

## 5 Radioaktivita

### Obsah hodiny



V této úvodní hodině do jaderné energetiky se budeme věnovat radioaktivitě.

### Cíl hodiny



Po této hodině budete schopni:

- Vysvětlit pojem radioaktivita.
- Vyjmenovat druhy radioaktivního záření.
- Klasifikovat jednotlivé druhy záření.
- Určit využití radioaktivity.

### Klíčová slova

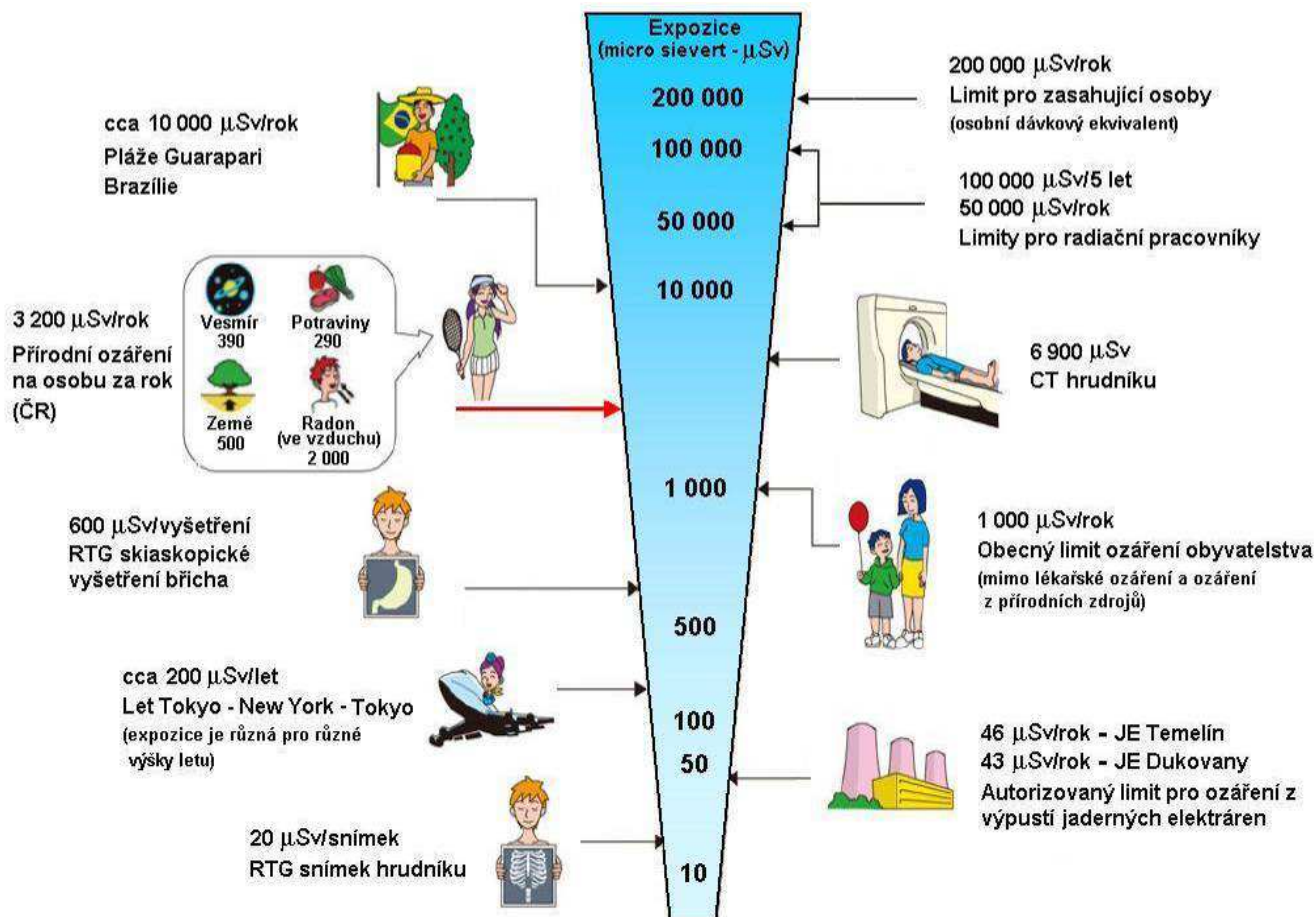


Radioaktivita, poločas rozpadu, záření alfa, beta, gama a neutronové, defektoskopie.

- Radioaktivita je vlastnost některých atomů, které vlivem nadbytku protonů nebo neutronů v jádře jsou schopny se samovolně přeměňovat na atomy jednodušší a tím vzniká radioaktivní záření.
- Poločas rozpadu je doba, za kterou vždy poklesne radioaktivita na polovinu původní hodnoty.
- Radioaktivita klesá po exponenciále.
- Přírodní radioaktivní prvky jsou tři, jejich poločas rozpadu je cca  $10^8$ - $10^9$  let, jsou to:  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ .

Radioaktivní záření má vliv na organické látky. Různá záření mají různý vliv. Abychom jednotlivá záření mohli mezi sebou porovnat, máme zavedené tyto veličiny a jednotky:

- **Dávkový ekvivalent** – zohledňuje to, že různé druhy záření mají při shodné dávce různý vliv na živou tkáň. Jednotkou je **sievert (Sv)**.
- **Příkon dávkového ekvivalentu** – působení záření v čase (**Sv/h**).

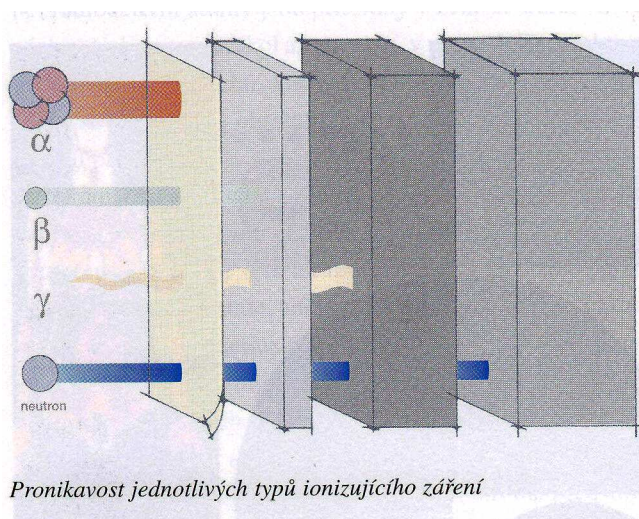


**Průměrný dávkový příkon z přírodního pozadí v ČR:  $0,14 \mu\text{Sv/h} = 1226,4 \mu\text{Sv/rok}$**

### Druhy záření:

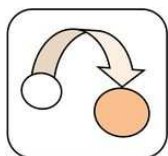
- Alfa
  - je to proud jader Helia (dva protony+dva neutrony)
  - je to nejslabší záření, urazí pouze několik cm a samovolně zaniká
  - zastaví ho jakákoliv překážka (list papíru)
- Beta
  - je to proud volných elektronů
  - urazí samovolně několik metrů
  - zastaví ho silnější překážka – sklo, hliníková fólie
- Gama
  - je to elektromagnetické vlnění s krátkou vlnovou délkou
  - způsobuje změny na organické látce, kterou projde
  - zastaví ho silná překážka – aspoň 2 m silná betonová zeď, olovo

- Neutronové
  - je to proud volných neutronů
  - je nejpronikavější
  - zastaví ho beton nebo voda



### Využití:

- lékařství – obor radiologie, sterilizace nástrojů
- archeologie – zjišťování stáří památek, čištění památek
- zemědělství – obor šlechtitelství, uskladňování
- průmysl – obor defektoskopie – zjišťování vad uvnitř materiálů např. velké kovové součásti (hrdiele), stavby (mosty)



### Příklad

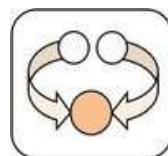
Tomograf.



Gama nůž.



### Shrnutí kapitoly



Radioaktivita je vlastnost prvků, kdy tzv. nestabilní prvek se stává stabilním a při této přeměně vyzařuje záření. Radioaktivita klesá po exponenciále a její trvání určuje poločas rozpadu. Rozlišujeme čtyři druhy záření: alfa, beta, gama a neutronové záření. Záření využíváme v lékařství, zemědělství, archeologii atd.

### **Kontrolní otázky a úkoly**



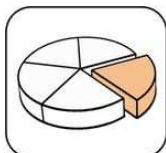
- 1) Co to je radioaktivita?
- 2) Co nám udává poločas rozpadu?
- 3) Vyjmenuj a stručně popiš jednotlivá záření.
- 4) Kde se dá radioaktivita využít?

### **Otázky k zamyšlení**



- 1) Máme důvod se bát radioaktivity?

### **Literatura**



- [1] Cez.cz [online]. 2004 [cit. 2011-09-08]. Jaderná energetika. Dostupné z WWW:  
<<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k23.htm>>
- [2] *Velká kniha o energii*. Praha: L.A.Consulting Agency, s.r.o., 2001. 377 s.

## 6 Štěpná reakce

### Obsah hodiny



V této hodině se seznámíme s podstatou štěpné reakce.

### Cíl hodiny



Po této hodině budete schopni:

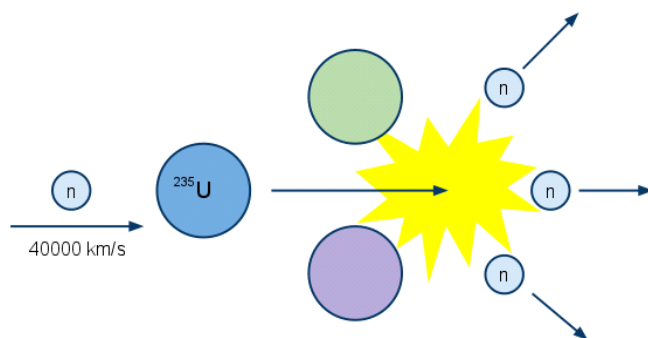
- Popsat štěpnou reakci.
- Vysvětlit pojem kritická hmotnost.

### Klíčová slova



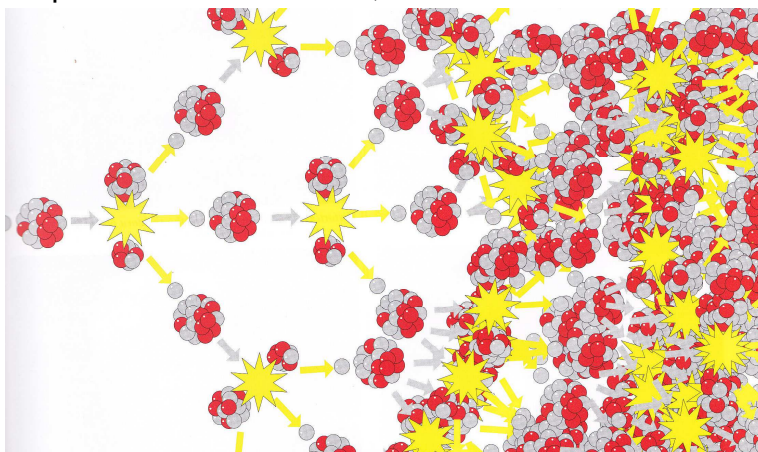
Štěpná reakce, kritická hmotnost.

- Atomové jádro se po srážce s rychle letícím volným neutronem rozpadne na několik částí (dva odštěpky a dva až tři další rychle letící neutrony).

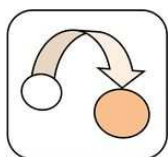


- Rychlost volného rychle letícího neutronu je 40 000 km/s
- Odštěpky narážejí na další atomy kolem sebe, ztrácejí rychlost a jejich pohybová energie se mění na teplo.
- Jediný přírodní štěpitelný prvek je  $^{235}\text{U}$ .

- Štěpení lavinovitě narůstá, vzniká řetězová reakce.

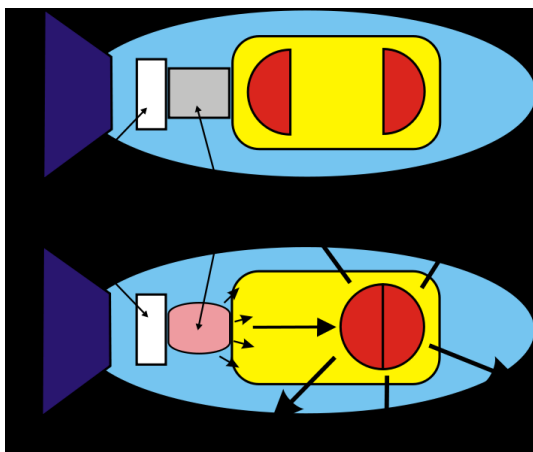


- Rychlost řetězové reakce závisí na tom, kolik uvolněných neutronů najde uranové jádro dříve, než jsou jinde pohlceny nebo než odletí pryč.
- Charakteristickým parametrem štěpné reakce je kritická hmotnost, ta nám určuje řiditelnost reakce, pro různé látky je různá, cca 10-50kg (čím více obsahuje látka štěpitelných prvků, tím je kritická hmotnost menší).
- Rozlišujeme:
  - nadkritické množství – vzniká neřízená reakce (atomová bomba)
  - podkritické množství – vzniká řízená reakce (jaderné reaktory)



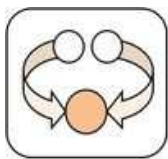
### **Příklad**

Princip atomové bomby.





### Shrnutí kapitoly



Jediný přírodní štěpitelný prvek je  $^{235}\text{U}$ . Při štěpné reakci narazí rychle letící neutron na jádro štěpitelného prvku a to se rozpadne na dvě části a další rychle letící neutrony. Při reakci vzniká velké množství tepla. Důležitým parametrem je kritická hmotnost, která určuje řiditelnost reakce. Bývá od jednotek kg až po desítky kg.

### Kontrolní otázky a úkoly



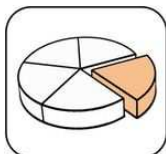
- 1) Co je to štěpná reakce?
- 2) Co udává kritická hmotnost?
- 3) Který jediný přírodní prvek je štěpitelný?

### Otázky k zamyšlení



- 1) Existuje jaderná reakce opačná k štěpné reakci?

### Literatura



- [1] *Velká kniha o energii*. Praha : L.A.Consulting Agency, s.r.o., 2001. 377 s.
- [2] *Wikipedie* [online]. 2011 [cit. 2011-09-08]. Jaderná zbraň. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%A1\\_zbra%C5%88](http://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%A1_zbra%C5%88)>

## 7 Jaderný reaktor

### Obsah hodiny



V této hodině se seznámíme s jaderným reaktorem.

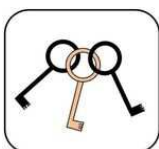
### Cíl hodiny



Po této hodině budete schopni:

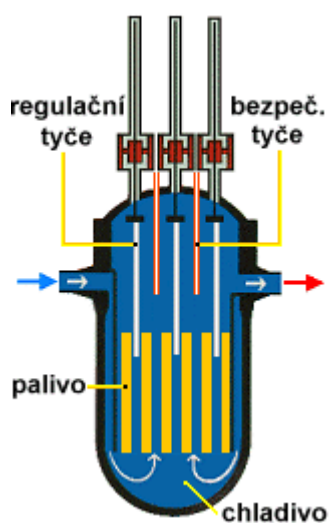
- Popsat stavbu jaderného reaktoru.
- Vysvětlit pojmy: moderátor, chladivo, uranová tableta.

### Klíčová slova



Moderátor, chladivo, palivová tableta.

- Reaktorová (tlaková) nádoba s víkem kulovitého tvaru z kvalitní oceli je umístěna v betonovém stínění tloušťky cca 2m.
- V nádobě (v aktivní zóně) jsou palivové články + regulační havarijní tyče, které jsou z materiálu maximálně pohlcující neutrony – kadmium, bor.
- Vše je uvnitř obklopeno moderátorem a palivem.

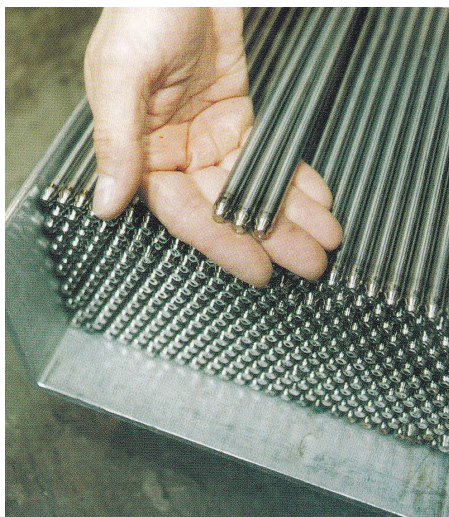
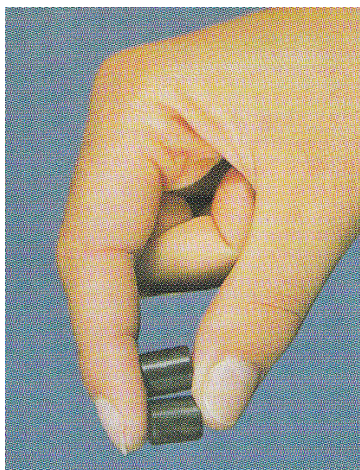
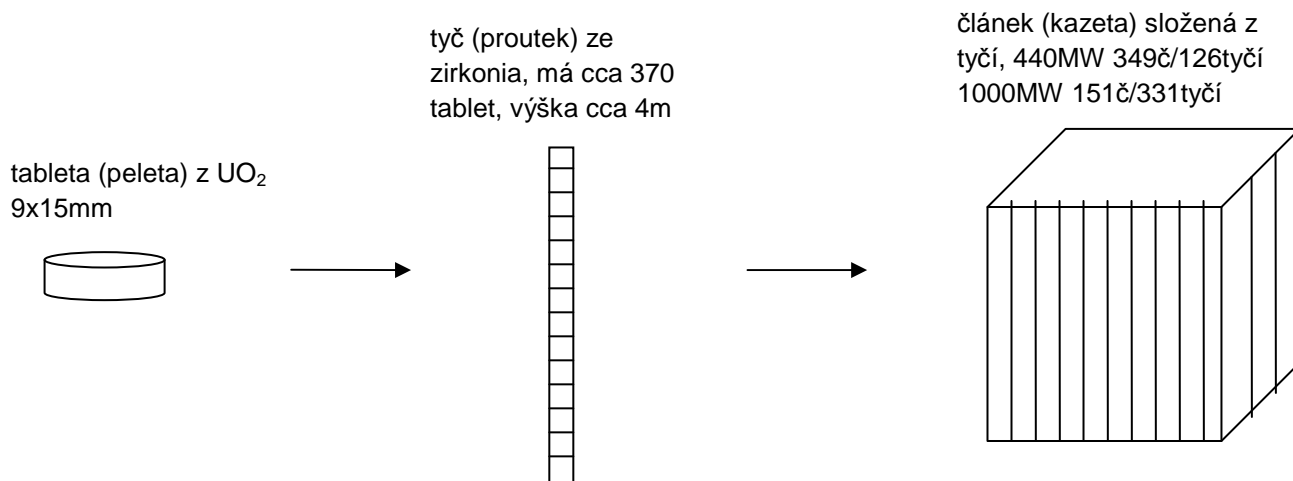




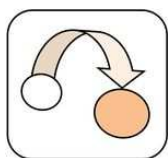
- Parametry největšího reaktoru jsou: výkon 1300MW, výška 13m, průměr 5m, tloušťka stěny 25cm, hmotnost 500t.
- Reaktory dělíme na tepelné a rychlé.

## 7.1 Tepelný reaktor

- Ke štěpení využívají zpomalené neutrony.
- Jako paliva se používá:
  - přírodní uran, který obsahuje 98%  $^{238}\text{U}$ , 2%  $^{235}\text{U}$
  - obohacený uran, který obsahuje 93%  $^{238}\text{U}$ , 7%  $^{235}\text{U}$
- Tvar paliva:

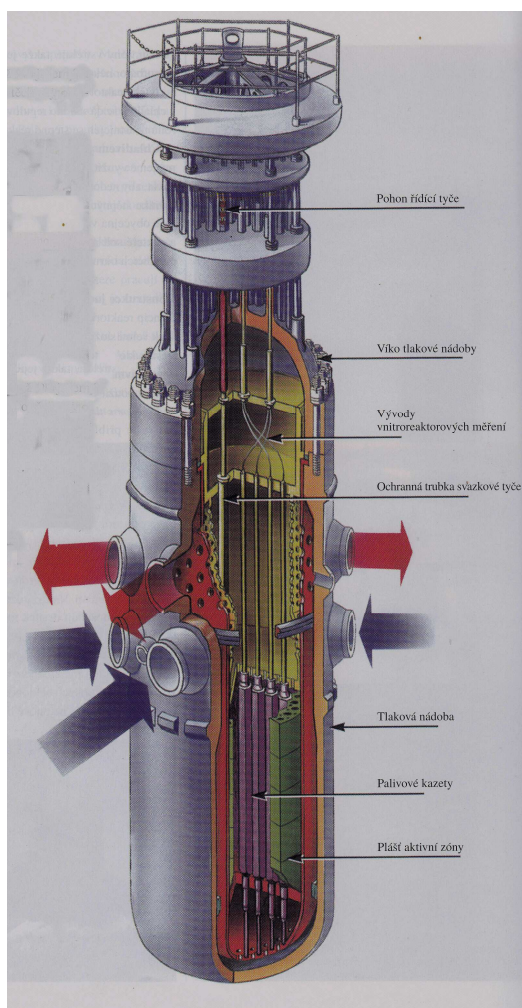


- Pro zvýšení pravděpodobnosti setkání rychlého neutronu s  $^{235}\text{U}$  vzhledem k jeho málo procentnímu zastoupení je nutné jeho rychlost snížit asi na 2000 km/s.
- K tomu slouží látka, která obklopuje palivové články, nazývá se moderátor a je to voda, těžká voda nebo grafit.
- Teplo, které vzniká při štěpné reakci, se pomocí chladiva odjímá a předává dál turbíně a ta roztáčí alternátor. Chladivem může být voda, těžká voda, oxid uhličitý, helium, tekutý sodík.
- Podle kombinace moderátoru a chladiva rozlišujeme několik typů tepelných reaktorů:
  - Lehkovodní LWR
    - tlakovodní PWR (VVER) 63%
    - varný BWR 22%
  - Grafitový 9%
  - Těžkovodní 5%

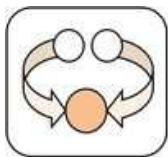


### Příklad

Lehkovodní reaktor.



### Shrnutí kapitoly



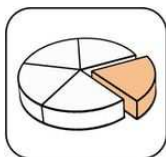
V reaktoru probíhá štěpná reakce. Uvnitř tepelného reaktoru máme palivo ve formě palivových článků z oxidu uraničitého, chladivo a moderátor, který má za úkol zpomalovat neutrony. Chladivo i moderátor mohou být stejné látky, např. voda, těžká voda. Dále zde najdeme havarijní a regulační tyče, které řídí rychlost reakce, popř. ji mohou během několika sekund zastavit. Ty jsou z boru a kadmia.

### Kontrolní otázky a úkoly



- 1) Popiš reaktor.
- 2) Co je to moderátor?
- 3) Jaké palivo používáme v tepelných reaktorech a jak vypadá?

### Literatura



- [1] *Velká kniha o energii*. Praha : L.A.Consulting Agency, s.r.o., 2001. 377 s.
- [2] Cez.cz [online]. 2004 [cit. 2011-09-08]. Jaderná energetika. Dostupné z WWW:  
<<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k35.htm>>

## 8 Jaderný reaktor - rychlý

### Obsah hodiny



V této hodině pokračujeme v jaderných reaktorech, zaměříme se na rychlé neboli množivé reaktory.

### Cíl hodiny



Po této hodině budete schopni:

- Vysvětlit od čeho je odvozen název rychlý popř. množivý reaktor.
- Specifikovat technické data rychlých reaktorů.

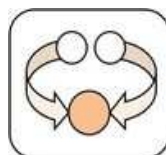
### Klíčová slova



Rychlý, množivý reaktor.

- Rychlé reaktory ke štěpení používají rychle letící neutrony, odtud název reaktoru.
- Protože používají rychlé neutrony, nemají moderátor.
- Chladivo je výhradně tekutý sodík.
- Označujeme je FBR a je jich ve světě 1%.
- Palivo má stejný tvar a uspořádání jako u tepelných reaktorů, jen složení má jiné:
  - $^{239}\text{Pu} \leftarrow ^{238}\text{U} + n$
  - $^{233}\text{U} \leftarrow ^{232}\text{Th} + n$
- V případě, že se palivové tyče obklopí tyčemi z  $^{238}\text{U}$ , bude nám díky rychlým neutronům vznikat i nové palivo.
- Při vhodném uložení je možné, že reaktor vyrobí více paliva, než spotřeboval. Můžeme tedy říct, že ho namnoží a odtud název reaktoru.

### Shrnutí kapitoly



Rychlý reaktor využívá ke štěpení rychlé neutrony, nepoužívá moderátor a je schopen si namnožit palivo pro příští výrobu. Je u něj nutné dodržovat ještě přísnější bezpečnostní podmínky.

### ***Kontrolní otázky a úkoly***



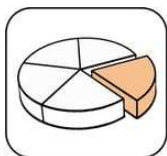
- 1) Od čeho jsou odvozené názvy reaktoru rychlý a množivý?
- 2) Jaké palivo používá rychlý reaktor?
- 3) Proč se u rychlého reaktoru nepoužívá moderátor?

### ***Otázky k zamyšlení***



- 1) Má rychlý reaktor budoucnost?

### ***Literatura***



- [1] *Velká kniha o energii*. Praha : L.A.Consulting Agency, s.r.o., 2001. 377 s.



## 9 Uspořádání jaderné elektrárny

### Obsah hodiny



V této hodině se seznámíme s možným uspořádáním jaderné elektrárny.

### Cíl hodiny



Po této hodině budete schopni:

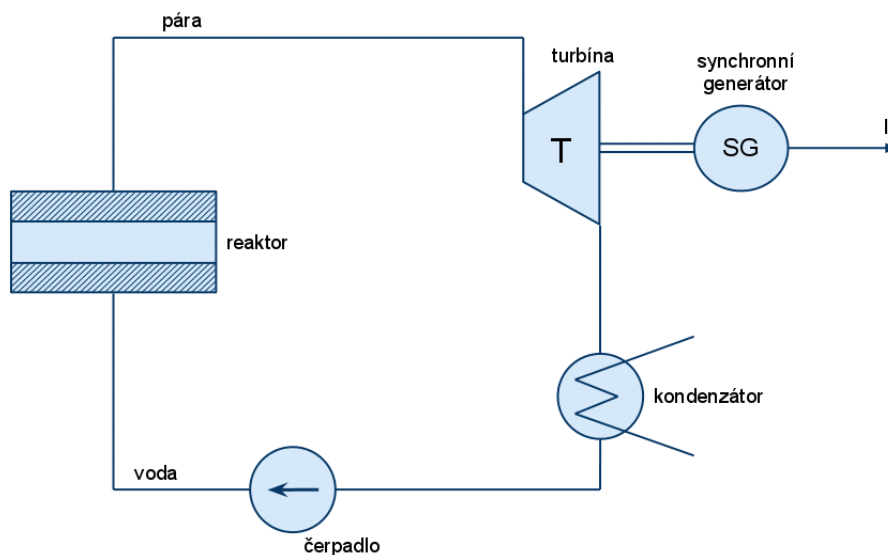
- Popsat jednotlivé možnosti uspořádání jaderné elektrárny.
- Určit výhody a nevýhody jednotlivých uspořádání.

### Klíčová slova



Jednookruhové, dvouokruhové a tříokruhové uspořádání.

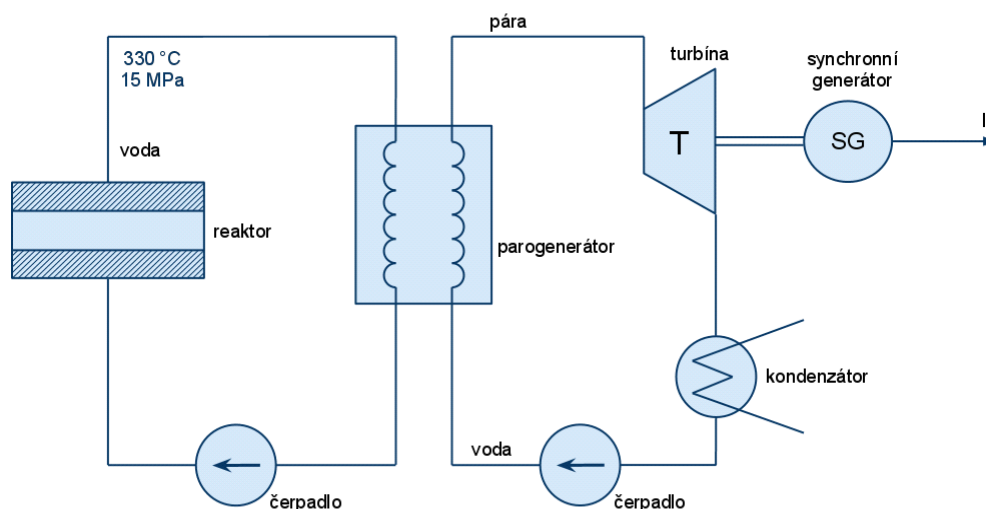
### Jednookruhové uspořádání



Jednookruhové uspořádání se výhradně používá pro varné reaktory. Voda se v nich vaří a rovnou vzniká pára, která následně pohání turbínu. Nevýhodou tohoto uspořádání je, že pára je radioaktivní a tím i celý okruh. Z hlediska bezpečnosti je větší pravděpodobnost úniku záření. Z tohoto důvodu se varné reaktory již nově nespouštějí, pouze dobíhají ty již zprovozněné.

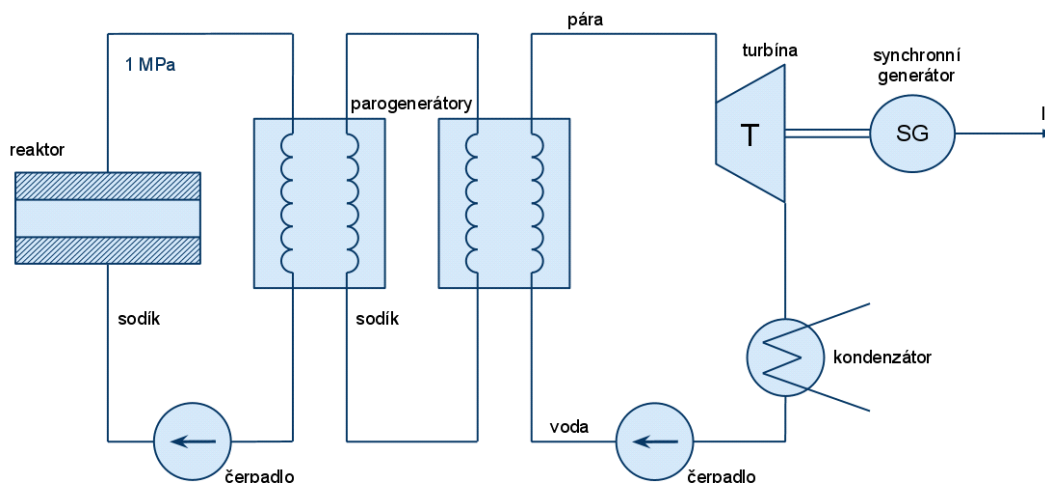


## Dvouokruhové uspořádání



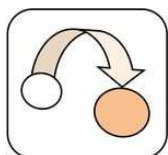
Je to nejrozšířenější uspořádání. Spojovacím členem jednotlivých okruhů je parogenerátor, který tak odděluje radioaktivní (primární) okruh s reaktorem od neradioaktivního (sekundárního) okruhu. V primárním okruhu je vysoký tlak a tak voda se nepřemění na páru, ale koluje jako horká voda s teplotou cca 330°C, teprve v sekundárním se voda přemění na páru a ta pak pohání turbínu.

## Tříokruhové uspořádání



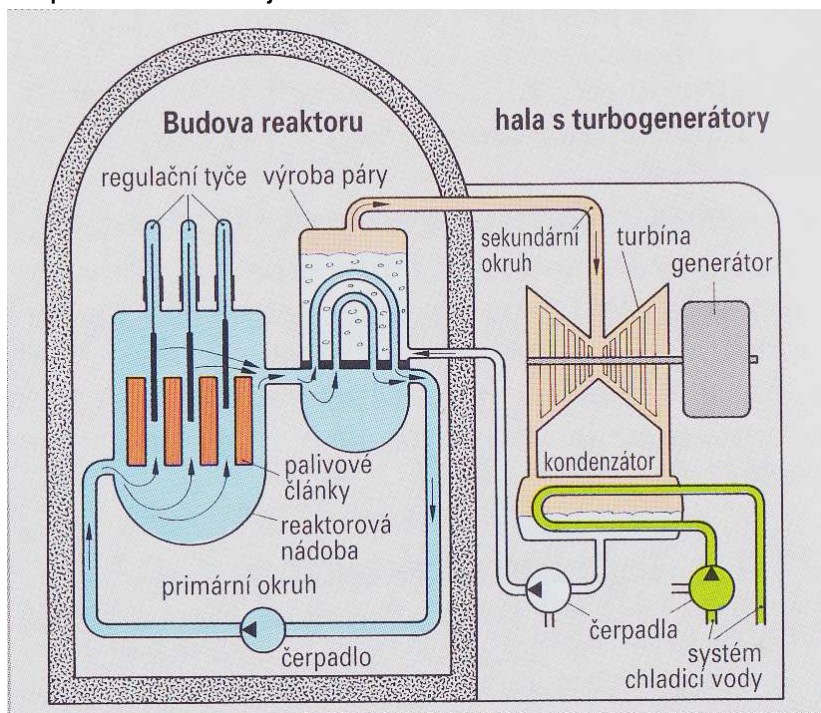
Toto uspořádání se téměř výhradně používá pro rychlé reaktory, a to z důvodu zvýšené bezpečnosti. Rychlé reaktory totiž používají jako chladivo tekutý sodík a ten v případném styku s vodou prudce reaguje. Proto je mezi primární okruh s radioaktivním sodíkem a sekundární s vodou vložen meziokruh, který má taktéž sodík, ale neradioaktivní. Při možné havárii se pak spolu setkají buďto radioaktivní sodík

s neradioaktivním a nedojde k žádné reakci, nebo neradioaktivní sodík s vodou, k reakci sice dojde, ale nikoliv k úniku radioaktivity.



### Příklad

Princip tlakovodního jaderného reaktoru



### Shrnutí kapitoly



Rozlišujeme tři uspořádání jaderné elektrárny – jedno, dvou a tříokruhové. Ty se navzájem liší v použitém reaktoru a v zajištění bezpečnosti a zabránění možnému úniku radioaktivity.

### Kontrolní otázky a úkoly

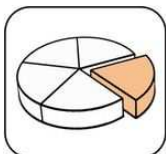


- 1) Nakresli a popiš dvouokruhové uspořádání JE.
- 2) Jaké nevýhody má jednookruhové uspořádání a proč se používá pro varné reaktory?
- 3) Jaké uspořádání a proč se používá pro rychlé reaktory?



### ***Otázky k zamyšlení***

1) Můžeme vždy 100% zajistit bezpečnost JE?



### ***Literatura***

[1] TKOTZ, Klaus. *Příručka pro elektrotechnika*. Praha: Europa-Sobotáles s.r.o., 2002, s. 446. ISBN 80-86706-00-1

## 10 Radioaktivní odpad

### Obsah hodiny



V této hodině se budeme věnovat radioaktivnímu odpadu.

### Cíl hodiny



Po této hodině budete schopni:

- Specifikovat možnosti nakládání s radioaktivním odpadem.
- Popsat konečné úložiště radioaktivního odpadu.

### Klíčová slova

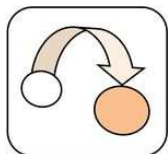


Mezisklad, konečné úložiště.

- Ze všech odpadů na světě je cca 1,1% toxický odpad a z toho 0,1% je vysoceradioaktivní s životností 100 000 let.
- Principem zneškodnění radioaktivních odpadů je jejich oddělení od biosféry takovým způsobem, aby po celou dobu jejich existence nemohlo dojít k ohrožení člověka a životního prostředí.
- Vsazka palivových článků se v reaktoru mění buď celá, nebo jen poměrná část (1/3, 1/4).
- Manipulace s vyhořelým palivem se obvykle provádí pod vodou, protože voda chladí a stíní.
- Rozlišujeme odpad nízko, středně nebo vysoce radioaktivní.
- Po vytažení z reaktoru jde palivo do bazénu pro vyhořelé palivo, zde je 5 let.
- Po 5 letech je palivo převezeno do meziskladu (suchý, mokrý), zde je cca 40 let.
- Potom se radioaktivní odpad rozdělí na:
  - nízko a středně radioaktivní, který se vrací na zpětné zpracování paliva.
  - vysoce radioaktivní, který jde na konečné úložiště, které je 500 až 1000m pod povrchem, odpad je v měděných kazetách zalitých do betonových kontejnerů, předpokládá se, že zde budou 100 tisíc let

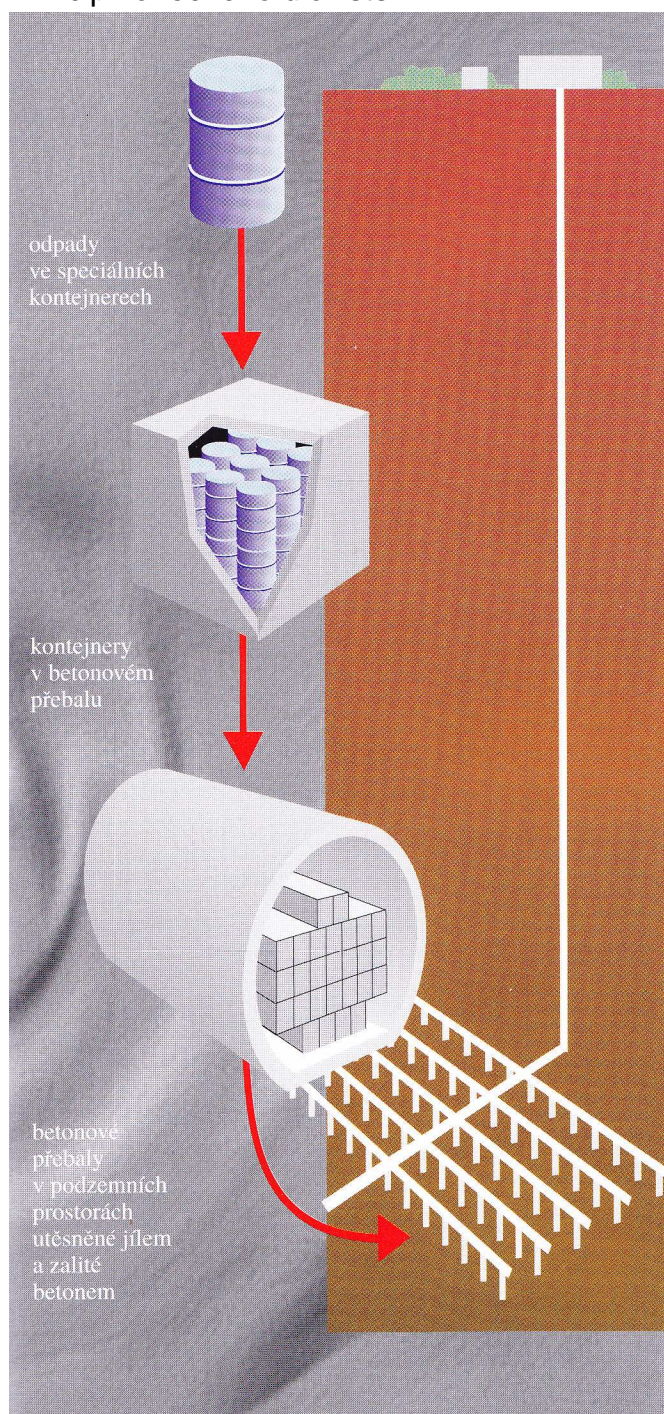


- Vzhledem k tomu, že výzkum a technika v jaderné oblasti se rychle vyvíjí, je výše uvedený postup ukládání paliva jen předběžnou variantou. Je tedy možné, že se ustoupí od konečných úložišť a odpad dojde dalšího použití.



### **Příklad**

Princip konečného úložiště.





Palivová kazeta a kontejner Castor na použité jaderné palivo.

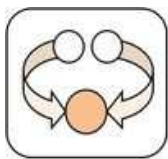


Mezisklad a úložiště nízkoaktivních a středněaktivních odpadů v JE Dukovany.





### **Shrnutí kapitoly**



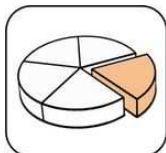
Radioaktivní odpad dělíme na nízko, středně a vysoce radioaktivní. Pro bezpečnost je důležité zejména vypořádání se s vysoce radioaktivním odpadem, který v současné době putuje na konečná úložiště. Než se tam dostane, putuje odpad z jaderného reaktoru do bazénu pro vyhořelé palivo, poté do meziskladu, kde je uložen několik desítek let.

### **Kontrolní otázky a úkoly**



- 1) Popiš cestu vyhořelého jaderného paliva po jeho vytažení z reaktoru.
- 2) Popiš konečné úložiště.

### **Literatura**



- [1] *Velká kniha o energii*. Praha : L.A.Consulting Agency, s.r.o., 2001. 377 s.

# 11 Technické parametry jaderné energetiky a jaderné elektrárny v ČR

## Obsah hodiny



V této hodině se seznámíme s JE v ČR.

## Cíl hodiny



Po této hodině budete schopni:

- Specifikovat a určit parametry našich jaderných elektráren v Dukovanech a Temelíně.

## Klíčová slova



Technické parametry.

Na úvod několik technických údajů:

- Účinnost JE je asi 45%.
- Ve světě pracuje v energetice cca 450 jaderných reaktorů, nejvíce v USA 104, Francii 58 a Japonsku 53, další reaktory bychom našli např. v ponorkách.
- Největší JE je v Japonsku, má 7 reaktorů o celkovém výkonu 8212 MW.
- Francie má největší podíl JE na výrobě elektřiny a to 75%.
- V ČR mají JE podíl na výrobě elektřiny 30%. Máme dvě JE:
- Temelín 2x 1000MW, Dukovany 4x500 (původně 440)MW
- Srovnání: 1 tableta uranu 5 g = 880 kg černého uhlí, 1,8 kg jaderného paliva = elektřina pro domácnost na 25 let

### 11.1 JE Dukovany

- Historie Jaderné elektrárny Dukovany (EDU) sahá až do počátku 70. let, kdy tehdejší Československo a Sovětský svaz v roce 1970 podepsaly mezinárodní dohodu o výstavbě jaderné elektrárny v Dukovanech na jižní Moravě. Výstavba EDU začala v roce 1978.

První reaktorový blok byl uveden do provozu v květnu 1985, poslední čtvrtý blok v červenci 1987. Maximálního projektového výkonu 1760 MW dosáhla elektrárna v červenci 1987. Spuštění dvou jaderných bloků, druhého a třetího, v jediném roce 1986 a na jedné lokalitě bylo ve své době zcela unikátní a doposud se ve světě neopakovalo.

- Více než 80 % použitých zařízení je vyrobeno v ČR. Reaktory a turbogenerátory vyrobila Škoda Plzeň, parogenerátory Vítkovice.
- Energetickou síť posiluje, především při ranní a odpolední špičce, i 450 MW instalovaného výkonu přečerpávací vodní elektrárny Dalešice na řece Jihlavě. Po generálních opravách turbosoustrojí činí dnes celkový instalovaný výkon 480 MW.
- V Jaderné elektrárně Dukovany jsou instalovány čtyři tlakovodní reaktory (PWR). Projektové označení těchto reaktorů je VVER 440/213. VVER znamená Vodou chlazený, Vodou moderovaný Energetický Reaktor. Každý ze čtyř reaktorů má tepelný výkon 1375 MW. Trojice bloků má elektrický výkon 460 MW, jeden disponuje výkonem 500 MW (modernizací se postupně na všech blocích má dosáhnout 500 MW).
- Elektrárna je uspořádána do dvou hlavních výrobních bloků. V každém z nich jsou dva reaktory se všemi přímo souvisejícími zařízeními včetně strojovny s turbínami a generátory.
- Od roku 1985 do jara roku 2009 bylo na všech čtyřech blocích elektrárny vyrobeno téměř 300 miliard kWh elektrické energie, což je nejvíce ze všech elektráren v České republice. EDU pokrývá přibližně 20 % spotřeby elektřiny v ČR. Ročně vyrobí více než 14 mld. kWh, což by stačilo k pokrytí spotřeby všech domácností v ČR. Podle světově uznávané soustavy bezpečnostních a výkonnostních provozních indikátorů Index WANO elektrárna dosahuje úrovně srovnatelné s 20 % nejlepších jaderných elektráren na světě a v některých parametrech patří mezi absolutní špičku (kolektivní efektivní dávka, neplánované výpadky).
- EDU patří podle měřítek WANO mezi pětinu nejlépe provozovaných jaderných elektráren na světě.
- Náklady na výstavbu EDU (25 miliard korun) se už dvakrát zaplatily.
- EDU vyrábí nejlevnější proud v ČR: 1 kWh za 0,60 Kč.

### **Hlavní technické parametry jaderné elektrárny Dukovany**

Počet bloků	4
Reaktor	tlakovodní WER 440 V 213
Tepelný výkon	1 375 MW
Vyváděný elektrický výkon	440 MW

#### **tlakovodní nádoba:**

vnější průměr tlakové nádoby	3 560 mm
výška tlakové nádoby	11 800 mm
výška i s horním blokem	23 960 mm
hmotnost tlakové nádoby	215 t

#### **aktivní zóna reaktoru:**

počet palivových kazet	312
počet palivových proutků v kazetě	126
počet regulačních kazet	37
maximální obohacení paliva	3,6 % <sup>235</sup> U
maximální vyhoření paliva	42 MWd/kg
vsázka paliva	42 t

#### **systém chlazení reaktoru:**

počet chladicích smyček	6
vnitřní průměr chladicího potrubí	500 mm
objem chladicí vody	209 m <sup>3</sup>
průtok chladiva reaktorem	10,8 m/s
pracovní tlak	12,25 MPa
teplota chladiva na vstupu	267 °C
teplota chladiva na výstupu	297 °C

#### **parogenerátor:**

parní výkon	452 t/hod
tlak páry na výstupu	4,6 MPa
teplota páry na výstupu	259 °C
hmotnost	169 t

#### **turbína:**

jmenovitý výkon	220 MW
otáčky	3 000 ot/min

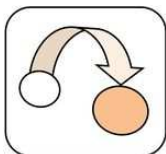
#### **generátor:**

jmenovitý výkon	220 MW
výstupní napětí	15,75 kV

#### **chladicí věže:**

počet bloků	2
výška	125,0 m
patní průměr	98,0 m

průměr v koruně věže	50,0 m
průtok vody věží	10.5 m <sup>3</sup> /s
maximální odpar z věže	0,15 m <sup>3</sup> /s



### **Příklad**

Letecký snímek JE Dukovany



## **11.2 JE Temelín**

- Před uvedením JE Temelín do provozu byly Jižní Čechy odkázány na dodávku elektrické energie z jiných oblastí, a to především z ekologicky zatížených severních Čech. Výstavba JE vyřešila nedostatek elektrické energie i obtížnou ekologickou situaci v severních Čechách, neboť temelínská elektrárna umožnila nahradit již zastaralé a postupně odstavované bloky v uhelných elektrárnách.
- O výstavbě jaderné elektrárny v lokalitě Temelín pro 4 bloky VVER 1000 bylo rozhodnuto v roce 1980, vlastní stavba byla zahájena v roce 1987. Po listopadu 1989 bylo rozhodnuto o snížení počtu bloků na dva a v červenci 2000 bylo zavezeno palivo do reaktoru, první blok vyrobil první elektřinu.
- Jaderná elektrárna Temelín leží přibližně 24 km od Českých Budějovic. Elektřinu vyrábí ve dvou výrobních blocích s tlakovodními reaktory VVER 1000 typu V 320. Odběr technologické vody je zajištěn z vodního díla Hněvkovice na Vltavě, jehož vybudování bylo součástí výstavby elektrárny. Na jaře 2003 se temelínská elektrárna s instalovaným elektrickým výkonem 2000 MW stala největším energetickým zdrojem České republiky.
- V současné době se zvažuje dostavba 3. a 4. bloku JE Temelín, která zaručuje spolehlivé pokrytí rostoucí spotřeby elektřiny v ČR po roce 2020 a vytvoření dostatečné rezervy pro bezpečnost a stabilitu energetické soustavy při minimálním vypouštění skleníkových plynů.

### **Hlavní technické parametry jaderné elektrárny Temelín**

Počet bloků	2
Reaktor	tlakovodní WER 1000
Tepelný výkon	3 000 MW
Vyváděný elektrický výkon	981 MW

#### **tlakovodní nádoba:**

vnější průměr tlakové nádoby	4,5 m
výška tlakové nádoby	10,9 m
hmotnost tlakové nádoby	322 t

#### **aktivní zóna reaktoru:**

počet palivových kazet	163
počet palivových proutků v kazetě	312
počet regulačních kazet	61
maximální obohacení paliva	5,0 % <sup>235</sup> U
maximální vyhoření paliva	60 MWd/kg
vsázka paliva	92 t

#### **systém chlazení reaktoru:**

počet chladicích smyček	4
vnitřní průměr chladicího potrubí	850 mm
objem chladicí vody	337 m <sup>3</sup>
průtok chladiva reaktorem	23,6 m/s
pracovní tlak	15,7 MPa
teplota chladiva na vstupu	290 °C
teplota chladiva na výstupu	320 °C

#### **parogenerátor:**

parní výkon	1 470 t/hod
tlak páry na výstupu	6,3 MPa
teplota páry na výstupu	279 °C
hmotnost	416 t

#### **kontejnment:**

výška válcové části	38 m
vnitřní průměr	45 m
tloušťka stěny	1,2 m
tloušťka nerezové výstelky	8 mm

#### **turbína:**

jmenovitý výkon	1 000 MW
otáčky	3 000 ot/min

#### **alternátor:**

jmenovitý výkon	1 000 MW
výstupní napětí	24 kV

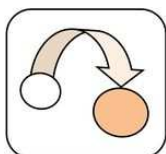
#### **chladicí věže:**

počet bloků	2
výška	154,8 m
patní průměr	130,7 m



průměr v koruně věže  
průtok vody věží  
maximální odpar z věže

82,6 m  
 $17.2 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$

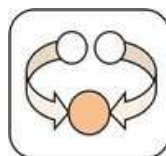


### **Příklad**

JE Temelín.



### **Shrnutí kapitoly**



Na světě v rámci energetiky pracuje cca 450 reaktorů. V ČR máme dvě elektrárny, JE Dukovany 4x 440 (po navýšení 500)MW a JE Temelín 2x1000 (v plánu dostavba 2x1000) MW. Na celkové výrobě elektrické energie u nás mají JE cca 30% podíl.

### **Kontrolní otázky a úkoly**



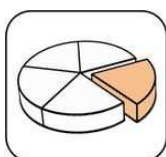
1) Specifikuj technické parametry našich JE.

### **Otázky k zamyšlení**



1) Může se ČR obejít bez JE?

### **Literatura**



- [1] ČEZ. ČEZ [online]. 2012 [cit. 2012-02-03]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrarny-cez.html>
- [2] *Velká kniha o energii*. Praha : L.A.Consulting Agency, s.r.o., 2001. 377 s.