

Jaroslav Šinka
Matěj Svatek
Martin Sidor

Gymnázium Cheb
Nerudova 7, 350 02 Cheb

Jaderná energie

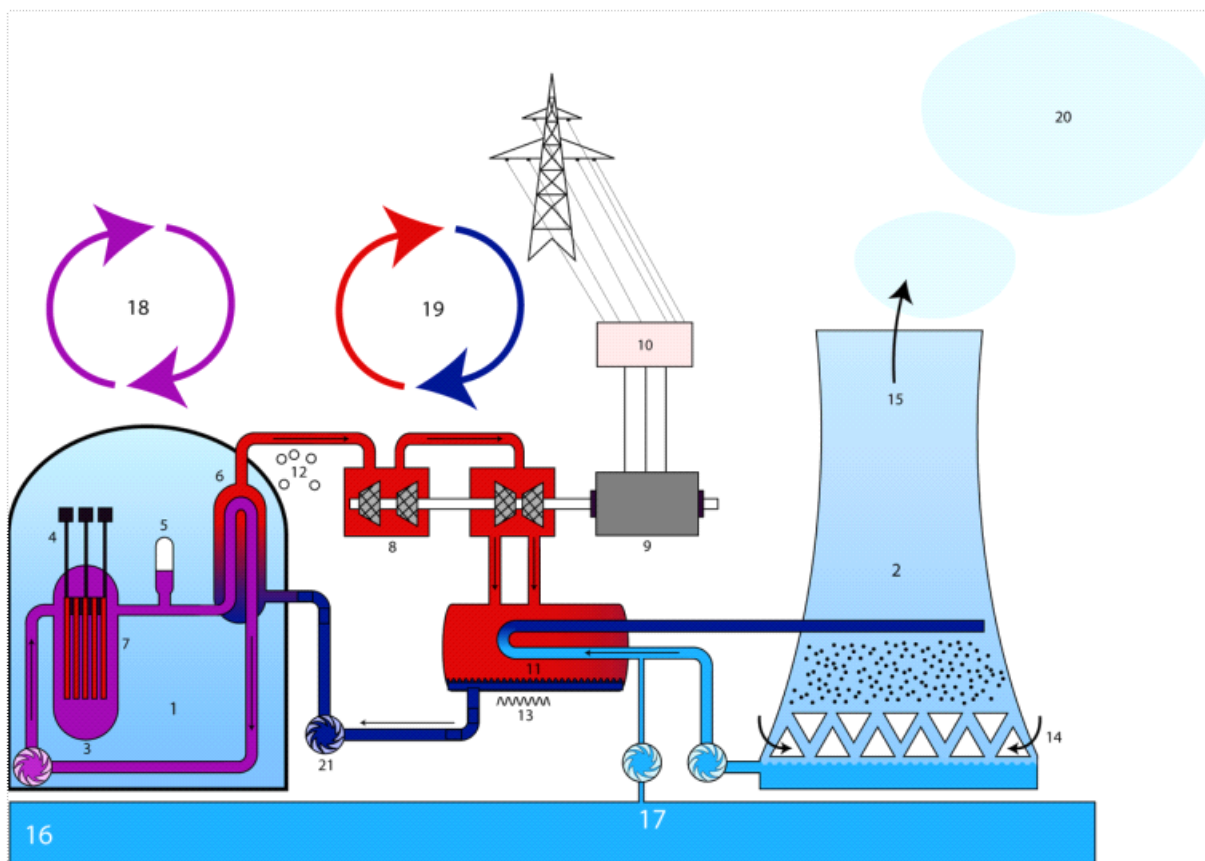
Úvod

Jsme žáci třetího ročníku Gymnázia v Chebu. Tento projekt jsme vypracovali, abychom shrnuli a veřejnosti přiblížili dosavadní poznatky o jaderné energii. Věříme totiž, že pokud budou lidé s touto problematikou alespoň základně obeznámeni, nebudou se jí bát a přijmou ji jako nový a perspektivní zdroj, který je však třeba respektovat mimo jiné proto, aby nedošlo na slova A. Einsteina: „Nevím čím se bude bojovat ve 3. světové válce, ale ve 4. to budou klacky a kameny.“ čímž varoval před zneužitím jaderné energie a rozpoutáním nukleární války.

Jaderné elektrárny

Jaderná energetika zažívá renesanci na celém světě. V České Republice jsou v provozu dvě jaderné elektrárny, JE Dukovany a JE Temelín, které zaručují spolehlivé pokrytí rostoucí spotřeby elektřiny v ČR a vytvoření dostatečné rezervy pro bezpečnost a stabilitu energetické soustavy. JE Temelín byla projektována pro výstavbu čtyř jaderných bloků a byla realizována výstavba pouze dvou bloků. Jaderná elektrárna je výrobní elektrické energie resp. technologické zařízení, sloužící k přeměně vazebné energie jader těžkých prvků na elektrickou energii. Skládá se obvykle z jaderného reaktoru, parní turbíny s alternátorem a z mnoha dalších pomocných provozů. V principu se jedná o parní elektrárnu, ve které se energie získaná jaderným reaktorem používá k výrobě páry v parogenerátoru. Tato pára pohání parní turbínu, které pohání alternátory pro výrobu elektrické energie. Někdy používaný pojem atomová elektrárna je chybný, neboť z atomu se energie vyrábí i v elektrárnách na fosilní paliva. Současné jaderné elektrárny využívají jako palivo převážně obohacený uran, což je přírodní uran, v němž byl zvýšen obsah izotop ^{235}U z původních zhruba 0,7 % a 2–5 %. Podle odhadů geologů vydrží známé a předpokládané zásoby uranu nejméně 270 let

Schéma:



- | | |
|-----------------------|--|
| 1. Reaktorová hala | 12. Plyný stav |
| 2. Chladicí věž | 13. Kapalný stav |
| 3. Tlakovodní reaktor | 14. Přívod vzduchu do chladicí stanice |
| 4. Řídící tyče | 15. Odvod tepelného vzduchu a páry |
| 5. Kompenzátor objemu | 16. Řeka |
| 6. Parogenerátor | 17. Chladicí okruh |

- | | |
|--|---|
| 7. Aktivní zóna | 18. Primární okruh |
| 8. Turbína-vysokotlaký a nízkotlaký stupeň | 19. Sekundární okruh |
| 9. Elektrický generátor | 20. Oblaka vzniklá kondenzací vypařené vody |
| 10. Transformační stanice | 21. Pumpa |
| 11. Kondenzátor sekundárního okruhu | |

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 významného energetického zdroje umožnila řešit nedostatek elektrické energie i obtížnou ekologickou situaci v severních Čechách, neboť temelínská elektrárna umožnila nahradit a postupně odstavovat již zastaralé bloky v uhelných elektrárnách.

Jaderná elektrárna Temelín je elektrárna s největším instalovaným výkonem v Česku. Stojí v obci Temelín v Jihočeském kraji. Její výstavba začala v roce 1985, s datem dokončení dvou jaderných bloků v roce 2002, jde o jednu z nejnověji dostavěných jaderných elektráren v Evropě.

Lokalita Temelína byla určena na základě řady bezpečnostních, technických i ekonomických kritérií. Blízkost Vltavy a vodního díla Hněvkovice zajišťuje dostatek vody pro chlazení, díky poměrně vysoké nadmořské výšce však elektrárna nemůže být ohrožena povodní.

Z ekonomického a energetického hlediska je důležité umístění na jihu státu – uhelné elektrárny se nacházejí poblíž ložisek uhlí v severních Čechách a na severní Moravě, umístění elektrárny na jihu tak usnadňuje a zlevňuje přenos elektřiny pro jižní oblasti republiky. JE Temelín pomáhá spolehlivě k pokrytí rostoucí spotřeby elektřiny v ČR a vytvoření dostatečné rezervy pro bezpečnost a stabilitu energetické soustavy. JE Temelín byla projektována pro výstavbu čtyř jaderných bloků. Po listopadu 1989 bylo v nových politických a ekonomických podmínkách rozhodnuto o snížení počtu bloků na dva. Elektřinu vyrábí ve dvou výrobních blocích s tlakovodními reaktory VVER 1000 typu V 320. Přes období velkých nejistot byla redukována a v technologii modernizovaná stavba dokončena a v červenci 2000 bylo zavezeno palivo do reaktoru. 21. prosince 2000 vyrobil první blok první elektřinu. Elektrárna pracuje na výkonu 1 x 1078 MWe + 1 x 1055 MWe.

Dostavba zbývajících dvou bloků a maximálně využije stávající infrastrukturu JE Temelín a dále je významným impulzem pro rozvoj Jihočeského kraje i celé ČR

Bezpečnostní opatření v Temelíně zahrnují celou škálu opatření na řadě úrovní. Bezpečnost zvyšuje to, že řada bezpečnostních systémů je založena na rozdílných fyzikálních a technických principech. Jedním z nejdůležitějších z principů je tzv. princip hloubkové ochrany, který definuje 5 úrovní ochrany a 5 ochranných bariér stojících mezi aktivní zónou v reaktoru a okolním prostředím:

1. pevná keramická struktura samostatného paliva
2. pokrytí palivových proutků
3. tlaková hranice primárního okruhu
4. železobetonová šachta reaktoru
5. ochranná obálka (containment)

Dukovany:

Jaderná elektrárna Dukovany je první provozovanou jadernou elektrárnou na území Česka. Je významným zdrojem české energetické soustavy. Dukovany jsou umístěny asi 30 kilometrů jihovýchodně od Třebíče, v trojúhelníku, který je vymezen obcemi Dukovany, Slavětice a Rouchovany.

Jaderná elektrárna Dukovany má stejný instalovaný výkon jako Jaderná elektrárna Temelín.

Elektrárna patří mezi první třetinu nejbezpečnějších na světě, za poslední 3 roky na ní nedošlo k žádné poruše větší než stupeň 0 stupnice INES. Od roku 2000 rovněž nedošlo k žádnému automatickému odstavení reaktoru. Elektrárna za celou historii nezaznamenala žádnou havárii v provozu ani mimo něj, která by si zasloužila číslo na stupnici havárií. Mimo provoz se stala pouze jedna menší havárie. Byl jí požár transformátoru v roce 1988, který ale nespadá přímo do zařízení elektrárny.

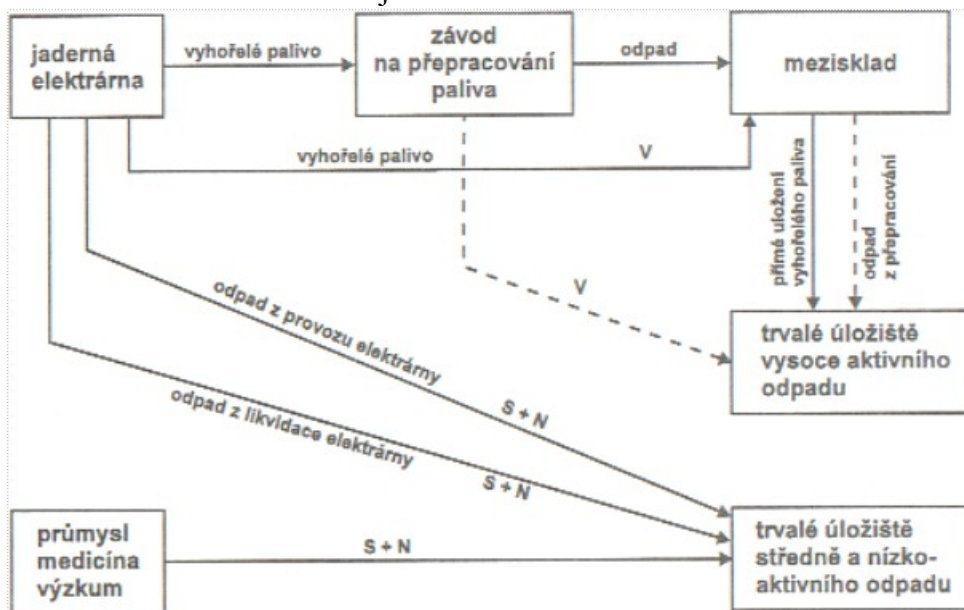
První reaktorový blok byl uveden do provozu v květnu 1985, poslední čtvrtý blok v červenci 1987. Maximálního projektového výkonu 1760 MW dosáhla elektrárna v červenci 1987. Spuštění dvou jaderných bloků druhého a třetího v jediném roce 1986 a na jedné lokalitě bylo ve své době zcela unikátní a doposud se ve světě neopakovalo. Více než 80 % použitých zařízení je vyrobeno v ČR. Od roku 1985 do ledna roku 2015 bylo na všech čtyřech blocích elektrárny vyrobeno více než 384 miliard kWh elektrické energie, což je nejvíce ze všech elektráren v České republice. Elektrárna Dukovany pokrývá přibližně 20 % spotřeby elektřiny v ČR. Ročně vyrobí více než 14 mld. kWh, což by stačilo k pokrytí spotřeby všech domácností v ČR.

Jaderný odpad:

Výroba jaderného paliva a provoz jaderných reaktorů produkuje velké množství radioaktivních odpadů. Největším a dosud nevyřešeným problémem jsou vysoce radioaktivní odpady, zejména vyhořelé jaderné palivo.

To představuje bohatý koktejl radioaktivních izotopů včetně plutonia a trvá statisíce let, než se jeho radioaktivita sníží na přirozenou úroveň. Problém kam s jaderným odpadem dodnes nemá řešení.

Veškerý stávající jaderný odpad je uložen pouze v meziskladech, konečné úložiště jaderného paliva nikde na světě zatím neexistuje.



Vyřešení ekologických problémů:

Často uváděný argument, že jaderné elektrárny jsou bezemisní, a tím pádem hrají důležitou roli v boji se změnami klimatu, je zcela lichý. Je sice pravda, že jaderné elektrárny neprodukují velké

množství skleníkových plynů při svém provozu, ale přínos jaderné energie k ochraně klimatu je zanedbatelný.

Jaderné elektrárny dnes celosvětově vyrábějí pouze 6 % celkové spotřeby energie, takže k náhradě fosilních paliv by bylo nutné jejich počet zvýšit více než desetinásobně. To je ale prakticky nemožné kvůli vysokým nákladům na jejich výstavbu a omezeným zásobám uranu.

Ze studie mezinárodní energetické agentury vyplývá, že čtyřnásobné zvýšení výroby z jaderné energie by pomohlo snížit světové emise skleníkových plynů o pouhých 6 %. Bylo by přitom nutné do roku 2050 vybudovat přibližně 1 400 nových velkých (1000 MWe) jaderných reaktorů, tedy 35 bloků za rok neboli nový reaktor každých 10 dní. V 80. letech, vrcholné jaderné dekády, se stavělo ročně 17 bloků, za posledních deset let pouhé 3, přičemž celosvětově by kapacita průmyslu umožňovala postavit zhruba 6 reaktorů ročně.

Většina hypotetických velkých reaktorů by přitom začala vyrábět energii až po roce 2020, či spíše po roce 2025, což je příliš pozdě na realizaci účinných opatření k ochraně klimatu.

Energie budoucnosti:

Jaderné, solární či větrné elektrárny ani při těch nejoptimističtějších přáních nedokážou zásobovat další generace člověka energií tak, aby mohl její nárůst pokračovat v posledních letech. Spasí nás nové technologie nebo se budeme muset uskrovnit a zpomalit spotřebu pomalu ubývajících fosilních paliv včetně uranu. Moderní fyzika už 50 let mluví o technologii jaderné fúze, která má svět vyvést z energetické krize. Ve Francii se začal stavět první plně funkční reaktor, avšak projekt se stále potýká s komplikacemi a průtahy. Termojaderná fúze snad může být hledaným řešením, ale dočkáme se někdy? Ačkoli teoretická řešení termonukleárního fúzního reaktoru jsou nasnadě, v praxi se vždy objeví problémy, které si vyžádají roky, než se je podaří zkontrolovat. Krásný bonmot, jenž mluví za všechny, se povedl Sébastienu Balibarovi, který vede Francouzské národní centrum pro vědu a výzkum: „Říkáme, že strčíme Slunce do škatulky. Je to fajn nápad. Problém je, že nevíme, jak udělat tu krabičku.“

Využití jaderné fyziky v lékařství

Jaderná fyzika v lékařství

Objevy v oblasti jaderné fyziky měly zásadní vliv na všechna odvětví vědy. Nemalou částí byla poznamenána a obohacena o nové poznatky také medicína. Světlo světa tehdy spatřily nové léčebné metody využívající radioaktivitu, ale také nové diagnostické metody, které dovolovaly nahlédnout hluboko do lidského těla (mnohem přesněji než RTG), aniž by byl pacient nucen podstoupit chirurgický zákrok.

Nukleární medicína

Nukleární medicína je specializované odvětví lékařství, jež se používá k diagnostice a terapii chorob pomocí radioaktivních látek (tzv. radiofarmak). Mezi nejčastěji používané radionuklidy patří radioaktivní izotop (radioizotop = radionuklid) technecia a radioaktivní izotopy jódu, které se vpraví do těla nemocného, krevním řečištěm se dostanou do celého těla a je tak možné hodnotit funkce srdce, plic, jater, ledvin, štítné žlázy, žlučníku a kostí. Pro nukleární medicínu je typické užití záření z otevřených zářičů. Hlavním zobrazovacím přístrojem je tzv. gama kamera, která zjistí množství radiace vyzařující indikátorem zavedeným do těla a zjištěné hodnoty zobrazí na snímku.

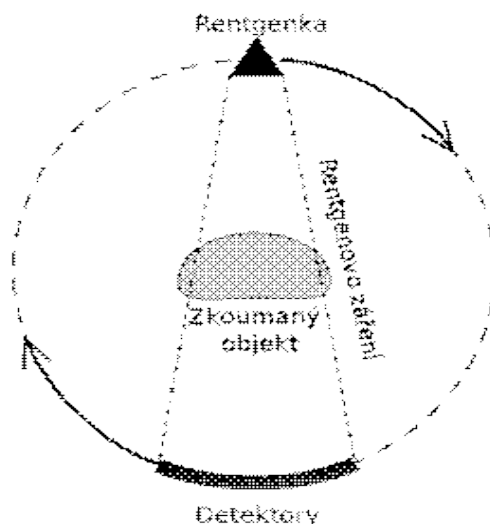
Diagnostické metody

Radiologie

Radiologie je lékařský obor, který využívá ionizujícího záření k určení diagnózy nebo při léčbě nemocného v případě invazní radiologie (viz kap. 2.4). V radiologii se využívá buď rentgenového záření nebo ionizujícího záření z uzavřených zářičů. Do tohoto oboru byly později zařazeny také diagnostické metody, které přímo nevyužívají ionizující záření, a to sonografie (využívá ultrazvukové vlnění) a magnetická rezonance (využívá elektromagnetického záření v rozsahu rozhlasových vln). V pozdější době se začala radiologie rozdělovat na radiodiagnostiku (především zobrazovací metody) a na radioterapii (léčba rakoviny a jiných nemocí). Obor zabývající se léčbou nádorových onemocnění se nazývá radiační onkologie.

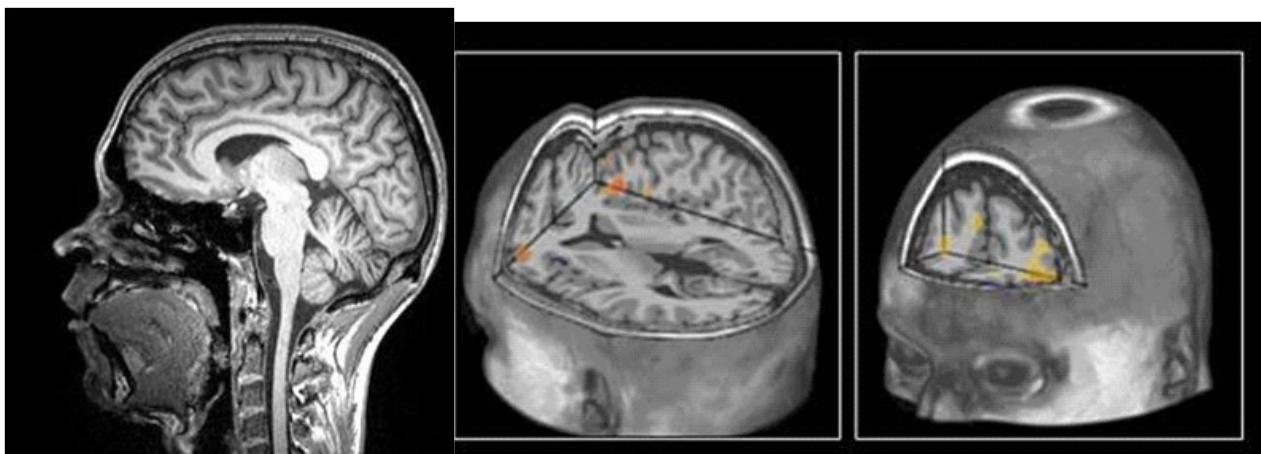
Počítačová tomografie (CT)

Počítačová tomografie, z anglického computed thomography = CT, je diagnostická zobrazovací metoda fungující na principu otáčení zařízení kruhového tvaru, kde jsou umístěny rentgenka a detektory. Záření, které projde sledovaným objektem a po dopadu na detektor je zaznamenána intenzita dopadajícího záření.



Vtáh mezi vstupní a výstupní intenzitou záření je dán vztahem: $\frac{I_0}{I} = e^{\mu d}$ kde I_0 je hodnota vstupní intenzity záření, I je hodnota výstupní intenzity záření, d tloušťka materiálu a lineární součinitel zeslabení. Nejvíce se záření absorbuje (zeslabuje) v kostech, méně v měkkých tkáních jako játra, ledviny a nejméně v tukových vrstvách a plicích.

Detektor sejme několik set snímků a úkolem výkonného počítače je sestavit s těchto snímků plošný řez sledovaným objektem. Snímky CT tak umožňují nahlédnout dovnitř lidského těla v plošných řezech bez chirurgického zákroku. Pokud se tyto snímky poskládají za sebe, pak je možné vymodelovat 3D modely orgánů, tkání a kostí ve všech vrstvách a odhalit tak i sebemenší anomálie.



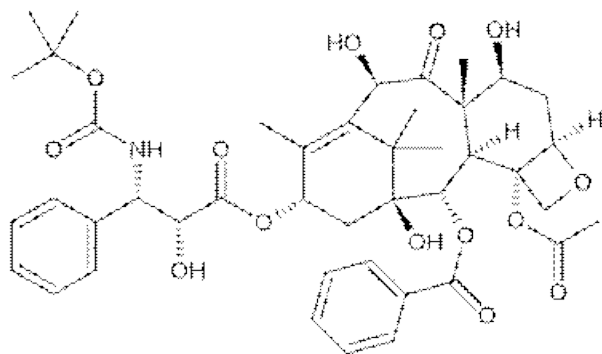
Léčebné metody

Radiační onkologie

Radiační onkologie se zabývá terapií a nechirurgickou léčbou nádorových onemocnění. Základy tohoto oboru vycházejí z radiofyziky a radiobiologie. Tato léčebná metoda se využívá buď jako léčba samostatná, nebo v kombinaci s léčivý, nejčastěji cytotoxickými látkami nebo hormony.

Protinádorová chemoterapie

Protinádorová chemoterapie je typ terapie, kdy se do těla pacienta s nádorovým onemocněním vpravují cytotoxické látky, tedy látky pro buňky jedovaté, které napadnou nádorové buňky a zabrání jim v dalším šíření do organismu. Nevýhodou této léčebné metody je její necílenost - cytostatika totiž nenapadají pouze nádorové buňky, ale i zdravé buňky. Bezprostředně po nebo během aplikace této látky do těla je pacient většinou vystaven ionizujícímu záření. Mezi nejvíce užívaná cytostatika patří Docetaxel ($C_{43}H_{53}NO_{14}$)



Historie atomové bomby

Robert Oppenheimer

Julius Robert Oppenheimer byl americký fyzik a inženýr narozený roku 1904 v New York City. Je označován za „otce jaderné bomby“, jelikož byl během války ředitelem projektu Manhattan, který měl za úkol vyvinout první jadernou bombu.

Narodil se v rodině německých židovských přistěhovalců. Po ukončení studia na Harvard University se Oppenheimer vydal do Anglie, kde se zapsal na University of Cambridge, kde roku 1925 zahájil svůj atomový výzkum.

Spojil se s Maxem Bornem a společně vytvořili Born-Oppenheimerovu aproximaci, jež je přibližnou metodou pro řešení stacionární a nestacionární Schrödingerovy rovnice pro systémy mnoha částic, jejichž hmotnosti se výrazně liší. Její podstata spočívá v separaci stupňů volnosti lehkých a těžkých částic.

Ve třicátých letech začal, stejně jako Einstein, varovat, že Nacistické Německo by mohlo být schopno vytvořit jadernou zbraň.

Roku 1939, po Hitlerově invazi do Polska, byl Oppenheimer vybrán, aby řídil laboratoře v Los Alamos (Nové Mexiko) a rozjel projekt U.S. Army na využití jaderné energie k vojenským účelům, zvaný Projekt Manhattan.

V roce 1945 byl jmenován předsedou Nejvyššího kontrolního výboru komise pro jadernou energii.

V roce 1953 se postavil proti vývoji jadených zbraní 2. generace, termonukleárních zbraní. Kvůli tomuto svému postoji byl odvolán z Výboru a vyšetřován FBI kvůli podezření, že spolupracuje se Sověty.

Roku 1963 byl znovu dosazen na svou bývalou pozici ve Výboru.

Ve stejném roce byl prezidentem Lyndonem B. Johnsonem oceněn cenou Enrica Fermiho.

Zemřel v roce 1967 v New Yorku.

Generál Leslie Groves

Generálporučík Leslie Richard Groves junior byl generálem US Army Corps of Engineers (USACE), což je federální agentura Americké vlády, jež spadá pod Americké ministerstvo obrany.

Narodil se roku 1896 v městečku Albany, New York. Jeho otec byl vojenským kaplanem a tak mladý Groves cestoval od jedné posádky ke druhé.

Roku 1916 se po druhé přihlásil na West Point a tentokrát byl přijat. Dle jeho vlastních slov to byl jeho největší životní úspěch.

Od 11. září 1941 do září 1942 dohlížel na stavbu Pentagonu ve Washingtonu. Poté byl převelen a ujal se velení přísně tajného Projektu Manhattan.

29. září 1947 ministři války (Robert P. Patterson) a námořnictva (James V. Forrestal) přijali společnou direktivu, kterou byl vytvořen Armed Forces Special Weapons Project (AFSWP), do jehož čela byl postaven L. Groves.

13. července 1970 prodělal infarkt a byl převezen do Walter Reed Army Medical Center, kde toho večera zemřel.

Projekt Manhattan

Projekt Manhattan byl projekt Americké Armády, který z bezpečnostních a logistických důvodů probíhal současně po celém území Severní Ameriky. Nejvýznamějšími byli byla střediska v Oak Ridge, Richland a Národní laboratoře v Los Alamos.

Oak Ridge

Ve městě Oak Ridge probíhala výroba štěpného materiálu, který měl být použit při explozi. Z bezpečnostních důvodů bylo město naprosto izolované od okolního světa. Dokonce ani většina zaměstnanců nevěděla, co ve skutečnosti dělají.

První operace pro vytvoření výrobního zařízení zahájila Vláda Spojených států Amerických roku 1942. Vojenský velitel Projektu Manhattan, generál Leslie Groves, si Oak Ridge vybral z několika důvodů.

Zprvde zde již byla zavedena voda a elektřina. K tomu došlo během stavby nedaleké přehrady Norris Dam.

Dále byl do oblasti dobrý přístup jak po železnici, tak po dálnici, což umožňovalo poměrně rychlou přepravu nákladu.

Dalším důvodem byla malá místní populace, která se v době zahájení výstavby pohybovala okolo 3 000 obyvatel.

V neposlední řadě se generál Groves pro toto místo rozhodl také pro jeho strategickou polohu. Oak Ridge se nachází v přibližně 30 kilometrech dlouhém údolí. To na jednu stranu umožňovalo vcelku snadné zajištění bezpečnosti a utajení, díky vybudování obraných prostředků po celém obvodu údolí. Skrz vedlo pouze sedm bran, které byly velmi dobře stráženy. Celé údolí bylo obeháno několika řadami plotů. Byli zde rozmístěny strážní věže a v hojné míři také využívání i strážní psi.

Další výhodou údolí bylo, že v případě havárie by svahy údolí fungovaly jako přirozená hráz, která by omezila rozsah katastrofy.

Richland

Zde byla vytvořena první jaderná elektrárna, kde probíhal první fyzický výzkum a ověřování teorií z Los Alamos. Dále zde bylo připravováno, v té době velmi vzácné, plutonium 239, použitý u druhé bomby.

Los Alamos

Národní laboratoře v Los Alamos byly vybudovány právě jako základna pro teoretický výzkum jaderných zbraní. Byli zde provedeny všechny nezbytné výpočty navržena konstrukce. Los Alamos fungovalo jako jakési koordinační a velící středisko projektu Manhattan.

Tyto laboratoře jsou v provozu dodnes.

Členění jaderných zbraní

Jaderné zbraně jsou zbraně, které jsou založené na jaderných reakcích. Jaderné zbraně využívají dvou základních principů.

Za prvé se jedná o štěpení jader těžkých prvků jako Uran a Plutonium. Tento princip využívá tzv. Dělový typ hlavice (viz Princip fungování jaderných zbraní), kdy jsou dvě podkritická množství štěpného materiálu pomocí konvenční trhaviny stlačena do jedné hmoty, která obsahuje nadkritické množství štěpného materiálu. Druhým způsobem je fúze, nebo-li slučování jader lehkých prvků na prvky těžší. Například z Vodíku na Helium. Tento způsob využívá implozní typ hlavic (viz Princip fungování jaderných zbraní). Jedná se o rychlé stlačení jednoho podkritického množství štěpného materiálu do sebe.

Tímto způsobem můžeme jaderné zbraně rozdělit do tří generací.

První generace jaderných zbraní využívá principu stlačení dvou podkritických množství štěpného materiálu do jednoho nadkritického množství. Jedná se tedy o štěpné nálože. Jako štěpný materiál je nejčastěji využíván Uran 235 a Plutonium 239.

Druhou generací jaderných zbraní jsou termonukleární pumy, též nesprávně označované jako vodíkové. Využívají fúzi jader lehkých prvků jako je vodík a slučují je na těžší prvky. Podobný proces probíhá ve hvězdách. Tanto reakce je mnohem efektivnější, a proto jsou také jaderné zbraně druhé generace účinnější, než štěpné jaderné zbraně. Další jejich výhodou je, že spotřebují méně štěpného materiálu. Jejich nevýhodou však je obtížnost dosažení začátku reakce. K tomu je zapotřebí malá štěpná nálož.

Jaderné zbraně třetí generace, též nazývané zbraně s modifikovaným účinkem, jsou zbraně se zesíleným zářením, se zesíleným zamořením a jaderné zbraně s potlačenou radioaktivitou. Nejrozšířenější je první typ známý jako neutronová bomba. Jedná se o termonukleární pumu, u níž je až 90% energie využito na druhou, slučovací, fázi (viz Princip fungování jaderných zbraní).

V současné době se pracuje na vytvoření jaderných zbraní čtvrté generace. Ty se v podstatě od třetí generace liší jen tím, že jako iniciátor exploze není použita štěpná nálož, ale nahrazuje se například laserem, nebo chemickou reakcí.

Princip fungování jaderných zbraní

Atomová bomba

Dělový typ

Dělový typ hlavic je využíván u první generace jaderných zbraní. Poprvé byl využit u bomby Little Man svržené na Hirošimu. Základní myšlenkou tohoto typu hlavic je, že pokud stlačíme dvě podkritická množství štěpného materiálu jako je uran 235, nebo plutonium 239, dojde vytvoření nadkritického množství, které se díky své hmotnosti stane nestabilním a začne navzájem reagovat. Během reakce se jádra prvku začnou štěpit na menší prvky. Během této reakce dochází zároveň k uvolňování neutronů, které vyvolávají řetězovou reakci.

Problémem ovšem je, že aby mohla řetězová reakce pokračovat, je zapotřebí dostatečné množství neutronů, které by ji poháněli. Aby se neutronům zabránilo ve vyzařování do prostoru, je povrch hlavic vytvořen z materiálu, který neutrony odráží. K tomuto účelu se používá například berilium.

Další překážkou je, že samotná reakce nadkritického množství štěpného materiálu by nedokázala vygenerovat dostatečné množství neutronů. Z tohoto důvodu se do hlavic může přidávat tzv. zdroj neutronů.

Posledním velkým problémem je tendence štěpného materiálu okamžitě uvolnit energii a tím pádem explodovat. Exploze je sice cílem, ale je žádoucí, aby k ní nedošlo okamžitě. Pokud by se tak stalo, většina štěpného materiálu by byla jen roymetána po okolí, aniž by začala reagovat. To by mělo za následek mimo jiné to, že samotná exploze by nebyla ani zdaleka tak silná, jako když zreaguje všechen štěpný materiál.

Tento problém s pozdržením exploze a prodloužením doby reakce byl vyřešen použitím konvenční trhavin. V současné době se nej častěji používá nějaká plastická trhavina jako například C4. Výhodou těchto trhavin je, že jsou velmi účinné, tvárné a hlavně velice stálé, a proto jsou i velmi bezpečné, jelikož riziko nečekané exploze je téměř nulové.

Trhaviny je umístěna na jeden konec hlavice. Hned za jedno podkritické množství štěpného materiálu. K této trhavině je připojen časovač, pomocí kterého se nastaví detonace v různých výškách (viz Následkz výbuchu jaderných zbraní).

Po detonaci konvenční trhavin je podkritické množství štěpného materiálu 1 vymršťeno do druhého podkritického množství, čímž vznikne množství nadkritické, které začne reagovat. Detonace však pokračuje a drží nadkritické množství pohromadě ještě několik dalších milisekund, potřebných k reakci. Poté je již síla působící proti síle konvenční trhavin větší a dojde k nukleární explozi.

Implozní typ

Implozní typ atomové bomby je mnohem účinnější hlavně z toho důvodu, že je zapotřebí mnohem méně štěpného materiálu. Nejčastěji se používá plutonium 239.

Veškerý obsah bomby je uvnitř naskládán jako velký dort. Uprostřed je štěpný materiál, který je obklopen konvenční, nejčastěji plastickou, trhavinou. V další vrstvě je odražeč neutronů, který má pomoci dosáhnout maximální účinnosti reakce. V odražeči neutronů jsou otvory, kterými vedou dráty spojující trhavinu s rozbuškou.

Po odpálení bomby dojde vlivem tlaku působícího do středu bomby ke stlačení štěpného materiálu, čímž dojde ke zvýšení hustoty a zahájení reakce.

Termonukleární bomba

Termonukleární bomba, často nesprávně označována jako vodíková, druhou generací jaderných zbraní. Jako štěpný materiál jsou zde použity izotopy vodíku – tritium, deuterium, které se štěpí během termonukleární fúze. Používá se také deuterid lithný z něhož je během reakce vytvořeno tritium. Dosažení tohoto stavu je však velmi náročné. Proto se využívá jedrých zbraní první generace, aby reakci zahájili. Termonukleární bomby využívají implozní typ bomb.

Dvoufázová

První fází je výbuch jaderné zbraně první generace, čímž je dosaženo podmínek pro zahájení druhé fáze. Těmito podmínkami jsou dostatečná teplota a tlak.

Druhá fáze je samotná termojaderná fúze. Dochází ke slučování izotopů vodíku a vznikají jiné, těžší prvky. Následkem této reakce je uvolnění obrovského množství energie v podobě výbuchu, avšak dochází k minimálnímu zamoření oblastí radioaktivním materiálem.

Fúzní náplň je od štěpné nálože oddělena uranovým štítem, aby nedošlo k předčasnému výbuchu. Dále je celou fúzní náplň vedeno plutoniové jádro, jehož úkolem je zajistit, aby se reakce rozšířila do celé fúzní náplně.

Třífázová

První dvě fáze jsou stejné jako u dvoufázové termonukleární bomby. Třetí fáze spočívá ve využití neutronů, uvolněných během druhé fáze, ke štěpení přidaného, přírodního uranu 238, který je v porovnání s uranem 235 velmi levný. Přidáním uranu dojde k navýšení účinnosti bomby.

Následky výbuchu jaderných zbraní

Energie uvolněná při jaderném výbuchu se projevuje ve formě tlakové vlny, tepelného a ionizujícího záření a elektromagnetického impulsu, EMP, který vyřadí veškerou elektroniku v dosahu.

Síla tlakové vlny je závislá na způsobu odpálení jaderné bomby. Ta se dá odpálit velmi vysoko nad zemí, čím tlaková vlna na cíl téměř nepůsobí, ale dochází k maximálnímu zamoření oblasti spadem. Dále se dá bomba odpálet těsně nad zemí. V takovém případě je tlaková vlna nejničivější složkou celého výbuchu. Spad spolu s zářením působí hlavně v místě výbuchu.

Dalšími dvěma typy jaderných výbuchů jsou podzemní a podvodní jaderný výbuch. Podzemní jaderný výbuch vyvolává silná zemětřesení, zatímco podvodní výbuch způsobuje velké vlny, díky nimž se šíří velmi rychle na extrémní vzdálenosti.

Zařízení schopná nést jaderné zbraně

Jedná se o tzv. Jadernou triádu. Jaderná triáda je souhrnné označení pro zařízení schopná dopravit jaderné zbraně na území nepřítele. Jedná se o strategické bombardéry, balistické střely a střely odpalované z ponorek.

Strategické bombardéry jsou letadla středního a dlouhého doletu schopné nést jaderné zbraně. Jedná se především o bombardéry B-52 Stratofortress a B-2 Spirit.

Balistické střely jsou rakety schopné s vysokou pevností (500 metrů) dopravit bojovou nebo nukleární hlavici k cíli do vzdálenosti 12 000 km. Jejich výhodou je, že je lze vybavit, jako více stupňové střely a kromě samotné jaderné hlavice dovnitř umístit i klamné cíle, které znesnadní zásah protiraketové obrany nepřítele. Jejich nevýhodou je, že až na výjimky musejí být odpalovány z více méně zranitelných pozemních základen.

Střeli odpalované z ponorek jsou v současné době pravděpodobně nejúčinnějším způsobem dopravování jaderných zbraní na území nepřítele. Jedná se o rakety, které jsou vypuštěny z ponorky a pomocí stlačeného vzduchu vytlačeny nad hladinu, kde se zažehne raketový motor (UGM-133 Trident II).

Obsah

Jaderná energie.....	1
Úvod.....	2
Jaderné elektrárny.....	3
Schéma:.....	3
Temelín:.....	4
Dukovany:.....	4
Jaderný odpad:.....	5
Vyřešení ekologických problémů:.....	5
Energie budoucnosti:.....	6
Využití jaderné fyziky v lékařství.....	7
Jaderná fyzika v lékařství.....	7
Nukleární medicína.....	7
Diagnostické metody.....	7
Radiologie.....	7
Počítačová tomografie (CT).....	8
Léčebné metody	9
Radiční onkologie.....	9
Protinádorová chemoterapie.....	9
Historie atomové bomby.....	10
Robert Oppenheimer.....	10
Generál Leslie Groves.....	10
Projekt Manhattan.....	11
Oak Ridge.....	11
Richland.....	11
Los Alamos.....	11
Členění jaderných zbraní.....	12
Princip fungování jaderných zbraní.....	12
Atomová bomba.....	12
Dělový typ.....	12
Implozní typ.....	13
Termonukleární bomba.....	13
Dvoufázová.....	13
Třífázová.....	14
Následky výbuchu jaderných zbraní.....	14
Zařízení schopná nést jaderné zbraně.....	14

Zdroje:

- Armádní technický magazín 1/2005; Jaderné zbraně 1. a 2. generace
- Armádní technický magazín 6/2005; Jaderné zbraně 3. a 4. generace
- Jaderné zbraně, Charakteristika a rozdělení jaderných zbraní a jejich účinky
- Oficiální stránky jaderných elektráren Temelín a Dukovany
- Bc. Lucie Šrámková; Diplomová práce: Jaderná energie a my; Brno 2007
- www.wikipedia.cz