Register of Historic Places Registration Form [online]. 2013 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nps.gov/nr/feature/places/pdfs/13000029.pdf>

National Renewable Energy Laboratory (NREL) Biography [online]. [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://alternativeenergy.procon.org/view.source.php?sourceID=008536>,
<https://alternativeenergy.procon.org/view.answers.php?questionID=001272#answer-id-011861>

Newsflash: solar power costs are falling below fossil fuels [online]. 2012 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <http://theconversation.com/newsflash-solar-power-costs-are-falling-below-fossil-fuels-7215>
NIX, ELIZABETH. 7 Things You Might Not Know About the Hoover Dam. History [online]. 2018 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://www.history.com/news/7-things-you-might-not-know-about-the-hoover-dam>

Nuclear Test Film - Operation Greenhouse: Department of Energy [online]. 1951 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://archive.org/details/gov.doe.0800009>

Odeillo solar furnace [online]. 2018 [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Odeillo_solar_furnace

PANETH, Fritz a Kurt PETERS. Über die Verwandlung von Wasserstoff in Helium: Francis William Aston. Wiley Online Library [online]. 1926 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cber.19260590860>

PARRY, Nathan. History of Solar Cooking [online]. [cit. 19.10.2019]. Dostupné z: <http://www.solarcooker-at-cantinawest.com/solarcooking-history.html>

PERLIN, John. The Silicon Solar Cell Turns 50. The National Renewable Energy Laboratory [online]. National Center for Photovoltaics; the National Renewable Energy Laboratory produced this brochure as NREL Report No. BR-520-33947, 2004 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33947.pdf>

Powering the Future. NASA Glenn Contributions to the International Space Station (ISS) Electrical Power System. [online]. 2011 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/centers/glenn/about/fs06grc.html>

PRUTCHI, David. Medtronic's Atomic Pacemaker (early 1970's). Implantable device [online]. 2011 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <http://www.implantable-device.com/2011/12/24/medtronics-atomic-pacemaker-1970/>

PUBLIC LAW 95-87: Surface Mining Control and Reclamation Act of 1977. Alternative Energy [online]. 1977 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/Carter%27s_Speech.pdf

REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Hallův jev. Encyklopedie fyziky [online]. [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/294-halluv-jev>

RICHARDSON, Luke. The History of Solar Energy [online]. 2018 [cit. 23.11.2019]. Dostupné z: <https://news.energysage.com/the-history-and-invention-of-solar-panel-technology/>

Second Arab Oil Embargo, 1973-1974 [online]. U.S. Department of State, 2009 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://2001-2009.state.gov/r/pa/ho/time/dr/96057.htm>

SEIFERT, Jost. A review of the Magnus effect in aeronautics [online]. 2012 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://www.renewableenergyinsider.com/2011/07/28/origins-of-wind-power-mr-brushs-windmill-dynamo/>

SRDEČNÝ, Karel. Solární termické systémy – slepá vývojová větev?. TZB-info: Nejnavštěvovanější odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov [online]. 2013 [cit. 14.9.2019]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/10475-solarni-termicke-systemy-slepa-vyvojova-vetev>

STROHL, Ralph a William JACKSON. Magnetohydrodynamic power generator. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA [online]. [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/magnetohydrodynamic-power-generator>

STROHL, Ralph a William JACKSON. Magnetohydrodynamic power generator. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA [online]. [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/magnetohydrodynamic-power-generator>

SYTAŘOVÁ, Irena. Alternativní a obnovitelné zdroje elektrické energie. Jaderné elektrárny, jejich perspektivy a nové koncepce [online]. 2008 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: http://www.physics.muni.cz/~blazkova/dp/Alternativni_zdroje1.htm

SYTAŘOVÁ, Irena. Alternativní a obnovitelné zdroje elektrické energie. Jaderné elektrárny, jejich perspektivy a nové koncepce [online]. 2008 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: https://www.physics.muni.cz/~blazkova/dp/Alternativni_zdroje4.htm

SZYMKOWSKI, Sean. Alt-fuel history: Ford Model T wasn't designed for multiple fuels, really. Green Car Report [online]. 2017 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: https://www.greencarreports.com/news/1110170_alt-fuel-history-ford-model-t-wasnt-designed-for-multiple-fuels-really

ŠKÁPÍKOVÁ, Jitka, Helena PETÁKOVÁ a Dan MORAVEC. Turbína. Jejím otcem je francouzský inženýr Claude Bourdin. Na počátku 19. století tak nazval svůj rotační vodní motor. Český Rozhlas 2 [online]. 2014 [cit. 16.9.2019]. Dostupné z: <https://dvojka.rozhlas.cz/turbina-7548344>

Telling the Story of Tellico: It's Complicated [online]. [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <https://www.tva.gov/About-TVA/Our-History/Built-for-the-People/Telling-the-Story-of-Tellico-Its-Complicated>

TENNYSON, George. HOT DRY ROCK TECHNOLOGY. U.S. Department of Energy Office of Scientific and Technical Information [online]. [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.osti.gov/servlets/purl/838245>

THOMSON, George a Moses BLACKMAN. Improvements in or relating to gas discharge apparatus for producing thermonuclear reactions. European Patent Office [online]. 1946 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=GB&NR=817681&KC=&FT=E&locale=en_EP

TIME Magazine „Gas Fever: Happiness Is a Full Tank“ [online]. U.S. Department of State, 1974 [cit. 2019-09-20]. Dostupné z: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/53816349/gas-fever-happiness-full-tank>

TURNER, Sophie. History of Solar Energy. Solarenergybase [online]. 2012 [cit. 2019-11-23]. Dostupné z: <https://www.solarenergybase.com/history-of-solar-energy/>

U.S. Supreme Court: Standard Oil Co. of New Jersey v. United States, 221 U.S. 1 (1910) Standard Oil Co. of New Jersey v. United States Argued March 14, 15, 16, 1910 Restored to docket for reargument April 11, 1910 Reargued January 12, 13, 16, 17, 1911 Decided May 15, 1911 [online]. 1911 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: https://alternativeenergy.procon.org/sourcefiles/Standard_V_US.pdf

URSCHEL, Donna. Zygmunt Plater to Discuss His Book "The Snail Darter and the Dam," [online]. 2014 [cit. 18.9.2019]. Dostupné z: <https://www.loc.gov/item/prn-14-031/?locrl=rssloc>

WATTS, Anthony. Historical and present Total Solar Irradiance has been tinkered with again [online]. 2014 [cit. 13.9.2019]. Dostupné z: <https://wattsupwiththat.com/2014/02/10/historical-and-present-total-solar-irradiance-has-been-tinkered-with-again/>

VIDAL, Ricarda. Atlantropa: The colossal 1920s plan to dam the Mediterranean and create a supercontinent [online]. 2015 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <http://theconversation.com/atlantropa-the-colossal-1920s-plan-to-dam-the-mediterranean-and-create-a-supercontinent-47370>

VOBOŘIL, David. Geotermální energie. OEnergetice [online]. 2015 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/jake-jsou-moznosti-vyuziti-geotermalni-energie-cesku>

Vynálezce tepelného čerpadla se narodil v Novém Jičíně: Czech Klima [online]. 2017 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.czechklima.cz/novinky/vynalezce-tepelneho-cerpadla-se-narodil-v-novem-jicine>

Vznik tepelného čerpadla. Tc.blueteam.cz [online]. 2015 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <http://tc.blueteam.cz/historie-tepelneho-cerpadla.html>

WALKER, Samuel a Thomas WELLOCK. A Short History of Nuclear Regulation, 1946–2009. Solarenergybase [online]. 2010 [cit. 19-9-2019]. Dostupné z: <https://www.nrc.gov/docs/ML1029/ML102980443.pdf>

Well integrity in drilling and well operations [online]. 2004 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <https://www.standard.no/pagefiles/1315/d-010r3.pdf>

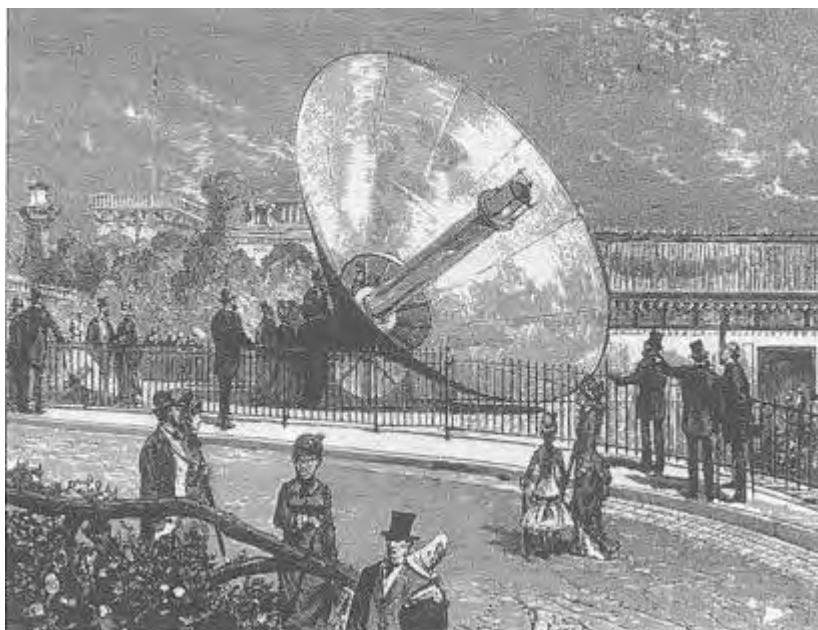
Well integrity in drilling and well operations [online]. 2013 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <http://naturalgas.org/regulation/history/>

WULFF, Alexia. A Brief History Of The Hoover Dam. The Culture Trip [online]. 2016 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://theculturetrip.com/north-america/usa/articles/a-brief-history-of-the-hoover-dam/>

Z historie tepelných čerpadel: Czech Klima [online]. 2017 [cit. 19.9.2019]. Dostupné z: <https://www.czechklima.cz/novinky/vynalezce-tepelneho-cerpadla-se-narodil-v-novem-jicine>

Obrazové přílohy

Příloha 1: Solární generátor 1878



Solární generátor demonstrující využití solární energie na Pařížské výstavě 1878
Universal Exhibition: Paris 1878 [online]. [cit. 6.12.2019]. Dostupné z:
https://www.wikiwand.com/en/Augustin_Mouchot

Příloha 2: Experimentální zařízení prof. Millikana („dílna ve vakuu“)

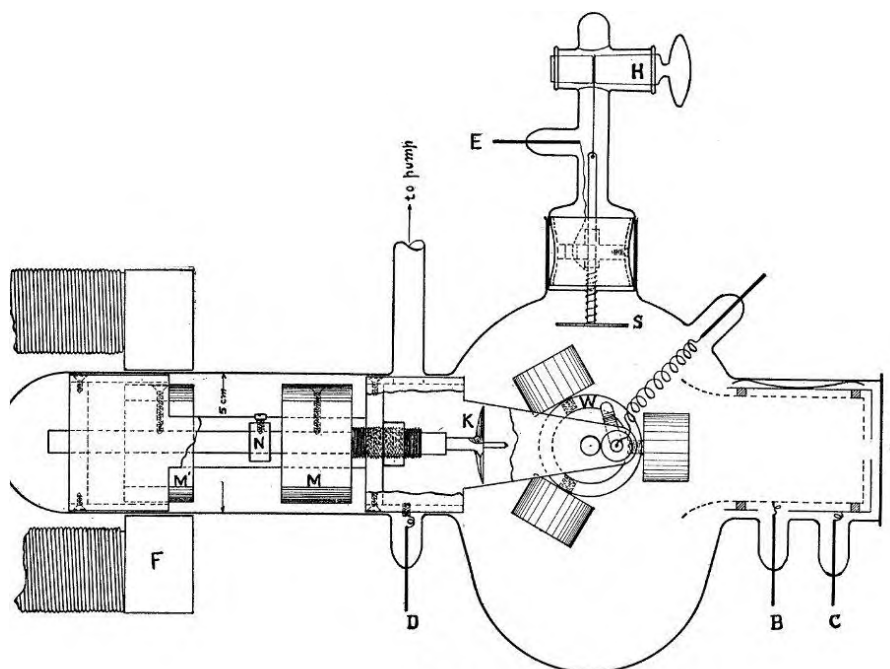


Fig. 2.

Zařízení, které mělo vyvrátit Einsteinovu teorii, ji nakonec potvrdilo.

BECHNÍK, Bronislav. Stručná historie fotovoltiky. In: Tzb info [online]. 2014 [cit. 6.12.2019].
Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltika/11652-strucna-historie-fotovoltiky>

Příloha 3: Russel Shoemaker Ohl



Americký inženýr, který vytvořil první moderní solární článek na bázi křemíku.

Russel Shoemaker Ohl [online]. [cit. 6.12.2019]. Dostupné z:

<https://apollotech1.weebly.com/the-history-of-solar-panels.html>

Příloha 4: Vanguard 1



První vesmírný satelit se solárními panely.

ČÍŽEK, Jakub. In: VTM [online]. 2018 [cit. 2019-12-06]. Dostupné z: Americký „sputnik“

Vanguard 1 oslavil 60 let ve vesmíru. Je to první satelit se solárními články Více na:

<https://vtm.zive.cz/clanky/americky-sputnik-vanguard-1-oslavil-60-let-ve-vesmiru-je-to-prvni-satelit-se-solarnimi-clanky/sc-870-a-192008/default.aspx>

Příloha 5: Cadillac DeVille 1970 cabrio

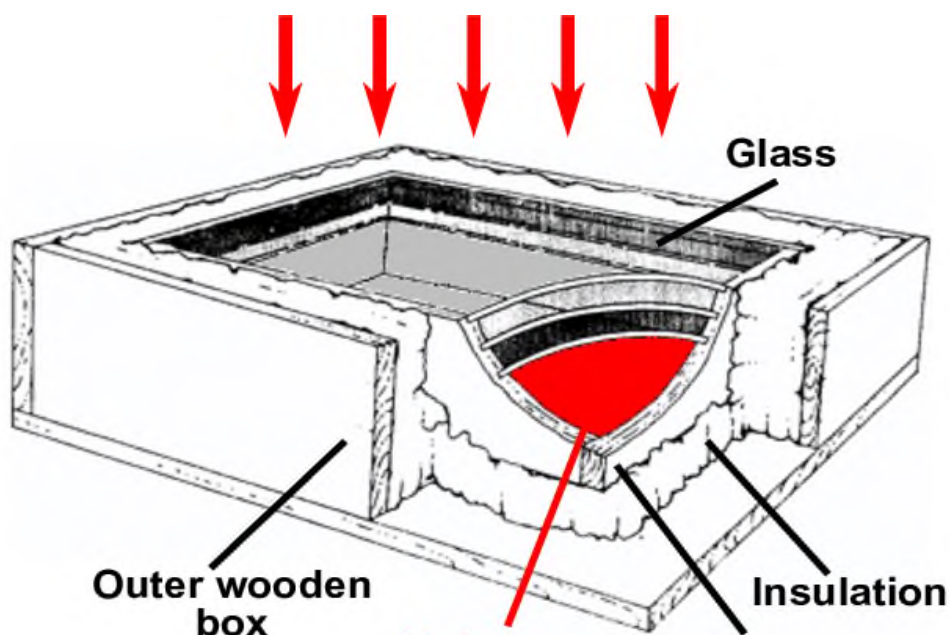


Automobil Cadillac DeVille z počátku 70. let s obsahem motoru 7,7 litru a spotřebou dosahující i 26l/100 km.

Pistonheads [online]. 2016 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z:

<https://www.pistonheads.com/gassing/topic.asp?h=0&f=23&t=1595836&i=20>

Příloha 5: Solární trouba fyzika Horace-Bénédict de Saussure



První solární trouba určená k vaření pokrmů.

SZABO, Lorand. Saussure's hot box. In: Research gate [online]. [cit. 6.12.2019]. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/figure/Saussures-hot-box-18_fig5_318410023

Příloha 6: Největší fototermická pec



Solární pec vznikla pro laboratorní účely v oblasti Odeillo, kde ročně svítí slunce 3500 hodin. PATOWARY, Kaushik. World's Largest Solar Furnace at Odeillo [online]. In: 2014 [cit. 6-12-2019]. Dostupné z: <https://www.amusingplanet.com/2014/06/world-largest-solar-furnace-at-odeillo.html>

Příloha 7: Věžová solární elektrárna



Věžová elektrárna využívá koncentrovaných paprsků z velké plochy. Ohniskem je bod na vrcholu věže.

MOLEK, Tomáš. Další solární boom na obzoru? Tentokrát v režii koncentračních elektráren. In: Oenergetice [online]. 2018 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/dalsi-solarni-boom-na-obzoru-tentokrat-rezii-koncentracnich-elektraren>

Příloha 8: Graf Konsorcia Solar-Wasserstoff

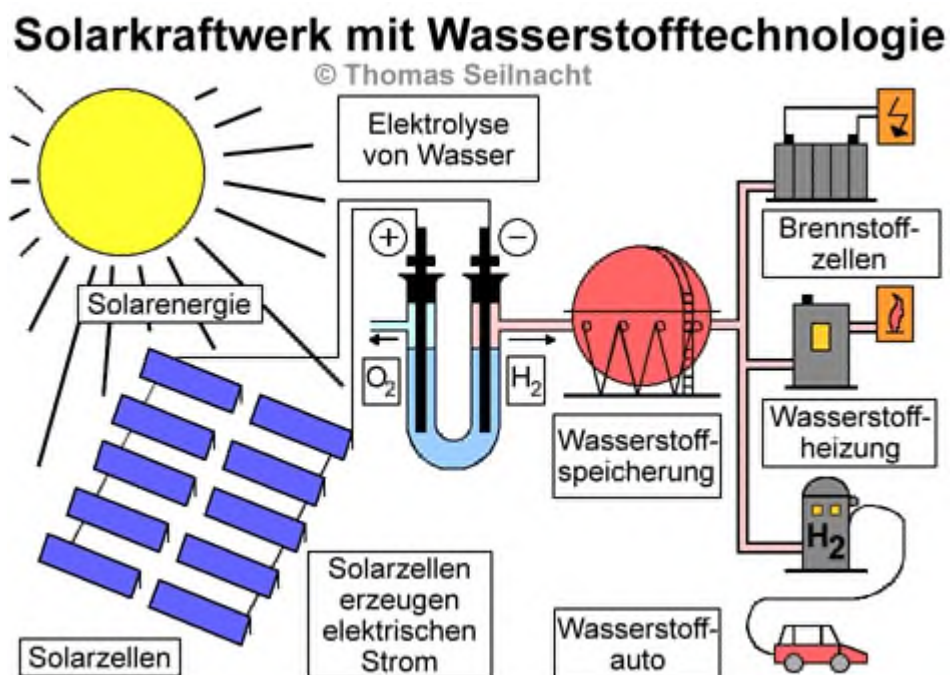
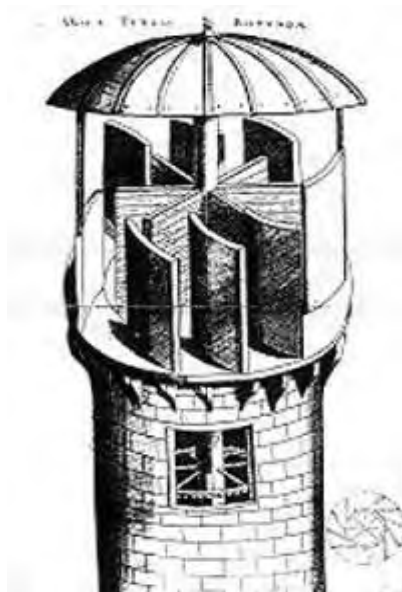


Schéma výroby, skladování a distribuce vodíku v konsorciu Solar-Wasserstoff.

SEILNACHT, Thomas. Wasserstofftechnologie und Wasserstoffautos. In: Seilnacht [online]. 2015 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z: <https://www.seilnacht.com/Lexikon/swasser.html>

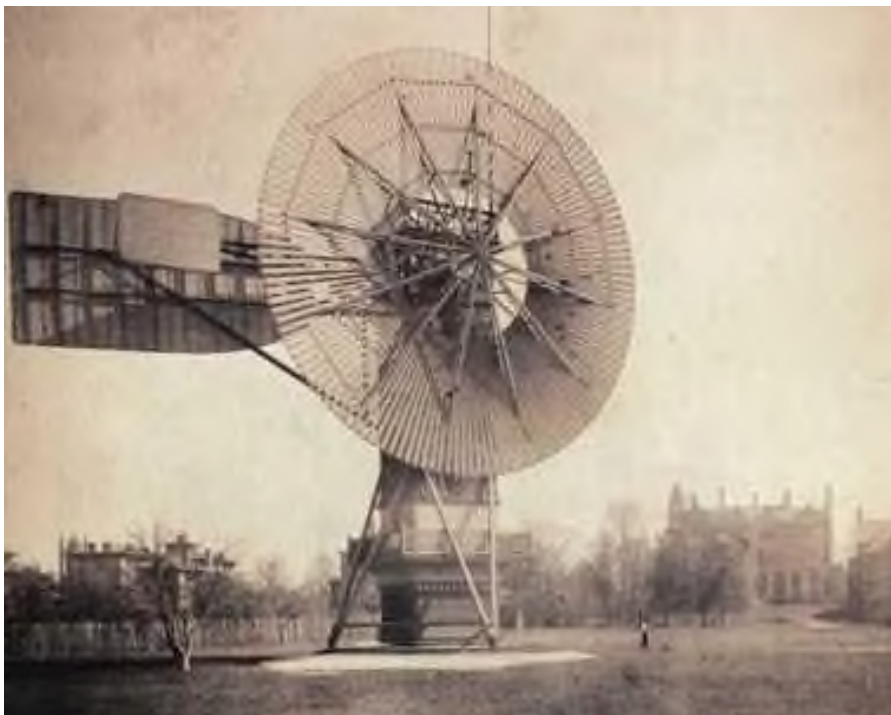
Příloha 9: Nákres první turbíny



Za tímto nákresem stojí italský umělec a vynálezce Fausto Verantio.

ŽUBRINIČ, Darko. Fausto Veranzio wind turbine. In: Wikipedia [online]. 2014 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Fausto_Veranzio_wind_turbine.jpg

Příloha 10: První Americká větrná elektrárna



První větrná elektrárna na území Spojených států. Celá konstrukce je dřevěná.
KROUSE, Peter. Charles Brush used wind power in house 120 years ago: Cleveland innovations. In: Cleveland [online]. 2019 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z: https://www.cleveland.com/metro/2011/08/charles_brush_used_wind_power.html

Příloha 11: Loď s Flettnerovým motorem



SCHULER, Mike. UK-Led Project to Test Flettner Rotors on Large Ocean-Going Ship [online]. In: . 2016 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z: <https://gcaptain.com/british-led-project-to-test-flettner-rotors-on-large-ocean-going-ship/>

Příloha 12: Převoz části větrné elektrárny



Reklamní pick-up společnosti Jacobs Wind Electric company.

JACOBS, Steve. Looking Back at the History of 'Green' Entrepreneurs. In: Jacobs Wind Electric [online]. 2011 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z: <http://www.jacobswind.net/news>

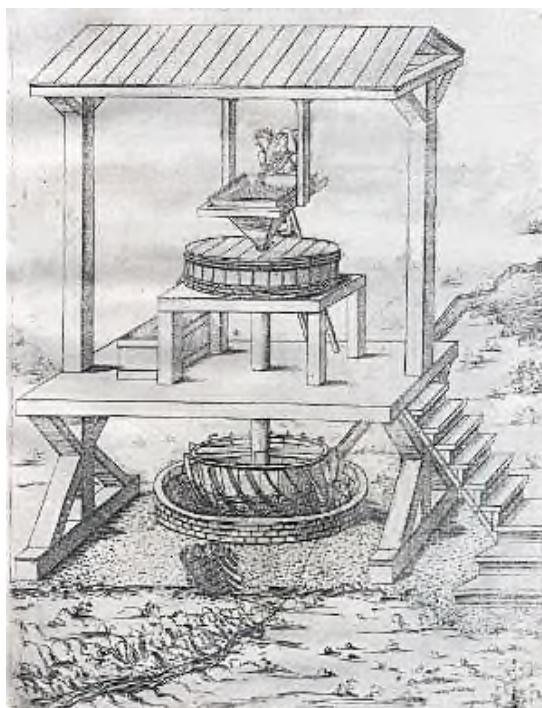
Příloha 13: Vodní trkač



Nákres vodního trkače z roku 1779.

DE MONTGOLFIER, J.M. Journal des Mines, 13 (73) [PDF]. [online] 1803. [cit. 16.9.2019]. S. 42–51. Dostupné z: <http://Annales.enscm.fr/articles/1802-1803-1/32-38.pdf>

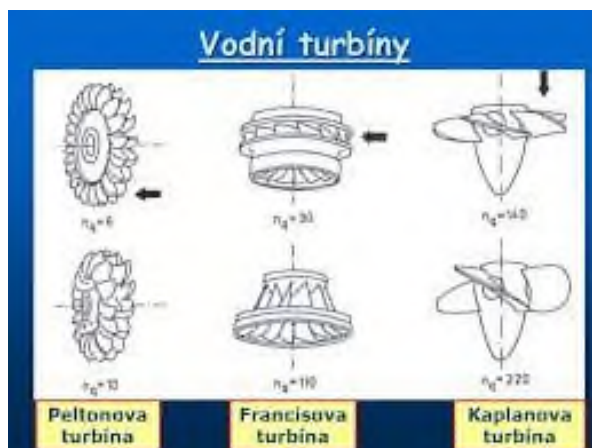
Příloha 14: Koncept turbíny podle Jacquese Bessona



Nákres turbíny od Jacquese Bessona v řezu.

Jacques Besson, ingénieur (1530-1573) Jacques Béton, pasteur à Villeneuve de Berg (1562-1564) [online]. 2011 [cit. 2019-12-06]. Dostupné z: <http://www.olivier-deserres.org/irrigation/Besson.php>

Příloha 15: Typy turbín



Schématické zobrazení tří nejčastějších typů turbín

SOUKUP, Vladimír. Elektrárny Vodní elektrárny. [online]. In: 2011 [cit. 2019-12-06]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3334676/>

Příloha 16: Teslova Turbína

N. TESLA.
TURBINE.
APPLICATION FILED JAN. 17, 1911.
1,061,206. Patented May 6, 1913.

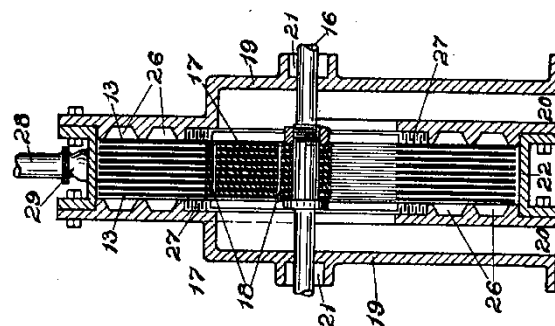


Fig. 2.

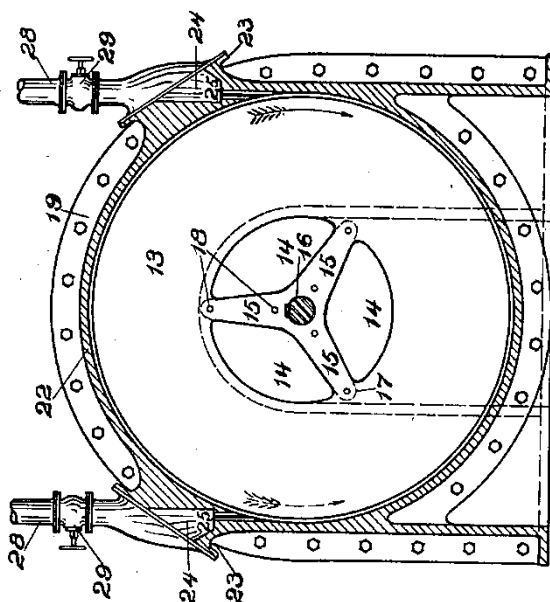


Fig. 1.

Witnesses:
A. Diaz Brito
Wm. Kohler

Nikola Tesla, Inventor
By his Attorneys
Sam. St. George Cooper & Hayward

Nákres Teslovy Turbíny z roku 1913.

TESLA, Nikola. Turbine Patent: US1061206A. Google Patents [online]. 1913 2018 [cit. 17.9.2019]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US1061206>

Příloha 17: Hooverova přehrada



Hráz vysoká 220 metrů postavená v nejužším bodě Černého Kaňonu.

JOHNSON, Holly. The 7 Best Hoover Dam Tours [online]. In: . 2019 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z: <https://travel.usnews.com/features/the-best-hoover-dam-tours>

Příloha 18: Přehrada Grand Coulee



Přehradní hráz znemožňovala migraci lososů.

SCHWING, Emily. After 70 Years, Salmon Could Return To Columbia River Above Grand Coulee. In: Knkx [online]. 2018 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z: <https://www.knkx.org/post/after-70-years-salmon-could-return-columbia-river-above-grand-coulee>

Příloha 19: Bath County Pumped Storage



Největší přečerpávací elektrárna na světě.

Pumped Storage in Bath County [online]. 2013 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z:

<http://www.virginiaplaces.org/energy/bathpumped.html>

Příloha 20: Přehrada Tellico



Přehradní hráz Tellico

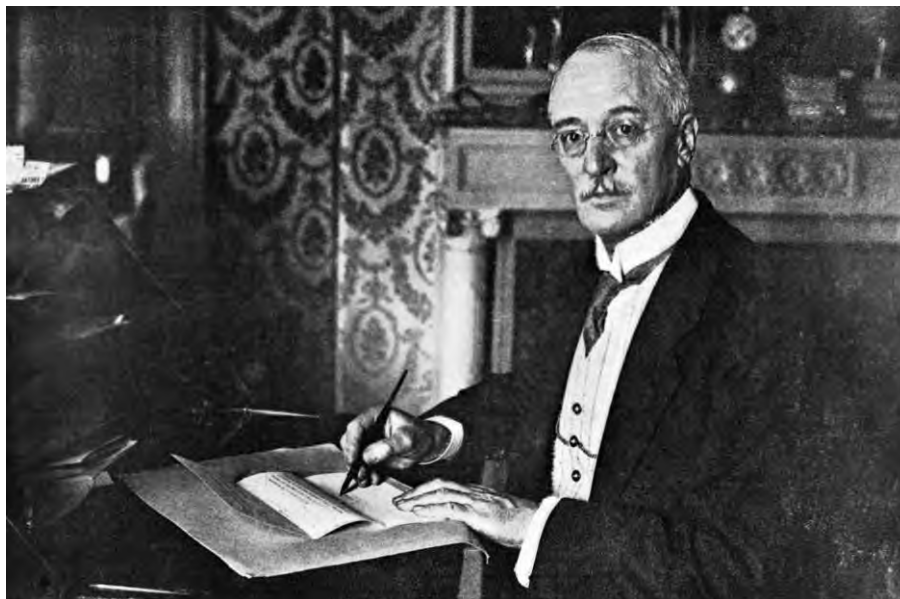
Tellico Dam Case [online]. 2012 [cit. 2019-12-06]. Dostupné z: <http://saveourspecies2012.weebly.com/tellico-dam-project.html>

Příloha 21: Peter von Rittinger



KRIEHBUBER, Josef. Peter von Rittinger. In: *Wikipedia* [online]. 2008 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Peter_von_Rittinger#/media/File:Peter_von_Rittinger.jpg

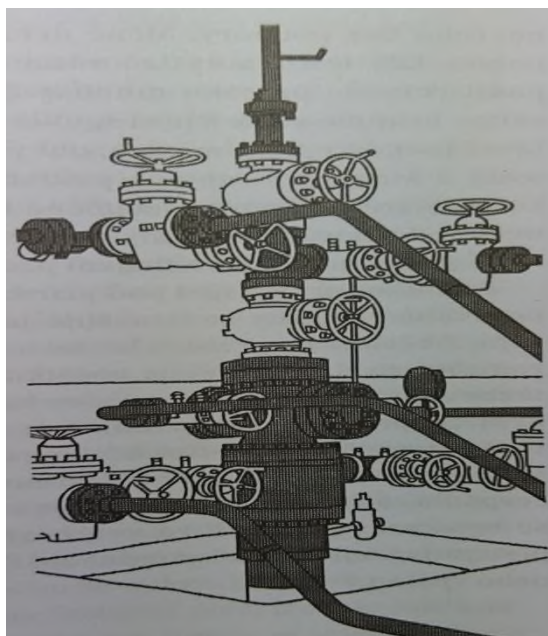
Příloha 22: Rudolf Diesel



Rudolf Diesel se také účastnil výzkumu rostlinného paliva.

HELÁN VAŠKŮ, Kateřina. Vynálezy, které lidé nechtěli: Rudolf Diesel a jeho sebevražedný motor. In: Wikipedia [online]. 2019 [cit. 2019-12-06]. Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/vynalezy-ktere-lide-nechteli-rudolf-diesel-jeho-sebevrazedny-motor>

Příloha 23: Zařízení zvané Vánoční strom



Zařízení slouží k zabránění nekontrolovatelného tryskání ropy.

SMIL, Václav. Ropa: průvodce pro začátečníky. Přeložil Pavel KAAS. Praha: Kniha Zlin, 2018. Tema (Kniha Zlin). ISBN 978-80-7473-703-9

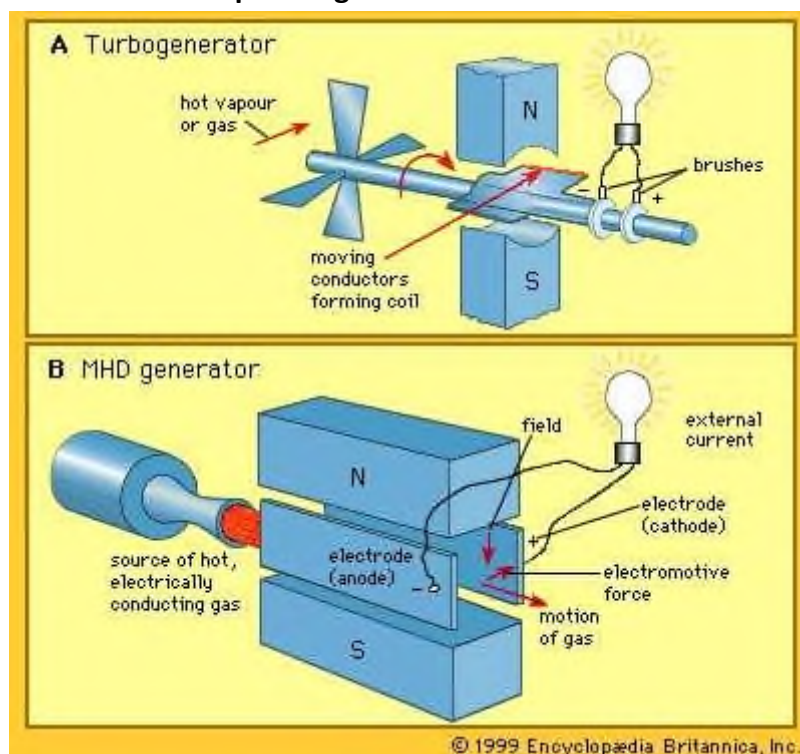
Příloha 24: Kardiostimulátor na jaderný pohon



Prototyp kardiostimulátoru, u kterého není potřeba měnit baterii až 10 let.

PRUTCHI, David. Medtronic's Atomic Pacemaker (early 1970's). Implantable device [online]. 2011 [cit. 20.9.2019]. Dostupné z: <http://www.implantable-device.com/2011/12/24/medtronics-atomic-pacemaker-1970/>

Příloha 25: Princip MHD generátoru



Rozdíl mezi alternátorem a MHD generátorem.

JACKSON, William a Ralph STROHL. Magnetohydrodynamic power generator. In: *Implantable devices* [online]. 2011 [cit. 2019-12-06]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/magnetohydrodynamic-power-generator>

Příloha 26: Schéma ITERu

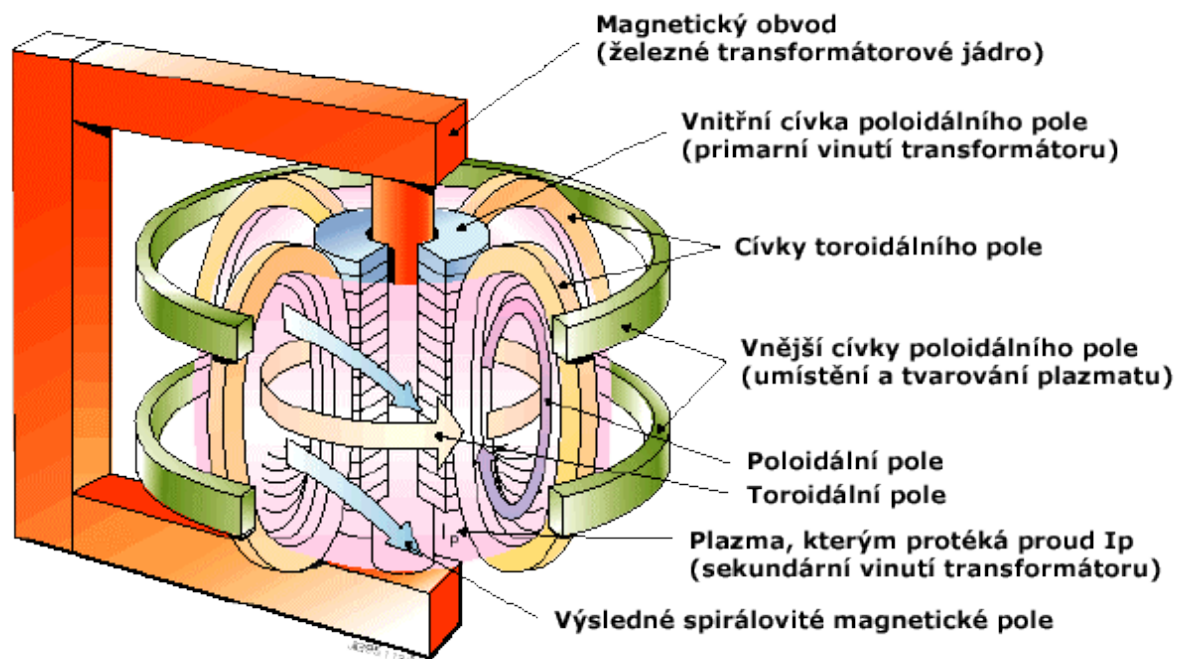


Schéma Tokamaku ITER. Spuštění je plánováno na rok 2027.

SMETANA, Martin. ITER – TOKAMAK nové generace. In: Aldebaran bulletin [online]. 2003 [cit. 6.12.2019]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2003_39_itr.php

Příloha 27: Atlantropa



Stavby, které by vznikly při projektu Atlantropa.

KULKE, Ulli. Trockenlegen des Mittelmeers brächte den Frieden. Welt [online]. 2013 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z: <https://www.welt.de/geschichte/article120890068/Trockenlegen-des-Mittelmeers-braechte-den-Frieden.html>

Příloha 28: Pevnina, která by díky Atlantropě vznikla



Nová pevnina by se podle plánu měla stát prostorem, na kterém by se pěstovaly zemědělské plodiny.

VIDAL, Ricarda. Atlantropa: The colossal 1920s plan to dam the Mediterranean and create a supercontinent [online]. 2015 [cit. 21.9.2019]. Dostupné z:

<http://theconversation.com/atlantropa-the-colossal-1920s-plan-to-dam-the-mediterranean-and-create-a-supercontinent-47370>