

70 let jádra

Aneb jak vnímá člověk co nic nepamatuje 😊

Klíčové pilíře

- Otcové zakladatelé
 - Čestmír Šimáně (Frédéric Joliot Curie) – první ředitel UJV,
 - František Běhounek (Marie Curie Skłodowska) – první děkan FJFI,
 - Václav Petržílka (Cavendishova Laboratoř)
- Výzkumná infrastruktura
 - Urychlovač v budově parních mlýnů, reaktory, horké komory, laboratoře,...
- Průmysl
- Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
- A1

A co dnes?

- Výzkumná infrastruktura dodnes
 - V ČR LVR-15, LR-0, VR-1, VR-2, horké komory, urychlovače, testovací smyčky,
 - Slovensko – JAVIS, Mochovce
 - Mnoho laboratoří
- Podařilo se udržet vzdělávání, výzkum a průmysl



70 let českého jaderného programu

Jan Uhlíř

Výroční konference České nukleární společnosti,
Praha, Novotného lávka, 11.6.2025

Co našemu jadernému programu předcházelo I.

- V Rakousko – uherské monarchii vznikl v roce 1910 **Institut für Radiumforschung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften**. Institut slavnostně otevřel 28. října 1910 arcivévoda Rainer Ferdinand Maria Johan Evangelista František Ignác Rakouský.

(Soustředily se zde výzkumné práce související s jáchymovským smolincem.)



Co našemu jadernému programu předcházelo II.

- Po vzniku Československa byl na podnět Jaroslava Milbauera, profesora anorganické chemie na pražské české technice zřízen dne 8. srpna 1919 Státní radiologický ústav Republiky Československé.

Ústav sídlil nejprve v Pražském sanatoriu v Praze – Podolí, v roce 1947 se ústav přemístil do Příkladní ulice v Praze – Holešovicích.



Těžba uranu v Československu

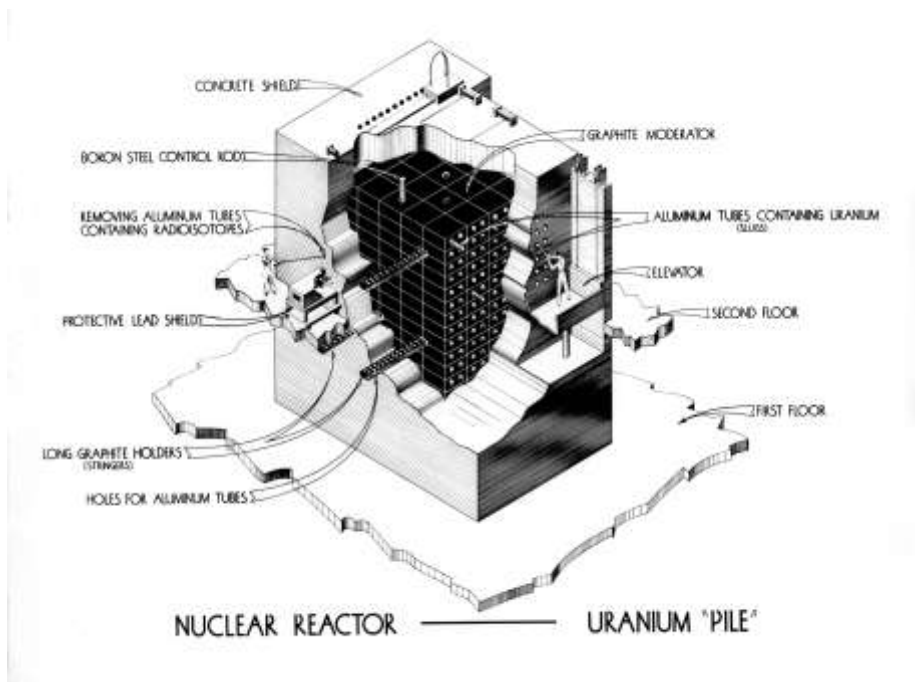
Uran se na našem území těžil od 16. století. Hlavním důvodem těžby však v té době bylo stříbro.

Ve 20. století byl nejprve zájem o radium, zájem o uran narostl po roce 1945 v souvislosti s jadernými zbraněmi a později s jadernou energetikou.



Počátky jaderné energetiky

- 12. prosince 1942 spuštěn v Chicagu první jaderný reaktor (Chicago Pile-1, E. Fermi)
- 4. listopadu 1943 spuštěn X-10 Graphite Reactor v Clinton Engineer Works (nyní ORNL)
- 27. července 1954 „1. elektrárna“ v Obninsku (5 MW)



Co našemu jadernému programu předcházelo III.

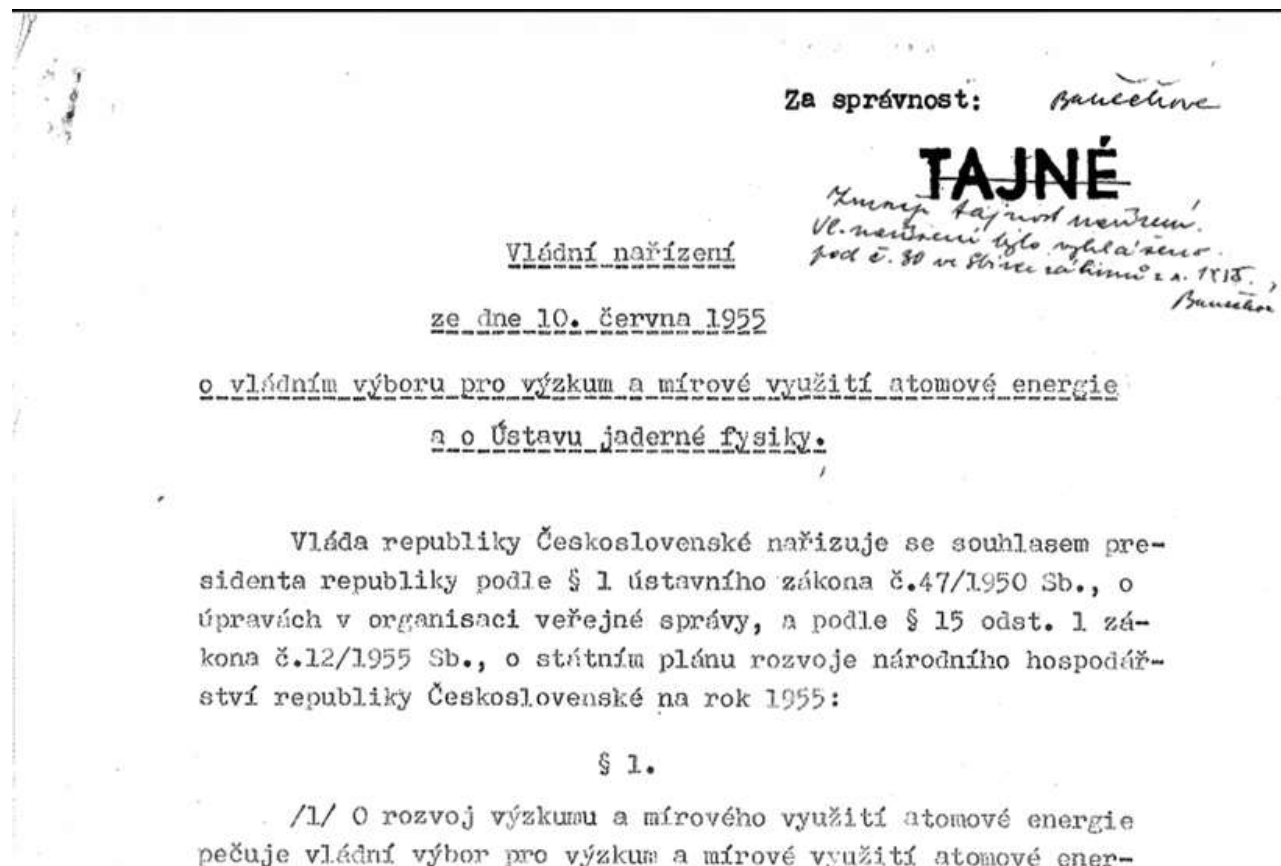


- 8.12.1953 přednesl D. Eisenhower na Valném shromáždění OSN řeč „Atoms for Peace“ – včetně návrhu Sovětskému svazu na zřízení mezinárodního orgánu pro mezinárodní spolupráci v oblasti mírového využití jaderné energie a ionizujícího záření.
- V lednu 1955 byla při úřadu předsedy vlády ustavena Vládní komise pro výzkum a mírové využití atomové energie, které předsedal náměstek předsedy vlády Václav Kopecký
- 23. dubna 1955 došlo mezi SSSR a ČSR k podpisu Dohody o pomoci Československé republice v rozvoji výzkumu atomového jádra a ve využití atomové energie pro potřeby národní ekonomiky.



Začátky našeho jaderného programu I.

- 10. června 1955 byl vládním nařízením č. 30 zřízen Vládní výbor pro výzkum a mírové využití jaderné energie



Vládní nařízení podepsali:
A. Zápotocký – president ČSR,
V. Široký – předseda vlády,
Dr. J. Dolanský – první náměstek předsedy vlády,
gen. arm. Dr. A. Čepička – první náměstek předsedy vlády a ministr národní obrany,
V. Kopecký – náměstek předsedy vlády,
Ing. L. Jankovcová – náměstkyně předsedy vlády
a další ministři vlády.

Toto nařízení bylo zrušeno zákonem č. 276/2023 Sb.

Začátky našeho jaderného programu II.

- 8. – 20. srpna 1955 se uskutečnila v Ženevě “UN International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy“
(První ženevská konference o mírovém využívání atomové energie)



Konferenci předsedal Homi J. Bhabha, na konferenci bylo 1428 účastníků, vystoupilo 38 států s 1067 referáty. Vedoucím československé delegace byl **akademik František Šorm**.

Založení Ústavu jaderné fyziky

- V roce 1955 byl založen Ústav jaderné fyziky a začala stavba jeho areálu v Husinci – Řeži.

Prvním ředitelem byl jmenován Ing. Čestmír Šimáně, do té doby ředitel Fysikálního ústavu ČSAV.



Do doby, než byl postaven areál Ústavu jaderné fyziky v Řeži, pracovali zaměstnanci Ústavu v Praze - Hostivaři a v tribunách Strahovského stadionu.

Ústav jaderné fyziky a reaktor VVR-S

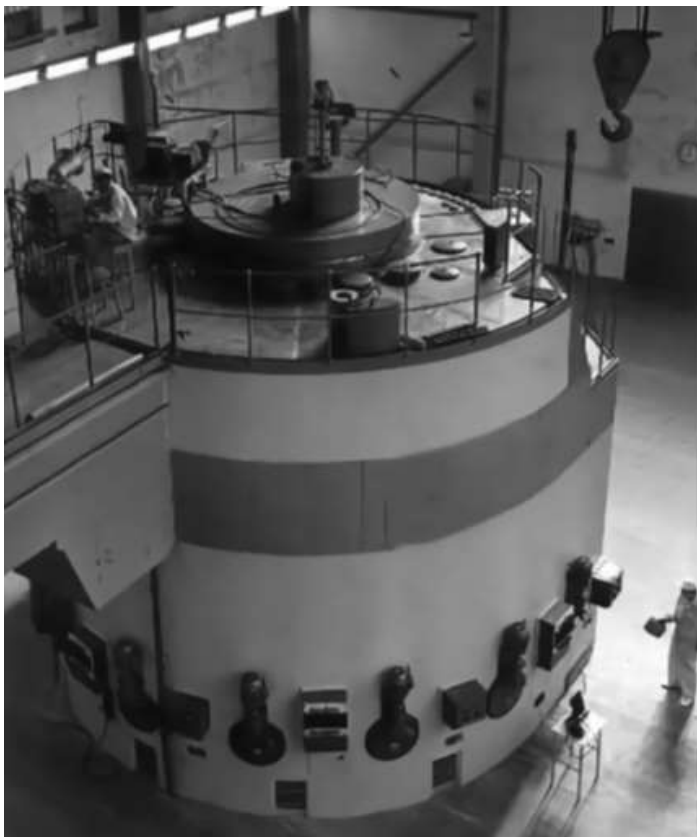
- Výstavba výzkumného reaktoru VVRS o výkonu 2 MW probíhala souběžně s výstavbou areálu v Řeži od roku 1955. Ing. Jan Neumann – náměstek ministra chemického průmyslu, zadal projekt projekční organizaci Chemoprojekt. Generálním dodavatelem byl Ingstav Brno.



- Reaktor VVR-S by spuštěn 24. září 1957
- Areál v Řeži byl stavebně dokončen v roce 1962

Spouštění reaktoru VVR-S

- Noc z 23. na 24. září 1957



Jaderný program v 50. letech

- V roce 1956 byl zrušen Vládní výbor a Ústav jaderné fyziky byl začleněn pod ČSAV.
- V roce 1956 též došlo k dohodě mezi ČSR a Sovětským svazem o pomoci při výstavbě jaderné elektrárny.
 - Byl vybrán typ jaderného reaktoru moderovaného těžkou vodou a chlazeného plynem (CO_2) jehož palivem bude přírodní uran v kovové formě ve slitině s hliníkem.
 - Důvodem výběru reaktoru na přírodní uran bylo to, aby se Československo obešlo bez technologie obohacování.
- V roce 1957 došlo ke změně názvu na Ústav jaderného výzkumu.
 - Důvodem bylo značné rozšíření řešené problematiky, když jaderná fyzika byla pouze jednou z oblastí.
- *V roce 1957 byla založena Mezinárodní agentura pro atomovou energii*
- V roce 1959 byla usnesení vlády z 29.4. zřízena Komise pro atomovou energii při Státním výboru pro rozvoj techniky.
Do jejího čela byl jmenován akademik, **profesor František Běhounek**.



Československá komise pro atomovou energii

- V roce 1962 byla Komise pro atomovou energii přejmenována na Československou komisi pro atomovou energii (ČSKAE), jejímž úkolem bylo kromě rozvoje mírového využívání jaderné energie též spolupracovat s IAEA a pro spolupráci při mírovém využívání jaderné energie.

Předsedou ČSKAE se stal **Ing. Jan Neumann**.

Ing. Neumann byl předsedou ČSKAE až do roku 1982.

Byl též členem rady guvernérů IAEA a v roce 1967 byl na generální konferenci zvolen předsedou rady guvernérů IAEA.

- V roce 1968 se ČSKAE stala federálním orgánem státní správy a zajišťovala oblasti jaderné bezpečnosti, jaderné energetiky i zahraničních vztahů.
- V roce 1972 byl Ústav jaderného výzkumu převeden pod ČSKAE a Ústav jaderné fyziky zůstal pod Českou akademií věd.



Fakulta technické a jaderné fyziky (FTJF)

- 25. srpna 1955 byla vládním nařízením zřízena Fakulta technické a jaderné fyziky University Karlovy (FTJF neboli Fujtajfl)
 - Prvním děkanem byl **prof. Václav Petržílka**
 - V roce 1956 získala budovu v Břehové ulici č.7



- V roce 1959 byla FTJF vládním nařízením převedena pod ČVUT
- V roce 1968 došlo ke změně názvu: Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)

1. září 1955 byla též založena Střední průmyslová škola jaderné techniky v Praze, která byla zrušena koncem 70. let. Škola nejprve sídlila v budově Průmyslové školy elektrotechnické v Ječné ulici, od roku 1963 pak ve Svatoslavově ulici v Nuslích.

Jaderná výuka na českých vysokých školách

- V roce 1990 byl na FJFI ČVUT v areálu V Holešovičkách spuštěn školní reaktor VR-1 (Vrabec). Reaktor byl v podstatě darem od Škoda – Jaderné strojírenství (ŠKODA-JS)
- Následně byla zahájena výuka jaderných oborů na Universitě Karlově, Strojní fakultě ČVUT, VUT Brno, Západočeské univerzitě v Plzni, v 50. letech i na Vojenské technické akademii A. Zápotočského a v 60., 70. a 80. letech na Katedře technologie jaderných paliv VŠCHT Praha.



Jaderná energetika

- V roce 1956 po jednání v ČSR a SSSR došlo k dohodě o výstavbě experimentální elektrárny A-1 v Československu. Pro ČSR byl vybrán těžkovodní, plynem chlazený reaktor na přírodní uran dle návrhu Abrama Isaakoviče Alichanova. Tato koncepce umožňovala ČSR budovat jadernou energetiku bez nutnosti obohacování uranu.

Návrh reaktoru A-1:

- Těžkovodní reaktor KS-150 (moderátor D_2O) o elektrickém výkonu 150 MW
- Kovové palivo – přírodní uran s pokrytím ze směsi sintrovaného Mg a Be
- Plynné chladivo oxid uhličitý (CO_2) o tlaku 6,5 MPa s teplotou na výstupu 425 °C
- Bylo dohodnuto rozdělení prací mezi československé (strojní a stavební část) a sovětské organizace (základní projekt, jaderné palivo a těžká voda).
- Výstavba elektrárny A-1 byla zahájena v roce 1958 v Jaslovských Bohunicích na západním Slovensku. Výběh lokality byl zdůvodněn především nedostatečnou kapacitou výroby elektřiny na Slovensku. Dostatek chladicí vody zajišťovala řeka Váh.

Jaderná elektrárna A-1

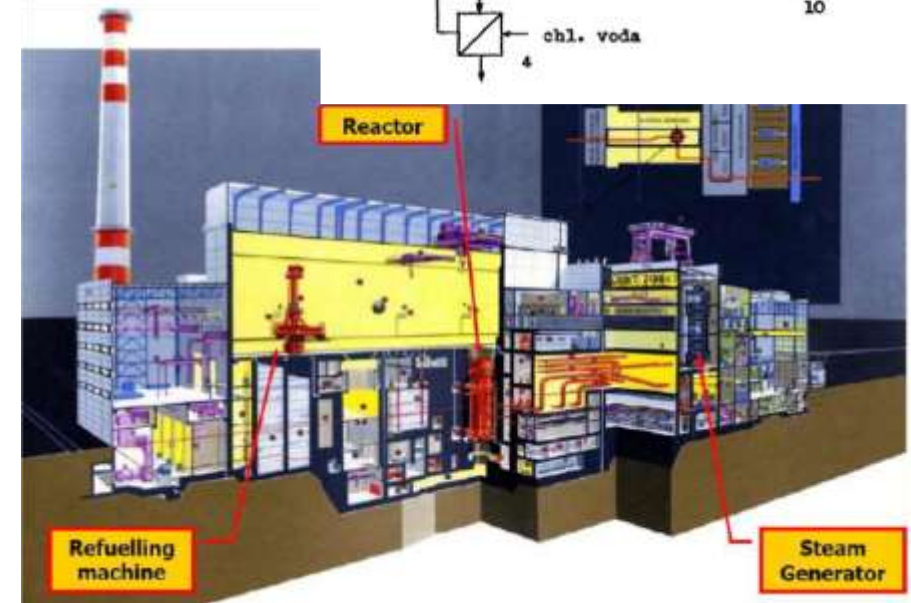
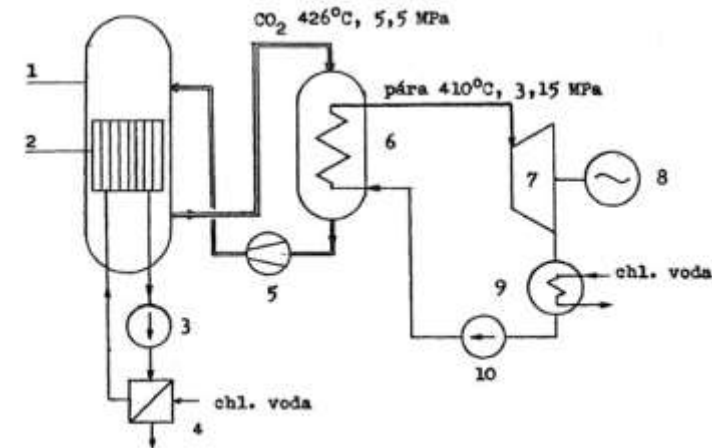
- Jaderná elektrárna A-1 s reaktorem KS-150 byla budována od srpna 1958. Reaktor byl vyprojektován v moskevském Institutu Teoretické a Experimentální Fyziky (ITEP) pod vedením Abrama Issakoviče Alichanova. Většinu zařízení elektrárny s výjimkou kovového paliva a těžké vody však vyrobily československé podniky.

Reaktor KS-150 z nerezavějící oceli s vnitřní aktivní zónou v aviačové trubkové nádobě s těžkou vodou (HWGCR)

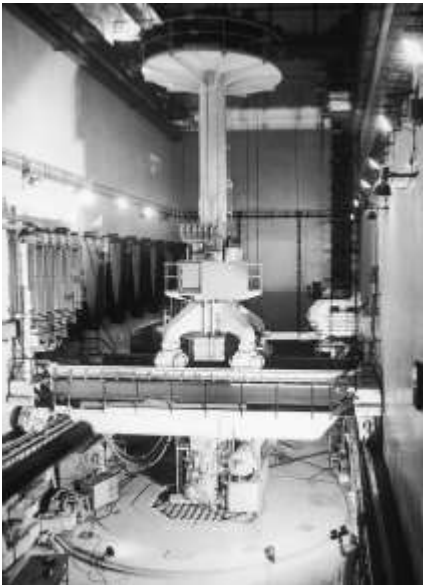
- projektovaný tepelný výkon 560 MW_t
- hrubý elektrický výkon 144 MW , čistý el. výkon 93 MW
- palivo: kovový uran ve formě tyčí s pokrytím ze slitiny Mg-Be, v zóně $24,6 \text{ t U}$
- moderátor: D_2O ($57,2 \text{ t}$)
- Chlazení CO_2 , teplota na vstupu $112 \text{ }^\circ\text{C}$, na výstupu $426 \text{ }^\circ\text{C}$, tlak plynu $5,5 \text{ MPa}$, průtok 1576 kg/s
- Výměna paliva: zavážecím strojem (byla možná i za provozu)

Nejaderná část:

- parní generátory plyn/voda (vodní pára)
- pára na vstupu do turbíny $410 \text{ }^\circ\text{C}$ pod tlakem $3,15 \text{ MPa}$,
- parní turbíny $3 \times 50 \text{ MW}$, alternátory $3 \times 65 \text{ MVA}$



Jaderná elektrárna A-1



- Práce na víku reaktoru, zavážecí stroj, turbogenerátory, velín

Elektrárna A-1 – první nehoda

- Výstavba 1958 – 1972 (24.10.1972 – spuštění reaktoru, 25.12.1972 A-1 připojena k el. síti)
- 5.1.1976 došlo k nehodě – při výměně paliva nezaklapl pojistný mechanismus palivového článku a ten byl následně tlakem chladicího plynu vystřelen z nádoby reaktoru až do stropu. Z palivového kanálu tak začal prudce unikat CO_2 . Obsluha najela zavážecím strojem nad reaktor a kanál uzavřela, avšak dva zaměstnanci nacházející se v místnosti mimo reaktorovou halu se udusili.
- Po nehodě byl pojistný mechanismus palivových článků doplněn o signalizaci zaklapnutí a elektrárna byla opět uvedena do provozu.



Vystřelený palivový článek



Elektrárna A-1 – druhá nehoda a ukončení provozu

V roce 1976 dosáhla A-1 výkonu 115 MW_e.

- 23.2.1977 došlo k druhé nehodě, také při výměně palivového článku. Na novém článku zůstaly silikagelové kuličky z roztržené plastické folie. (*Sáček se silikagelem ochraňoval smontovaný palivový článek ve skladu palivových článků před vlhkostí.*) Chladicí plyn po zasunutí článku do kanálu reaktoru zatlačil kuličky do distanční mřížky pod článek a článek se stal neprůchodným. Nechlazené palivové proutky se následně roztavily, propálily kesonovou trubku, těžká voda pronikla do chladicího plynu a došlo k zamoření celého primárního okruhu.
- Po nehodě se posoudil stav celé elektrárny a bylo konstatováno, že celá řada jejích částí se blíží konci své životnosti.
- I pod vlivem celosvětové orientace na lehkovodní reaktory, bylo rozhodnuto, že se A-1 již opravovat nebude a 17.5.1979 došlo k uzavření elektrárny.

Přitom původně bylo plánováno, že v návaznosti na elektrárnu A-1 bude postavena jaderná elektrárna A-2.

Práce na projektu A-2 zahájil Energoprojekt Praha v roce 1965 se záměrem zahájit výstavbu v roce 1968. Plánovaný el. Výkon elektrárny A-2 měl být 400 MW_e. A-2 měla být dokončena v roce 1974. Po roce 1970 byl vývoj reaktoru zastaven.

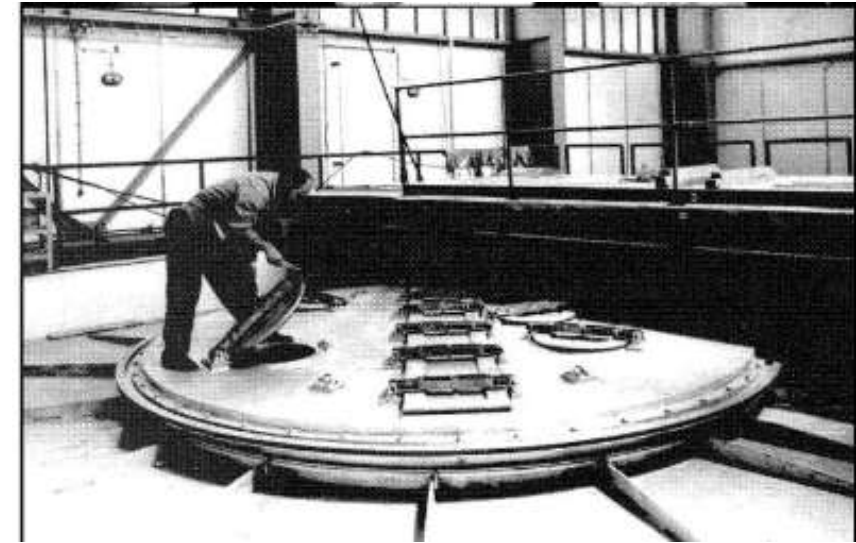
Pro elektrárny A-1 a A-2 měla být v MAPE Mydlovary realizována výroba nukleárně čistého kovového uranu, kovové palivo a palivové soubory měl vyrábět Ústav jaderných paliv na Zbraslavi.

Experimentální reaktory TR-0 a LR-0

- Těžkovodní experimentální reaktor nulového výkonu TR-0 byl v Ústavu jaderného výzkumu uveden do provozu 21.6.1972. Měl sloužit pro výzkum aktivní zóny energetického reaktoru A-1.
- V souvislosti s přechodem československého jaderného programu na lehkovodní reaktory typu VVER, byl reaktor TR-0 přebudován na experimentální lehkovodní reaktor nulového výkonu (max. 5 kW) LR-0.

Reaktor LR-0 byl spuštěn 19.12.1982 se zahájením provozu v 29.6.1983. Reaktor je provozován se zkrácenými palivovými kazetami VVER-440 a VVER-1000.

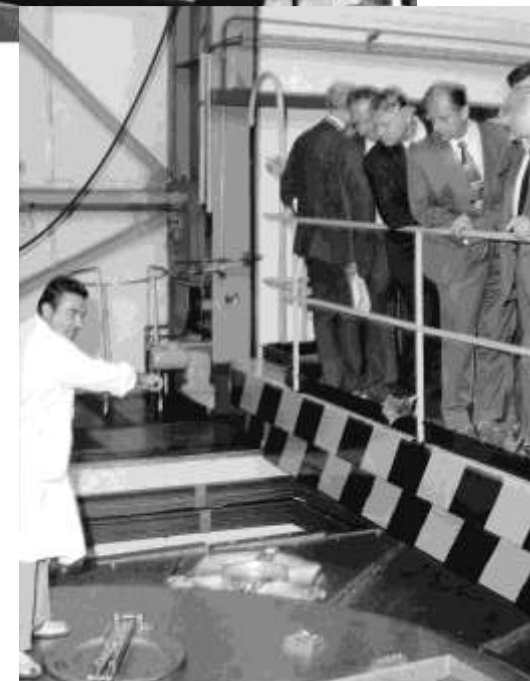
Vedle toho byly k.p. Škoda v Plzni zbudovány dva zkušební reaktorové soubory ŠE-0A (v roce 1970) a ŠR-0 (v roce 1975).



TR-0 1972

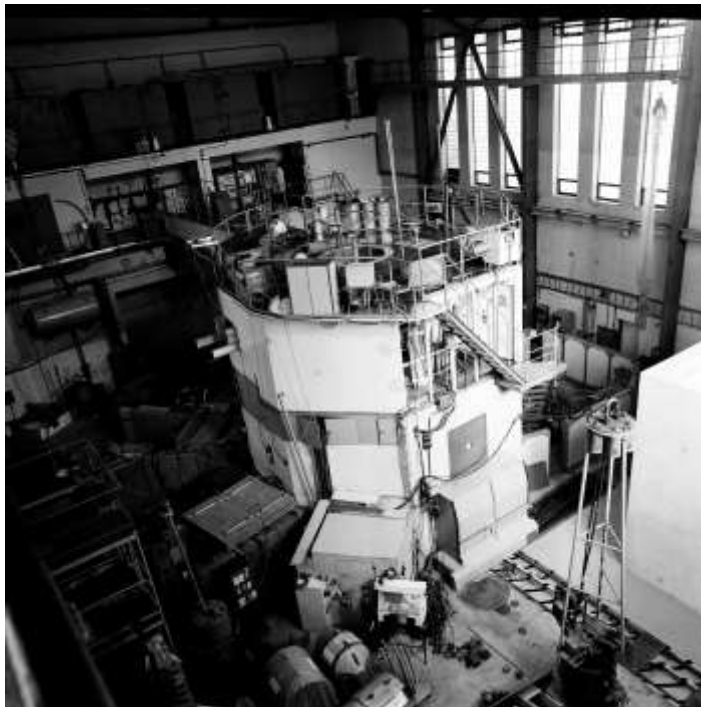


LR-0 1982



Rekonstrukce reaktoru VVR-S - reaktor LVR-15

- V letech 1962 až 1964 se uskutečnila úprava aktivní zóny VVR-S, která vedla ke zvýšení výkonu ze 2 MWt na 4 MWt.
- V letech 1988 a 1989 proběhla rekonstrukce reaktoru VVR-S na reaktor LVR-15. 8.8.1989 byl reaktor LVR-15 uveden do provozu. Reaktor má výkon 10 MWt



Lehkovodní reaktory VVER-440

- Na přelomu 60. a 70. let se řešil další rozvoj jaderné energetiky v ČSSR. Uvažovaly se těžkovodní reaktory CANDU a lehkovodní reaktory VVER.
- V roce 1970 bylo rozhodnuto o výstavbě elektrárny V-1 v Jaslovských Bohunicích se dvěma reaktory VVER-440. Stavba byla zahájena 24.4.1972, 1. blok byl spuštěn v prosinci 1978, druhý blok v březnu 1980. (Reaktory VVER 440 typ 230)
- V roce 1976 byla zahájena výstavba V2 se dvěma reaktory VVER-440 typ 213. Dodavatelem reaktorů již byla Škoda Plzeň.
- V roce 1978 byla zahájena výstavba Elektrárny Dukovany se 4 bloky VVER-440 typ 213, které byly uvedeny do provozu v letech 1985-1987.
- V roce 1983 byla zahájena výstavba Jaderné elektrárny Mochovce se 4 bloky VVER-440 typ 213. Po roce 1990 byly potíže s financováním výstavby. Blok 1 byl dokončen v roce 1998, blok 2 v roce 1999. Práce na blocích 3 a 4 byly přerušeny a stavba do roku 2009 zakonzervována. Blok č. 3 byl spuštěn v lednu 2023, blok č. 4 by mohl být spuštěn v roce 2025.
- Škoda Plzeň dodala ještě v 80. letech 4 reaktory VVER-440 pro JE Paks v Maďarsku.

Bohunice, Dukovany, Mochovce



Lehkovodní reaktory VVER-1000 - Temelín

- Elektrárna měla původně stát na území obce Malovice. Po zemětřesení v roce 1977 v Rumunsku bylo rozhodnuto o umístění elektrárny na pevném skalnatém podloží u obce Temelín.
- Projekt elektrárny se čtyřmi bloky VVER-1000 (V320) byl zahájen v roce 1981, výstavba v roce 1987. Dle původních plánů měla být elektrárna spouštěna mezi lety 1992 – 97.
- Po roce 1989 se stavba téměř zastavila, 10.3.1993 vláda ČR rozhodla o dokončení 1. a 2. bloku. Řídicí a kontrolní systém byl nahrazen novým od firmy Westinghouse.
- V 90. letech se dostavba potýkala s problémy včetně protestů z Rakouska.
- 1. blok byl spuštěn 11.října 2000, 2. blok 31. května 2002.



Plány z 80. let na výstavbu jaderných elektráren v ČSSR

Na území České republiky:

- Dukovany 4x440 MW_e
- Temelín 4x1000 MW_e
- Blahutovice 4x1000 MW_e
- Tetov 4x1000 MW_e
- Severní Čechy 4x1000 MW_e

Na území Slovenska

- Bohunice 4x440 MW_e
- Mochovce 4x440 MW_e
- Kecerovce (u Košic) 4x1000 MW_e



Také se uvažovalo o vybudování závodu na přepracování vyhořelého paliva v katastru obce Oslov (pod soutokem Vltavy s Otavou).

Celkem 32 reaktorů (12x440 + 20x1000) = 25.280 MW_e, z toho v ČR 17.760 MW_e

Dovolím si zde skončit, protože etapu zrušeného tendru na dostavbu 3. a 4. bloku Jaderné elektrárny Temelín si většinou pamatujeme a příprava na stavbu 5. bloku Jaderné elektrárny Dukovany právě probíhá.

Přál bych si, aby se alespoň současné plány na rozvoj jaderné energetiky v České republice uskutečnily.

Děkuji za pozornost.