

Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta  
Katedra biologie a ekologické výchovy

# Využití problematiky vlivu jaderné energetiky na životní prostředí ve výuce u nás a v Německu

(magisterská diplomová práce)

Barbora Holanová



Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jana Skýbová

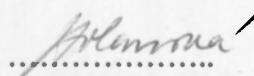
Obor: Bi / ZSV

Praha

2006

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a materiálů. Všechnu použitou literaturu jsem řádně citovala.

V Praze dne 6.4.2006

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'Klemmova', written over a dotted line.

podpis

Souhlasím s tím, aby má diplomová práce byla zapůjčována zájemcům o její  
prostudování za předpokladu, že bude vždy náležitě citována.

V Praze dne 6.4.2006

podpis

# Obsah

1. ÚVOD .....	7
A) TEORETICKÁ ČÁST .....	
2. JADERNÁ ENERGETIKA, JEJÍ VZNIK, VÝVOJ A POHLED DO BUDOUCNA .....	9
2.1 DŮLEŽITÉ ORGANIZACE .....	10
3. JADERNÁ ELEKTRÁRNA TEMELÍN .....	14
3.1 HISTORIE JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN .....	14
3.1.1 GEOLOGIE ÚZEMÍ .....	17
3.2 ATOMY, ŠTEPNÁ KETÉZOVÁ REAKCE A PRINCIP ČINNOSTI ELEKTRÁRNY .....	19
3.2.1 ATOMY .....	19
3.2.2 ŠTEPNÁ KETÉZOVÁ REAKCE .....	19
3.2.3 FUNKČNÍ SCHÉMA TLAKOVODNÍ JADERNÉ ELEKTRÁRNY .....	20
3.2.4 VÝROBNÍ BLOK JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN .....	21
3.3 BEZPEČNOST JADERNÉ ELEKTRÁRNY .....	24
3.4 INFORMAČNÍ STŘEDISKO .....	26
4. VLIV JADERNÉ ELEKTRÁRNY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	28
4.1 PŘEDSTAVENÍ VLIVŮ JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	28
4.2 HLAVNÍ ZKŮMANÉ VLIVY JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	33
4.2.1 VLIVY ZÁŘENÍ .....	33
4.2.2 VLIVY NA OBYVATELSTVO .....	35
4.2.3 VLIVY NA POČASÍ A KLIMA .....	35
4.2.4 VLIVY NA PŮDU .....	36
4.2.5 VLIVY NA DALŠÍ SLOŽKY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ .....	38
4.2.6 VLIV RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	40
5. JADERNÉ HAVÁRIE A JADERNÉ ZIŘANÉ .....	46
5.1 JADERNÉ HAVÁRIE .....	46
5.2 JADERNÉ ZIŘANÉ .....	50
6. EKOLOGICKÉ ORGANIZACE A JEJICH VZTAH K JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ TEMELÍN .....	51
7. JADERNÁ ENERGETIKA V ČESKÝCH VYUČOVACÍCH MATERIÁLECH .....	60
7.1 JADERNÁ ENERGETIKA V NĚMECKÝCH VYUČOVACÍCH MATERIÁLECH .....	64
7.1.1 POKROČILÉ ZASTOUPENÍ ÚČIVA O JADERNÉ ENERGETICE V ČESKÝCH A NĚMECKÝCH VYUČOVACÍCH MATERIÁLECH .....	69
7.1.2 POKROČILÉ ZASTOUPENÍ ÚČIVA O JADERNÉ ENERGETICE V ČESKÝCH A NĚMECKÝCH VYUČOVACÍCH MATERIÁLECH .....	69
8. PROJEKTY A PRACOVNÍ LISTY VHODNÉ K ZAŘAZENÍ DO VÝUKY NA ZÁKLADNÍCH A STŘEDNÍCH ŠKOLÁCH .....	70
8.1 PROJEKT NÁVRH SE ŠPŮRIT ENERGIÍ .....	71
8.2 PRACOVNÍ LISTY K TEMATU JADERNÉ HAVÁRIE .....	78

Děkuji RNDr. Janě Skýbové, vedoucí mé diplomové práce za cenné rady a podporu, které mi poskytovala při zpracování. Dále děkuji své rodině a přátelům, kteří mi při práci vždy ochotně pomáhali.

# OBSAH

1. ÚVOD.....	7
<b>A: TEORETICKÁ ČÁST</b>	
2. JADERNÁ ENERGETIKA, JEJÍ VZNIK, VÝVOJ A POHLED DO BUDOUCNA ...	9
2.1 DŮLEŽITÉ ORGANIZACE.....	10
3. JADERNÁ ELEKTRÁRNA TEMELÍN.....	14
3.1 HISTORIE JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN.....	14
3.1.1 GEOLOGIE ÚZEMÍ.....	17
3.2 ATOMY, ŠTĚPNÁ ŘETĚZOVÁ REAKCE A PRINCIP ČINNOSTI ELEKTRÁRNY.....	19
3.2.1 ATOMY.....	19
3.2.2 ŠTĚPNÁ ŘETĚZOVÁ REAKCE.....	19
3.2.3 FUNKČNÍ SCHÉMA TLAKOVODNÍ JADERNÉ ELEKTRÁRNY.....	20
3.2.4 VÝROBNÍ BLOK JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN.....	21
3.3 BEZPEČNOST JADERNÉ ELEKTRÁRNY.....	24
3.4 INFORMAČNÍ STŘEDISKO.....	26
4. VLIV JADERNÉ ELEKTRÁRNY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	28
4.1 POSUZOVÁNÍ VLIVŮ JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	28
4.2 HLAVNÍ ZKOUMANÉ VLIVY JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	33
4.2.1 VLIVY ZÁŘENÍ.....	33
4.2.2 VLIVY NA OBYVATELSTVO.....	35
4.2.3 VLIVY NA POČASÍ A KLIMA.....	35
4.2.4 VLIVY NA VODU.....	36
4.2.5 VLIVY NA DALŠÍ SLOŽKY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.....	38
4.2.6 VLIV RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	40
5. JADERNÉ HAVÁRIE A JADERNÉ ZBRANĚ.....	46
5.1 JADERNÉ HAVÁRIE.....	46
5.2 JADERNÉ ZBRANĚ.....	50
6. EKOLOGICKÉ ORGANIZACE A JEJICH VZTAH K JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ TEMELÍN.....	51
<b>B: PRAKTICKÁ ČÁST</b>	
7. PROBLEMATIKA JADERNÉ ENERGETIKY VE VÝUCE NA ZŠ A SŠ.....	55
7.1 PROBLEMATIKA JADERNÉ ENERGETIKY VE VZDĚLÁVACÍCH PROGRAMECH.....	55
7.2 PROBLEMATIKA JADERNÉ ENERGETIKY V UČEBNÍCÍCH.....	60
7.3 PROBLEMATIKA JADERNÉ ENERGETIKY V NĚMECKÝCH VZDĚLÁVACÍCH PROGRAMECH A V UČEBNÍCÍCH PRO STŘEDNÍ ŠKOLY.....	64
7.4 POROVNÁNÍ ZASTOUPENÍ UČIVA O JADERNÉ ENERGETICE V ČESKÝCH A NĚMECKÝCH VZDĚLÁVACÍCH PROGRAMECH A UČEBNÍCÍCH.....	69
8. PROJEKTY A PRACOVNÍ LISTY VHODNÉ K ZAŘAZENÍ DO VÝUKY NA ZÁKLADNÍCH A STŘEDNÍCH ŠKOLÁCH.....	70
8.1 PROJEKT NAUČME SE SPOŘIT ENERGII.....	71
8.2 PRACOVNÍ LISTY K TÉMATU JADERNÉ HAVÁRIE.....	78

8.3 PRACOVNÍ LISTY K EXKURZI DO INFORMAČNÍHO CENTRA JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN.....	86
8.4 VIDEO.....	95
9. OVĚŘENÍ V PRAXI.....	99
10. DISKUSE.....	100
11. ZÁVĚR.....	102
12. SHRNU TÍ.....	103
13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	104
14. PŘÍLOHY.....	108

## 1. ÚVOD

Téma, Využití problematiky vlivu jaderné energetiky na životní prostředí ve výuce u nás a v Německu, jsem si zvolila především proto, že bydlím nedaleko Jaderné elektrárny Temelín. Od začátku bylo zajímavé sledovat, jak stavba pokračovala a jak se někteří lidé snažili svými protesty zabránit zahájení provozu. Nicméně v roce 2000 byl na prvním bloku zahájen zkušební provoz.

Na gymnáziu v Českých Budějovicích, kde jsem studovala, jsme měli v rámci předmětu biologie možnost elektrárnu navštívit. To byl jeden pohled. Opačný názor nám studentům formou přednášky zprostředkoval ekologický aktivista z nejmenované organizace. Informoval nás o šetrnějším využívání alternativních zdrojů energie. Nedokázal však odpovědět na základní otázku, jak by nahradil energii vyráběnou v tepelných, jaderných a jiných elektrárnách, která škodí životnímu prostředí. Stále upřednostňoval vodní, solární a větrné elektrárny.

Přestože naše paní profesorka biologie byla výborná učitelka, nic víc jsme se o využívání jaderné energie a radioaktivním záření nedozvěděli a ani ve fyzice jsme toto téma více do hloubky neprobírali. Chybělo nám například poučení, jak se chovat v případě jaderné havárie. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy 4. března 2003 vydalo pokyn, na jehož základě se do vzdělávacích programů přidalo téma Ochrana člověka za mimořádných událostí. V diplomové práci jsem se touto otázkou zabývala a snažila se vytvořit program, který by žáky blíže seznámil s tím, jak se v případě jaderné havárie chovat.

Tato diplomová práce je více využitelná ve školách, v jejichž regionu se jaderná elektrárna nachází. Přesto se domnívám a zároveň doufám, že tomu tak nebude a vytvořené náměty pro žáky využijí i učitelé na školách v jiných místech České republiky.

### **Cíle:**

- Vytvořit informační materiál pro učitele na téma jaderná energetika a její vlivy na životní prostředí.
- Provést analýzu vzdělávacích programů v České republice a v Německu a zjistit, v rámci kterých předmětů se toto téma vyučuje, a srovnat jeho pojetí v obou zemích.
- Analyzovat české a německé učebnice biologie a ekologie a srovnat, v jakém rozsahu se toto téma v daných učebnicích vyskytuje.

- Vytvořit modelové náměty pro výuku ekologie na základních a středních školách.
- Ověřit ve školní praxi vytvořené pracovní listy.

### Hypotézy:

- V informačním centru Jaderné elektrárny Temelín je dostatek materiálů, ze kterých je možné čerpat pro výuku na školách.
- Téma vliv jaderné energetiky na životní prostředí je více zastoupeno v předmětu fyzika.
- Předpokládám, že žáci nebudou vědět, jak se chovat v případě jaderné havárie.



## A: TEORETICKÁ ČÁST

### 2. JADERNÁ ENERGETIKA, JEJÍ VZNIK, VÝVOJ A POHLED DO BUDOUCNA

První štěpná reakce neproběhla v reaktoru vytvořeném člověkem, ale v ložisku uranové rudy Oklo v africkém Gabunu. Vědci zjistili, že v tomto místě je obsah  $U^{235}$  nižší (0,3 %), než je obvyklé (0,7 %). Vypadalo to, jako by byl spotřebován. Uranová ruda v tomto ložisku dříve obsahovala asi 3 %  $U^{235}$ , což je obsah běžný pro hotové palivo, které se používá v dnešních jaderných elektrárnách. Tyto a další chemické podmínky umožnily vznik štěpné reakce, při níž byl  $U^{235}$  spotřebováván a vznikal radioaktivní odpad. To vše proběhlo asi před dvěma miliardami let.

První lidmi řízená štěpná reakce uranu proběhla pod vedením italského fyzika Enrica Fermiho (1901 - 1954). Pokus se konal pod chicagským univerzitním stadionem v roce 1942. Fermi sám štěpnou reakci spustil v čtyřmetrové hromadě grafitu s uranem. Nad reaktorem stálo několik mužů s nádobami naplněnými roztokem kadmiových solí, které pohlcují neutrony. Měly se použít v případě, že by se reaktor vymkl kontrole.

Ke konci druhé světové války se v laboratořích Los Alamos v USA začalo pracovat na výrobě atomové bomby. Po válce se v této oblasti začaly zbrojit i jiné státy. V prosinci roku 1953 přednesl tehdejší prezident USA Eisenhower ve Valném shromáždění OSN projev, ve kterém vyzval státy k mírovému využívání jaderné energie. Podle jeho slov by měla sloužit k výrobě elektrické energie nebo v medicíně.

První výzkumný reaktor zaměřený na výrobu elektrické energie byl spuštěn v roce 1951 v Idaho Falls v USA. První jaderná elektrárna o výkonu 5 MW byla postavena v roce 1956 v Obninsku v bývalém SSSR. Nejstarší dosud funkční atomový reaktor Calder Hall byl postaven také v padesátých letech ve Velké Británii. Jeho výkon byl 50 MW. V USA byl první reaktor k veřejné síti připojen v roce 1960. Elektrárna se jmenovala Dresden a byla ve státě Illinois. Její výkon byl 200 MW. Postupně se přidávaly další země jako Itálie, Francie, Kanada nebo Japonsko. Výzkum šel velmi rychle dopředu a spolu s ním se zvyšoval výkon elektráren. Na počátku šedesátých let se stavěly reaktory o výkonu 200 až 400 MW. O deset let později to bylo 1000 až 1300 MW.

Zásadní ránu utrpěla jaderná energetika v roce 1986, když explodovala Jaderná elektrárna Černobyl v SSSR. Mnoho zemí se proto rozhodlo od svého jaderného programu ustoupit. Dnes se jaderná energetika podílí 16 % na výrobě elektrické energie ve světě.

V provozu je přes 440 reaktorů. Nejvíc jich má USA (104), Francie (59), Japonsko (54). My máme v současné době šest reaktorů a objevují se zprávy, že by se dva další měly postavit. Je zřejmé, že spotřeba ve světě roste a cílem každého státu je být nezávislý na dodávce energie odjinud. Přestože dnes máme malou nadprodukcii a elektrická energie se i vyváží, v příštích letech by se situace mohla obrátit, pokud bychom nepostavili další zdroje.

Existují státy, které jadernou energetiku odsuzují jako nebezpečnou a v oblasti odpadů nevyřešenou technologii výroby energie. Příkladem je Rakousko. Také Belgie se odklonila od výroby energie tímto způsobem.

Lidstvo má k dispozici mnoho způsobů jak energii získávat. Zásoby fosilních paliv jako je uhlí, ropa a zemní plyn nám ale pomalu docházejí. Alternativní zdroje z vody, slunce a větru je nemohou zcela zastoupit, i když jejich využití je přínosné hlavně pro životní prostředí. Jako možnost se tedy nabízí jaderná energetika. Její klady jsou například v malé produkci  $\text{CO}_2$ , která vzniká pouze v počátečních fázích jaderného cyklu při těžbě uranu, zápory pak v podobě nebezpečných odpadů.

V budoucnu by se mohla energie vyrábět slučováním jader lehkých atomů v těžší prvek. Tento proces se jmenuje jaderná syntéza, nebo také jaderná fúze. Teorie slučování pochází z roku 1932 a vědci pracují na jejím zdokonalení.

Ve fúzním reaktoru nemůže dojít k řetězové štěpné reakci ani k tavení nitra reaktoru. Základní složka paliva deuterium není radioaktivní. Radioaktivní je pouze produkt tritium a okolní konstrukční materiály. Nebezpečnost je však tisíckrát menší než u elektrárny, ve které probíhá výroba energie štěpením. Radionuklidy vzniklé ve fúzním reaktoru mají daleko kratší poločasy rozpadu. U tritia je to kolem dvanácti let. Další výhodou je snadná dostupnost paliva. Deuterium se vyskytuje všude tam, kde je vodík. Snadno se dá od něj oddělit. Celý proces zatím není technicky zvládnutelný, ale předpokládá se, že v tomto století bude. (podle Augusta a kolektiv 2001)

## **2.1. Důležité organizace**

### Mezinárodní agentura pro atomovou energii – MAAE

Mezinárodní agentura pro atomovou energii byla založena roku 1957 na doporučení OSN. Sídlo má v hlavním městě Rakouska, ve Vídni. Jejím cílem je zajistit bezpečné a mírové využívání jaderné energie.

MAAE stanovuje požadavek ... „vytvořit nebo převzít po konzultaci nebo v případě vhodnosti ve spolupráci s kompetentními orgány OSN a se specializovanými zainteresovanými agenturami předpisy bezpečnosti o ochraně zdraví a minimalizaci nebezpečí pro život a prosperitu včetně norem pro pracovní podmínky a zajistit používání těchto norem.“ (Augusta a kolektiv 2001)

Od svého založení Agentura spolupracuje s řadou mezinárodních organizací, např. se Světovou zdravotnickou organizací (WHO), s Vědeckým výborem OSN pro účinky atomového záření (UNSCEAR), s OECD a s Mezinárodní komisí pro ochranu před zářením (ICRP).

Důležitou rolí Agentury je příprava a publikace mezinárodně přijatelných postupů pro zajištění jaderné bezpečnosti. Soubor jednotlivých požadavků jaderné bezpečnosti zahrnuje množství dokumentů ve formě standardů a bezpečnostních návodů pro jaderné elektrárny. Je samozřejmostí, že na tvorbě těchto požadavků se podílí řada expertů ze všech členských zemí. Na základě těchto dokumentů se pak vytváří jednotlivé národní bezpečnostní předpisy každého státu.

MAAE také pořádá řadu konferencí, seminářů, panelových diskusí a pracovních setkání. Zde probíhá velmi důležitá mezinárodní výměna informací a to celkově přispívá ke zvyšování bezpečnosti a dalšímu vzdělávání odborníků.

Na úrovni jednotlivých států byly v souladu se standardy Agentury vytvořeny národní orgány dozoru. V České republice je to Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB).

#### Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB)

Tento úřad je ústředním orgánem státní správy, má vlastní rozpočet a v čele stojí předseda, který je jmenován vládou ČR.

„SÚJB vykonává státní správu a dozor při využívání jaderné energie a ionizujícího záření, v oblasti radiační ochrany a v oblasti nešíření jaderných zbraní a dodržování zákazu chemických, bakteriologických a toxinových zbraní. Do jeho působnosti, dané zákonem č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon), zákonem č. 19/1997 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní, a zákonem č. 281/2002 Sb. o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní, zejména patří:

- výkon státního dozoru nad jadernou bezpečností, jadernými položkami, fyzickou ochranou jaderných zařízení, radiační ochranou a havarijní připraveností

- v prostorách jaderného zařízení nebo pracovišť se zdroji ionizujícího záření;
- povolování výkonu činností podle zákona č. 18/1997 Sb., např. k umístování a provozu jaderného zařízení a pracoviště s velmi významnými zdroji ionizujícího záření, nakládání se zdroji ionizujícího záření a radioaktivními odpady, přepravě jaderných materiálů a radionuklidových zářičů;
  - schvalování dokumentace, vztahující se k zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, stanovené atomovým zákonem, limitů a podmínek provozu jaderných zařízení, způsobu zajištění fyzické ochrany, havarijních řádů k přepravám jaderných materiálů a vybraných radionuklidových zářičů, vnitřních havarijních plánů jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření;
  - stanovení podmínek a požadavků radiační ochrany obyvatel a pracovníků se zdroji ionizujícího záření (např. stanovení limitů ozáření, vymezení kontrolovaných pásem), stanovení zóny havarijního plánování a požadavků havarijní připravenosti držitelů povolení dle atomového zákona;
  - sledování stavu ozáření obyvatelstva a pracovníků se zdroji ionizujícího záření;
  - řízení činnosti radiační monitorovací sítě na území České republiky a zajišťování mezinárodní výměny dat o radiační situaci;
  - vedení státního systému evidence a kontroly jaderných materiálů, státních systémů evidence držitelů povolení, dovážených a vyvážených vybraných položek, zdrojů ionizujícího záření, evidence ozáření obyvatelstva a pracovníků se zdroji ionizujícího záření;
  - odborná spolupráce s Mezinárodní agenturou pro atomovou energii;
  - poskytování údajů o hospodaření s radioaktivními odpady obcím a krajským úřadům na jimi spravovaném území a přiměřených informací o výsledcích činnosti úřadu veřejnosti a vládě ČR;
  - poskytování údajů o měření a hodnocení účinků jaderných, chemických a biologických látek na člověka a prostředí včetně hodnocení stupně ochrany individuálních a kolektivních prostředků ochrany člověka před těmito látkami;
  - koordinace a zabezpečování činnosti při plnění úkolů plynoucích z mezinárodních smluv a platných zákonů o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob, použití a šíření jaderných, chemických, bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní a jejich zničení.“ (CD - Zpráva o výsledcích činnosti SÚJB při výkonu státního dozoru nad jadernou bezpečností jaderných zařízení a radiační ochranou 2004)

## Státní ústav radiální ochrany (SÚRO)

Tento ústav je podřízeným orgánem Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Vznikl z rozhodnutí předsedy SÚJB a fungovat začal od 1. července 1995. Cílem je zajistit odbornou, metodickou, vzdělávací, informační a výzkumnou činnost při ochraně před ionizačním zářením na území České republiky.

## Správa úložišť radioaktivních odpadů

Tento orgán je samostatnou organizační složkou státu. Byl zřízen na základě zákona č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon). Jeho hlavním posláním je zajišťovat bezpečné ukládání radioaktivního odpadu.

### **3. JADERNÁ ELEKTRÁRNA TEMELÍN**

#### **3.1 Historie jaderné elektrárny Temelín**

„Na projektu a výstavbě se podílela řada českých společností. Investorem výstavby je ČEZ, a.s., generálním dodavatelem stavební části HOCHTIEF VSB, a.s., generálním dodavatelem technologické části ŠKODA PRAHA, a.s., a generálním projektantem ENERGOPROJEKT PRAHA, a.s.“ (Nakladatelství ARCH 2003)

Celkové náklady na stavbu se vyšplhaly na 98,6 mld. Kč.

Akciová společnost ČEZ byla založena 6. května 1992 Fondem národního majetku ČR, který je do dnešního dne majoritním vlastníkem jejích akcií. ČEZ vyrábí přibližně 60 % elektrické energie spotřebované v České republice. Provozuje 2 jaderné, 11 uhelných, 35 vodních, 2 větrné a jednu solární elektrárnu. Vedle výroby elektrické energie se věnuje dovozu a vývozu elektřiny.

V roce 1979 se objevily první zprávy o možné výstavbě této elektrárny. V témže roce byl zveřejněn investiční záměr stavby. O rok později bylo rozhodnuto, že budoucí čtyřbloková jaderná elektrárna bude postavena v Temelíně v jižních Čechách.

„Výběr vhodné lokality pro stavbu, jakou je jaderná elektrárna, musí zohledňovat řadu odborných kritérií. K nim patří například respektování geologických podmínek, vlivů stavby a provozu na místní hospodářství a životní prostředí, meteorologické a hydrologické poměry nebo seismické riziko. Neméně důležitým hlediskem je hustota a struktura osídlení.“ (Nakladatelství ARCH 2003)

Lokalita, kde byla Jaderná elektrárna Temelín (dále JE Temelín) postavena, se nachází v nadmořské výšce 510 m n.m., asi 2 km jihovýchodně od obce Temelín. Nejbližší města jsou Týn nad Vltavou (5 km) a České Budějovice (25 km). Celková rozloha areálu je 125 hektarů.

V roce 1991 bylo při sčítání lidu zjištěno, že v blízkém okolí elektrárny žije 12 tisíc osob a ve vzdálenosti do 20 km je to asi 53 tisíc obyvatel. Proto Státní úřad pro jadernou bezpečnost v souladu s českými právními předpisy stanovil zónu havarijního plánování, kterou se stal kruh o poloměru 13 km kolem reaktoru prvního bloku. Zóna vymezuje území, kde jsou připravována ochranná opatření pro obyvatele pro případ radiační nehody. Oblast kolem elektrárny byla a je využívána především zemědělsky a pro lesní

hospodářství. V blízkosti se také nachází přírodní rezervace Radomilická mokřina, Malý a Velký Kamýk a soustava jedenácti malých rybníků Zelendárky.

Umístění elektrárny je výhodné i z toho důvodu, že v jižních Čechách nestojí žádná jiná větší elektrárna a dodávka z jiných českých regionů by způsobovala vysoké ztráty při přenosu.

### Situační plán Jaderné elektrárny Temelín



Zdroj: Bezpečnostní zpráva pro veřejnost, ČEZ, a.s.

Kvůli stavbě muselo být vysídleno a zbouráno několik samot a šest vesnic – Temelínec, Březí, Křtěnov, Podhájí, Knín a Jaroslavice, na jejichž místě vyrostla Hněvkovická přehrada. Vláda České socialistické republiky vydala dne 29. září 1982 usnesení ke zprávě o problematice řešení vybraných vnějších vztahů JE Temelín.

V usnesení se například píše: „Vykoupené objekty převezme investor ihned do další správy a po dohodě s dodavatelem zajistí u použitelných z nich jejich bezprostřední využití pro potřeby stavby, s cílem je maximálně využít pro ubytování výstavbových pracovníků. Obyvatelům těchto obcí budou poskytnuty náhradní byty z komunální bytové výstavby v lokalitách dle dohody. Obyvatelům, kteří budou realizovat náhradní bytovou výstavbu v individuální bytové výstavbě nebo koupí rodinného domku, vytvoří příslušné národní výroby veškerou podporu k neodkladné realizaci. Pro obyvatele těchto obcí pracující

v zemědělství realizovat náhradní výstavbu formou nízkopodlažních a řadových domků.“  
(Vláda České socialistické republiky 1982)

Odškodnění lidé samozřejmě dostali, ať už v podobě bytu nebo peněz. Přesto to byl zásah do jejich domovů, a tak vznikaly nejrůznější konflikty. Výpovědi některých starousedlíků zaznamenal ve své knize Lidé od Temelína novinář Antonín Pelíšek.

(Příloha 1)

V roce 1982 byla uzavřena smlouva na dodávku sovětského technického projektu, který zahrnoval budovu reaktoru, aktivních a pomocných provozů a budovy dieselgenerátorových stanic. Ostatní části elektrárny byly na základě smlouvy projektovány českou stranou. Stavba probíhala ve čtyřech etapách.

První etapa zahrnovala především přípravné práce, jako byla stavba přístupových komunikací, železniční vlečky, čistírny odpadních vod, kanalizačních sběračů, ubytoven atd. Potom mohly být zahájeny hrubé zemní práce na hlavním staveništi.

Generální projektant Energoprojekt Praha, a.s. v roce 1985 vypracoval úvodní projekt prvního a druhého bloku. V listopadu 1986 bylo vydáno stavební povolení a v roce 1987 se začíná stavět první a druhý výrobní blok, přilehlé objekty a také celá řada souvisejících staveb, jako například přehrada Hněvkovice a vodní dílo Kořensko jako součást vltavské kaskády.

Hněvkovice byly postaveny v letech 1986 -1991 pět kilometrů od Týna nad Vltavou proti proudu řeky. Jejich úkolem je hlavně zásobovat elektrárnu technologickou vodou. Přehrada slouží rovněž jako hydroelektrárna.

Kořensko bylo vybudováno spolu s Hněvkovicemi a je zde také malá vodní elektrárna. Toto vodní dílo především vyrovnává hladinu Vltavy.

Rok 1989 znamenal nové politické a ekonomické podmínky a dochází k přehodnocení potřeby výkonu 4000 MWe. V roce 1993 vláda České republiky definitivně rozhodla o dostavbě prvního a druhého bloku, což znamenalo snížení počtu bloků ze čtyř na dva. Původní sovětský projekt byl v roce 1990 vylepšen například novým kontrolním systémem, víceúčelovým simulátorem, novou kabeláží s lepší protipožární ochranou a náhradou původního sovětského paliva. Dne 14. května 1993 byl podepsán kontrakt na dodávku jaderného paliva a systém řízení s firmou Westinghouse Electric Corporation.

Pro výše uvedené změny bylo podle české legislativy požadováno EIA viz kapitola 4.  
Vliv Jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí.

Toto nové vylepšení projektu přineslo především zvýšení výkonu a lepší využití paliva.



Mezinárodní agentura pro atomovou energii ve své zprávě z března 1996 uvedla: „Kombinace západní a východní technologie a možné problémy s kompatibilitou jsou v Temelíně pečlivě zváženy. V některých případech tato kombinace západní a východní technologie vedla ke zlepšení bezpečnosti i v porovnání s mezinárodní praxí.“

(Nakladatelství ARCH 2003)

V letech 1999 až 2001 se stavba dokončuje a připravuje na spouštění. V červenci 2000 se do elektrárny zavezlo palivo a v říjnu téhož roku se po zkouškách a po schválení Státním úřadem pro jadernou bezpečnost zahájila štěpná reakce v prvním bloku. V roce 2001 se během spouštění musela vyřešit řada problémů jak technického charakteru (potíže sekundárního okruhu, vyladění turbosoustrojů), tak politického, především z rakouské strany. Stoprocentního výkonu dosáhl první blok v roce 2002. Zkušební provoz na druhém bloku byl zahájen 18. dubna 2003.

JE Temelín je vybavena dvěma tlakovodními reaktory VVER 1000 typu V 320. Vyrábí elektrickou energii ve dvou blocích, z nichž každý má výkon 981 MW. Každý rok do sítě dodá více než 20 % elektrické energie a spolu s Jadernou elektrárnou Dukovany (dále JE Dukovany) je to celkově přes 40 %. Dukovany jsou první jadernou elektrárnou v České republice a celosvětově se řadí mezi deset nejlépe provozovaných. Má čtyři 440 MW bloky, které byly do provozu uvedeny v letech 1985-87.

### 3.1.1 Geologie území

Jihočeská oblast, ve které je situovaná JE Temelín, se nachází v jižní části Českého masivu, v moldanubiku. Je jeho nejstarší a nejpevnější součástí. Do jihovýchodní části lokality zasahují sedimenty českobudějovické pánve. Skalní podloží stavby je tvořeno metamorfovanými horninami jednotvárné série moldanubika (biotitické pararuly, migmatity).

V mesozoiku zde vlivem alpského orogénu vznikají pánevní struktury a to v území, kde se protínají dva, pro moldanubikum významné zlomové systémy, tj. blanický (SSV - JJZ) a jáchymovský (SZ - JV). Aktivita těchto systémů podminila vznik významných pánevních struktur a umožnila vznik a paleogeografické rozšíření křídové a terciární sedimentace. Širší okolí JE Temelín je regionálně rozděleno na dvě části, a to část šumavskou a část českomoravskou. V nich se nacházejí tyto celky: Písecké hory, Kamýcká vrchovina, Albrechtická pahorkatina, Temelínská pahorkatina, Pořežanská pahorkatina, Ševětínská vrchovina, Lišovský práh, Chvalešovická pahorkatina, Zlivská pánev, Vodňanská pánev. Nejrozšířenějšími horninami jsou biotitické pararuly a migmatity, místy s vložkami

kvarcitů, amfibolitů, granulitů a ortorul. Z hlediska zlomové tektoniky leží lokalita JE Temelín v celistvé oblasti, která není porušena zlomovými strukturami. Ty nejbližší jsou:

- vodňanská mylonitová zóna - nejmenší vzdálenost od JE ..... 4 km
- zlom prolomu Blanice - nejmenší vzdálenost od JE ..... 12 km
- radomilický zlom - nejmenší vzdálenost od JE ..... 10 km
- hlubocký zlom - nejmenší vzdálenost od JE ..... 9 km
- zbudovský zlom - nejmenší vzdálenost od JE ..... 11 km
- haklovský zlom - nejmenší vzdálenost od JE ..... 15 km
- munický zlom - nejmenší vzdálenost od JE ..... 10 km
- hrdějovický zlom - nejmenší vzdálenost od JE ..... 20 km
- lišnický zlom - nejmenší vzdálenost od JE ..... 7 km
- drahotěšický zlom - nejmenší vzdálenost od JE ..... 13 km

Z geologického pohledu jde o seismicky stabilní oblast. Přímo v Temelíně nebyly pozorovány účinky alpských zemětřesení, které na jiných místech v jižních Čechách lze vysledovat. Seismické hodnocení bylo provedeno pro celou zájmovou oblast JE Temelín, která je určena kružnicí o poloměru 300 km se středem přímo v elektrárně.

V lokalitě JE Temelín, to znamená v území vymezeném kružnicí se středem v lokalitě JE Temelín a s poloměrem 25 km, byly v letech 1991 - 1997 zaznamenány tři velmi slabé otřesy. Ten nejsilnější ležel ve vzdálenosti 9 km od JE Temelín v prolomu Blanice. V užší lokalitě JE Temelín, tj. v území vymezeném kružnicí se středem v lokalitě JE Temelín a s poloměrem 5 km, nebyl zaznamenán žádný otřes.

„Z hodnocení založených na velikostech největších možných otřesů v ohniskových oblastech nacházejících se v zájmové oblasti JE a na nejméně příznivém poklesu intenzit se vzdáleností ve směru ohniska zemětřesení - JETE vyplývá, že mezní hodnota makroseismické intenzity, která by neměla být překročena s pravděpodobností 0,95 (pravděpodobnost 1 je nejvyšší pravděpodobnost) ani v časovém intervalu 10 000 let, je 7° MSK-64, což ve středoevropských poměrech odpovídá zrychlení 0,1 g (g je gravitační konstanta). Pro výstavbu JETE byl použit projekt pro zrychlení 0,1 g, což je plně v souladu s doporučením MAAE z roku 1991. Na tuto hodnotu jsou projektovány všechny stavby, systémy i komponenty, které mají vliv na jadernou bezpečnost; hlavní komponenty, jako je reaktor, jsou projektovány na hodnoty vyšší, t.j. 0,2 g.“ (CD - bezpečnostní zpráva pro veřejnost 2001)

Na JE Temelín se uskutečnil projekt (trvající do dneška), který vyplynul ze závěrů mise MAAE z dubna 1990. Cílem projektu je sledovat seismickou aktivitu oblasti. Měření zahájil v roce 1991 s.p. Geofyzika Brno, odkud tento projekt přešel na nově zřízený Ústav fyziky Země Přírodovědecké fakulty Masarykovy university v Brně.

Hlavní úkol je registrovat lokální tektonické jevy. Doplňujícím úkolem je průběžné sledování aktivity hlubokého zlomového pásma jako nejvýznamnější geologické a tektonické struktury v okolí elektrárny Temelín. Jednotlivá měření probíhají průběžně a jejich výsledky jsou zveřejňovány ve čtvrtletních zprávách. Stanic je celkem pět a jsou vybaveny elektrodynamickými seismometry do mělkých vrtů, aby byl zajištěn kontakt se skalním podložím. (podle CD – bezpečnostní zpráva pro veřejnost 2001, Bouška 1993)

## **3.2 Atomy, štěpná řetězová reakce a princip činnosti elektrárny**

### **3.2.1 Atomy**

Vše, co je kolem nás, se skládá z atomů. Ve středu každého atomu je kladně nabitě jádro, které je tvořeno nukleony, což je společný název pro protony a neutrony. Kolem jádra je elektronový obal. Elektron je asi 1840krát lehčí než nukleon. Znamená to tedy, že veškerá hmotnost atomu je koncentrována v jádru. Na světě existuje přibližně sto základních typů atomů.

Izotopy jsou atomy, které tvoří stejný prvek, ale liší se počtem neutronů. Například přírodní uran je složen ze dvou typů atomů –  $U^{235}$  a uranu  $U^{238}$ . Oba typy mají stejný počet protonů a elektronů a stejné chemické vlastnosti. Mají však odlišné fyzikální vlastnosti, protože počet jejich neutronů se liší. Radioizotop je pak radioaktivní forma prvku. Takovou vytváří například draslík, uhlík nebo vodík.

O nestabilitě atomů mluvíme, když se samovolně přeměňují a uvolňují přitom radioaktivní záření. Prvky s nestabilními atomy se nazývají radionuklidy. Některé z těžkých prvků, jako je uran a rádium, jsou přirozeně radioaktivní.

Radioaktivní prvky uvolňují různé druhy záření.

### **3.2.2 Štěpná řetězová reakce**

V roce 1938 fyzici O. Hahn, F. Strassmann a L. Meitnerová zjistili, že při ostřelování jádra uranu neutrony dochází k jeho rozdělení na dvě přibližně stejné části a uvolňuje se přitom velké množství energie, která do té doby držela jádro pohromadě. Tato pohybová energie se pak může přeměnit v teplo. E. Fermi, italský fyzik, dokázal, že se při štěpení

uranu uvolňuje několik dalších neutronů, které se dají využít k uskutečnění řetězové reakce.

Nově uvolňované neutrony po štěpení jádra uranu mohou po svém zpomalení štěpit další jádra. Tak se opět uvolňují další neutrony a nastává řetězová reakce. Ke zpomalení neutronů se používá látka, které se říká moderátor. Většinou se používá voda, protože vodík je lehký prvek a neutron se nejlépe zpomalí právě srážkou s lehkým jádrem. Štěpnou reakci je potřeba regulovat, aby počet volných neutronů byl stále stejný. Proto jsou nadbytečné neutrony zachycovány ve vhodných materiálech, tzv. absorbátorech. Příkladem takového absorbátoru je bór. Absorbátor se do aktivní zóny stejně jako palivo vkládá ve formě tyčí. Palivové kazety někdy mají dvě části. V té dolní je palivo a v horní absorbátor. Výkon reaktoru se pak reguluje výškou vytažení nebo zasunutí kazet do aktivní zóny. Pro případ okamžitého zastavení reaktoru jsou připraveny havarijní tyče, kde je vysoká koncentrace absorbátoru. Tyto tyče jsou vysunuty nad aktivní zónu a v případě potřeby tyče spadnou do aktivní zóny a zastaví štěpnou reakci.

Neřízená řetězová reakce s volným vývojem má explozivní průběh známý z výbuchů jaderných pum.

K řízenému uvolňování jaderné energie slouží jaderné reaktory. Dnes se ve světě v jaderných elektrárnách používá asi pět typů reaktorů. Nejrozšířenějším z nich je reaktor tlakovodní, který byl původně vyvinut v USA jako zdroj energie pro jaderné ponorky. Jaderný tlakovodní reaktor má podobu ocelové válcové nádoby. Prostoru uvnitř reaktoru, kde se nachází jaderné palivo a kde za provozu dochází ke štěpení jader uranu, říkáme aktivní zóna. Jako moderátor pro zpomalení neutronů a současně jako chladivo pro odvádění tepla z aktivní zóny se používá obyčejná voda. Proudí reaktorem pod velkým tlakem, proto tento reaktor nazýváme tlakovodním. Jedna z verzí tlakovodního reaktoru je použita i v temelínské elektrárně

### 3.2.3 Funkční schéma tlakovodní jaderné elektrárny

„V reaktoru vzniká teplo při štěpení jader uranu  $U^{235}$  v aktivní zóně. Tepelná energie je odváděna chladivem – vodou – pod vysokým tlakem, který zabraňuje vodě ve varu. Z reaktoru proudí ohřátá voda do tepelného výměníku – parogenerátoru, kde svoji tepelnou energii předává vodě cirkulující v sekundárním okruhu. Tlak vody v tomto okruhu je nižší než v okruhu primárním, voda v parogenerátoru se vaří a přeměňuje se na sytou páru. Pára z parogenerátoru proudí do turbíny, kterou roztáčí působením na její lopatky. V generátoru dochází k přeměně pohybové energie na energii elektrickou.

Pára, která odevzdala svou energii, je z turbíny odváděna do kondenzátoru, kde se sráží na vodu (kondenzuje). Chlazení kondenzátorů, v nichž je páře odnímáno kondenzační teplo, zajišťuje chladicí okruh elektrárny. Jeho nejviditelnější část tvoří chladicí věže. Voda z kondenzátorů je vedena zpět do parogenerátorů, kde se znovu změní v páru a proudí do turbíny. Tím se cyklus vody a páry v sekundárním okruhu uzavírá.“ (Informační středisko Jaderné elektrárny Temelín)

### 3.2.4 Výrobní blok Jaderné elektrárny Temelín

Zařízení, ve kterých se postupně přeměňuje jaderná energie v elektřinu, jsou umístěna ve dvou hlavních výrobních blocích. Výrobní blok je rozdělen na dvě části: reaktorovnu a strojovnu. Reaktorovnu chrání ochranná obálka (kontejnment) a její obestavba. V ochranné obálce je umístěn primární okruh s jaderným reaktorem. Ve strojovně se nachází parní turbína s elektrickým generátorem a další zařízení sekundárního okruhu. Tato část v podstatě odpovídá obdobným okruhům klasických elektráren, které k získání tepla využívají fosilní paliva.

Ke každému výrobnímu bloku patří jedna dvojice chladících věží.

Následující text s technickým popisem elektrárny je přepracován podle tištěné publikace Energie jižních Čech, vydané Informačním centrem Jaderné elektrárny Temelín.

#### Primární okruh

V primárním okruhu jaderné elektrárny je soubor zařízení, ve kterém se jaderná energie mění na tepelnou. Hlavní součástí tohoto okruhu je jaderný reaktor. Na něj jsou napojeny čtyři cirkulační smyčky, kterými proudí chladicí voda odvádějící teplo vzniklé při štěpení jader uranu v aktivní zóně reaktoru. Každá cirkulační smyčka se skládá z parogenerátoru, hlavního cirkulačního čerpadla a potrubí o průměru 850 mm, které tato zařízení a reaktor vzájemně propojuje.

Další podstatnou součástí primárního okruhu je také kompenzátor objemu. Jeho úkolem je regulovat tlak chladiva v primárním okruhu a udržovat ho na hodnotě 15,7 Mpa (pro představu je to jako tlak vody v hloubce asi 1,5 km pod hladinou). Za tohoto tlaku se voda v primárním okruhu při provozní teplotě 320°C nemůže začít vařit. Kompenzátor je napojen na potrubí jedné ze čtyř cirkulačních smyček.

Celý okruh je vyroben z oceli a neprodyšně oddělen od okolního prostředí stěnami železobetonové ochranné obálky.

## Reaktor VVER 1000

Elektrárna Temelín je vybavena tlakovodními reaktory s označením VVER 1000 o tepelném výkonu 3 000 MW. Nejdůležitější částí reaktoru je aktivní zóna, kde při štěpné řetězové reakci vzniká velké množství tepelné energie. Aktivní zóna, stejně jako ostatní části reaktoru, je uložena ve válcové tlakové nádobě. Nádoba je vyrobena ze speciální uhlíkové oceli s vnitřní nerezovou výstelkou. Ostatní vnitřní části reaktoru vytvářejí nosnou část aktivní zóny, usměrňují proudění chladicí vody aktivní zónou, slouží pro vyvedení vnitroreaktorového měření, pro regulaci výkonu reaktoru a mají ještě další funkce. Za provozu je reaktor pevně utěsněn víkem.

### Aktivní zóna reaktoru

Aktivní zóna, která se nachází ve spodní části tlakové nádoby, je tvořena 163 palivovými soubory s jaderným palivem (mírně obohacený  $U^{235}$ ). Jeden palivový soubor (kazeta) má tvar 4,5 m dlouhého šestibokého hranolu, který obsahuje duté kovové trubičky – palivové proutky (palivové proutky obsahují sloupce palivových tablet a jsou vyrobeny ze slitiny Zr, která tvoří bariéru proti úniku štěpných produktů). Uvnitř proutků se nachází vlastní palivo ve tvaru malých válečků z oxidu uraničitého  $UO_2$  – tzv. pelet (peleta je vyrobena z oxidu uraničitého v keramické formě s mírně zvýšeným obsahem štěpitelného  $U^{235}$  (do 5 %) a energeticky nahradí více než 800 kg černého uhlí.). Reaktor obsahuje asi 81 tun uranu. Palivové soubory vyrobila firma Westinghouse. Při výměně paliva se každý rok přibližně  $\frac{1}{4}$  palivových souborů nahradí čerstvými.

### Výměna paliva

Jaderné palivo během provozu prodělává v reaktoru několik změn. Tou základní je vyhořívání, při kterém se postupně štěpí jádra  $U^{235}$  a vznikají dva až tři radioaktivní odštěpky. Zásoba energie ukrytá v jaderném palivu se tak postupně spotřebovává. Proto je reaktor jednou ročně zastaven a  $\frac{1}{4}$  nejvíce vyhořelých palivových souborů se vymění za čerstvé tak, aby následný provoz reaktoru splňoval bezpečnostní a ekonomické požadavky.

Vlastní výměna paliva se provádí zavážecím strojem. Ten pomocí teleskopické tyče vyjímá vyhořelé palivové kazety z reaktoru a ukládá je do bazénu pro skladování vyhořelého paliva. Ze šachty pro přepravní kontejnery s čerstvým palivem vyjímá čerstvé palivové kazety a zaváží je do reaktoru. Po skončení pobytu v reaktoru je palivo ukládáno do bazénu vyhořelého paliva vedle reaktoru. Kvůli své vysoké radioaktivitě a výdeji tepla vyvolaného radioaktivními přeměnami musí být chlazeno a stíněno. Teprve po několika letech má před sebou další cestu. V podmínkách České republiky to znamená umístění vyhořelého paliva v tzv. meziskladu po dobu 40-60 let. Vyhořelé palivo je v meziskladu

pod stálým dozorem a kontrolou a přitom stále klesá jeho radioaktivita, což usnadní budoucí manipulaci a přípravu na konečné uložení.

### Parogenerátor

V parogenerátorech vzniká pára pro pohon turbíny a generátoru. Parogenerátor je velký tepelný výměník. Horká voda z reaktoru v něm proudí více než jedenácti tisíci nerezovými trubičkami a přes jejich stěny uvádí do varu vodu odděleného sekundárního okruhu. Pára odchází potrubím do strojovny, kde pohání parní turbínu.

### **Sekundární okruh**

V sekundárním okruhu dochází k přeměně tepelné energie páry na energii elektrickou. Parní turbína a generátor jsou uloženy na společné hřídeli a tvoří tzv. turbogenerátor. V každém výrobním bloku JE Temelín se nachází jeden turbogenerátor o elektrickém výkonu 1000 MW.

Působením páry na lopatky rotorů je turbína roztáčena na tři tisíce otáček za minutu a její pohybovou energii pak generátor přeměňuje na energii elektrickou, což je konečný produkt celého výrobního cyklu. Elektrická energie získaná v generátoru se po zvýšení napětí z 24 kV na 400 kV předává do elektrizační soustavy v rozvodně Kočín, která se nachází dva kilometry jižně od elektrárny.

Po průchodu turbínou je pára odváděna do kondenzátorů, kde se sráží na vodu. Tím se zde vytváří hluboký podtlak, který je důležitý pro maximální účinnost celého tepelného cyklu. Po několika nezbytných úpravách (přečištění, ohřátí) se kondenzát stává tzv. napájecí vodou. Ta je turbonapájecími čerpadly dopravována zpět do parogenerátorů, kde se z ní opět tvoří pára. Cyklus vody a páry je tak v sekundárním okruhu uzavřený.

### Generátor

Elektrický generátor je složitý elektrický stroj, v němž se prostřednictvím elektromagnetické indukce přeměňuje rotační energie turbíny na elektrickou energii. Rotor generátoru je opatřen budícím vinutím, kterým je vytvářeno magnetické pole. Elektrický proud pak vzniká ve vinutích statoru.

### **Chladicí okruh**

Chlazení kondenzátorů je zajištěno prostřednictvím okruhu chladících věží. Chladicí voda se v trubkách kondenzátorů ohřívá na teplotu kolem 30 °C a v chladících věžích je toto teplo díky proudění vzduchu předáváno do atmosféry. Část chladicí vody se ve věžích

odpaří, proto je třeba vodu do tohoto okruhu neustále doplňovat z vodního díla Hněvkovice.

Kondenzační teplo páry se odvádí jako odpadní teplo, v našich podmínkách zejména pomocí chladících věží. Temelínské chladící věže jsou vysoké 155 m.

Ohřátá chladící voda z kondenzátorů je potrubím vedena ve věži vzhůru a rozprašována na chladící výplň z PVC bloků uvnitř věže. Zatímco voda zvolna protéká výplní, odspodu proudící studený vzduch ji ochlazuje. Přitom se část vody odpařuje (přibližně 0,3 m<sup>3</sup>/s z jedné věže). Ochlazená voda z výplně padá ve formě vodních kapek do sběrného bazénu pod věží. Odtud je chladící voda čerpána zpět do kondenzátorů.

Jedním z důvodů výstavby vodního díla Hněvkovice na řece Vltavě bylo zajištění zásobování JE Temelín technologickou vodou, zejména pro chlazení kondenzátorů turbín. Čerpací stanice se nachází v bezprostřední blízkosti hráze na levém břehu přehrady. Voda je vedena dvěma potrubními trasami do vodojemu v areálu elektrárny.

### **Bloková dozorna**

Provoz výrobního bloku je řízen prostřednictvím moderního digitálního systému kontroly a řízení z blokové dozorny. Personál v blokové dozorně tvoří vedoucí bloku, vedoucí blokové dozorny, operátor primární části a operátor sekundární části. Fyzickou kontrolu provádí jednotlivé obsluhy zařízení, které s personálem blokové dozorny spolupracují při provádění jednotlivých kontrolních činností a zkoušek. Tyto práce jsou prováděny na základě plánu provozu, který je každodenně schvalován. Na provoz celé elektrárny dohlíží směnový inženýr. (Informační centrum Jaderné elektrárny Temelín)

## **3.3 Bezpečnost Jaderné elektrárny Temelín**

Funkčnost bezpečnostních systémů musí být zachována při všech projektem vymezených událostech. Jsou to například zemětřesení, požáry vně i uvnitř elektrárny, vichřice, blesk, povodně, události způsobené lidskou činností (pád letadla, výbuchy), poruchy, výpadky zařízení a nehody na jaderné elektrárně.

Cíle jaderné bezpečnosti jsou:

- Chránit personál, obyvatelstvo a okolí jaderné elektrárny.
- Zajistit za normálního provozu jaderné elektrárny, aby radiační ozáření personálu a obyvatelstva zůstávalo pod stanovenými limity tak nízko, jak je rozumně dosažitelné.



- Zajistit omezení radiačního ohrožení při nehodách (haváriích).

„Pro dosažení adekvátní jaderné bezpečnosti je jaderná elektrárna projektována tak, aby v souladu s mezinárodními i národními předpisy, týkajícími se zajištění jaderné bezpečnosti, splňovala následující všeobecná bezpečnostní kritéria:

1. Schopnost bezpečně odstavit reaktor a udržet jej v podmínkách bezpečného odstavení za všech projektem předpokládaných provozních režimů a nehod.
2. Schopnost odvádět zbytkové teplo z aktivní zóny reaktoru za všech projektem předpokládaných provozních režimů a nehod.
3. Schopnost omezit úniky radioaktivních látek tak, aby úniky nepřekročily stanovené limity za všech projektem předpokládaných provozních režimů, během nehod a po nich.“ (CD – bezpečnostní zpráva pro veřejnost 2001)

Pro větší bezpečnost se používají různé zdroje napájení, různé principy činnosti, zařízení se umísťují do navzájem oddělených prostorů, aby se předešlo nebezpečí, že by několik zařízení mohlo selhat ze stejné příčiny.

Mezi aktivní zónou reaktoru a životním prostředím je vytvořeno několik bariér, které mají zajistit bezpečnost při různých jaderných událostech. Základním principem jaderné bezpečnosti je tzv. hloubková ochrana, kdy mezi radioaktivními látkami v reaktoru a vnějším prostředím stojí tři základní bariéry:

- **První** spočívá ve struktuře paliva. Krystalická struktura často používaného oxidu uraničitého má sama schopnost zadržet 99 % vznikajících radioaktivních látek.
- **Druhou** jsou stěny primárního okruhu.
- **Třetí** tvoří kontejment – železobetonová ochranná obálka s hermetickou ocelovou výstelkou, ve které je primární okruh umístěn. Kontejment chrání jednak před nehodami vzniklými uvnitř primárního okruhu a také před vnějšími vlivy (zemětřesení, pád letadla, vichřice, extrémní teploty). Jeho konstrukce má tvar válce s tloušťkou stěny 1,2 m, uvnitř stěn vedou silná ocelová lana.

Další bezpečnostní systémy jsou například systémy na zpracování radioaktivních odpadů.

„Pro případ radiační havárie je provozovatelem elektrárny zpracován vnitřní havarijní plán. Popisuje základní povinnosti provozovatele jaderné elektrárny z hlediska zajištění vnitřní havarijní připravenosti a zabezpečení ochrany zaměstnanců a dalších osob v areálu elektrárny v případech velmi vážných událostí a zejména v případě vzniku radiační havárie. Je zpracován na základě příslušných ustanovení atomového zákona, vyhlášky

SÚJB a dalších navazujících předpisů a směrnic. V souladu se zákonem o obecních úřadech a atomovým zákonem je zpracován vnější havarijní plán. Je připravován pro tzv. zónu havarijního plánování (území v okruhu 13 km od prvního výrobního bloku).

Stanovení zóny havarijního plánování bylo provedeno po vyhodnocení výpočtů, které byly provedeny na základě charakteristik jaderného paliva od firmy Westinghouse, doporučení Mezinárodní agentury pro atomovou energii, doporučení autora technického projektu a posouzení demografických a přírodních podmínek v lokalitě Temelín.

Vně jaderné elektrárny jsou umístěna čtyři podpůrná pracoviště, tzv. havarijní podpůrná střediska.“ (Nakladatelství Arch 2003)

Ta především monitorují radiační situaci v okolí elektrárny. Havarijní informační středisko předává informace mediím a veřejnosti, logistické podpůrné středisko zabezpečuje vnější logistickou podporu všem ostatním havarijním střediskům. Třetím střediskem je krizový štáb SÚJB, který například koordinuje činnost všech složek radiačního monitorování a vypracovává doporučení na zajištění ochrany obyvatelstva. Posledním je systém varování obyvatelstva, který varuje v případě mimořádných událostí. V Temelíně je zajištěn pomocí národního systému varování. Využívají se při tom centrálně ovládané sirény. Ty je možné spouštět jednak z regionálního dispečinku Hasičského záchranného sboru v Českých Budějovicích, dále přímo z pracoviště směnového inženýra jaderné elektrárny, anebo je mohou spouštět starostové těch obcí, které se nacházejí v zóně havarijního plánování.

Samozřejmé je i to, že obsluha jaderné elektrárny musí být na vysoké profesionální úrovni. Podmínkou pro to, aby se člověk stal operátorem, je mít příslušné vysokoškolské vzdělání a musí se projít dlouhodobým výcvikem, který je zakončen státní zkouškou. Operátorova odborná způsobilost je pak každé 2 – 3 roky prověřována před zkušební komisí.

V Temelíně se také nachází simulátor, který slouží přípravě operativního řídicího personálu. Operátoři se tak učí řídit běžný provoz výrobního bloku a mohou si procvičit i určité nepředpokládané situace.

### **3.4. Informační středisko**

Součástí Jaderné elektrárny Temelín je i informační středisko. Nalézá se nedaleko elektrárny ve zrekonstruovaném zámečku Vysoký Hrádek. Prohlídky i exkurze jsou zde zdarma.

- Součástí prohlídky je i zhlédnutí třírozměrného filmu Tajemná energie. Přes polarizační brýle jsou vidět děje, které se odehrávají v reaktoru elektrárny.
- Expozice zahrnuje prostorové modely, na počítačových a obrazových panelech jsou různá témata, která s jadernou energetikou souvisí.
- Lze si zde vyzkoušet provozovat blok na simulátoru, jsou zde připravené zábavné testy, soutěže a informační materiály.
- Provádí zde školený personál.
- Od 1. září 1997 je na informačním středisku JE Temelín k dispozici veřejnosti více než třicet studií o vlivu elektrárny na životní prostředí. Od ledna roku 1998 jsou zde k nahlédnutí i jednotlivé díly základního bezpečnostního dokumentu temelínské elektrárny - dodatku Předběžné bezpečnostní zprávy. K 21. září 2000 však možnost prostudovat tyto materiály využilo pouze deset zájemců.

## **4. VLIV JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ**

### **4.1. Posuzování vlivů Jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí**

V České republice máme stavební zákon č. 50/1976 Sb., který říká, že u každé realizované stavby musí být vypracovaná dokumentace, která obsahuje údaje o jejím vlivu na životní prostředí. K těmto údajům se vyjadřují příslušné orgány a stavební úřad nesmí vydat povolení bez jejich souhlasu. Temelín dostal stavební povolení v roce 1986 na základě souhlasných stanovisek dokládajících vlivy elektrárny na životní prostředí.

Před povolením stavby proběhly například tyto průzkumy:

- inženýrsko-geologický, hydrologický průzkum, seismická
- průzkum surovinových zdrojů
- průzkum klimatických podmínek
- průzkum pedologický
- průzkum hledisek ochrany přírody
- ověření, že nebudou dotčena ložiska nerostných surovin, minerálních pramenů, přírodní léčebné lázně a jejich rozvoj
- průzkum hydrogeologický - režim podzemních vod
- průzkum hydrologický
- průzkum hlučnosti
- průzkum vzorků vody a zdrojů určených pro odběr průmyslových vod pro provoz
- průzkum stavu objektů v síti ve vysídlovaných obcích
- průzkum vlivu stavby na okolí
- průzkum urbanistických a architektonických podmínek stavby
- průzkum památkových objektů a komplexů vč. dokumentace
- průzkum spojových zařízení
- průzkum zásobování užitkovou a provozní vodou
- průzkum podmínek pro zemědělství a lesní hospodářství (rekultivace) a vodní hospodářství

Dnes je posuzování vlivů na životní prostředí (mezinárodně užívaná zkratka EIA - Environmental Impact Assessment) procesem, který se používá ve většině vyspělých zemi

k hodnocení vlivů různých staveb, činností a technologií. Tento proces byl donedávna upraven zákonem č. 244/1992 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí. V roce 2001 byl schválen nový zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, který nabyl účinnosti 1. ledna 2002.

Oba tyto zákony vstoupily v platnost až po vydání stavebního povolení pro Jadernou elektrárnu Temelín, takže se na ni nevztahují. To ovšem neplatí pro změny, které byly na elektrárně schváleny po 1. července 1992.

ČEZ nechal vypracovat celkem čtyři posouzení vlivů na životní prostředí.

1. **„malá“ EIA 1997** - ta se týkala vylepšení některých zařízení v budově pomocných provozů. ČEZ v roce 1995 nechal vypracovat dokumentaci EIA docentkou ing. Křížovou, DrSc. Odevzdal ji s oznámením zamýšlených změn na Ministerstvo životního prostředí (dále MŽP) a v souladu se zákonem o posuzování vlivů na životní prostředí č. 244/92 Sb. požádal současně o stanovisko. MŽP 21. srpna 1996 odpovědělo, že není nutné provádět EIA. ČEZ tedy od stavebního úřadu v Českých Budějovicích obdržel povolení a provedl změny.

Občanské sdružení Jihočeské matky podalo odvolání proti rozhodnutí o vydání stavebního povolení a žalobu na jeho zrušení z důvodu neprovedení EIA.

Soud 22. února 1999 vyhověl žalobě a zrušil stavební povolení. Odůvodnil to tak, že stavební úřad jednal protiprávně. K výroku MŽP, že není třeba provádět EIA, se vyjádřil tak, že není možné zjistit, zda stavba má vliv na životní prostředí, když se vlastní EIA neprovede.

ČEZ tedy znovu 20. srpna 1999 požádal MŽP o stanovisko. To zajistilo posouzení dokumentace EIA (Ing. RNDr. Ivan Landa, DrSc) a následné projednávání posudku. Vlastní projednávání se konalo na veřejném slyšení v Týně nad Vltavou. MŽP pak 26. března 2001 vydalo kladné stanovisko a stavební úřad vydal nové povolení.

2. **„velká“ EIA 2000-2002 podle zákona č. 244/1992 sb.** – posuzovala vliv změn, které byly od roku 1992 provedeny na elektrárně Temelín, na životní prostředí. Ve výběrovém řízení zakázku na zpracování dokumentace získal brněnský INVESTprojekt, s.r.o. Zpracování dokumentace proběhlo v období prosinec 1999 až srpen 2000.

Závěry jsou: „Z pohledu ochrany životního prostředí i pohledu jaderné bezpečnosti (která bezprostředně ovlivňuje možnost vzniku případných nehod resp. havárií a tím i případné důsledky v životním prostředí) jsou proto změny elektrárny hodnoceny jako jednoznačně pozitivní. Pokud jde o elektrárnu jako celek, projevuje se (resp. po zahájení provozu se bude projevovat) ve všech posuzovaných provozních hlediscích jako přijatelná. Veškeré očekávané vlivy v rozhodujících ukazatelích (vlivy záření, vlivy klimatické a vlivy na obyvatelstvo) jsou velmi nízké, pohybující se na úrovni podstatně (několikařádově) nižší, než je běžné přírodní pozadí a jeho přirozené kolísání. Elektrárna tedy nebude z provozního hlediska produkovat ekologickou zátěž území, která by životní prostředí zájmového území oproti současnému stavu jakkoli významným způsobem změnila. Jiná je situace v hlediscích lokalizačních, tedy v hlediscích daných umístěním elektrárny. Referenční stav ("současný stav") pro posouzení v rámci této dokumentace zahrnuje přítomnost elektrárny. Změny nemění nic na skutečnosti, že zábor ploch byl již proveden a provozní nebo jiné objekty elektrárny byly postaveny. Při striktním omezení se na splnění zadání dokumentace (vyhodnocení vlivů změn elektrárny) tedy není lokalizací změn stávající ekologická zátěž území změněna. Je přitom ovšem nepochybné, že provedení záboru ploch pro elektrárnu, výstavba jejích objektů, zřízení objektů a ploch zařízení staveniště případně dalších navazujících staveb mělo v době svého vzniku negativní vliv na prostředí.“ (Investprojekt 2000)

Posudek zpracoval RNDr. Tomáš Bajer, CSc. V srpnu 2001. Jeho projednávání se uskutečnilo 30. října 2001 v Týně nad Vltavou. Veřejného projednávání se zúčastnili i rakouští občané a zástupci rakouského ministerstva zemědělství, lesnictví, životního prostředí a vodního hospodářství.

Protože proces posuzování vlivu na životní prostředí probíhal v přeshraničním režimu podle Dohody mezi vládou České republiky a vládou Spolkové republiky Německo o spolupráci v oblasti ochrany životního prostředí (č. 53/1999 Sb.), bylo s německou stranou dojednáno také veřejné projednání posudku dokumentace na německém území. Uskutečnilo se dne 11. dubna 2002 v Passau.

V dubnu 2002 pak MŽP vydalo souhlasné stanovisko.

3. **mezinárodní EIA 2001-** v prosinci roku 2000 se uskutečnila schůzka tehdejšího předsedy vlády Zemana, spolkového kancléře Schüssela a

evropského komisaře Verheugena v Melku v Rakousku. Byl zde podepsán protokol, který zavazoval českou stranu prověřit vliv JE Temelín na životní prostředí podle evropských pravidel a předložit aktuální dokumentaci k otázkám jaderné bezpečnosti. Rakousko se zavázlo respektovat právo na volný pohyb osob a zboží a nepodmiňovat problematikou Temelína vstup České republiky do EU. Česká strana se dále zavázala, že ne zahájí komerční provoz elektrárny před ukončením posuzování v oblastech jaderné bezpečnosti a vlivu na životní prostředí.

V roce 2001 proběhla tedy další EIA. Ta posuzovala vliv Jaderné elektrárny Temelín jako celku podle směrnic Evropské komise (Směrnice Rady 85/337/EEC, ve znění Směrnice Rady 97/11/EC). Dokumentaci k nim opět vypracoval již výše zmiňovaný INVESTprojekt, s.r.o. Vláda ČR jmenovala komisi čtyř expertů, kteří v dubnu 2001 vypracovali posudek. V červnu 2001 se konalo veřejné slyšení ve Vídni. Komise čtyř expertů zpracovala závěrečné stanovisko, ve kterém zformulovala dvacet jedna doporučení k plnění.

4. **EIA** – týká se plánovaného meziskladu jaderného paliva. V roce 2005 na jaře došlo k projednávání a na podzim MŽP doručilo kladné stanovisko. ČEZ také obdržel kladné vyjádření Evropské komise, které je po našem vstupu do EU v případě jaderných elektráren potřeba.

Proces EIA v České republice probíhá následujícím způsobem.

„Aktivity, které podléhají posuzování jsou v příloze zákona přímo vyjmenovány. Patří sem vybrané těžební činnosti (lomy), elektrárny, teplárny, silnice a dálnice, vodní nádrže, objekty potravinářského a masného průmyslu, velké obchodní a skladovací komplexy a mnohé další. Mezi jinými pochopitelně podléhají posuzování vlivů na životní prostředí jaderné elektrárny a jiná zařízení s jadernými reaktory.

Postup posuzování podle zákona č. 244/1992 Sb., má několik fází:

První fází je zpracování tzv. dokumentace o hodnocení vlivů na životní prostředí. Dokumentace je po svém dokončení odevzdána oznamovatelem (obvykle investorem posuzovaného záměru) orgánu, příslušnému k vedení procesu posouzení vlivů na životní prostředí, v případě Ministerstvu životního prostředí.

Druhou fází je zveřejnění dokumentace. Příslušný orgán (Ministerstvo životního prostředí) zašle dokumentaci dotčeným orgánům státní správy a příslušným obcím (tedy obcím, na jejichž území má být stavba umístěna popř. jejichž území bude důsledky posuzované stavby zasaženo). Příslušné obce oznámí a umožní veřejné nahlédnutí do dokumentace a shromažďují vyjádření veřejnosti, občanských iniciativ a sdružení k dokumentaci. Vyjádření veřejnosti a své vyjádření potom zašle příslušná obec příslušnému orgánu, stejně tak i dotčené orgány státní správy.

Třetí fází je zpracování tzv. posudku (oponentního posudku) na základě dokumentace s přihlédnutím k vyjádření veřejnosti, příslušných obcí a dotčených orgánů státní správy. Posudek zhodnotí zejména úplnost dokumentace, vyjádření veřejnosti, příslušných obcí a dotčených orgánů státní správy, úplnost zjištění veškerých vlivů posuzované stavby, činnosti nebo technologie, použité metody hodnocení a úplnost vstupních informací, návrh technického řešení a varianty řešení a návrh opatření a podmínek pro vyloučení nebo snížení nepříznivých vlivů. Oznamovatel je povinen pro vypracování posudku poskytnout nezbytné doplňující informace. Posudek vždy obsahuje návrh stanoviska příslušného orgánu.

Čtvrtou fází je veřejné projednání posudku, provedené za účasti veřejnosti, příslušných obcí a dotčených orgánů státní správy.

Poslední fází je vydání stanoviska příslušného orgánu z hlediska vlivů na životní prostředí. Toto stanovisko je nezbytným podkladem pro územní, stavební či jiné řízení, bez něho nemůže správní orgán vydat povolující rozhodnutí.“ (INVESTprojekt NNC, s.r.o. 2001)

Mimo procesy EIA na elektrárně Temelín proběhly i mezinárodní mise organizované Mezinárodní agenturou pro atomovou energii. Od roku 1990 Temelín navštěvovali experti, kteří projekt elektrárny posuzovali především z hlediska mezinárodně přijímaných standardů.



## 4.2 Hlavní zkoumané vlivy Jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí

### prostředí

Hlavní zkoumané vlivy jaderné elektrárny na životní prostředí jsou:

- Vlivy záření
- Vlivy na obyvatelstvo
- Vlivy na počasí a klima
- Vlivy na vodu
- Vlivy na další složky životního prostředí

#### 4.2.1 Vlivy záření

Radionuklidy jsou hlavním zdrojem ionizujícího záření, které při provozu jaderné elektrárny vzniká. Vstupují do různých chemických vazeb, pohybují se v prostředí a pronikají do organismu vdechováním nebo požitím, jsou zde metabolizovány a posléze vylučovány. Z elektrárny se dostávají ven dvojí cestou: výpustí do ovzduší a výpustí do vodotečí. Znečištění kapalných či plyných výpustí radionuklidy nesmí překročit míru stanovenou vyhláškou SÚJB č. 184/97 Sb., o požadavcích na zajištění radiační ochrany.

Radionuklidy, které jsou uvolňované z vodní výpusti, přecházejí do povrchových vod v koncentracích, které musí vyhovovat daným předpisům. V průběhu toku jsou pak stále více zředěny. Přesto tady riziko je, ale vyplývalo by z dlouhodobého využívání povrchové vody v blízkosti výpusti. K výrobě pitné vody se využívá říční voda z Vltavy v Solenici pod Orlickou přehradou. To je ve vzdálenosti padesáti kilometrů od výpusti, takže původní koncentrace odpadních vod je dostatečně zředěna, aby byla nezávadnost vody zcela zaručena. K tomu slouží i monitorovací systém vodárenského provozu, který soustavně radioaktivitu vody monitoruje. Lze tedy říci, že cestou odpadních vod nejsou obyvatelé ohroženi.

Radionuklidy, které jsou uvolňované do ovzduší, se šíří všemi směry a s rostoucí vzdáleností od elektrárny jejich koncentrace postupně klesá. Srážkami a atmosferickými spady se radionuklidy dostávají do půd. Dlouhodobě zůstávají radionuklidy ve svrchní vrstvě humusu. Mezi přírodní radionuklidy, které v půdách najít můžeme patří například  $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{Th}$ . Kromě přírodních radionuklidů se v České republice setkáme s  $^{137}\text{Cs}$ , který má původ v jaderných zkouškách a černobylské havárii. Stejně radionuklidy můžeme nalézt i v tkáních živých organismů a poměrně velké koncentrace se nacházejí v houbách.

Na člověka mohou tyto radionuklidy působit několikerým způsobem. Vnitřním ozářením po vstupu do organismu buď vdechnutím, nebo požitím v místě vypěstovaných potravin a zevním ozářením z ovzduší a z depozice radionuklidů na povrchu terénu. Se vzdáleností od elektrárny imise klesají a s nimi i příslušná expozice obyvatelstva.

Vliv radioaktivního záření na lidský organismus se měří v sievertech (Sv). V praxi se běžně používá jeho tisícina milisievert. Podle Vědeckého výboru OSN pro účinky atomového záření (UNSCEAR) je velikost obdržené dávky pro každého člověka průměrně 2,5 mSv. Ve světě existují oblasti, kde jsou tyto průměrné dávky mnohonásobně překročeny. Pro představu, k úmrtí z důvodu ozářením celého těla dochází až při dávce nad 10 000 mSv. Smrt potom nastává během několika dnů až týdnů.

V roce 1983 se zvýšil zájem veřejnosti o problematiku možných vlivů jaderných zařízení na zdraví obyvatelstva. Ve vesnici Seascale v Anglii byl zaznamenán zvýšený počet výskytu dětské leukémie. Začalo se zkoumat, zda na to nemůže mít vliv nedaleký závod na zpracování jaderného paliva pro atomové elektrárny Sellafield. Na žádost ministra zdravotnictví byla vytvořena skupina odborníků, která měla tuto záležitost prošetřit. V roce 1984 tato skupina potvrdila nález. V Seascale s 2000 obyvateli se za dvacet osm let zjistilo dvanáct případů, což znamenalo 4 – 5krát více, než byl celostátní průměr. Bylo nutné provést další průzkumy v oblastech kolem ostatních jaderných zařízení. V Anglii to znamenalo prověřit dvacet devět oblastí, ale kromě Seascale byly nálezy negativní. Podobná šetření byla prováděna i v dalších zemích. V Kanadě, v USA, v Maďarsku, na Slovensku v Jaslovských Bohunicích a u nás v Dukovanech nebylo nic zjištěno. Naopak Francie a Německo zaznamenaly každý jeden případ. Objevila se řada hypotéz, které různým způsobem vysvětlovaly tyto nálezy. Jako nejpravděpodobnější se ukázala tzv. infekční hypotéza. Bylo prokázáno, že u některých typů nádorů hrají důležitou roli rakovinou tvorné viry. Někteří odborníci se domnívají, že to může být i příčina leukémie. S teorií o vlivech těchto virů v okolí jaderných zařízení vystoupil L.J. Kinlen. Tvrdí, že tato zařízení jsou budována v odlehlých a málo obydlených územích. Pro jejich provoz je tedy nutné přistěhování většího počtu zaměstnanců i s rodinami. S tím souvisí i následné míšení obyvatelstva. Tyto skupiny dříve žily izolovaně, a tak jsou k novým virům více vnímavé.

Je důležité si uvědomit, že radionuklidy uvolňované jadernou elektrárnou jsou jen malým procentem ozářením, které na nás může působit. Taková dávka od Jaderné elektrárny Temelín je přibližně 0,0002 mSv/rok. Temelín tedy nebude ohrožovat zdraví obyvatelstva.

Mimo to na nás působí např. kosmické záření, horniny, vzduch, jídlo, ale i umělá radioaktivita využívaná například ve zdravotnictví, dále obrazovky televizorů a monitory.

Radioaktivní záření v malých dávkách může být organismu i prospěšné. V lázních Jáchymov se nízkých dávek využívá k léčbě pohybového ústrojí. (podle CD – bezpečnostní zpráva pro veřejnost 2001, Augusta 2001, Fechtnerová 2005)

#### **4.2.2 Vlivy na obyvatelstvo**

Do této kapitoly by bylo samozřejmě možné zahrnout i vlivy záření. Mimo to sem patří vliv hluku a vlivy psychosociální.

Sama poloha JE Temelín, při dodržení pracovní hygieny na pracovišti, vylučuje vliv hluku na obytnou zástavbu v nejbližším okolí.

Postoj obyvatelstva k elektrárně je dvojího druhu. Jednak pozitivní v důsledku ekonomického přínosu elektrárny a možnosti pracovních příležitostí, jednak negativní. Tento druhý postoj souvisí s obavami z možné havárie a také s rušením vesnic kvůli stavbě v bezprostředním okolí elektrárny.

Byl zde proveden psychologický průzkum, jehož cílem bylo zjistit, zda se u obyvatel Temelína objevuje ve větší míře než jinde psychická labilita, úzkost, zda lidé žijí ve větším stresu a v obavách z možné havárie, zda trpí depresemi a životní nespokojeností. Pro tyto účely byla vytvořena speciální metodika. Byla provedena tři šetření. První v roce 2000, v období těsně před zahájením spouštění Jaderné elektrárny Temelín. Druhý výzkum byl realizován v roce 2002 a třetí v roce 2004. Byl použit dvaceti pěti položkový dotazník. Sběr dat probíhal formou řízeného rozhovoru. Respondentům byla zaručena anonymita a jejich účast byla dobrovolná. Dotazník byl zpracován tak, aby nebylo jasné, že jde o výzkum spojený právě s elektrárnou. Pro kontrolu byla použita skupina z východočeského regionu. Výsledky byly pro temelínskou skupinu ve všech třech šetřeních pozitivní a dokonce mnohdy převyšovaly i kontrolní skupinu. Stabilní psychika obyvatel v oblasti kolem elektrárny je nepochybně závislá na jejím bezproblémovém provozu. (podle CD – bezpečnostní zpráva pro veřejnost 2001, Fechtnerová 2005)

#### **4.2.3 Vlivy na počasí a klima**

Po uvedení elektrárny do provozu byl ukončen provoz plynové kotelny, která emitovala škodliviny jako oxid siřičitý (0,283 t v roce 1998), oxidy dusíku (9,975 t v roce 1998), oxid uhelnatý a uhlovodíky. Dnes je dodávka tepla zcela pokryta tepelným výkonem elektrárny. S ukončením provozu kotelny přestal být spalován zemní plyn a zanikl tak největší zdroj

znečišťování ovzduší v areálu. Celkově jsou Jižní Čechy jsou z hlediska znečištění ovzduší na velmi dobré úrovni.

V elektrárně je v provozu osm dieselgenerátorových stanic, které slouží pro případ havarijní nouze. Roční předepsaný zkušební provoz je v rozmezí 8 – 17 hodin.

Elektrárna je především obrovským zdrojem tepla ve formě páry a vodních kapek. Zejména jde o přenos tepla z chladících věží, které vypouštějí vodní páry do ovzduší. Dále se jedná o přenos tepla ze zateplených budov a z teplých odpadních vod do atmosféry a půdy a snížený výpar v důsledku změn povrchu území elektrárny (náhrada přirozeného prostředí betonem).

Od roku 1989 jsou na nedaleké tři a půl kilometru vzdálené observatoři měřeny místní vlivy počasí. Nejvyšší předpokládané změny ročních hodnot u teploty vzduchu ve dvou metrech nad zemí jsou cca. 0,05 °C. Tato hodnota se předpokládá do pěti kilometrů od elektrárny. Ve vzdálenosti třiceti kilometrů je už zanedbatelná.

Maximální zvýšení u ostatních klimatických jevů:

- průměrná roční vlhkost vzduchu o 0,6%,
- průměrný roční výskyt mlhy o 1%,
- průměrný roční výskyt námrazy o 3,6%
- průměrná roční vlhkost o 0,3%
- průměrný roční úhrn srážek o 0,06%

(podle CD – bezpečnostní zpráva pro veřejnost 2001, Fechtnerová 2005, ČEZ, a.s. 1995)

#### 4.2.4 Vlivy na vodu

Jaderná elektrárna Temelín je zásobována jednak pitnou vodou pro potřeby zaměstnanců, která se odebírá z vodojemu Zdoba, a jednak vodou technologickou. Jako zdroj technologické vody slouží vodní dílo Hněvkovice. Tato přehrada byla postavena v letech 1986 - 91. Ve stejné době bylo vybudováno i vodní dílo Kořensko (1,9 kilometrů pod soutokem Vltavy a Lužnice). To slouží hlavně k promísení odpadních vod z elektrárny s vodou z Vltavy. Provozovatelem obou je Povodí Vltavy. Voda, která je odebírána z Hněvkovické nádrže, je vedena dvěma potrubími do areálu jaderné elektrárny. Zde je využívána ke chlazení primárního a sekundárního okruhu.

Elektrárna svými odběry ovlivňuje průtok vody ve Vltavě v úseku mezi vodním dílem Hněvkovice a vodním dílem Orlík. Přehrada Orlík svou kapacitou případné nerovnoměrnosti v odběru vyrovnává. Množství odebíraných vod z Vltavy je limitováno

rozhodnutím okresního úřadu v Českých Budějovicích ze dne 15. prosince 1993 při provozu dvou bloků. Jde o maximální odběr 1875 l/s přičemž průměrný odběr je 1625 l/s. To znamená snížení průtoku o cca 5 %. Část odebíraných vod, přibližně 25 %, však bude vrácena do Vltavy v profilu Vltava Kořensko. Od vodního díla Kořensko, kde se již projevují vody řeky Lužnice a vyústění odpadních vod z elektrárny, je tedy toto snížení průměrného průtoku cca 2 %.

Zákonem je také dána velikost minimálních průtoků vody v tocích pod vodními díly.

Dne 15. prosince 1993 okresní úřad v Českých Budějovicích vydal povolení o možnosti vypouštět odpadní vody elektrárny v maximálním množství 501,0 l/s. Průměrně se vypouští 396,5 l/s.

Odpadní vody z JE Temelín jsou trojího druhu.

- dešťové – z areálu elektrárny jsou odváděny do dvou pojistných nádrží (objem jedné je 5.500 m<sup>3</sup>). Zde jsou pomocí dvou ponorných stěn zachycovány plovoucí nečistoty a ropné látky. Vody odtud odtékají do retenční nádrže (objem 18.000 m<sup>3</sup>), která leží u Býšova na soutoku toku Strouha a jednoho bezejmenného toku. Kvalita vod v této nádrži se pravidelně každých čtrnáct dní kontroluje. Strouha pak tyto dešťové vody odvádí do přehrady Hněvkovice. Objem dešťových vod je maximálně 100 000 m<sup>3</sup> ročně. Je to jen zlomek průtoku tohoto toku.
- splaškové – jde o odpadní vody z kuchyně, jídelny a sociálních zařízení. Jsou čištěny na biologické čističce odpadních vod.
- technologické – jsou to především vody z chladících věží. Jsou čištěny na čisticích stanicích a představují 93 % všech odpadních vod. Shromažďují se ve sběrné jímce (500 m<sup>3</sup>), kde bývají kontrolovány. Odvedeny jsou do vodního díla Kořensko. Vyústění je uzpůsobeno tak, aby došlo k provzdušnění a promísení s vltavskou vodou. Slouží k tomu savky turbín.

Technologická voda je zdrojem tepla, které uniká z elektrárny do řeky Vltavy, do vodního díla Kořensko. Při styku technologické vody a říční vody dojde ke zvýšení teploty v řece o 0,1 – 0,55 °C. Celoroční průměr je 0,3 °C. Toto zvýšení se obtížně sleduje, protože změny teploty pod vodním dílem Kořensko jsou nižší než meziroční změna teplot Vltavy. V lednu 2004 došlo ke zvýšení o 1,1 °C, v únoru o 0,1 °C, v březnu došlo ke snížení, v dubnu se zvýšila o 0,6 °C ... v listopadu byla nižší o 0,1 °C a v prosinci vyšší o

0,1 °C. Z těchto naměřených změn vyplývá, že jsou dodržovány dané limity. Rovněž je dodržováno nařízení vlády č. 71/2003 Sb., tzv. Rybí směrnice, která stanovuje požadavek pro kaprové vody. Ten říká, že: „teplota vody měřená po proudu na konci mísící zóny nesmí být vyšší než neovlivněná hodnota o 3 °C. Dále, že oteplující vypouštění nesmí způsobit zvýšení teploty na hodnoty vyšší než 28 °C s tím, že tento požadavek smí být překročen po dobu 2 % časového období.“ (VÚV T.G.M. 2005)

Od roku 1990 se sledují rovněž reakce různých společenstev na změny jakosti vody ve Vltavě. Pro zjištění biomasy fytoplanktonu se použil obsah chlorofylu-a ve vodě. V letech 1991-1995 byla úroveň koncentrace přibližně stejná. V letech 1996-1999 se zvýšila o třetinu. V roce 2000 a 2001 se vrátila na úroveň roku 1990. V roce 2002 se koncentrace zvýšila třikrát. Příčinou byl silný rozvoj fytoplanktonu v nádrži Hněvkovice. V roce 2003 došlo k poklesu a v roce 2004 k opětovnému vzrůstu.

Mezi neradioaktivní vypouštěné látky patří dusíkaté látky, fosfor a chloridy. Další zdroj znečištění pochází z chemické úpravy technologických vod. Množství vypouštěných látek se pravidelně sleduje a nesmí překračovat dané limity. Elektrárna neprovozuje žádné přímé vypusti do podzemních vod a k ovlivnění by mohlo dojít pouze nepřímo v důsledku havárie.

Při stavbě elektrárny byla snížena hladina podzemních vod o osm a půl metrů. Stále je uměle snižována systémem odvodňovacích vrtů. Stav hladiny je ovlivňován hlavně srážkami. Zvýšení se projevuje hlavně v jarních měsících, kdy dochází k odtávání sněhové pokrývky. Naopak snížení je znát v podzimních měsících po letním sušším období.

Jakost vody je pravidelně monitorována (2krát až 4krát ročně). Sledují se hlavně radioaktivní látky, sírany, chloridy, dusičnany, vápník, hořčík, sodík, draslík a koncentrace kovů. V roce 2004 nedošlo k žádným změnám kvality vod. Naopak došlo ke snížení dusičnanů. (podle CD - Program sledování a hodnocení Jaderné elektrárny na životní prostředí 1999)

#### **4.2.5 Vlivy na další složky životního prostředí**

##### **- Půda**

Pozemky elektrárny se rozkládají na ploše 143 ha a jsou majetkem akciové společnosti ČEZ. Oplocená plocha pozemku je 123 ha. Samotná elektrárna neprovozuje žádné přímé vypustě rizikových látek do půd. Kvalita půd může být ovlivněna pouze nepřímo, změnou kvality klimatu a vod. Obecně kvalitu půd ovlivňuje řada přírodních

a antropogenních faktorů. Patří mezi ně podnebí (změny teploty, srážky, výpar, vítr), vegetace, edafon, podzemní voda a člověk (orba, hnojení).

V průběhu stavby vznikly dvě skládky v bývalých obcích (Březí u Týna nad Vltavou a Knín). Skládka v Březí byla již naplněna a následně rekultivována a osázena zelení. Skládka v Kníně čeká na své naplnění a potom bude i ona rekultivována. V průběhu stavby nedošlo k žádnému trvalému znečištění. Půdy v areálu elektrárny nejsou využívány k zemědělské činnosti. Případné úniky by byly zaznamenány monitorovacím systémem.

V rámci úprav území pro budoucí elektrárnu bylo staveniště srovnáno na dva výškové body. Objekty, ve kterých je umístěno zařízení důležité z hlediska jaderné bezpečnosti, byly soustředěny do centrální části staveniště na výškový bod 507,0 m n.m. Ostatní objekty jsou umístěny převážně na výškovém bodě 503,0 m n.m. Stavby jsou založeny na masivních základech, které jsou umístěny na horninách s nízkým stupněm zvětrání a málo tektonicky porušených. Nevhodné podloží bylo vytěženo a zaplombováno tak, aby vše vyhovovalo platným normám. Zařízení elektrárny neprodukuje teplo, které by se šířilo pod základy budov a mohlo nějakým způsobem ovlivnit kvalitu horninového prostředí. Rovněž není elektrárna zdrojem vibrací, které mohou přecházet do podloží a narušit tak geologickou stavbu území.

#### - Flóra a fauna

Živá složka přírody plní při sledování vlivů elektrárny na životní prostředí dvě role. Může být provozem sama ovlivněna, protože na ni působí změny klimatu a jiných dalších faktorů. Může také ale sloužit jako bioindikátor změn prostředí (například při sledování obsahu radionuklidů v prostředí). Biomonitoring vychází z předpokladu, že změna kvality prostředí se projeví ve změně bioindikátoru. Tím může být živý organismus (rostlina nebo živočich), jeho část (tkáň), neživé části (srst, opad listů), přeměněná organická hmota (rašelina, humus). Vhodným bioindikátorem jsou mechy, lesní nadložní humus nebo vnější kůry stromů. Využívání živočišných druhů je komplikovanější vzhledem k jejich migraci.

- a) vodní společenstva – v případě těchto společenstev připadá v úvahu (vedle pozorování výskytu radioaktivních prvků) sledování vlivu zvýšení obsahu fosforu a oteplení toku odpadními vodami. Některé vlivy jsou popsány výše (viz kapitoly Vlivy na vodu a Vlivy záření). Přísun živin, hlavně dusíku a fosforu, způsobuje eutrofizaci vody a spolu se zvýšením teploty může docházet k zarůstání vodního

toku autotrofními řasami, které jsou známy negativními dopady na kvalitu vody. Před zahájením provozu elektrárny byl přisun fosforu do přehrady Orlík z celého povodí Vltavy okolo čtyři sta tun ročně. Příspěvek elektrárny se pohybuje kolem jedné tuny za rok.

Český rybářský svaz pravidelně kontroluje stav ryb v povodí, konkrétně ve vodní nádrži Orlík. Sleduje se druhové zastoupení a hmotnost úlovků za roky 1993-2000. Průměrné hodnoty za toto sledované období jsou porovnávány s dalšími roky.

Podle údajů zpracovaných Českým rybářským svazem bylo za rok 2003 určeno sedmnáct druhů ryb (neurčených bylo 3,1%). Hmotnosti v úlovcích jsou za všechna sledovaná období přibližně stejná. Vyšší hmotnostní zastoupení bylo v letech 2002 a 2003 zjištěno u kapra.

- b) suchozemská společenstva – vlivy na přírodu a krajinu dané zábořem půdy se už dnes nedají změnit. Po dokončení stavby se uvolnily některé dále nepotřebné plochy a na těchto místech dochází k sukcesi. Projevuje se to střídáním rostlinných a živočišných společenstev (od jednoletých, plevelných přes dvouleté, vytrvalé až dřevinné porosty). Důsledky těchto jevů mohou být pozitivní, ale i negativní. Ty záporné spočívají v šíření druhů plevelných, alergenních, s možným výskytem škůdců a nejrůznějších chorob.

V okruhu pěti až deseti kilometrů od elektrárny jsou sledovány různé druhy živočichů (vodní i suchozemští). Společenstva ptáků jsou sledována z důvodu rychlé reakce na změněné podmínky. Drobných savců a lovné zvěře je možné využít kvůli sledování hromadění radionuklidů a těžkých kovů v těle.

- Dále se sledují vlivy elektrárny na zemědělskou činnost, protože krajina v okolí je tímto způsobem využívána. Neopomíjí se ani vlivy na budovy, architektonické památky a vlivy na turistický ruch. Také je zjišťováno, jak doprava, která je spojena s touto stavbou, ovlivňuje životní prostředí a obyvatele blízkých obcí.

(podle CD - Program sledování a hodnocení Jaderné elektrárny na životní prostředí 1999)

#### **4.2.6 Vliv radioaktivních odpadů na životní prostředí**

Radioaktivní odpady jsou považovány za jedny z nejnebezpečnějších. Svou nebezpečnost však časem ztrácejí, protože radionuklidy, které obsahují, se postupně přeměňují na neaktivní prvky.

Podle aktivity a podle poločasu rozpadu hlavních radionuklidů se tyto odpady dělí na pět základních skupin. Každá skupina se pak různým způsobem zneškodňuje a uchovává.



1. Vysokoaktivní – jsou to dlouhodobé zářiče, intenzivně produkují teplo, jejich nebezpečí trvá miliony let. Doporučuje se trvalé hlubinné uložení.
2. Středněaktivní – dlouhodobé zářiče, produkují malé množství tepla, nebezpečné po statisíce let. Opět se doporučuje hlubinné uložení.
3. Nízkoaktivní – dlouhodobé zářiče, nebezpečné desetitisíce let. Doporučuje se trvalé hlubinné uložení.
4. Středněaktivní – neobsahují dlouhodobé zářiče, mírně produkují teplo a nebezpečné jsou tisíce let. Doporučuje se uložení v opuštěných dolech, jeskyních, v povrchových úložistiích.
5. Nízkoaktivní – neobsahují dlouhodobé zářiče, neprodukují teplo, nebezpečné jsou stovky let. Doporučuje se uložení v opuštěných dolech, jeskyních, v povrchových úložistiích.

Radioaktivní odpady vznikají od samotného vytěžení uranové rudy až po likvidaci elektrárny na konci její životnosti. Hlušina, která vzniká po dolování, se za radioaktivní odpad nepovažuje, přesto obsahuje určitý podíl uranu a další přírodní radionuklidy. Při zpracování uranové rudy a výrobě paliva také vzniká odpad, který přírodní radionuklidy obsahuje. Tento odpad je nízkoaktivní a k jeho bezpečnému zpracování a odizolování od životního prostředí stačí postavit odpadní nádrže a odkaliště v blízkosti úpraven.

V průběhu štěpné reakce v reaktoru také vzniká celá řada nejrozumnějších radionuklidů. Štěpné produkty zůstávají uzavřeny v palivových článcích. Při provozu elektrárny vznikají i nízkoaktivní a středněaktivní odpady. Po skončení provozu elektrárny dochází k její likvidaci. Kontaminované části se musejí také zpracovat a uložit jako radioaktivní odpad.

Existují i tzv. institucionální radioaktivní odpady. Ty vznikají jinde než v energetice a to například v nemocnicích, odděleních radiologie a nukleární medicíny, výzkumných laboratořích a nejrozumnějších odvětvích průmyslu a zemědělství. Mezi tyto odpady patří například guma, použité stříkačky, použité zářiče z onkologických oddělení nemocnic, farmaceutické roztoky, sklo, textil, filtry z filtračních zařízení, rukavice, ochranné oděvy. Zpracování probíhá tak, že na místě vzniku se odpad roztřídí, slisuje a zalije betonem do ocelových schránek. Ty se ještě znovu zabetonují do větších sudů, které se uzavřou a zalijí asfaltem. Nejprve se skladují tam, kde vznikly, a pak se speciálním autem svážejí na úložistiě, kde se ještě jednou kontroluje jejich těsnost. Ročně se takových odpadů v České republice zpracuje něco mezi 60 – 100 m<sup>3</sup>.

U nás máme dvě úložiště institucionálních odpadů – důl Richard u Litoměřic a důl Bratrství v Jáchymově. Hlubinný důl Richard se tímto způsobem využívá od roku 1964. Jeho životnost se předpokládá do roku 2018. Bratrství je také bývalý hlubinný důl. Využívá se od sedmdesátých let ke skladování přírodních radionuklidů. Třetí, od roku 1964 nepoužívané úložiště Alkazar, se nalézá v opuštěném vápencovém dole u Berouna. Všechna tři úložiště jsou pravidelně monitorována.

Při provozu elektrárny vznikají vedle vysokoaktivního vyhořelého paliva také nízkoaktivní a středněaktivní kapalné, plynné a pevné odpady.

#### a) Kapalné

Kapalné radioaktivní odpady vznikají při čištění primárního chladiwa, bazénů pro skladování vyhořelého paliva, při dekontaminačních pracích nebo při údržbě. Pro zpracování kapalných odpadů se používají čtyři hlavní postupy – odpařování, chemické srážení a flokulace, oddělení pevných částeczek a iontová výměna. Největšího snížení objemu a nejúčinnější dekontaminace odpadů se dosahuje při metodě odpařování. Po odpaření zbudou pevné částecčky ve formě solí, které obsahují většinu radionuklidů. Tato metoda je vysoce účinná a čistý kondenzát se může vypouštět do povrchových toků. Chemické metody spočívají v přidávání srážecích činidel do kapalných odpadů. Pomocí nich se radionuklidy vysrážejí a usadí na dně ve formě nerozpustných solí. Mohou se přidávat také tzv. vločkotvorné chemikálie, které radionuklidy vážou ve formě vloček (flokulace). Pevné částice se z kapalných odpadů odstraňují pomocí filtrů a odstředivek. Mohou se používat i biologické čistící metody, které využívají schopnost některých mikroorganismů shromažďovat v sobě radionuklidy. Metoda výměny iontů se používá nejčastěji pro vody primárního a sekundárního okruhu a pro vody z bazénů pro skladování vyhořelého paliva. Princip spočívá v tom, že v tzv. iontoměničových filtrech jsou zachytávány radionuklidy a po jejich nasycení je možné je regenerovat, nebo zpracovat jako radioaktivní odpad.

Mokrý pevný odpad, který zůstane po zpracování kapalných radioaktivních odpadů, je nutné přeměnit do pevných produktů, aby byly stabilní. Nejčastěji se používá metoda cementace.

#### b) Plynné

Plynné odpady jsou před vypuštěním zpracovány tak, aby se z nich většina radionuklidů odstranila. Patří mezi ně halogeny, vzácné plyny, tritium a uhlík  $^{14}\text{C}$ . Jde o plyny a vzduch pocházející z vnitřních prostorů elektrárny. Na cestě ven prochází ventilačními systémy s filtry, které zachytávají devadesát devět a více procent pevných

částic do průměru 0,3 mm. Radioaktivní plynný jód se zachytává na dřevouhelných filtrech. Vzácné plyny, které se uvolňují z palivových článků, mají krátký poločas rozpadu. Stačí je zadržet po dobu třiceti až šedesáti dní a poté vypustit. Ventilační systém obsahuje tedy i nádrže, kde se po určitou dobu aktivní plyny shromažďují. Z komína jaderné elektrárny vycházejí jen zlomky povolených limitů koncentrací radionuklidů. Například uhelná elektrárna vypouští ven do ovzduší daleko více radioaktivních látek.

#### c) Pevné

Do skupiny pevných odpadů patří takové radioaktivní materiály, které vznikají z provozních, údržbových a opravárenských činností. Člení se do čtyř kategorií podle toho zda jsou lisovatelné nebo nelisovatelné, spalitelné nebo nespalitelné. Padesát až osmdesát procent odpadů je možné spálit. Sníží se tak objem a popel je uložen do kontejnerů. Odstraní se tak i organické kapaliny (oleje, mazadla a rozpouštědla), které jsou jen těžko zpracovatelné. Vzniklé plyny jsou samozřejmě shromažďovány a je s nimi nakládáno jako s plynnými radioaktivními odpady.

#### d) Vyhořelé jaderné palivo

Vyhořelé palivo se považuje za odpad, ale zároveň se intenzivně pracuje na tom, aby mohlo být v budoucnu nějakým způsobem dále využíváno.

Reaktor o výkonu 1000 MW vyprodukuje ročně 30 tun paliva. Palivo po vyjmutí z reaktoru obsahuje 95 % nespotebovaného uranu. Mezi štěpné produkty, které nesou hlavní podíl radioaktivity, patří cesium  $^{137}\text{Cs}$ , stroncium  $^{90}\text{Sr}$  a plutonium.

Vyhořelé články se z reaktoru vyjmou a pod hladinou vody speciálním kanálem převezou do bazénu vyhořelého paliva, který je hned vedle. Tam jsou tři až čtyři roky uloženy pod vodou, která je neustále chladí. Mezitím jejich radioaktivita klesne na 50% původní hodnoty. Vyhořelé články se pak vloží do speciálních kontejnerů. Kontejnery musí splňovat přísná kritéria, která stanovil Státní úřad jaderné bezpečnosti.

V Dukovanech je používán kontejner CASTOR z Německa. Vyhořelé palivo se do něj vkládá pod vodou v reaktorovém sále. Potom se voda odstraní, kontejner se vakuově vysuší a naplní plynem (například heliem). Je zkontrolována jeho těsnost a pokud je vše v pořádku, může být převezen do skladu použitého paliva. Tam je umístěn na určenou skladovací pozici, kde je přirozeným prouděním vzduchu ochlazován po dobu několika desítek let.

Tento jaderný odpad se může buď uskladnit, nebo nechat přepracovat na nové použitelné palivo (touto cestou jde například Francie). Přepracování je složitý a

nákladný proces. Jedna tuna přepracovaného paliva však uspoří dvě tuny přírodního uranu.

Vláda České republiky dne 5. března 1997 vydala usnesení, kde doporučila budování skladů použitého paliva přímo v areálech jaderných elektráren. První blok JE Temelín byl spuštěn ve zkušebním provozu 10. června 2002. Výměna první čtvrtiny paliva na prvním bloku proběhla v únoru 2003. Předpokládá se, že až do roku 2013 bude možné vyhořelé palivo skladovat přímo v reaktoru v bazénu. V červnu roku 2002 se začalo pracovat na projektu skladu použitého paliva v JE Temelín. Energoprojekt Praha, a.s. zpracoval „Studii proveditelnosti realizace skladu použitého paliva v elektrárně Temelín“. Ta slouží jako základ pro zpracování dokumentace pro posouzení záměru podle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů stavby na životní prostředí (proces EIA). Ten byl zahájen 24. července 2003. Sklad samotný by měl svému účelu sloužit od roku 2013. Pro použité palivo se použije suchý způsob skladování ve speciálních kontejnerech. Takto se již od roku 1995 skladuje vyhořelé palivo v Jaderné elektrárně Dukovany a je možné ho považovat za osvědčený. Zároveň nevylučuje přepracování a další využití v reaktorech nové generace.

Kapacita plánované stavby by měla vystačit na dobu třiceti let při provozu dvou bloků Temelína a nevylučuje rozšíření. Za tuto dobu Temelín vyprodukuje 1370 tun uranu. Jaderné palivo, které vyprodukovaly Dukovany, se dříve vozilo do meziskladu v Jaslovských Bohunicích. Odtud mělo být postupně odebíráno Sovětským svazem. Po revoluci se od této dohody ustoupilo. Dukovany mají od roku 1995 svůj vlastní mezisklad přímo v areálu elektrárny. Původní kapacita 600 tun není již postačující, proto se rozhodlo o rozšíření o dalších 1340 tun. Taková kapacita vydrží na dalších čtyřicet let.

Jako záložní podpovrchové řešení máme v ČR ještě jeden mezisklad v lokalitě Skalka v okrese Žďár nad Sázavou. V roce 2001 vydal Městský úřad v Bystřici nad Pernštejnem rozhodnutí o umístění stavby.

Dne 15. února 2002 vláda ČR schválila dokument, který se jmenuje Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR.

Koncepce doporučuje

- Nízko a středněaktivní odpady se mají ukládat do existujících skladů.
- Vysoceaktivní odpady budou až do roku 2065 skladovány v areálech elektráren. Potom se přemístí do trvalého hlubinného úložiště, které se připravuje.
- Připomíná, že veškeré náklady na vyřazování jaderných zařízení a ukládání radioaktivních odpadů nesou provozovatelé těchto zařízení.

Financování přípravy a výstavby hlubinného úložiště je zajišťována jaderným účtem. Všichni provozovatelé jaderných zařízení do něj vkládají peníze, ze kterých je hrazena stavba hlubinného úložiště nebo likvidace elektráren po skončení provozu.

Jako hlubinné úložiště se označují uměle vyhloubené nebo upravené podzemní prostory. Takové úložiště musí být postaveno ve stabilní a neporušené geologické oblasti, kde nehrozí zemětřesení, vulkanická činnost nebo zaplavení. Důležité je, aby vydrželo po dlouhou dobu, po více než deset tisíc let. (podle CD – bezpečnostní zpráva pro veřejnost, CD - Program sledování a hodnocení Jaderné elektrárny na životní prostředí 1999, Fechtnerová 2005)

Mězinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA) dělí havárie (stupeň 1, 2 a 3) a havárie (stupeň 4, 5, 6, 7). O každé havárii nebo nehodě musí být okamžitě informována Mězinárodní agentura pro atomovou energii a IAEA musí přiřadit vhodný stupeň závažnosti. Havárie se stupněm čtyři jsou výjimečné, stupeň pět dosahuje havárie ve dvou elektrárnách – Three Mile Island a Fukushima. Největší havárie v historii jaderné energetiky se stupněm sedm se stala v Černobylu.

- 7 – Velká havárie – Značný únik radioaktivních látek na velké území, okamžitě zřizování ochrany, dlouhodobá chránění životního prostředí
- 6 – Závažná havárie – Velký únik radioaktivních látek mimo území, nutnost vyřadit havarizované oblasti a ochránit okolí
- 5 – Havárie s účinky na okolí – Větší poškození okolní zóny, únik 100 až 1000 TBq (jednotka aktivity) radioaktivních produktů vyzařovaných do okolí
- 4 – Havárie s účinky v jaderném zařízení – Částečné poškození aktivní zóny, omezení personálu včetně okolních obyvatel na hranici limitu
- 3 – Vážná havárie – Omezení personálu nad normu, menší únik radioaktivity do okolí (zónky limitu)

## 5. JADERNÉ HAVÁRIE A JADERNÉ ZBRANĚ

### 5.1 Jaderné havárie

Mezinárodní agentura pro atomovou energii ve spolupráci s Organizací pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD) zavedla v roce 1991 používání mezinárodní stupnice pro hodnocení jaderných událostí – INES (The International Nuclear Event Scale). Stalo se tak především proto, aby byla veřejnost pravdivě a srozumitelně informována o závažnosti případné havárie či nehody.

INES jaderné události hodnotí sedmi stupni a dělí je na nehody (stupeň 1, 2 a 3) a havárie (stupně 4, 5, 6, 7). O každé havárii nebo nehodě musí daná země informovat Mezinárodní agenturu pro atomovou energii a ta události přiřadí správný stupeň závažnosti. Havárie se stupněm čtyři jsou výjimečné, stupně pět dosáhly havárie ve dvou elektrárnách – Windscale a Three Mile Island. Nejzávažnější havárie v historii jaderné energetiky se stupněm číslo sedm se stala v Černobyli.

- 7 – **Velká havárie** – Značný únik radioaktivních látek na velké území, okamžité zdravotní následky, dlouhodobé ohrožení životního prostředí
- 6 – **Závažná havárie** – Velký únik radioaktivních látek mimo objekt, nutnost využít havarijních plánů k ochraně okolí
- 5 – **Havárie s účinky na okolí** – Vážnější poškození aktivní zóny, únik 100 až 1000 TBq (jednotka aktivity) biologicky významných radioizotopů, nutnost částečné evakuace okolí
- 4 – **Havárie s účinky v jaderném zařízení** – Částečné poškození aktivní zóny, ozáření personálu, ozáření okolních obyvatel na hranici limitu
- 3 – **Vážná porucha** – Ozáření personálu nad normu, menší únik radioaktivity do okolí (zlomky limitu)

**2 – Porucha** – Technické poruchy, které neovlivní bezpečnost elektrárny přímo, ale mohou vést k přehodnocení bezpečnostních opatření

**1 – Odchylka od normálního provozu** – Poruchy nepředstavující riziko, ale odhalující nedostatky bezpečnostních opatření

**0 – Událost bez významu pro bezpečnost** – Nejběžnější provozní poruchy, bezpečně zvládnuté

Mezi ty nejznámější a zároveň nejzávažnější havárie patří:

- 1. Saint Laurent (Francie, rok 1969 a 1980, stupeň 4)** - Havárie plynem chlazeného grafitového reaktoru v Jaderné elektrárně Saint Laurent A2 v roce 1980 způsobila částečné poškození aktivní zóny reaktoru (roztavil se palivový článek poté, co se zablokovalo chlazení jednoho palivového kanálu). Mimo elektrárnu neunikla žádná radioaktivita. Při havárii nebyl nikdo zraněn. Elektrárna byla během jednoho roku opravena a dodnes je v provozu. V roce 1969 se podobná havárie stala na sousedním bloku, chyba byla na straně operátora, který byl potrestán třemi roky vězení.
- 2. Jaslovské Bohunice-A1 (Československo, rok 1977, stupeň 4)** – Tento reaktor o výkonu 103 MW postihla havárie po čtyřech letech od zpuštění. Obsluha chtěla uspišit výměnu palivového článku, aby nedošlo k samovolnému odstavení reaktoru. Přitom zapoměla odstranit jeho ochrannou silikagelovou vložku. Ta neumožňovala volné proudění chladícího plynu a palivo se začalo tavit. Vysoká teplota zapříčinila poškození nádoby s těžkou vodou. Ta se dostala do primárního okruhu a způsobila rychlou erozi a poškození jedné čtvrtiny z 571 palivových článků v reaktoru. Z paliva se uvolnilo velké množství radioaktivních látek, které zamořily primární a částečně i sekundární okruh. Všechny radioaktivní látky však zůstaly uvnitř zařízení elektrárny, do okolí neproniklo nic. Nikdo nebyl zraněn, ani nadměrně ozářen. Provoz tohoto reaktoru už nebyl obnoven.
- 3. Three Mile Island (USA, rok 1979, stupeň 6)** – Druhý blok této elektrárny o výkonu 880 MW postihla roku 1979 havárie, po níž už nedošlo k obnovení provozu. Vše zahájil výpadek dodávky vody do jednoho ze dvou parogenerátorů elektrárny. Po havarijním odstavení reaktoru začal pomalý únik chladící vody z primárního chladícího okruhu. Příčinou byl zaseknutý ventil na zařízení, které reguluje tlak v tomto okruhu. Únik chladiva nebyl včas rozpoznán a došlo k tavení aktivní zóny. Plné ovládnutí havárie

trvalo týden. Únik radioaktivních látek do okolního prostředí byl omezený, ale havárie měla velký dopad na elektrárnu (rozsáhlé tavení paliva, silně zamořené prostory ochranné obálky). Po havárii došlo k zpřísnění pravidel povolování výstavby jaderných elektráren a následnému útlumu jaderného programu v USA.

**4. Černobyl (SSSR, 1986, stupeň 7)** – V noci 26. dubna roku 1986 došlo v elektrárně o výkonu 950 MW nedaleko Kyjeva k rozsáhlé havárii. Před odstavením reaktoru měl být proveden pokus, jehož úkolem bylo ověření, zda bude elektrický generátor (poháněný turbínou) po rychlém uzavření přívodu páry do turbíny schopen při své setrvačnosti ještě zhruba 40 vteřin napájet čerpadla havarijního chlazení. Se souhlasem nadřazených vyřadil vedoucí směny bezpečnostní automatiku, která bránila riskantně nízkým výkonům reaktoru. Regulační tyče byly vytaženy tak vysoko, že když se ukázalo, že výkon snížený jen na 200 MW začíná s růstem páry v kanálech strmě stoupat, nestačily rychle klesnout zpět do aktivní zóny. Došlo k výbuchu, který odhodil víko reaktoru. Další výbuch rozmetl část aktivní zóny. Do okolí bylo vrženo pět tun paliva a úniky radioaktivních látek se podařilo omezit až po deseti dnech. Více než 2 miliony TBq radionuklidů (především jódu a cesia) roznesly větry po velké části Evropy. První signály o úniku radionuklidů zachytilo Švédsko 27. dubna 1986. Podle proudění vzduchu se očekávalo, že radioaktivní mrak půjde na východ. Výbuch ale částice vynesl do výšky 1500 metrů nad mořem a v této výšce proudil vzduch z jihovýchodu směr Švédsko a Finko. Kromě Ukrajiny a Běloruska tak byla zasažena i Skandinávie, střední Evropa a Balkán.

Při havárii zemřelo 31 lidí z řad zaměstnanců a záchranářů, 237 lidí onemocnělo akutní nemocí z ozáření. Tisíce pracovníků, kteří likvidovali následky havárie bylo ozářeno velmi vysokými dávkami (300 – 500 mSv, což je stonásobek ročního příjmu z přirozeného prostředí). Dodnes je území o průměru třicet kilometrů kolem elektrárny veřejnosti nepřístupné. Škody na majetku, hospodářství a půdě byly přibližně odhadnuty na deset miliard amerických dolarů.

Trosky reaktoru byly zasypány tisíci tunami hlíny, olova a dolomitu. Zničená reaktorovna byla na dálku uzavřena betonovým sarkofágem.

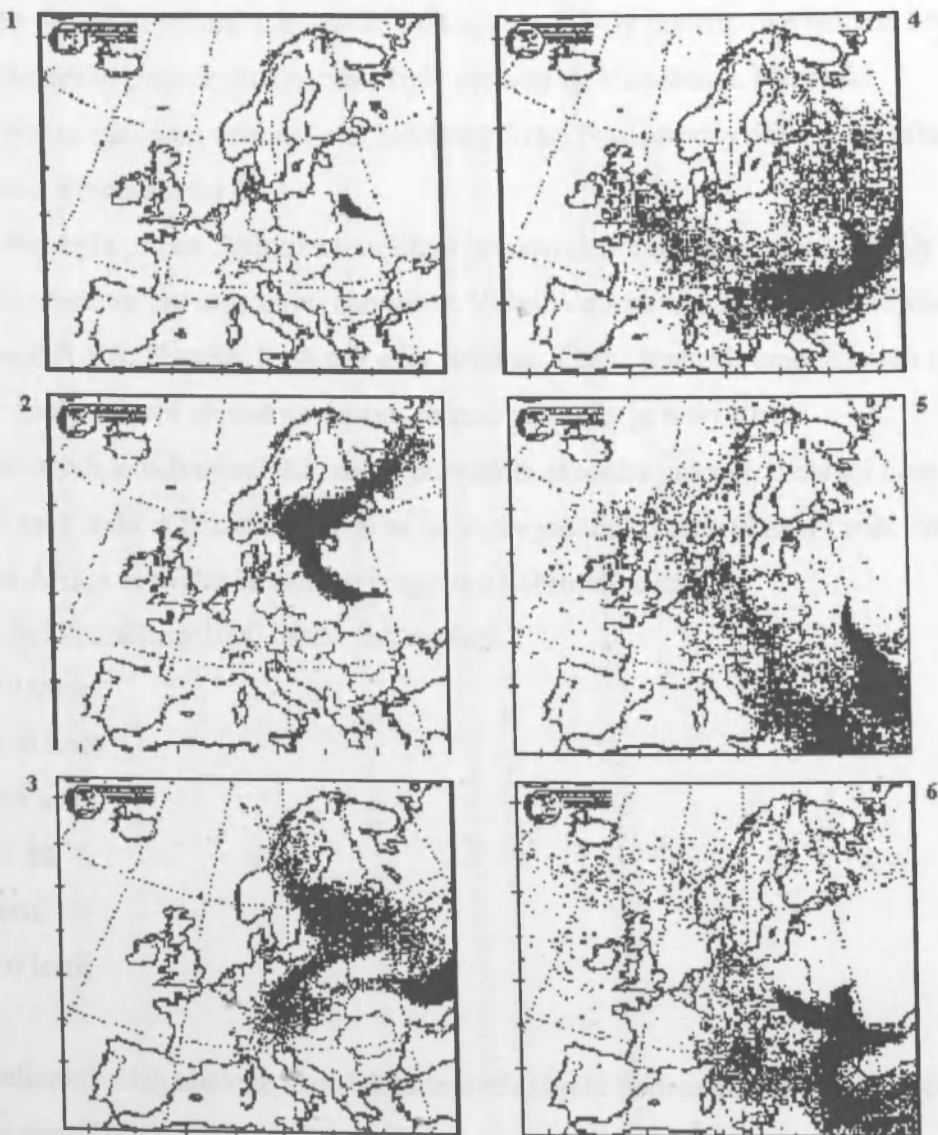
V Československu po havárii probíhala intenzivní měření aktivity vody a ovzduší, byl měřen radioaktivní spad a byla měřena aktivita radionuklidů v potravinách. Ze zdravotního hlediska byly nejvýznamnějšími radioaktivními látkami jód s poločasem rozpadu osm dní a cesium s poločasem rozpadu 30 let. Jód byl obsažen kromě vzduchu především v mléce a listové zelenině. Do potravinového řetězce se zapojilo i cesium. To



v něm však na rozdíl od jódu bude několik desítek let. Najít ho můžeme například v houbách.

(podle Sekce komunikace ČEZ, Public relations ČEZ, Augusta 2001)

### Postup šíření kontaminace z havarované jaderné elektrárny Černobyl



zdroj: OECD

1 - 26. dubna 1986, 2 - 28. dubna 1986, 3 - 30. dubna 1986, 4 - 2. května 1986, 5 - 4. května 1986, 6 - 6. května 1986

## 5.2 Jaderné zbraně

Jaderné havárie nejsou jediným zdrojem úniku velkého množství radioaktivity do okolního prostředí.

Rozvoj jaderných nebo také nukleárních zbraní souvisí s koncem druhé světové války. V USA se intenzivně pracovalo na vývoji tohoto typu zbraní v tzv. Manhattanském projektu. Aby Amerika přinutila Japonsko ke kapitulaci, byly použity dvě jaderné bomby. Na pokyn tehdejšího prezidenta Trumana byly svrženy na Hirošimu a Nagasaki.

V roce 1949 se jadernou velmocí stal Sovětský Svaz. Následovaly další země jako Velká Británie, Francie nebo Čína.

V roce 1968 byla přijata Smlouva o nešíření jaderných zbraní. Kontrolu zajišťuje Mezinárodní agentura pro atomovou energii ve Vídni. Ve smlouvě se státy, které vlastní jaderné zbraně (USA, Francie, Rusko, Velká Británie, Čína) zavazují omezit jejich počet. Státy, které žádné takové zbraně nevlastní, se zase zavázaly je nevyvíjet.

V devadesátých letech minulého století prováděla zkoušky jaderných zbraní Francie a v roce 1998 také Indie a Pákistán. Přišlo se na to, že jaderné zbraně vlastní i Irák, Izrael a Korea. Jižní Afrika se svého jaderného programu dobrovolně zřekla.

Celkem bylo odpáleno 2000 jaderných explozí.

USA - 1030 testů

Francie - 210 testů

Británie - 45 testů

Čína - 45 testů

Indie - 6 testů

Pákistán - 6 testů

Spad radioaktivních látek ze zkoušek jaderných zbraní dodnes ohrožuje zdraví obyvatel Země. (Augusta 2001)

## 6. EKOLOGICKÉ ORGANIZACE A JEJICH VZTAH K JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ TEMELÍN

Ekologické organizace, které působí na našem území a zabývají se energetikou jsou tyto:

- CALLA – sdružení pro záchranu prostředí
- Centrum pro dopravu a energetiku
- EkoWatt – Středisko pro obnovitelné zdroje a úspory energie
- Energy Centre České Budějovice
- Evropské fórum pro efektivní využití energie EFEE
- Greenpeace
- Hnutí DUHA
- Jihočeské matky
- Liga ekologických alternativ
- Nadace Sluníčko
- Rosa – jihočeská společnost pro ochranu přírody
- SEVEn – Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.
- Alternativa pro venkov – Středisko obnovitelných zdrojů energie
- Bezjaderná Vysočina
- Centrum Energie – Občanská iniciativa pro ochranu ŽP
- Děti Země – Klub zeměkoulemi

Většina těchto organizací se nezabývá jen energetikou, ale jejich cílem je celková péče o životní prostředí. Jejich práce je určitě v některých oblastech prospěšná. Vydávají letáky, ve kterých upozorňují na problémy, pořádají protestní akce, sepisují petice.

Citují: „Hnutí DUHA je přesvědčeno, že česká veřejnost má nárok na zdravé a čisté prostředí stejně jako naši evropští sousedé. Navrhuje proto řešení, jež přinesou konkrétní prospěch pro kvalitu života každého z nás. Prosazuje účinná a realistická opatření, která omezí znečištění vzduchu a řek i produkci odpadů, umožní chránit přírodní bohatství, zachovat pestrou krajinu, snížit kontaminaci potravin a vody toxickými látkami či předejít globálním změnám klimatu. Jeho práce zahrnuje jednání s úřady a politiky, návrhy zákonů, informování a zapojování veřejnosti, působení na průmysl, pomoc spotřebitelům a rady

domácnostem, výzkum, právní kroky či spolupráci s obcemi. Působí na místní, celostátní i mezinárodní úrovni. Je českým zástupcem Friends of the Earth International, největšího světového sdružení ekologických organizací.“ (Hnutí DUHA a CALLA 2004)

„CALLA – Sdružení pro záchranu prostředí se věnuje ochraně přírody a krajiny nejen v jihočeském regionu s cílem omezit negativní a posílit pozitivní působení člověka. Vedle klasické ochrany přírody je stěžejním tématem naší práce energetika. Zaměřujeme se na prosazování trvale udržitelné energetiky bez jaderných elektráren, která neplýtvá surovinami a využívá obnovitelné zdroje energie. Sloužíme jako odborné informační zázemí pro občany, jejich sdružení, samosprávu i státní správu. Organizujeme přednášky, semináře, exkurze a výstavy. Snažíme se o změny legislativy, rozvojových koncepcí a územních plánů.“ (Hnutí DUHA a CALLA 2004)

Ve výše jmenovaném letáku tyto dvě organizace informují o tom, že Rusko v roce 2001 přes protesty svých obyvatel dovolilo dovážet jaderný odpad na své území. Podmínka je, že odpad pochází z paliva, které bylo vyrobeno v Rusku. V případě České republiky by se jednalo jen o odpad pocházející z Jaderné elektrárny Dukovany, Temelínu dodává palivo americká firma Westinghouse. Duha a Calla se obávají, zda by šlo o bezpečné uložení odpadu a upozorňují zde například na Černobyl.

Česká republika má dnes systém ukládání paliva vyřešen. Proto je snad tato obava zbytečná.

CALLA, Jihočeské matky a Občanská iniciativa pro ochranu životního prostředí momentálně protestují proti dostavbě skladu vyhořelého paliva v Temelíně. Proběhlo hodnocení vlivů celého záměru na životní prostředí. Uvádím názory ekologických organizací a názory odborníka v jaderné energetice pracujícího pro společnost ČEZ.

- Podle výše zmíněných organizací se posouzení vlivů na životní prostředí (EIA) týká jen haly, kde bude palivo uskladněno. Podle jejich tvrzení samotná hala skladu nepředstavuje žádnou bariéru proti úniku radioaktivních látek. Ochranou je až samotný kontejner. Proto musí být projekt posuzován jako celek – tedy hala i s konkrétním typem v ní uložených kontejnerů.

Vyjiádření ČEZ je následující. Tvrzení, že bez kontejneru nelze provést proces EIA je stará taktika jak tento proces zastavit či prodlužovat. Žijeme ve společnosti s tržním hospodářstvím a musíme připustit, aby podnikatelé (v tomto případě ČEZ, a.s.) měli možnost vybírat z více nabídek a plnit tak ustanovení obchodního

zákoníku. Proces EIA se provádí i několik let před vlastní stavbou. Až v průběhu realizace stavby se vybírá kontejner a jeho dodavatel. V EIA stačí uvést parametry a bezpečnostní kritéria, která musí kontejner splňovat. Takže posouzení vlivů na životní prostředí je provedeno jako celek i bez konkrétního typu kontejneru. Je nelogické hned na začátku procesu uvádět, který typ se použije, když se může objevit bezpečnější nebo levnější. Věda se vyvíjí a trh se mění.

- Při hodnocení je podceněno riziko pádu letadla na sklad. Hotová analýza je zaujatá, protože ji spolu s investorem zpracoval i potenciální dodavatel kontejnerů.

Vyjádření ČEZ je následující. Budova skladu není stavěna proto, aby ochránila vyhořelé palivo před účinky pádu letadla. „Zelení“ aktivisté účelově vyvolávají dojem že ano. V USA existují sklady bez střechy jen jako betonová oplocená plocha. Sklad je pouze stavba vymežující prostor pro uložení kontejnerů. Umožňuje tak chránit proti vstupu nepovolaných osob, udržovat čistotu a kontrolovat prostředí. Ochranou proti pádu letadla je samotný kontejner, což je masivní válec, který nárazu odolá a udrží palivo uvnitř i kdyby se převrátil nebo spadl do moře. Stále musí být těsný. Argumentuje se také tím, že v případě velkého dopravního letadla se vylije veliké množství pohonných hmot, které vyvinou vysoký žár a kontejner nevydrží. To je opět jen účelová hypotéza. Hoření by muselo trvat dlouhou dobu, ale letecký benzín se rychle rozptýlí do velké plochy a odteče. Krátké hoření kontejner neohrožuje.

- Další otázkou je, co bude se skladem po odstavení elektrárny. Jak bude zabezpečen provoz skladu a jeho bezpečnost. Bude palivo opravdu převezeno do konečného úložiště, které zatím není?

Vyjádření ČEZ je následující. Sklad je samostatné jaderné zařízení povolené podle Atomového zákona. Může proto existovat nezávisle na jaderné elektrárně i po jejím uzavření. Likvidace vyhořelého paliva není podle zákona (nejen v ČR) odpovědností provozovatele, ale zvláštní organizace – Státního úřadu radiální ochrany (SÚRAO), která se o něj musí postarat. Provozovatel je povinen to zaplatit. Proto z každé vyrobené jednotky elektřiny musí platit určitý poplatek na zvláštní účet.

SÚRAO také musí vyřešit otázku konečného úložiště. V České republice se tento způsob uložení předpokládá po roce 2035. Do té doby se musí vybrat místo a

způsob uložení. Ve světě převažuje názor, že zatím nejlepším řešením je hlubinné uložení, ale není vyloučeno, že budou vyvinuty technologie na další využití paliva, kterému dnes říkáme vyhořelé. Obsahuje ještě spoustu energie, kterou dnes neumíme průmyslově využít. Proto se o vyhořelém palivu také nemluví jednoznačně jako o odpadu, ale jako o potenciálním zdroji energie v budoucnosti.

- Místní obyvatelé neměli možnost se k postavení skladu vyjádřit. Jejich názor nikoho nezajímal. Představitelé obce Temelín odmítli přes žádosti obyvatel referendum a stavbu skladu podpořili.

Vyjádření ČEZ je následující. Temelínští obyvatelé byli silně ovlivněni protijadernými aktivisty (Jihočeské matky, ČALLA a další). V žádné obci není jednotný názor. Jeden z obyvatel obce Temelín začal sbírat podpisy, aby se uspořádalo místní referendum. Přestože dostatečný počet hlasů sehnal, zastupitelé ho odmítli s poukazem na právní nepřípustnost důvodů pro referendum. Obecní referendum může být vyhlášeno jen na věci, které dle zákona 22/2004 Sb. patří do samostatné působnosti obce. Otázky, které mělo dané referendum řešit, do samostatné působnosti obce dle zákona 128/2000 Sb. nepatří. O stavbách rozhoduje stavební úřad a Temelín jako samostatná obec ho nemá. Pro stavby jako je jaderná elektrárna je příslušný stavební úřad v Týně nad Vltavou. Je tady i možnost, že si v této věci přeje rozhodovat vyšší úřad a ten je v Českých Budějovicích. Na zastupitele byla podána žaloba, ale příslušný soud rozhodl ve prospěch zastupitelstva.

Toto jsou jen některé příklady z působení nevládních ekologických organizací. Na jejich činnost stejně jako na využívání jaderné energie k výrobě elektřiny si každý musí udělat svůj vlastní názor.

## **B: PRAKTICKÁ ČÁST**

### **7. PROBLEMATIKA JADERNÉ ENERGETIKY VE VÝUCE NA ZŠ A SŠ**

#### **7.1 Problematika jaderné energetiky ve vzdělávacích programech**

Téma jaderná energetika a její vliv na životní prostředí není začleněno jen v rámci biologie nebo přírodopisu. Tuto látku lze také nalézt v předmětech fyziky, chemie, zeměpisu nebo občanské výchovy.

##### **Základní škola**

1) Vzdělávací program základní škola – Učební osnovy, které vycházejí ze vzdělávacího programu základní škola, jsou stále ještě používány na mnoha školách v České republice. V platnost vstoupily 1.9.1996. V nejbližší době by měly být nahrazeny rámcovými vzdělávacími programy. V osnovách téma jaderná energetika najdeme v těchto předmětech:

- Přírodopis – přírodopis se vyučuje v 6. až 9. ročníku základní školy. Pro 8. nebo 9. ročník je zde tematický celek Změny životních společenstev, rušivý vliv člověka a v rámci tohoto celku téma příčiny zhoršování životního prostředí, prohřešky člověka (odlesňování a eroze, znečišťování ovzduší, vody, nežádoucí přetváření krajiny, unáhlená urbanizace). V rozšiřujícím učivu je zahrnuto téma vliv radioaktivních látek na organismy.
- Fyzika – fyzika se vyučuje v 6. až 9. ročníku. Téma jaderné energetiky se může zařadit buď do 8. nebo 9: třídy. Tematický celek se jmenuje Energie, její přeměny a přenos. V rámci tohoto tematického celku se probírají témata jaderná energie, jaderné záření, radionuklidy, štěpení jader uranu, řetězová reakce, jaderný reaktor, jaderná elektrárna a výroba energie a její vlivy na životní prostředí.
- Chemie – chemie jako předmět se vyučuje v 8. a 9. ročníku. Žáci se učí o atomu, jeho stavbě, ale ne o jaderné energetice. V tematickém celku Uhlovodíky jsou

témata jako fosilní paliva a rozšiřující téma výhřevnost paliv. Zde je možné zařadit látku o využívání jaderné energie.

- Zeměpis – zeměpis se také učí na celém druhém stupni od 6. do 9. ročníku. Tematický celek, kam se jaderná energetika může zahrnout se jmenuje Společenské a hospodářské složky krajiny a vyučuje se rovněž v 8. nebo 9. ročníku. Patří do něj témata světový průmysl, globální ekologické problémy a krajina a činnost lidské společnosti.
- Občanská výchova – tento předmět se vyučuje od 6. do 9. ročníku. Jediný možný tematický celek, kam by bylo možné téma jaderných elektráren zařadit, se jmenuje Globální problémy lidstva a vyučuje se v 6. nebo 7. ročníku.

2) Rámcový vzdělávací program (dále RVP) pro ZŠ – Jsou to nové školské dokumenty, které spolu s Národním programem vzdělávání budou tvořit státní úroveň v systému kurikulárních dokumentů. RVP vymezují obsah vzdělávání na předškolním, základním a středním stupni vzdělávací soustavy. Školní úroveň představují školní vzdělávací programy, které si vytváří každá škola sama, a podle nichž se na dané škole bude vyučovat. Povinně bude RVP pro základní vzdělávání platit od školního roku 2007/2008. Už nyní jsou školy, které podle něj vyučují. Je v něm devět vzdělávacích oblastí. Ty jsou tvořeny buď jedním oborem, nebo více obsahově si blízkými obory. Tak je to například i u vzdělávací oblasti Člověk a příroda, kam patří fyzika, chemie, přírodopis a zeměpis. Tento vzdělávací program dává větší svobodu volby, kdy mohou být témata z dané vzdělávací oblasti zařazena do výuky. Součástí RVP jsou i tzv. průřezová témata.

*Téma jaderné energetiky ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda:*

- Přírodopis – Vlivy jaderných elektráren na životní prostředí lze vyučovat v rámci tematického okruhu Základy ekologie, kde je téma ochrana přírody a životního prostředí.



- Fyzika – V tomto předmětu je tematický celek Energie a témata jaderná energie, štěpná reakce, jaderný reaktor, jaderná elektrárna, ochrana lidí před radioaktivním zářením a obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie.
- Chemie – Stejně jako v osnovách, ani zde není jaderná energetika jmenována přímo. Přesto je možné ji začlenit do tematického celku Organické sloučeniny, kde je téma paliva. Pojednává se zde o uhlí, ropě, zemním plynu a jiných průmyslově vyráběných palivech.
- Zeměpis – Tento předmět obsahuje tematický celek Životní prostředí, do něhož patří téma vztah příroda a společnost.

*Téma jaderné energetiky ve vzdělávací oblasti "Člověk a společnost":*

- Výchova k občanství – v tomto předmětu, který pouze svým jménem (obsah zůstává stejný) nahrazuje občanskou výchovu, je tematický celek Mezinárodní vztahy, globální svět. Mimo jiné se dotýká i tématu globalizace, kde je možné některé klady a zápory jaderné energetiky uvést.

Průřezová témata přispívají k vzájemnému propojení jednotlivých předmětů a ke komplexnímu pochopení učiva u žáků. Je jich šest a jedním z nich je Enviromentální výchova. V něm jsou dva tematické celky, kde se může jaderná energetika probírat. První je Základní podmínky života, ve kterém je přímo obsaženo téma energie (energie a život, vliv energetických zdrojů na společenský rozvoj, využívání energie, možnosti a způsoby šetření, místní podmínky). Druhý celek se nazývá Lidské aktivity a problémy životního prostředí. Zde, v tématu odpady a hospodaření s odpady, je možné připomenout i odpady radioaktivní, které pocházejí z jaderných elektráren a jiných zdrojů.

### **Střední školy**

1) Gymnázia – na tomto druhu škol se doposud učí podle učebních osnov, které vycházejí ze standardu vzdělávání pro gymnázia. Přípravuje se také rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání, ale na konečné verzi se zatím pracuje.

Ve stávajících osnovách téma jaderné energetiky nalezneme v těchto předmětech:

- **Biologie** – V 1. až 4. ročníku osmiletého gymnázia je jako devátý zařazen tematický celek Základy ekologie a zkoumání přírody. Ten obsahuje mimo jiné i téma přírodní aspekty globálních problémů lidstva a možnosti jejich řešení (čerpání přírodních zdrojů, zabezpečení výživy, populační exploze, trvale udržitelný rozvoj). V 1. až 4. ročníku čtyřletého a v 5. až 8. ročníku osmiletého gymnázia je jako sedmnáctý zařazen tematický celek Ekologie s tématy biosféra a člověk, ekologické problémy v rámci udržitelného rozvoje společnosti a obnovitelné a neobnovitelné zdroje.
- **Fyzika** – v tomto předmětu se v 1. až 4. ročníku osmiletého gymnázia vyučuje jako osmý tematický celek Jádro atomu, jaderná energie. Patří do něj rozsáhlé téma stavba jádra atomu, protony a neutrony, jaderné síly, izotopy prvků, nuklidy, přirozená radioaktivní přeměna prvků, umělá přeměna prvků, uvolňování jaderné energie při štěpení jader atomů, řetězová reakce, jaderný reaktor, jaderná elektrárna, radionuklidy, využití radionuklidů v praxi, ochrana člověka a jeho životního prostředí před škodlivými účinky jaderného záření, ničivé účinky jaderných zbraní, možnosti ochrany před nimi. V 1. až 4. ročníku čtyřletého a v 5. až 8. ročníku osmiletého gymnázia je jako sedmý zařazen tematický celek Fyzika mikrosvěta s tématem jaderná fyzika (metody detekce částic, urychlovače částic, jaderné záření, stavba jádra atomu, izotopy prvků, nuklidy, hmotnostní úbytek a vazební energie jádra, jaderné síly, syntéza a štěpení jádra, termonukleární syntéza, řetězová reakce, jaderný reaktor, jaderná elektrárna, přirozená radioaktivní přeměna prvků, poločas přeměny, radionuklidy, využití radionuklidů v praxi, ochrana člověka a jeho životního prostředí před škodlivými účinky jaderného záření).
- **Chemie** – V 1. až 4. ročníku osmiletého gymnázia je v rámci jedenáctého tematického celku Uhlovodíky možnost vyučovat jako rozšiřující učivo témata radioaktivní izotopy, štěpení jader, jaderné záření a jaderné reakce, jaderná energie, jaderná elektrárny, atomová puma. V 1. až 4. ročníku čtyřletého a v 5. až 8. ročníku osmiletého gymnázia je jako druhý zařazen do výuky tematický celek Složení a struktura chemických látek, kde je téma složení a struktura atomů, jádro atomů, protonové a nukleové číslo, izotopy a nuklidy, radioaktivita.

- Geografie – v tomto předmětu je jak na nižším, tak i na vyšším gymnáziu zařazen do výuky tematický celek Krajina a životní prostředí, kde se mimo jiné vyskytuje i téma globální ekologické problémy.
- Základy společenských věd – stejně jako u geografie, je i zde do výuky na nižším i vyšším gymnáziu zařazeno téma planetární problémy.

2) Střední odborné školy a střední odborná učiliště – na těchto školách se v prvním ročníku doporučuje zařadit do systému výuky předmět s názvem Základy ekologie. Jeho dotace je jedna hodina týdně a obsah by měl navazovat na znalosti studentů získaných na základní škole. Šestý tematický celek se jmenuje Energie, suroviny, odpady a jeho součástí jsou témata zdroje surovin a energie, obnovitelné a neobnovitelné zdroje a odpady, jejich druhy, způsoby zneškodňování, recyklace.

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy 4. března 2003 vydalo pokyn, na jehož základě bylo do vzdělávacích programů přidáno téma ochrana člověka za mimořádných událostí. V učebních dokumentech základních, středních, vyšších odborných, speciálních škol musí být toto téma zařazeno do každého ročníku v rozsahu šesti vyučovacích hodin ročně.

Ministerstvo vnitra a generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky vydalo metodickou příručku k této tématice.

Cílem je naučit žáky správnému chování v náhlých a nebezpečných situacích. Žáci pak budou schopni rozpoznat varovný signál všeobecné výstrahy, budou vědět, co v takové situaci dělat, budou umět používat telefonní linky tísňového volání, budou si umět připravit zavazadlo v případě evakuace, budou umět poskytnout první pomoc při zranění.

Obsah výuky zahrnuje:

- Chování v případě živelních pohrom (při povodni, zemětřesení, velkých sesuvech půdy, sopečném výbuchu, požáru, lavinovém nebezpečí).
- Chování v případě úniku nebezpečných látek do životního prostředí (ochrana osob při úniku radioaktivních, chemických a biologických látek).
- Chování v situaci, kdy anonym hrozí použitím výbušniny nebo nebezpečné látky (činnost po nálezů či obdržení podezřelého předmětu).

## 7.2 Problematika jaderné energetiky v učebnicích ekologie

### 1. **Základy ekologie a ochrany životního prostředí**, doc. RNDr. M. Braniš, *Informatorium, Praha 1997*

Učebnice se používá jak na středních, tak na vysokých školách při výuce ekologie a ochraně životního prostředí.

Má tři kapitoly, ve kterých autor vystihl všechny podstatné otázky, kterými se ekologie zabývá. Věnuje se základním pojmům, vztahům mezi organismy, člověku a jeho vlivu na životní prostředí. Kapitoly se jmenují:

- Základy ekologie
- Nauka o životním prostředí
- Životní prostředí České republiky

Problematika jaderných elektráren je obsažena ve druhé části učebnice, která se jmenuje *Nauka o životním prostředí v podkapitole Energie, Látky a odpady*. Jaderná energetika je zahrnuta pod neobnovitelné zdroje energie vedle fosilních paliv. Jsou zde vyzdviženy její klady jako nulová produkce CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a popílku. Na druhou stranu uvádí nebezpečí havárií, zmiňuje černobylskou katastrofu a také upozorňuje na nevyřešenou otázku jaderných odpadů a na dopady na životní prostředí při těžbě uranu.

### 2. **Ekologie, Učebnice pro gymnázia a střední školy**, J. Berger, KOPP nakladatelství, *České Budějovice 1998*

V učebnici je zařazena kapitola *Ochrana životního prostředí*, která obsahuje menší podkapitolu *Záření*. Je zde vysvětlen pojem radioaktivní záření a jeho negativní vlivy na prostředí a člověka. Dále se zde popisuje havárie v jaderné elektrárně Černobyl. Závěrem autor podotýká, že bezpečně provozované jaderné elektrárny zatěžují životní prostředí méně než tepelné elektrárny.

### 3. **Příroda a civilizace, životní prostředí a rozvoj lidské civilizace**, Bedřich Moldan, *SPN 1997*

Učebnice je určena středním a vysokým školám. Je vhodná nejenom pro hodiny biologie, ale i pro hodiny základů společenských věd. Jako učební materiál ji doporučuje i Ministerstvo životního prostředí. Před předmluvou autora je krátká úvaha předsedy

predstavenstva spoločnosti ČEZ, a.s. Nabáda zde čtenáře, aby se zamysleli nad nehospodárným využíváním energie v moderním světě.

Má tři velké kapitoly:

- Východiska
- Lidé a jejich činnosti
- Příroda a její zdroje

Ve druhé kapitole Lidé a jejich činnosti je podkapitola Energetika. Jeden odstavec je věnován i jaderné energetice. Autor zde připomíná její záporné vlastnosti jako jsou havárie, finanční stránka, bezpečnost a nevyřešené uskladňování odpadů. Zavrhuje tento způsob výroby energie jako nebezpečný a uvádí, že v podobě jakou má tato technologie dnes, se s ní nedá do budoucna počítat.

#### 4. **Biologie pro gymnázia**, J. Jelínek, V. Zicháček, Olomouc 1999

Ekologickými otázkami se v učebnici zabývá kapitola Problémy ekologické. V textu není o jaderné energetice nebo radioaktivním záření žádná zmínka.

#### 5. **Nový přehled biologie**, S. Rosypal a kolektiv autorů, Scientia 2003

Hlavní ekologická kapitola se jmenuje Organismy ve vztahu k přírodě. Obsahuje mimo jiné i podkapitolu Vliv člověka na přírodní prostředí. V ní se píše o nebezpečí radioaktivního záření, které v případě jaderné elektrárny hrozí hlavně při havárii. Dále jsou tady zmíněny výbuchy atomových bomb.

#### 7. **Životní prostředí**, M. Štulc, A. Götz, Nakladatelství České Geografické společnosti, 1996

Učebnice je doporučena hlavně středním odborným školám. Kapitola Světové ekologické problémy obsahuje podkapitolu Spotřeba energie, kde jsou v krátkosti zmíněny nevýhody jaderné energetiky (radioaktivní záření, havárie, odpady).

#### 8. **Ekologie a ochrana životního prostředí pro gymnázia**, J. Šlégl, F. Kislinger, J. Laníková, Fortuna, Praha 2002

Třetí kapitola v učebnici nese název Člověk a prostředí. V podkapitole Globální problémy lidstva se píše o energetické krizi budoucnosti. Další podkapitola se jmenuje Problémy životního prostředí a jejich řešení. V ní jsou jaderné elektrárny připomenuty jako významné zdroje energie, ale také znečištění, které pochází z vypouštění vody a páry.

**9. Ekologická čítanka –Pozdě na budoucnost???**, K. Dejmalová, J. Peterka, Fortuna, Praha 2001

Ve výuce by se dala využít básnička Hirošima od Františka Hrubína, která připomíná výbuch jaderné bomby za druhé světové války v Japonsku.

**10. Přehled učiva biologie**, B. Beckett, R. Gallagherová, Svojtka&Co. Nakladatelství, 1998

V deváté kapitole Organismy a prostředí jsou zařazeny dvě podkapitoly:

- Něco více o znečištění – zde je zmíněno radioaktivní záření jako zdroj škodlivin pro naše životní prostředí
- Jak můžeme ovlivnit znečištění - návodem jak ovlivnit znečištění je energii šetřit a využívat převážně čisté zdroje energie.

**11. Základy ekologie**, D. Kvasničková, Scientia, Praha 1994

Je to učebnice určená základním školám a nižším gymnáziím. Ve čtvrté kapitole Životní prostředí člověka je zmínka, že jaderné elektrárny se využívají k výrobě elektrické energie, že se musí dodržovat bezpečnost, a že zvyšování radioaktivity v okolí je nebezpečné pro život člověka.

**12. Ekologie**, Z. Laštůvka, P. Krejčová, Konvoj 2000

V učebnici se nic o jaderné energetice nebo radioaktivitě nepíše.

**13. Základy ekologie pro ZŠ a SŠ**, D. Kvasničková, Fortuna 1997

Kapitola Životní prostředí člověka a její podkapitola Energetika zahrnují několik málo informací i o jaderné energetice. Upozorňuje se na nebezpečí zvyšování radioaktivity v prostředí, na možné havárie jaderných elektráren. Text je doplněn grafy.

**14. Životní prostředí – doplňkový text k základům ekologie**, D. Kvasničková, V.

Mikulová, E. Plachejdová, Fragment 1998

Text je určen studentům základních škol a nižších gymnázií. Téma jaderná energetika je součástí kapitoly Přírodní zdroje a jejich získávání. Uvádí informace o uranu, principu fungování jaderného reaktoru, havárii v Černobyli. Je zde zmíněn výhled do budoucna s poznámkou, že výstavba jaderných elektráren se stává příliš nákladnou z důvodu zajištění bezpečnosti.

## 15. Ochrana člověka za mimořádných událostí – příručka pro učitele základních a středních škol, plk. Mgr. B. Martínek, RNDr. P. Linhart, Mgr. V. Balek, Ing. T.

Čapoun, D. Slávik, Ing. J. Svoboda, Mgr. I. Urban, Ministerstvo vnitra a generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, Praha 2003

Učební text je vydáván na základě pokynu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy k začlenění tematiky ochrany člověka za mimořádných událostí do vzdělávacích programů ze dne 4. března 2003.

Slouží jako příručka učitelům při výuce. Jsou zde obsažena čtyři hlavní témata:

- Ochrana obyvatelstva
- Živelní pohromy
- Havárie s únikem nebezpečných látek
- Radiační havárie jaderných energetických zařízení

Na konci jsou náměty pro praktická cvičení a doporučená literatura.

Čtvrtá kapitola pod názvem Radiační havárie jaderných energetických zařízení si klade za cíle výuky informovat studenty o kladných a záporných hlediscích provozu jaderných zařízení, prodiskutovat s nimi potřebu takových zařízení, jejich vliv na životní prostředí a možnost jaderné havárie. Nedůležitějším cílem je připravit studenty na možnou havárii tak, aby se v dané situaci dokázali dostatečně chránit před nebezpečím.

Ze všech nejčastěji používaných učebnic pro studenty nebo příruček pro učitele je tato v problematice jaderných elektráren a jejich vlivů na okolí nejobsáhlejší. Informace jsou zajímavě, výstižně a objektivně podané. Pro učitele je to určitě vhodná pomůcka při výuce. Pomáhají mu zde uvedené metodické postupy, náměty pro besedy a diskuse se studenty základních a středních škol, náměty pro praktická cvičení, učební text pro domácí přípravu studentů, test a doporučená literatura.

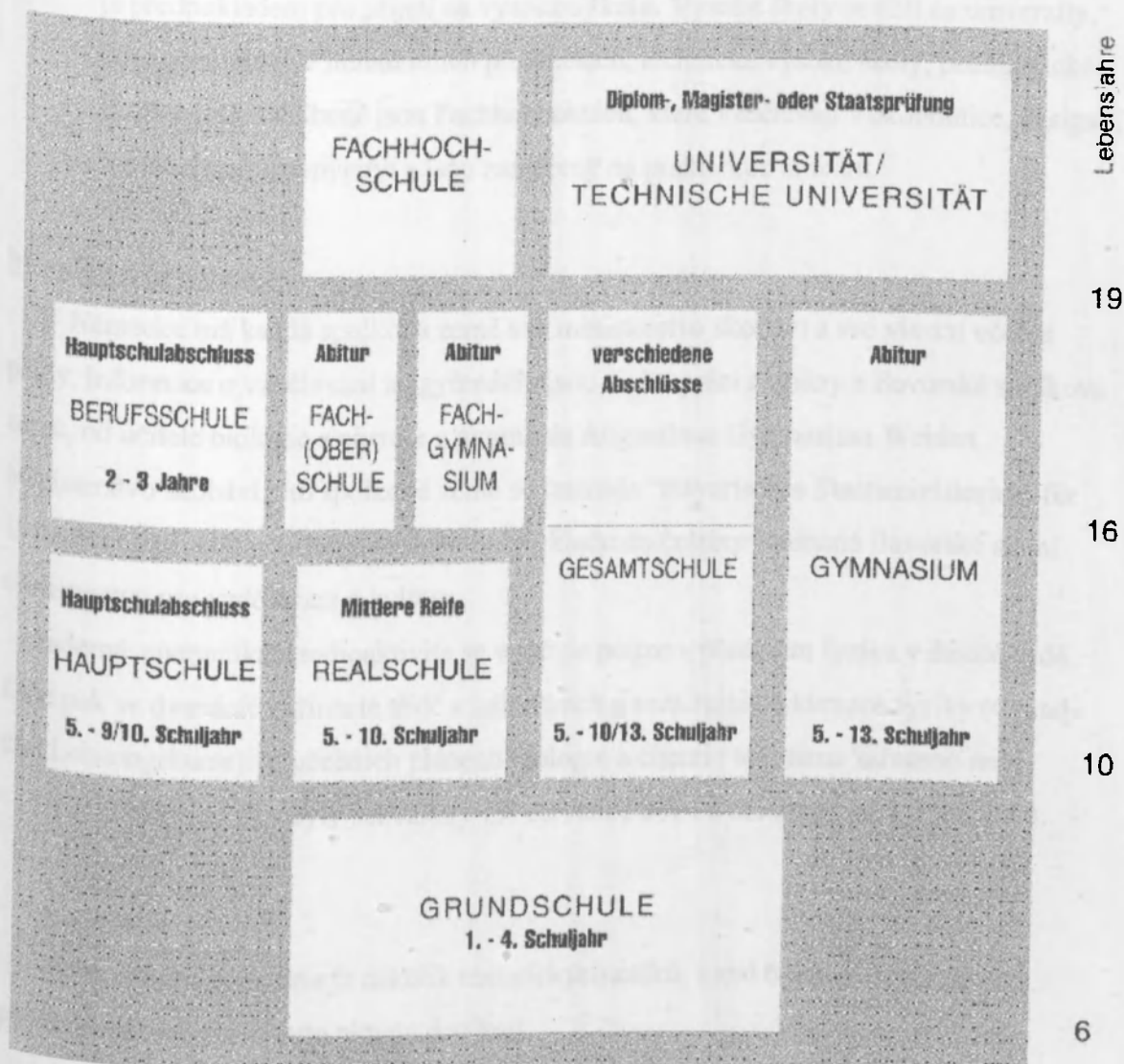
Nabídka učebnic ekologie na našem trhu je dostatečná. Pokud učitel chce zařadit téma jaderné energetiky do svého tematického časového plánu, musí si informace vyhledat sám. Výše zmiňované učebnice, s výjimkou příručky pro učitele základních a středních škol - Ochrana člověka za mimořádných událostí, jen stručně připomínají, že jaderné elektrárny jsou zdrojem energie a spíše popisují jejich zápory.

## 7.3 Problematika jaderné energetiky v německých vzdělávacích programech a v učebnicích pro střední školy

### a) systém vzdělávání v Německu

Povinná školní docházka v Německu je dvanáct let. Začíná v šesti letech dítěte a trvá až do jeho osmnácti.

#### System školství v Německu



zdroj: Realie německy mluvících zemí, str.27

V šesti letech přicházejí všechny děti na základní školu (Grundschule), která má čtyři ročníky. Po absolvování těchto čtyř let mohou žáci volit ze čtyř možností:

- 1) Hauptschule – tato škola má pět až šest ročníků (5.- 9./10.) a v podstatě slouží jako příprava na budoucí povolání. Po skončení této školy odchází většina žáků na dvou



až tříleté učiliště (Berufsschule), kde je kladen hlavní důraz na praxi. Ukončen je zkouškou, po které žák dostane výuční list.

- 2) Realschule – tato škola má šest ročníků (5.-10.) a žáci z ní odcházejí na střední odborné školy (Fachoberschule, Fachgymnasium), které jsou ukončeny maturitou.
- 3) Gesamtschule – tento model školy má šest až devět ročníků (5.-10./13.), přičemž po desáté třídě mohou žáci přestoupit v podstatě kamkoli.
- 4) Gymnasium – gymnázium má devět ročníků (5.-13.) a je zakončeno maturitou. Ta je předpokladem pro přijetí na vysokou školu. Vysoké školy se dělí na univerzity, kde se vzdělává v humanitních předmětech, technické vysoké školy, pedagogické školy a jiné. Oblíbené jsou Fachhochschulen, které vzdělávají v ekonomice, designu, zemědělství, inženýrství a jsou zaměřeny na praktickou stránku.

#### b) vzdělávací programy

V Německu má každá spolková země své ministerstvo školství a své vlastní učební plány. Informace o vzdělávání na gymnáziu jsou v této práci čerpány z Bavorské spolkové země, od učitele biologie a chemie z gymnázia Augustinus Gymnasium Weiden.

Ministerstvo školství této spolkové země se jmenuje "Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultur", což v doslovném překladu do češtiny znamená Bavorské státní ministerstvo pro vzdělávání a kulturu.

Jaderná energetika a radioaktivita se vyučuje pouze v předmětu fyzika v desáté třídě.

Dále pak ve dvanácté a třinácté třídě v základních a rozšiřujících kurzech fyziky (Grund- und Leistungskurse). V učebních plánech biologie a chemie toto téma zařazeno není.

Učební plány fyziky byly schváleny 19. července 2004 s účinností od 1. října 2004.

- Fyzika

V 10. ročníku gymnázia je několik tematických celků, které o jaderné energetice pojednávají, nebo se tohoto tématu dotýkají.

Jako třetí je zařazen tematický celek Pohled do energetiky (Einblick in die Energietechnik) s tématy:

- jaderná energie (Kerneenergie)
- možnosti šetření energie (Möglichkeiten der Energieeinsparung)
- následky v denním životě (folgerungen für das tägliche Leben)

Pátým tematickým celkem jsou Fyzikální základy jaderné energetiky (Physikalische Grundlagen der Kernenergie) s tématy:

- stavba protonů a neutronů (Kernaufbau as Protonen und Neutronen)
- izotopy (Isotopie)
- radioaktivní záření (radioaktive Strahlung)
- vliv radioaktivního záření na živou hmotu (Wirkung radioaktiver Strahlung auf lebende Materie)

V základním kurzu fyziky ve 12. ročníku gymnázia je zařazen tematický celek s číslem dva Radioaktivita (Radioaktivität) s tématy:

- pohlcování (Absorption)
- biologické účinky záření (biologische Strahlenwirkung)
- radiační zátěž pro lidi (Strahlenbelastung des Menschen)
- energie a dávkový ekvivalent (Energie und Äquivalentdosis)
- soubor opatření proti ozáření (Strahlenschutzmaßnahmen)
- dosimetrie (Dosimetrie)

Čtvrtý tematický celek má název Výhled na jadernou techniku a elementární částice fyziky (Ausblick auf Kerntechnik und Elementarteilchenphysik) a jeho součástí jsou témata:

- základy jaderné techniky (Grundlagen der Kernenenergie-technik)
- štěpení jádra (Kernspaltung)
- jaderná energie (Kernenergie)
- jaderná fúze (Kernfusion)
- o výstavbě a potřebě jaderných reaktorů (zum Aufbau und zum Betrieb von Kernreaktoren)

V rozšiřujících kursech fyziky ve 13. ročníku gymnázia jsou zařazeny dva tematické celky. První má číslo šest a jmenuje se Vlastnosti stabilních jader, Rozpad jádra a jaderné reakce (Eigenschaften stabiler Kerne, Kernzerfall und Kernreaktionen). Jsou v něm zařazena tato témata:

- velikost atomových jader (Größe von Atomkernen)
- protony a neutrony jako jaderné částice (Protonen und Neutronen als Kernbausteine)
- izotopie (Isotopie)
- schémata energetické hladiny (Energieniveauschemata)
- stabilní a nestabilní jádra (stabile und instabile Kerne)
- záření (Strahlung)

- přístroj k zjišťování radioaktivity a mlžná komora (Zählrohr und Nebelkammer)
- rozpadové řady (Zerfallsreihen)
- absorpce radioaktivního záření ve hmotě (Absorption radioaktiver Strahlung in Materie)
- biologický účinek záření (biologische Strahlenwirkung)
- radiační zátěž pro lidi (Strahlenbelastung des Menschen)
- energie a dávkový ekvivalent (Energie und Äquivalentdosis)
- soubor opatření proti ozáření (Strahlenschutzmaßnahmen)
- projev účinků záření a poškození zářením (Darlegung von Strahlenwirkung und Strahlenschäden)
- jednoduché jaderné reakce (einfache Kernreaktionen)
- volné neutrony (freies Neutron)
- příklady jaderné přeměny (Beispiele für Kernumwandlungen)

Druhý tematický celek má číslo sedm a nazývá se Výhled na jadernou techniku a elementární částice fyziky (Ausblick auf Kerntechnik und Elementarteilchenphysik).

Spadají do něj tato témata:

- základy jaderné techniky (Grundlagen der Kernenenergie-technik)
- štěpení jádra (Kernspaltung)
- jaderná energie (Kernenergie)
- zpracování odpadu (Entsorgung)
- recyklace (Wiederaufbereitung)
- jaderná fúze (Kernfusion)
- posouzení nejdůležitějších fakt o funkci, stavbě a potřebě jaderných reaktorů  
(Besprechen der wichtigsten Tatsachen zur Funktion, zum Aufbau und zum Betrieb von Kernreaktoren)
- ukázka aktuálního stavu ve výzkumu fúzního reaktoru na grafech (Veranschaulichung des aktuellen Standes der Fusionsforschung an Diagrammen)

### c) učebnice pro gymnázia

**1) Wissen in Bild – Ökologie, J.C.Subirana, der deutschsprachigen Ausgabe 1998 by Tosa Verlag, Wien**

**Wissen in Bild – Physik, J.M.Puig, G.P.Vives, der deutschsprachigen Ausgabe 1998 by Tosa Verlag, Wien**

Tyto dvě učebnice z řady Wissen in Bild se používají ve výuce biologie a fyziky například na německém gymnáziu v Praze. Původem jsou ze Španělska a do němčiny byly přeloženy.

Učebnice Ökologie neobsahuje žádné informace o jaderné energetice.

V učebnici Physik jsou dvě kapitoly, ve kterých jsou informace o jaderných elektrárnách. První se jmenuje Elektrischer Strom: Energie (Elektrický proud: energie) a jsou zde vyjmenovány nejrůznější druhy elektráren, které dodávají elektrický proud do sítě. Druhá kapitola nese název Radioaktivität und Kernenergie (Radioaktivita a jaderná energie). Zabývá se jak historií zkoumání radioaktivity a výroby prvního jaderného reaktoru italským fyzikem Fermim, tak i štěpnou reakcí probíhající v jaderných reaktorech. Na konci kapitoly je věta, která říká, že výstavba jaderných reaktorů je provokací energetické technologie na konci dvacátého století.

**2) Natur bewust 2.1 – Natur-Umwelt-Technik, H. Böttenback, J. Schoof, S. Grandt, M. Kakhake, C. Rüping, T. Sudeik, K. Volkmann, E. Westendorf-Bröring, Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig 2000**

V učebnici je velká kapitola Elektrizität (Elektrizita). Její součástí je podkapitola o šetření energie, která se jmenuje Úspora energie šetří peněženku a prostředí (Stromsparen schont Geldbeutel und Umwelt). Mezi zdroje, které vyrábějí a zároveň znečišťují životní prostředí je začleněna i jaderná energetika. Důvodem jsou radioaktivní odpady. Hlavní důraz je zde kladen na obnovitelné zdroje, které Německo vedle uhlí, uranu a ropy také využívá.

- 3) BSV Biologie 5G, K. Daumer, W. Madl, Bayerischer Schulbuch-Verlag 1991**  
**6G, K. Daumer, Bayerischer Schulbuch-Verlag 1990**  
**7G, J. Eickenbusch, W. Libera, Bayerischer Schulbuch-Verlag 1992**  
**8G, K. Daumer, W. Madl, R. Bauer, Schulbuch-Verlag 1982**  
**9G K. Daumer, Bayerischer Schulbuch-Verlag 1991**

**Biologie für Gymnasien**

V této řadě učebnic není ani jedna informace o možném vlivu jaderných elektráren na životní prostředí. Ekologii se zabývá učebnice 8G.

- 4) **Linder Biologie – Lehrbuch für die Oberstufe**, H.Knodel, U.Bässler, A.Danzer, U.Kull, *Verlagsbuchhandlung Stuttgart 1980*

Tato německá učebnice pro vyšší stupeň by se dala přirovnat k Zicháčkově Biologii pro gymnázia. V jedné knize je celý obsah učiva biologie na střední škole.

Zajímavá je kapitola Ekologie (Ökologie), která se mimo jiné zabývá vlivem člověka na životní prostředí. Povídání o jaderné nebo jiné energetice zde chybí.

- 5) **Chemie für die Sekundarstufe 1.**, Cornelsen Verlag, Berlin 1991

Učebnice chemie je určena pro výuku na středních školách. Jadernou energetiku nebo radioaktivní záření jako témata nezahrnuje. Jediná blízká témata jsou využívání solární energie a uhelné elektrárny. Obě patří do kapitoly Z životního prostředí a techniky (Aus Umwelt und Technik).

## **7.4 Porovnání zastoupení učiva o jaderné energetice v českých a německých vzdělávacích programech a učebnicích**

Téma jaderná energie a vlivy jaderných zařízení na životní prostředí je jak v České republice, tak v Německu zařazeno především do předmětu Fyzika. Tady je vyučováno vše, co s tímto tématem souvisí včetně vlivů radioaktivního záření na lidský organismus a vlivů jaderných zařízení na okolní prostředí.

Podíváme-li se na zpracování tohoto tématu v učebnicích biologie a ekologie v České republice a v Německu, je zřejmé, že v téměř všech českých učebnicích (viz kapitola 7.2) je toto téma začleněno. Naproti tomu v německých učebnicích (viz kapitola 7.3) začlenění není a omezuje se pouze na učebnice fyziky.

Ve fyzice je většinou celá problematika vyučována pouze z technického a fyzikálního hlediska. Z nedostatku času jsou vlivy jaderných zařízení na okolní prostředí a vlivy radioaktivního záření na lidský organismus odsunuty do pozadí, přestože se jedná o látku zajímavou a aktuální.

Radioaktivní záření je téma, které se hodí také do dalších oborů biologie, než jen do ekologie. Dalo by se zařadit také do genetiky, biologie člověka, biologie rostlin a hub.

## 8. PROJEKTY A PRACOVNÍ LISTY VHODNÉ K ZAŘAZENÍ DO VÝUKY NA ZÁKLADNÍCH A STŘEDNÍCH ŠKOLÁCH

8.1 Projekt NAUČME SE SPOŘIT ENERGII

8.2 Pracovní listy k tématu JADERNÉ HAVÁRIE

8.3 PRACOVNÍ LISTY k exkurzi do informačního centra jaderné elektrárny Temelín

8.4 VIDEO

motivace

Energie je nezbytná pro potřeby společnosti, pro živočišného jedince, pro zemědělství a vědy, pro rozvojovou práci lidí i rytmus jejich životní činnosti. Energie však zůstává závislá na nepřetržitě zásobě energií v jakékoliv formě. Je proto nezbytné a neoddělitelně opatřit možnosti jejího šetření.

Cílem projektu je ukázat systematicky praktické možnosti, jak lze šetrně hospodřit s elektrickou energií a tím přispět k naší životní prostředí. Důležitou součástí je zapojení a skvělá práce, která u studentů rozvíjí potřebné znalosti a dovednosti.

Výuková kategorie: základní a střední školy

Ekologický pracovní listy

Čas: 1 vyučovací hodina na pracovní listy 1,2 a 3

tyden na zpracování projektu Ekologický dílna

3 vyučovací hodiny na prezentaci a na zadání pracovního listu číslo 4 (nejlépe 2-3 hodinový blok)

1 vyučovací hodina na závěrečné zhodnocení, převzetí týmu a diskuse

Výstup

- jednotlivé projekty a návrhy ekologický dílny, které studenti vytvoří v malých skupinách, v jazyce je prezentace ve třídě
- vypracované pracovní listy
- diskuse nad otázkami v pracovních listech
- písemně vypracované úkoly vyznačené z úkolů zařazených v pracovním listě číslo 4

## 8.1 Projekt NAUČME SE SPOŘIT ENERGII

### METODIKA PRO UČITELE

Tento projekt je vhodné zařadit do hodin biologie – ekologie, kdy se probírá vliv člověka na životní prostředí. Předpokládá základní znalost učitele a studentů v této problematice.

Energie je nezbytná pro pokrok společnosti, pro život každého jednotlivce, pro rozvoj techniky a vědy, pro uspokojování potřeb lidí i zvyšování jejich životní úrovně. Dnešní život zcela závisí na nepřetržité zásobě energie v jakékoli formě. Je proto nezbytné s ní nakládat opatrně a naučit se s ní šetřit.

Cílem projektu je ukázat studentům praktické možnosti, jak lze šetrně hospodařit s elektrickou energií a tím pečovat o naše životní prostředí. Důležitou součástí je samostatná a skupinová práce, která u studentů rozvíjí potřebné znalosti a dovednosti.

Věková kategorie: základní a střední školy

Pomůcky: pracovní listy

Čas: 1 vyučovací hodina na pracovní listy 1,2 a 3

týden na zpracování projektu Ekologický dům

3 vyučovací hodiny na prezentace a na zadání pracovního listu číslo 4 (nejlépe 2- 3 hodinový blok)

1 vyučovací hodina na závěrečné zhodnocení, přečtení úvah a diskusi

Výstupy:

- jednotlivé projekty s názvem Ekologický dům, které studenti vytvoří v malých skupinách, výstupem je prezentace ve třídě
- vypracované pracovní listy
- diskuse nad otázkami v pracovních listech
- písemně vypracované úvahy vycházející z úkolu zadaném v pracovním listu číslo 4

### Pracovní listy a projekt:

- pracovní list Energetická minulost a vize budoucnosti
- pracovní list Topení topí a vám je stále zima?
- pracovní list Sprcha x vana
- samostatný projekt Ekologický dům
- pracovní list Člověk včera a dnes

První tři pracovní listy se použijí v úvodní hodině, pak bude následovat skupinová práce studentů na vlastním projektu. Čtvrtý pracovní list se použije až po prezentaci.

### Pracovní list číslo 1 – „Energetická minulost a vize budoucnosti“

Tento článek slouží jako úvod do problému. Je k němu připojen jeden úkol a tři otázky. U úkolu je třeba zakroužkovat všechny správné odpovědi a nad otázkami se studenti zamyslí, následovat by měla diskuse.

### Pracovní list číslo 2 a 3 – „Topení topí a vám je stále zima? a Sprcha x vana“

Tyto dva pracovní listy vypracuje každý samostatně. Otázky a úkoly se pak spolu s učitelem zkontrolují. V případě vany a sprchy si každý může udělat malý pokus, jehož výsledek se do pracovního listu později doplní. Oba pracovní listy jsou nezbytné ke správnému pochopení dalšího úkolu.

### Samostatný projekt „Ekologický dům“

V této chvíli se studenti rozdělí do malých skupinek maximálně po pěti. Jejich úkolem bude vymyslet vlastní projekt domu či bytu, kde se šetří energií. V pracovních listech 2 a 3 viděli příklady úspory energií. Bude jen na nich, jakým způsobem si připraví prezentaci před třídou.

Například: dům lze nakreslit na čtvrtku nebo balící papír. Načrtnou ho tak, aby bylo vidět dovnitř a do prázdných oken nakreslí obrázky možných úspor (viz pracovní listy s vanou a topením). Vhodná je také prezentace v Power Pointu.

Učitel bude v této době sloužit jako konzultant a studenti by měli volné hodiny využít ke studování nejrůznějších materiálů – knihy, informační letáky, reklama, internet, odborné časopisy atd.



Čas budou mít maximálně 10 dní. Bylo by vhodné hodiny upravit tak, aby studenti mohli využít tento čas jako volný prostor na studování materiálů, zajistit volný přístup na internet a do školní knihovny.

Poté bude následovat vlastní prezentace, kde každá skupina v hodině představí svůj Ekologický dům. Hodnocení záleží na učiteli, ale mělo by být zachováno jako jeden z motivačních prvků. Nejlepší projekty se pak mohou použít pro výuku v jiných třídách.

#### Pracovní list číslo 4 – „Člověk včera a dnes“

Tento pracovní list se použije úplně na konec celého projektu. Úkol opět vychází z toho, co je uvedeno v pracovním listu. Zpětnou vazbou jak pro studenty, tak pro učitele budou úvahy, které by měly být rovněž ohodnoceny (například nejlepších 10 dostane jedničku, nejlepší budou vyvěšeny na nástěnku, či otištěny ve školním časopise....záleží jen na učiteli).

1) Označte všechny položky, při kterých se používá nějaká energie.

- a) kachle b) kotlárna c) uhlí d) železná kovárna e) plynová f) dřevník na uhlí  
g) plynová h) železná i) železná j) kovárna k) kovárna l) kovárna m) kovárna

2) Otázky k zamyšlení

1. Kde všude je dnes energie potřeba?
2. Umlže si život bez energie vůbec představit?
3. Ve které části článku autor naznačuje, že je potřeba energie?

## PRACOVNÍ LIST č. 1

### ENERGETICKÁ MINULOST A VIZE BUDOUCNOSTI

Již v prehistorické době, možná ještě dříve než před půl milionem roků, poznali naši předkové oheň. To znamená, že dvacet tisíc generací lidí mohlo užívat dobrodiní ohně. Teprve asi před sto tisíci lety se lidé naučili oheň rozněcovat. Ale teprve v roce 1769 získal James Watt svůj věhlasný patent č. 913 na zmenšení spotřeby páry a paliva v „ohňových strojích“. Ze dvaceti tisíc generací pouze devět posledních využívá energii získanou tepelným strojem, schopným přeměnit tepelnou energii na mechanickou. V průběhu průmyslové revoluce a následně až dodnes změnil dostatek energie svět i člověka. Zásoby uhlí, ropy a zemního plynu ale vystačí jen na horizont, který je již v dohledu. Nebude proto následujících devět generací posledních, které využijí dobrodiní dostatku energie?

Vynález parního stroje Jamesem Watterem i jeho předchůdci otevřel dostatkem energie cestu průmyslové revoluci. Parní stroje, později parní turbíny, spalovací motory a plynové turbíny daly části lidstva žijící v průmyslově se rozvíjejících oblastech mohutnou sílu, která umožnila nejprve mechanizaci, rozvoj těžby surovin, strojního i textilního průmyslu a v průběhu času až do dneška ovlivnila všechny výrobní, dopravní i sociální činnosti člověka. Vynález dynamoelektrického stroje Wernerem Siemensem v roce 1886 umožnil přenést okamžitě energii od výrobců prakticky kamkoliv. Člověk přestal být ve své činnosti závislý na délce slunečního svitu, pomocí energie znásobil svoji výkonnost a získal možnost snadno, stále rychleji a poměrně levně cestovat a dopravovat výrobky. Dostatek energie prodloužil dobu života, zvýšil úroveň školství, zdravotnictví, životní standard a posunul průmyslový potenciál v rozsahu zcela neznámém předchozí generacím. Přebytek energie umožnil explozivní rozvoj vědy i techniky a změnil svět. (Otčenášek 2002)

#### 1) Označte všechna povolání, při kterých se musí využívat elektrická energie.

- a) kuchař b) fotograf c) učitel d) řidič tramvaje e) právník f) dělník na stavbě  
g) policie h) řidič auta i) atlet j) doktor k) architekt l) malíř m) sekretářka

#### 2) Otázky k zamyšlení

1. Kde všude je dnes energie potřebná?
2. Umíte si život bez energie vůbec představit?
3. Ve které části článku autor naznačuje, že je potřeba s energií šetřit?

## PRACOVNÍ LIST č. 2

### TOPENÍ TOPÍ A VÁM JE STÁLE ZIMA?

Abychom měli doma teplo, potřebujeme ohřát vzduch v prostoru, který obýváme. K tomu používáme nejrůznější zařízení (kamna, různé druhy radiátorů). Rozeznáváme 3 druhy přenosu tepla – vedení (kov vede teplo nejlépe), proudění (vzduch stoupá vzhůru, ohřívá, stáčí se dolů), radiace nebo-li záření (v blízkosti zdroje můžeme cítit jak teplo sálá).

- 1) Na každém obrázku máte radiátor a překážku, která brání buď radiaci (tepelné záření) nebo tepelné proudění nebo obojímu. Vaším úkolem je spojovací čarou správně přiřadit kterému typu přenosu tepla je bráněno.

a)



b)



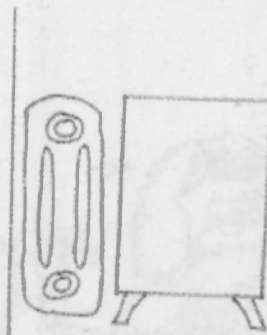
radiace

proudění

c)



d)



Na kterém z obrázků dochází k největšímu plýtvání?

.....

- 2) Napadne vás nějaká překážka, která sice brání teplu v sálání do místnosti, ale jinak je velmi prospěšná pro naše zdraví?

.....

## PRACOVNÍ LIST č. 3

### SPRCHA × VANA

Pitná voda, kterou bereme z řek, studní a přehrad, je studená. Aby se ohřála, spotřebujeme mnoho energie. Na sídlištích se většinou ohřívá v centrálních výtopnách. Jinde se přivádí do bytu studená a teprve tam se vodovod rozděluje na dvě trubky. Jedna vede vodu ke kohoutkům se studenou vodou, druhá k ohřívači vody, buď plynovému nebo k elektrickému bojleru. Termostat na bojleru koriguje ohřívání vody. Když teplá voda odtéká, doplňuje se bojler studenou. Termostat zpozoruje, že je voda studená a začne ji ohřívat. Je to neustálý koloběh a spotřebovává se tak mnoho energie.

- 1) Při koupání ve vaně spotřebujete průměrně 100 litrů vody. Používáte-li sprchu (voda teče asi 5 minut) spotřebujete průměrně 30 litrů. Vaším úkolem je udělat si doma pokus. Dejte si při sprchování do vany zátku. Po skončení sprchování zkontrolujte množství spotřebované vody a porovnejte s množstvím vody při koupání. Při vašem dalším sprchování se chovejte ještě úsporněji. Při namydlení zavřete vodu a otevřete jí až při oplachování. Jak Váš pokus dopadl?**

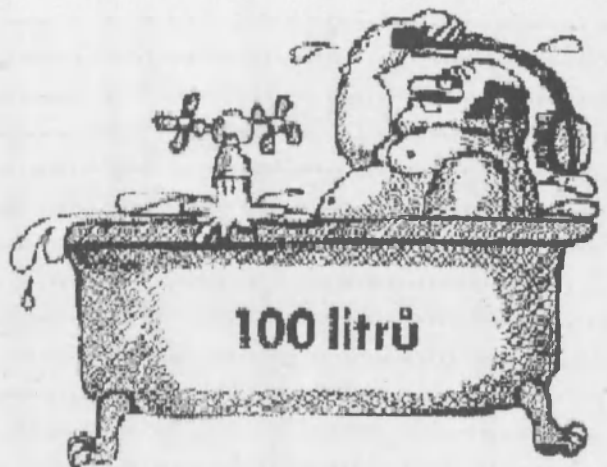
.....

.....

.....

.....

.....



## ČLOVĚK VČERA A DNES

Není to tak dlouho, co lidé běžně svítily svíčkami, petrolejkami nebo plynovými lampami. Když přišel večer, lidé se sešli ve svých chalupách a tam si za tmy vyprávěli nejrůznější příběhy. Těmto chvílím se říkalo černé hodinky.

- 1) Zkuste se i vy přenést do té doby a vyzkoušejte si den, nebo jen pár hodin bez elektřiny a jednu hodinu úplně beze světla. Zapojte do této „hry“ třeba vaše kamarády, sourozence nebo rodiče. Alespoň na chvíli se budete muset obejít bez televize, rádia, počítače, telefonu a mobilu.**

**Napište úvahu na téma tohoto pracovního listu a zamyslete se v ní i nad následujícími otázkami:**

1. Co vás napadalo při vaší černé hodině? Co jste zažili a co vás napadalo?
2. Co vám chybělo?
3. Jaké jsou výhody a nevýhody života s elektřinou?
4. Které elektrické přístroje jsou v životě zbytečné? Kde můžeme ušetřit?

## 8.2 PRACOVNÍ LISTY K TÉMATU JADERNÉ HAVÁRIE

### METODIKA PRO UČITELE

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy vydalo dne 4.března 2003 pokyn k začlenění tematiky ochrany člověka za mimořádných situací do vzdělávacích programů. Havárie jaderné elektrárny takovou mimořádnou situací je. ČEZ, a.s. v okolí svých dvou jaderných elektráren vydává příručku pro ochranu obyvatelstva pro případ radiační havárie. Každá rodina v zóně havarijního plánování ví, jak se v nečekané situaci zachovat. Ale co zbývající část obyvatelstva?

Proto je hlavním cílem těchto pracovních listů seznámit studenty s některými vážnými haváriemi jaderných elektráren a zároveň je naučit hlavním zásadám, jak se správně v takové situaci chovat.

**Věková kategorie:** základní škola – pracovní list č.3 a výklad  
střední škola - všechny pracovní listy

**Pomůcky:** pracovní listy

**Čas:** 2 vyučovací hodiny

**Výstup:**

- Vypracované pracovní listy

Jsou vytvořeny tři pracovní listy, které lze použít buď dohromady, nebo zvlášť podle toho, kterému stupni škol a jakému účelu by měly sloužit.

Pracovní listy s čísly 1 a 2 se týkají nejznámějších jaderných havárií a stupnicí pro hodnocení jaderných událostí. Úkol je snadný a studenti ho mají napsaný na pracovním listě č.1.

**Úkol:** *Přečtěte si následující příklady havárií, které postihly jaderné elektrárny. Na pracovním listu č.2 máte tabulku, kde je uvedena mezinárodní stupnice pro hodnocení jaderných událostí. Vaším úkolem je každou zde popsanou havárii přiřadit ke správnému stupni v tabulce.*

Pracovní list č.3 se týká ochrany obyvatelstva před jadernou havárií. Vyplnění tohoto pracovní listu by měl předcházet krátký výklad učitele viz následující text (psaný kurzívou) inspirovaný Příručkou pro ochranu obyvatelstva pro případ radiační havárie Jaderné elektrárny Temelín vydanou v roce 2002. Je vhodné výklad zařadit do jedné hodiny a vypracování pracovních listů do druhé. Zbývající část obou hodin se doplní podle uvážení vyučujícího videem, dalším výkladem o jaderné energetice nebo diskusí se studenty. Platí to jak pro základní, tak pro střední školy. Rozdíl je v tom, že žákům na základní škole je určen pouze pracovní list číslo 3 s výkladem.

Nejvhodnější postup je:

1. výklad
2. pracovní listy č.1 a č.2
3. pracovní list č.3
4. správné vyhodnocení pracovní listů

*Státní úřad pro jadernou bezpečnost stanovuje v okolí jaderné elektrárny zónu havarijního plánování. Ta je určena především kvůli ochraně obyvatelstva. V případě Jaderné elektrárny Temelín se jedná o kružnici o poloměru 13 kilometrů. V této zóně jsou zavedena zvláštní opatření pro případ havárie.*

*V případě, že dojde k úniku radioaktivních látek do ovzduší, je Jaderná elektrárna Temelín povinna vyrozumět následující instituce: Státní úřad pro jadernou bezpečnost; Krajský úřad Jihočeského kraje; starosty obcí s rozšířenou působností, jejichž území zasahuje do zóny havarijního plánování; Operační a informační středisko Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje. Dále se vyrozumí Policie ČR a Armáda ČR.*

*V případě možného úniku je nutné vyslat monitorovací radiační skupinu, která zjistí, jak velký je únik radioaktivních látek do okolí. Na základě zjištěných údajů vyhlásí Krizový štáb Jihočeského kraje, na doporučení Krizového štábu Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, opatření k ochraně obyvatelstva.*

*Pokud dojde k ohrožení obyvatel, je postup následující:*

1. Varování – účelem varování je zajistit přípravu obyvatelstva tak, aby se co nejvíce omezil vliv radioaktivního záření. Varování probíhá kolísavým dvouminutovým tónem sirén (každou první středu v měsíci probíhá všude na území České republiky přesně ve 12.00 zkouška sirén, která trvá jednu minutu). **POZOR NEZAMĚNIT!**

2. Ukrytí – po zaslechnutí signálu sirén je nutné se ukryt a zvolený úkryt neopouštět. Lidé se shromáždí v jedné místnosti. Nejlepší je taková, kde je omezený počet oken, dveří a jiných větracích otvorů. V domě se uzavrou a utěsní okna, vypnou ventilační zařízení, uhasí oheň, uzavrou zvířata a zapne se rozhlas.

Rozhlas zprostředkovává informace a pokyny. Ty jsou vysílány na VKV 91,1 MHz ČR Radiožurnál, VKV 106,4 MHz ČR Č. Budějovice (v případě havárie na Jaderné elektrárně Temelín) a také na televizním kanálu ČT1.

V případě, že se člověk nachází v době úniku radioaktivních látek venku, je nutné se co nejdříve dostat do uzavřené místnosti. Po příchodu do budovy je nejlepší svléknout svrchní oděv a vložit ho do igelitového pytle a dobře uzavřít. Poté se osprchovat, dobře omýt především ruce, obličej a vlasy (není-li možnost se osprchovat, je dobré alespoň omýt ruce a obličej) a obléci si čisté oblečení. Člověk, který se právě nachází mimo svůj domov (práce, škola), zůstane na daném místě a vyčká příštích pokynů.

V době havárie se konzumují jen chráněné potraviny, které jsou uzavřeny v ledničkách, v obalech, konzervách a lahvích. Voda z vodovodu se smí používat bez obav, protože její stav je sledován. Pokud by došlo ke kontaminaci, byla by uzavřena.

Potřebuje-li se člověk kamkoli přemístit, musí se chránit. K ochraně dýchacích orgánů se použije rouška nebo její náhrada v podobě navlhčeného kapesníku, ručníku nebo hadru. Povrch těla lze chránit pokrývkou hlavy, která zakrývá pokud možno i čelo a uši, šálou, rukavicemi, pláštěnkou do deště, návleky na boty z igelitu.

3. Jodová profylaxe – jednou z unikajících látek v případě havárie je radioaktivní jód. Ten má tendenci shromažďovat se ve štítné žláze člověka. Aby se tomuto jevu předešlo, užívají se preventivně tablety neradioaktivního jódu. Ten štítnou žlázu zaplní a radioaktivní jód už se nemá kde hromadit.

Na základě doporučení Krizového štábu se užijí tablety jodidu draselného. Pro dospělého člověka jedna dávka představuje 2 tablety, pro dítě do dvanácti let 1 tableta, pro kojence a děti do tří let ½ tablety a pro novorozence do jednoho měsíce ¼ tablety.

Pokud nejsou tablety uschovány v úkrytu, nevychází se pro ně ven. Ukrytí je důležitější.



4. Evakuace – ta se provádí jen ve vnitřním pásmu zóny havarijního plánování. Jedná se o kružnici o poloměrem 5 kilometrů (spadá do ní i město Týn nad Vltavou).

Evakuace je prováděna řízeně za použití evakuačních autobusů do míst náhradního ubytování, které je zajištěno Krizovým štábem. Možností je použití vlastních dopravních prostředků a vlastního ubytování mimo ohrožený prostor. V tomto případě je nutné zanechat v místě trvalého bydliště vyplněný lístek (ten je součástí každoročně vydávaného a do všech rodin dodávaného kalendáře s pokyny jak se zachovat v případě havárie), na kterém je čas odjezdu a kontakt s adresou přechodného ubytování. To usnadní pozdější evidenci.

Vždy je potřeba dodržet stanovené evakuační trasy. Řízená evakuace obyvatel této pětikilometrové zóny je předem naplánována.

Evakuační zavazadlo by nemělo být příliš veliké, pro dospělé osobu do 25 kilogramů a pro dítě do 10 kilogramů. Mělo by obsahovat tyto věci: osobní doklady, psací potřeby a dopisní obálky se známkami, léky a zdravotnické pomůcky, cennosti (peníze, vkladní knížky, cenné papíry, pojišťovací smlouvy, platební karty), náhradní oděv a obuv, prostředky osobní hygieny, spací pytel nebo přikrývku, karimatku nebo lehátko, jídelní nádobí, kapesní šití, nůž, základní potraviny na dva dny včetně nápojů, baterku, mobilní telefon, rádio s náhradními bateriemi a nějaké předměty pro zaplnění dlouhé chvíle.

Před opuštěním a uzamčením domu je potřeba uskladnit potraviny a vypnout všechny elektrické přístroje mimo ledničky a mrazáku. Potraviny, které by se zkazily, je nutné vyhodit. Dále zabezpečit hospodářská zvířata, což znamená dát jim zásobu krmiva a vody nejméně na dva dny. (Informační centrum Jaderné elektrárny Temelín 2002)

## PRACOVNÍ LIST č. 1a

Od roku 1991 existuje mezinárodní stupnice INES pro hodnocení jaderných událostí (nehod). Zavedla jí Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA) ve spolupráci s Organizací pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD). Tato stupnice slouží především k rychlému a srozumitelnému informování veřejnosti o závažnosti nehod. Má sedm stupňů, přičemž sedmý je nejzávažnější.

Události jsou hodnoceny podle tří hlavních kritérií

- dopad na životní prostředí
- dopad na zařízení a prostředí elektrárny
- míra (hloubka) narušení ochrany zařízení

**1) Přečtěte si následující příklady havárií, které postihly jaderné elektrárny. Na pracovním listu č. 2 máte tabulku, kde je uvedena mezinárodní stupnice pro hodnocení jaderných událostí. Vaším úkolem je každou zde popsanou havárii přiřadit ke správnému stupni v tabulce.**

- **Černobyl (SSSR, 1986)** – Dne 26. dubna 1986 mohutné výbuchy zničily čtvrtý blok Jaderné elektrárny Černobyl. Exploze vodou chlazeného grafitového reaktoru RBMK o tepelném výkonu 3200 MW (elektrický výkon 950 MW) způsobil nekontrolovatelný rozběh štěpné reakce v uranovém palivu. Byl to následek hrubých zásahů do systému ochrany reaktoru, kterých se dopustila obsluha reaktoru. Významnou roli také sehrál fyzikálně nestabilní projekt aktivní zóny reaktoru RBMK. Katastrofa si bezprostředně vyžádala 31 mrtvých (pracovníci elektrárny a hasiči, kteří likvidovali požár), 237 lidí bylo postiženo akutní nemocí z ozáření různého stupně, velkými dávkami záření bylo zasaženo několik tisíc pracovníků, kteří se podíleli na likvidaci následků havárie. Z oblasti o poloměru 30 km od zničeného bloku bylo trvale evakuováno více než 135 000 obyvatel, tisíce čtverečních kilometrů půdy zůstává zamořeno.
- **Mihama (Japonsko, 1991)** – Japonská Jaderná elektrárna Mihama 2 je vybavena tlakovodním reaktorem. Porucha, která se stala 9. února 1991, způsobila prasklá trubka v parním generátoru. Vzhledem k následnému nepřipustnému poklesu tlaku se reaktor automaticky odstavil a zapůsobil havarijní čerpadla. Trhlinou velikosti dva cm<sup>2</sup> proniklo asi 20 tun radioaktivního chladiva na sekundární stranu parního generátoru a zamořilo čistou vodu druhého okruhu. Nehoda byla v každém okamžiku plně pod kontrolou, havarijní systémy reagovaly podle projektu. Unik radioaktivity z elektrárny, kterému se při poruše tohoto typu nedá zabránit, se skládal především z biologicky nevýznamných radioaktivních vzácných plynů. Jejich množství bylo hluboko pod limitem povolených ročních výpustí.
- **Jaslovské Bohunice A1 (Československo, 1977)** – První československá jaderná elektrárna s reaktorem A1 byla poprvé připojena k síti koncem roku 1972. Dne 22. února 1977 došlo k havárii. Při výměně palivových článků byl do reaktoru omylem zaveden jeden ucpaný silikagelem (ten zabraňoval zvlhnutí palivového článku při jeho skladování a měl být před zavedením odstraněn). Ucpaným palivovým článkem nemohl protékat chladicí plyn a téměř nechlazené palivo se začalo tavit. Vysoká teplota zapříčinila poškození nádoby s těžkou vodou. Ta se dostala do primárního okruhu a způsobila rychlou erozi a poškození jedné čtvrtiny z 571 palivových článků v reaktoru. Z paliva se uvolnilo velké množství radioaktivních látek, které zamořily primární a částečně i sekundární okruh. Všechny radioaktivní látky však zůstaly uvnitř zařízení elektrárny, do okolí neproniklo nic. Nikdo z obsluhy nebyl zraněn ani ohrožen. Obyvatelstvo neutrpělo žádnou újmu. Havárie zanechala velké následky na zařízení elektrárny.

## PRACOVNÍ LIST č. 1b

- **Three Mile Island (USA, 1979)** – Blok Three Mile Island 2 s tlakovodním reaktorem byl necelý rok starý, když ho 28.3. 1979 postihla havárie. Vše zahájil výpadek dodávky vody do jednoho ze dvou parogenerátorů elektrárny. Po havarijním odstavení reaktoru začal pomalý únik chladicí vody z primárního chladicího okruhu. Příčinou byl zaseknutý ventil na zařízení, které reguluje tlak v tomto okruhu. Únik chladiva nebyl včas rozpoznán a došlo k tavení aktivní zóny. Únik radioaktivních látek mimo elektrárnu byl omezený, ale havárie měla velký dopad na elektrárnu (rozsáhlé tavení paliva, silně zamořené prostory ochranné obálky). Tato událost elektrárnu natrvalo vyřadila z provozu.

- **Saint Laurent (Francie, 1980)** - Havárie plynem chlazeného grafitového reaktoru v Jaderné elektrárně Saint Laurent A2 v roce 1980 způsobila částečné poškození aktivní zóny reaktoru (roztavil se palivový článěk poté, co se zablokovalo chlazení jednoho palivového kanálu). Mimo elektrárnu neunikla žádná radioaktivita. Při havárii nebyl nikdo zraněn. Elektrárna byla opravena a dodnes je v provozu.

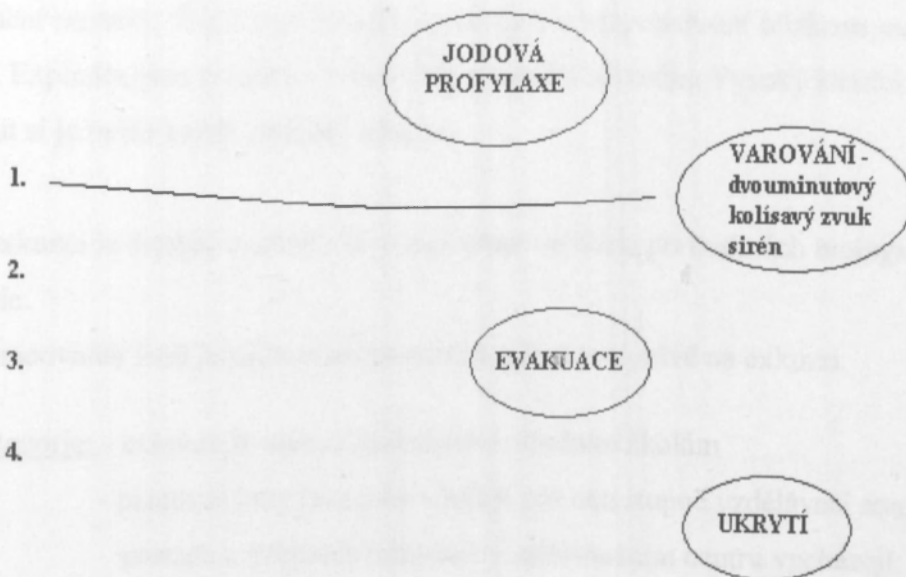
4	<b>SČÍNKY V JADERNÉM ZAŘÍZENÍ</b> (bez výslovného rozkazu pro práci)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> </ul>	
3	<b>VAZNÁ PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> </ul>	
2	<b>PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> </ul>	
1	<b>OBCHYLKA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> </ul>	
0	<b>UDÁLOST POU STUPNICI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> <li>• Všechny pracovníci musí být informováni o všech změnách v provozu.</li> </ul>	

## PRACOVNÍ LIST č. 2

<i>Stupeň havárie</i>		<i>Co se při havárii děje</i>	<i>Přířad' příklad</i>
7	<b>VELKÁ HAVÁRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unik velkého množství radioaktivních látek z aktivní zóny reaktoru mimo elektrárnu</li> <li>▪ Okamžité zdravotní následky, pozdní zdravotní následky, které se objevují na velkém území přesahující plochu elektrárny</li> <li>▪ Dlouhodobé následky pro životní prostředí</li> </ul>	
6	<b>ZAVAZNA HAVÁRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velký únik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>▪ K omezení zdravotních následků je nutné úplně použít opatření místních havarijních plánů</li> </ul>	
5	<b>HAVARIE S ÚČINKY NA OKOLÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>▪ Částečné zavedení opatření podle místních havarijních plánů (např. evakuace, ukrytí), aby se omezila pravděpodobnost zdravotních následků</li> <li>▪ Velká část aktivní zóny (paliva) je poškozena tavením nebo mechanicky</li> </ul>	
4	<b>HAVARIE S ÚČINKY V JADERNÉM ZAŘÍZENÍ</b>  (bez významného rizika pro okolí)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Malé uvolnění radioaktivních látek do okolí</li> <li>▪ Ozáření obyvatelstva je v rámci povolených limitů</li> <li>▪ Významné poškození aktivní zóny reaktoru a radiačních bariér,</li> <li>▪ Ozáření pracovníků elektrárny může vést k okamžitým zdravotním následkům (i smrtelné ozáření zaměstnanců)</li> <li>▪ Havarijní opatření mimo elektrárnu nepravděpodobné, s výjimkou kontroly potravy</li> </ul>	
3	<b>VÁŽNÁ PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velmi malé úniky radioaktivity mimo elektrárnu nad povolené limity. Vně elektrárny nejsou nutná žádná opatření</li> <li>▪ Vysoké úrovně radioaktivity uvnitř elektrárny z důvodů selhání zařízení. Personál je nadměrně ozářen</li> <li>▪ Všechny poruchy, při kterých by další selhání bezpečnostních systémů (zbyvají poslední bezpečnostní zábrany) mohlo vést k havárii</li> </ul>	
2	<b>PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Významná kontaminace, nadměrné ozáření zaměstnanců</li> <li>▪ Technické poruchy nebo odchylky, které neovlivňují bezpečnost elektrárny přímo, ale mohou vést k následnému přehodnocení bezpečnostních opatření</li> </ul>	
1	<b>ODCHYLKA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funkční nebo provozní odchylky od povolených limitů. Nepředstavují riziko, ale odhalují nedostatky bezpečnostních opatření. Mohou být způsobeny selháním zařízení nebo chybou obsluhy</li> </ul>	
0	<b>UDÁLOST POD STUPNICÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Situace, při kterých nejsou překročeny provozní limity a podmínky a které jsou bezpečně zvládnuty vhodnými postupy</li> </ul>	

### PRACOVNÍ LIST č. 3

1) Došlo k jaderné havárii. Jak se zachováte? Spojte jednotlivé bubliny s číslem tak, aby to odpovídalo správnému pořadí, ve kterém byste měli v takové situaci postupovat.



2) Vysvětlete pojem jodová profylaxe:

.....

.....

.....

.....

3) Podtrhněte všechny věci, které patří do evakuačního zavazadla:

- fotoaparát   osobní doklady   mobilní telefon   léky   deštník   peníze   šperky
- pláštěnka   žehlička   spací pytel   přenosné rádio s náhradními bateriemi   nůž
- osobní hygiena   baterka   počítač   přezůvky   náhradní oblečení   kniha   šití

4) Jak velká je zóna havarijního plánování pro Jadernou elektrárnu Temelín?

.....

## **8.3 PRACOVNÍ LISTY K EXKURZI DO INFORMAČNÍHO CENTRA JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN**

### **METODIKA PRO UČITELE**

Informační centrum elektrárny Temelín se nachází v bezprostřední blízkosti samotné elektrárny. Expozice jsou umístěny v zrekonstruovaném zámečku Vysoký Hrádek a prohlédnout si je může každý zájemce zdarma.

Cílem exkurze je doplnit a oživit učivo probírané ve škole při hodinách biologie, fyziky nebo chemie.

Cílem pracovních listů je zafixování poznatků získaných právě na exkurzi.

Věková kategorie: - exkurze je určena základním i středním školám

- pracovní listy jsou také vhodné pro oba stupně vzdělávací soustavy, protože z expozice umístěné v informačním centru vycházejí

Pomůcky: pracovní listy

Čas: 2 hodiny na exkurzi + cesta do informačního centra a zpět

1 vyučovací hodina na vypracování pracovních listů

Výstup:

- Vypracované pracovní listy

Vypracování pracovních listů by měla předcházet exkurze do informačního centra Jaderné elektrárny Temelín.

Celou exkurzi provází průvodkyně. Začíná se v podkroví informačního centra, kde je malý kinosál. Tady při besedě s průvodkyní se studenti seznámí prostřednictvím ukázek s funkcí elektrárny. Součástí programu je i puštění 3D filmu Tajemná energie, který diváky zavede do nejzajímavějších částí elektrárny jako je sklad čerstvého paliva, reaktorový sál a strojovna. V prvním patře je ve čtyřech sálech umístěna zajímavá expozice, která seznamuje s tématem jaderné energie a příbuznými obory.

Druhá část expozice je věnována Jaderné elektrárně Temelín. Jsou zde modely, zajímavá videa a počítačový kviz. Na konci exkurze si každý může vzít volně dostupné informační materiály.

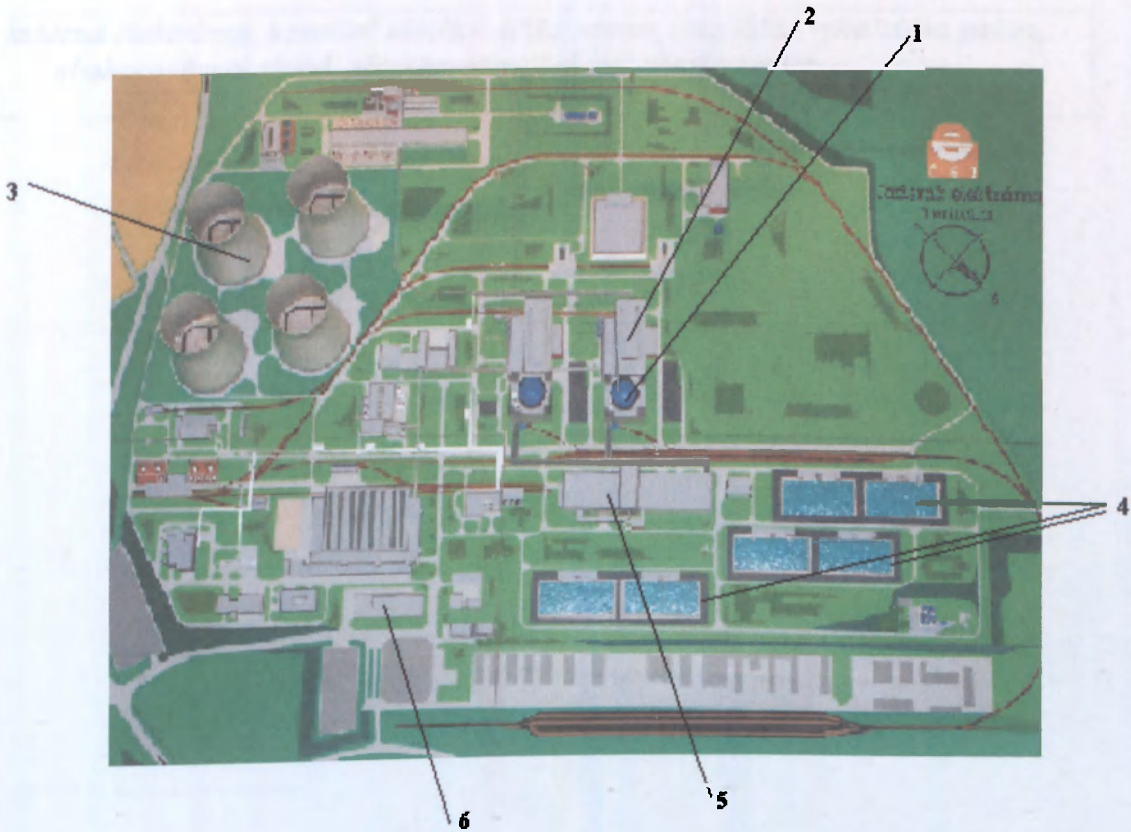
Pro střední školy je exkurze rozšířena o návštěvu areálu jaderné elektrárny. Studenti se dostanou do strojovny k turbíně.

Pracovní listy informačního střediska zatím vytvořené nemá. Podle informací se na nich pracuje.

Tyto pracovní listy by měly sloužit jako zpětná vazba pro učitele a hlavně pro studenty. Použijí se kdykoli (vhodné je hned další hodinu) po návštěvě informačního centra. Jsou volně kombinovatelné, to znamená, že se nemusí využít všechny dohromady. Jejich obsah vychází z toho, co studenti viděli v expozicích. Exkurzi lze absolvovat v rámci biologie, fyziky nebo chemie v tématu jaderná energetika. Stejně tak pracovní listy se mohou použít ve všech třech jmenovaných předmětech po prohlídce expozic v informačním centru.

## Pracovní list A

1) Doplňte k číslům názvy hlavních objektů Jaderné elektrárny Temelín.



- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....

2) Kolik reaktorů se nachází na území České republiky? Zakroužkujte správnou odpověď.

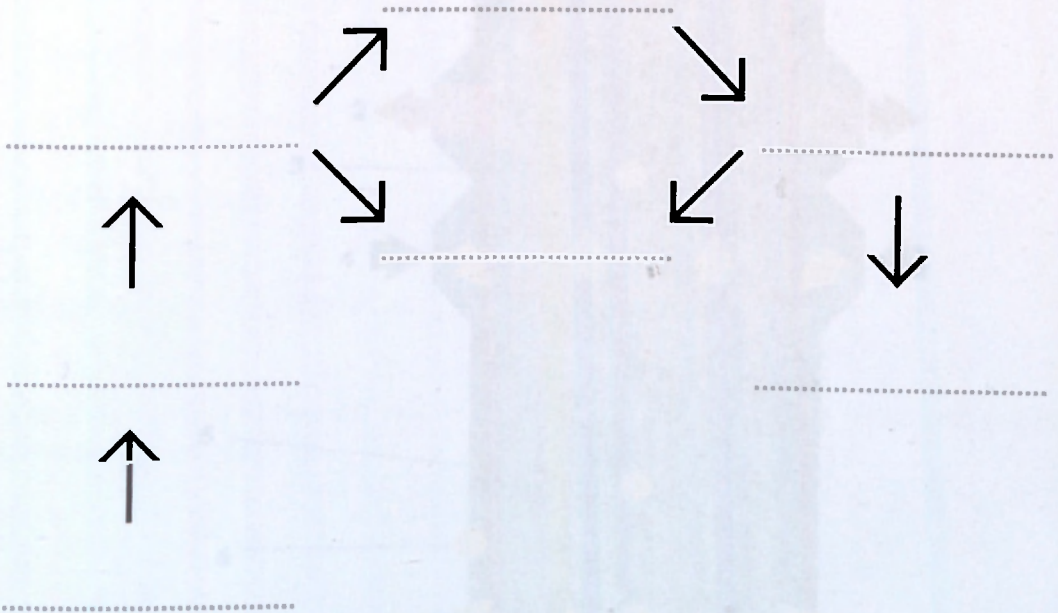
- a) 4
- b) 6
- c) 7
- d) 9



## Pracovní list B

3) Do volných řádků vepište jednotlivé kroky uranového cyklu. Použijte nabídku:

*jaderná elektrárna, konečné úložiště, těžba uranu, mezisklad vyhořelého paliva, obohacovací závod, přepracovávací závod, výroba paliva*



4) Který typ reaktoru je použit v Jaderné elektrárně Temelín?

.....

5) Kolikaletý je cyklus pro zavážení nového paliva? Zakroužkujte správnou odpověď.

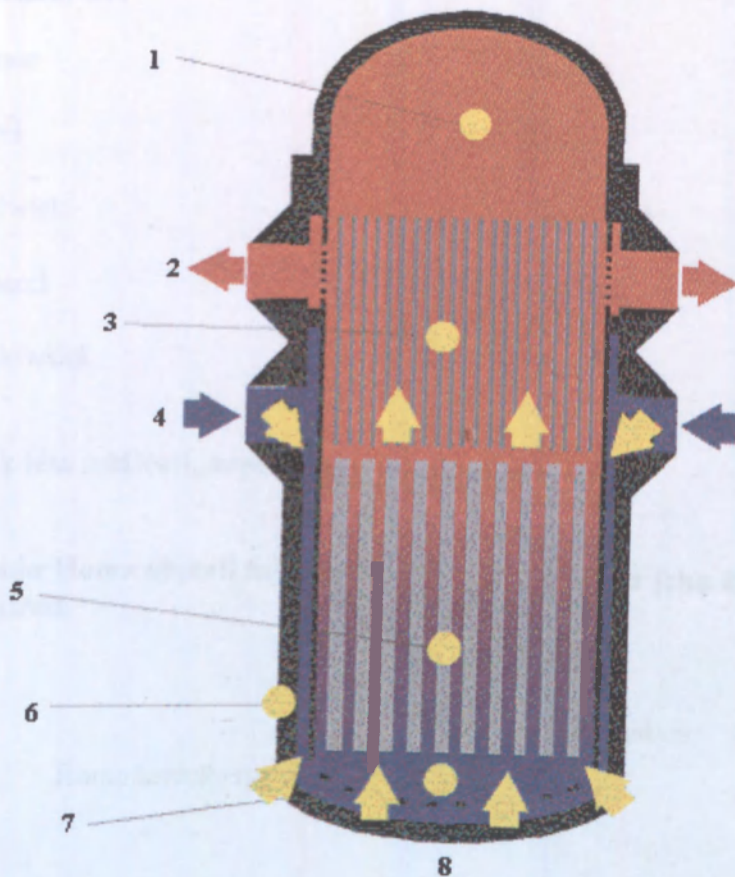
- a) 3letý
- b) 4letý
- c) 5letý

6) Kde se nachází největší jaderná elektrárna na světě? Zakroužkujte správnou odpověď.

- a) Japonsko
- b) Německo
- c) USA
- d) Indie

## Pracovní list C

7) Doplňte k číslům názvy hlavních součástí tlakovodního reaktoru.



- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....
- 7.....
- 8.....

8) Čemu se říká žlutý koláč? Zakroužkujte správnou odpověď.

- a) koncentrát uranu v chemické sloučenině
- b) aktivní zóna reaktoru
- c) plocha, na které se nachází solární elektrárna
- d) vrt vyplněný sírou, do kterého se ukládá vyhořelé palivo

## Pracovní list D

9) Spojte čárou jméno fyzika, který jako první spustil jaderný reaktor, s městem, ve kterém se to odehrálo.

E.O. Lawrence

Chicago

Enrico Fermi

Řím

James Chadwick

New York

A.H. Becquerel

Krakow

Marie Sklodovská

Londýn

Pokud víte rok této události, napište ho. ....

10) Který druh rodu Homo objevil tajemství ohně? Spojte čárou jeho druhové jméno s ohněm uprostřed.

Homo habilis

Homo heidelbergensis

Homo sapiens

**OHĚŇ**

Homo rudolfensis

Homo neanderthalensis

Homo erectus

11) Co znamená slovo **KONDENZACE**? Vysvětlete.

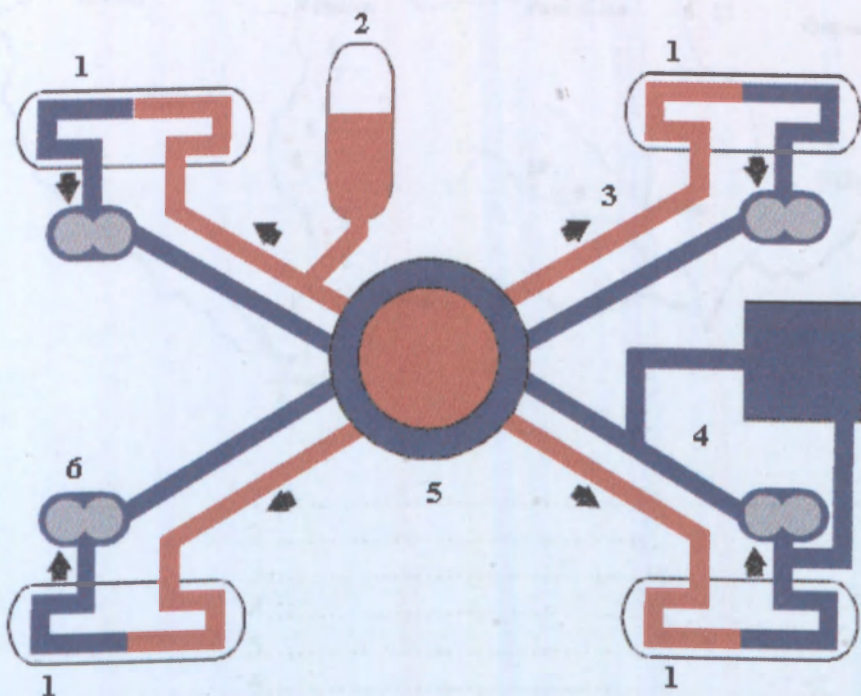
## Pracovní list E

12) Z čeho se skládá palivový soubor neboli kazeta?

.....  
.....

13) Doplňte k číslům názvy hlavních součástí primárního okruhu Jaderné elektrárny Temelín. Použijte nabídku.

*cirkulační potrubí reaktor parogenerátor hlavní cirkulační čerpadlo  
pomocné systémy kompenzátor objemu*



1.....  
2.....  
3.....  
4.....  
5.....  
6.....

14) Ve světě i u nás se využívají obnovitelné zdroje k výrobě energie. Uveďte některé z nich.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Pracovní list F

15) Na mapě máte červeně vyznačeno 11 vodních elektráren. Vaším úkolem je všechny správně pojmenovat.



- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....
- 7.....
- 8.....
- 9.....
- 10.....
- 11.....

16) Co je neutron? Vysvětlete.

.....

.....

## Pracovní list G

### 18) Odpovězte na otázky:

- Který chemický prvek způsobuje rozmanitost života?  
.....

- V které oblasti České republiky je nejvíce tepelných elektráren?  
.....

- Co je poločas přeměny?  
.....  
.....  
.....

### 19) Jak velké dávky záření z různého prostředí dostáváme záleží na způsobu našeho života. Pokuste se správně přiřadit zdroj záření s procentuální dávkou, kterou člověk obdrží přibližně za jeden rok.

Radon	8%
Vnitřní zdroje (jídlo)	0,01%
Lékařské aplikace	44%
Záření zemské kůry	1%
Kosmické záření	10%
Průmyslové zdroje	16%
Záření jaderných zařízení	21%

### 20) Vzpomeňte si alespoň na čtyři významná světová naleziště uranu. Zaznamenejte dvě lokality v České republice, kde se uran těžil nebo stále těží.

svět	Česká republika

### 21) Jaký je průměr zóny havarijního plánování Jaderné elektrárny Temelín? Zakroužkujte správnou odpověď.

- a) 5 kilometrů
- b) 21 kilometrů
- c) 13 kilometrů
- d) 25 kilometrů

## 8.4 VIDEA

Video je velmi často využívanou didaktickou pomůckou. Jako vhodné se ukazuje tehdy, je-li správně zařazeno do tématu a umí-li s ním učitel pracovat. Otázky lze využít k ověření, zda studenti dávali při sledování pozor. Ty si může předem každý sám vymyslet na základě obsahu filmu a po skončení je napsané na papíře ve třídě rozdat. Studenti tak více zaměřují svou pozornost na sledování a pamatují si mnohem více detailů.

Videa, která jsou uvedena v následujícím přehledu, pocházejí z videotéky ČEZ, a.s.

### a) POPULARIS – PŘÍSPĚVKY O ENERGETICE, Pořady vznikly za podpory společnosti ČEZ, a.s.

1. **Kolující energie** – přibližně desetiminutový film pojednává obecně o výhodách vodních elektráren a zvláště se zaměřuje na vodní elektrárnu Štěchovice

Téma: obnovitelné zdroje energie, vodní elektrárny

Využití: v předmětu biologie

2. **Rozvodné systémy** – video je o přenosu elektrické energie

Téma: vhodné k zařazení do předmětu fyziky

Využití: v předmětu fyzika

3. **Energie z paprsků** – video o energii získávané ze Slunce

Téma: obnovitelné zdroje energie

Využití: v předmětu biologie

4. **Malá vodní elektrárna** – video o energii získávané z malé soukromé vodní elektrárny

Téma: obnovitelné zdroje energie, vodní elektrárny

Využití: v předmětu biologie

5. **Biomasa** – video o využití biomasy k výrobě energie, její výhody proti fosilním palivům

Téma: obnovitelné zdroje energie

Využití: v předmětu biologie

## b) VYBRANÉ FILMY Z VIDEOTÉKY ČEZ, a.s.

1. **Bezpečnost v každém případě**, 11 minut – bezpečnost kontejnerů na jaderné materiály a jejich stabilita za extrémních podmínek (pád z výšky 40 metrů na betonovou desku, simulace zemětřesení, těsnost ve 200 metrech pod vodou, požární zkouška, pád z vrtulníku, srážka s vlakem, pád nadzvukového letadla na kontejner)

Téma: bezpečné uložení jaderných odpadů

Využití: v předmětech biologie a fyzika

2. **Budoucnost bez jaderných odpadů**, 13 minut – shrnutí koncepce zacházení s použitým jaderným palivem

Téma: vliv jaderných zařízení na životní prostředí

Využití: v předmětu biologie

3. **Elektrický valčík**, 4 minuty – neoficiální hymna energetické společnosti ČEZ, a.s.

Téma: elektrická energie, jaderné elektrárny jako její zdroj

Využití: v předmětech biologie a fyzika

4. **Jaderná elektrárna**, 7 minut – princip fungování jaderné elektrárny, popis jejích jednotlivých částí

Téma: jaderné elektrárny

Využití: v předmětech biologie a fyzika

5. **Jaderný palivový cyklus**, 10 minut – zpracování uranu na jaderné palivo, jeho použití v elektrárně a jeho následné přepracování a uložení

Téma: jaderné elektrárny, jaderné odpady

Využití: v předmětech biologie a fyzika



**6. Mocný atom, 7 minut** – film vhodný pro první stupeň základní školy, protože je zde srozumitelnou a nenáročnou formou vysvětlen vztah mezi atomem a jadernou elektrárnou

Využití: přírodověda

**7. Objevování energie, 5 minut** – další film vhodný pro první stupeň základní školy, kde je prostřednictvím vesmírného putování zvířátek vysvětlen svět energie

Využití: přírodověda

**8. Povodně 2002** – průběh a následky povodní z roku 2002 na vodní elektrárny vltavské kaskády

Téma: obnovitelné zdroje energie, vodní elektrárny

Využití: v předmětu biologie

**9. Stopy budoucnosti, 17 minut** – dvě miliardy let starý reaktor Oklo v Africe, přírodní úložiště jaderných odpadů, jedno z nejradioaktivnějších míst na světě  
Modo do Fero

Téma: jaderné odpady, radioaktivní záření

Využití: v předmětech biologie a fyzika

**10. Temelín, bezpečnostní systémy, 5 minut** – seznámení s bezpečnostními systémy jaderné elektrárny Temelín, příprava personálu na simulátoru, funkce a význam ochranné obálky (kontejmentu)

Téma: jaderné elektrárny, bezpečnost

Využití: v předmětech biologie a fyzika

**11. Temelín, manipulace s palivem, 6 minut** – skladování paliva, zásobníky, palivové soubory, zavážení paliva do reaktoru

Téma: jaderné elektrárny

Využití: v předmětech biologie a fyzika

**12. Temelín, testování spolehlivosti**, 5 minut – seznámení s maximální projektovou havárií, systém havarijní bezpečnosti

Téma: jaderné elektrárny, bezpečnost

Využití: v předmětech biologie a fyzika

**13. Uhelná elektrárna**, 7 minut – princip fungování uhelné elektrárny

Téma: neobnovitelné zdroje energie

Využití: v předmětech biologie a fyzika

**14. Zdroje elektrické energie**, 19 minut – elektrický náboj, elektrický proud, způsoby získávání elektrické energie, různé typy elektráren

Téma: elektrická energie

Využití: v předmětu fyzika

**15. Získávání sluneční energie**, 10 minut – solární elektrárny, příklady využití u nás i ve světě

Téma: obnovitelné zdroje energie

Využití: v předmětu biologie

## **c) JADERNÁ ELEKTRÁRNA TEMELÍN PŘI PRAVIDELNÉ ODSTÁVCE NA VÝMĚNU PALIVA**

**1. Výměna paliva**

**2. Kontrola primárního okruhu**

**3. Kontrola sekundárního okruhu**

**4. Ekologický monitoring**

Celková délka videa je 20 minut. Čtyři filmy zachycují co se děje na reaktorovém sále při výměně paliva, kontrolu palivových souborů a reaktoru, kontrolu nejdůležitějších částí primárního okruhu, demontáž turbíny a dalších součástí sekundárního okruhu a způsob sledování vlivů jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí.

Téma: tato čtyři videa je vhodné využít jako celek v tématu jaderná elektrárna, její bezpečnost a vlivy na životní prostředí

Využití: v předmětech biologie a fyzika

## 9. OVĚŘENÍ V PRAXI

Pracovní listy k tématu jaderné havárie jsem ověřovala na Arcibiskupském gymnáziu v Praze, Korunní 2. Vyhrazena mi byla jedna vyučovací hodina v septimě A. V tomto ročníku probírali Vliv člověka na životní prostředí. Během jedné hodiny proběhl výklad látky, jak se chovat, když se stane jaderná havárie. Následovalo vypracování všech tří pracovních listů. To trvalo studentům dvacet minut. Na konci hodiny jsme zkontrolovali jejich správnost, a protože téma zaujalo, diskutovali jsme o jaderných elektrárnách.

Většina studentů byla pro využívání jaderné energie k výrobě elektřiny a jen málo z nich nemělo žádný vyhraněný názor.

Na základě této zkušenosti se domnívám, že celý program je lepší rozložit alespoň do dvou vyučovacích hodin ekologie. V první by se dala obecně probírat tematika vlivu jaderné energetiky na životní prostředí, pustit video a studenty informovat, jak se chovat, když z jaderné elektrárny v důsledku havárie unikne větší množství radioaktivních látek. Druhá hodina by se zaměřila na vyplnění a kontrolu pracovních listů. Podle uvážení učitele by následoval další výklad, diskuse nebo video.

V příloze číslo 2 jsou čtyři vyplněné pracovní listy z dvaceti pěti.

Výsledky ověřování: tabulku v pracovním listě číslo 2 vyplnilo zcela správně pouze osm studentů. Zbývající část třídy tzn. sedmnáct žáků chybovala. Pracovní list číslo 3 měli všichni, až na tři výjimky, správně.

Úroveň znalostí studentů v této problematice byla nízká. Nevěděli, jak se zachovat, kdyby některá jaderná elektrárna měla potíže a do okolí by uniklo velké množství radioaktivních látek. Velmi je udivila například jodová profylaxe. Téma jaderných elektráren a jejich možné havárie studenty zaujalo a domnívám se, že by jistě ocenili rozvržení učiva do více vyučovacích hodin, nebo vstupy tohoto tématu v rámci jiných tematických okruhů, či předmětů.

## 10. DISKUSE

Při zpracování jsem se opírala o údaje a informace z odborných publikací.

Vytvořila jsem stručný a přehledný informační materiál pro učitele na téma vliv jaderné energetiky na životní prostředí. Vycházela jsem z předpokladu, že dostatek materiálu pro tento úkol bude v Informačním středisku Jaderné elektrárny Temelín Vysoký Hrádek.

Některé další materiály jsem našla v knihovně Sdružení pro ekologickou výchovu TEREZA. Všechny zdroje jsem využila k vytvoření příručky, ve které je možné najít téměř všechno, co by učitel biologie mohl použít ve svých hodinách. Zastoupeny jsou kapitoly Jaderná energetika, její vznik, vývoj a pohled do budoucna; Jaderná elektrárna Temelín; Vliv Jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí; Jaderné havárie a jaderné zbraně; Ekologické organizace a jejich vztah k Jaderné elektrárně Temelín. Z informačních zdrojů jsem vybrala to nejpodstatnější, nejzajímavější a pro studenty nejpřínosnější.

Analyzovala jsem vzdělávací programy a učebnice používané v České republice a v Německu. Předpokládala jsem, že nejvíce se tématem jaderné energetiky a jejím vlivem na životní prostředí bude zabývat předmět fyzika a v biologii to bude jen okrajové téma. Nemýlila jsem se. V obou zemích tomu tak je, přičemž v německých vzdělávacích programech a učebnicích biologie, které jsem měla možnost prostudovat, jsem informace o této problematice nenašla vůbec. U nás je bohužel toto téma v biologii pouze okrajovou záležitostí, na kterou nezbyvá čas. Obávám se, že stejně tak tomu je i ve fyzice a konečný výsledek je, že se studenti o vlivu jaderné energetiky na životní prostředí nedozvídají skoro nic. Ekologie by se tím zabývat měla, zvláště když je dnes často diskutována otázka ubývání fosilních paliv a znečišťování ovzduší skleníkovými plyny. Všechny zdroje energie, které se dnes využívají k výrobě elektřiny, mají své klady a zápory. Je důležité tyto informace předat dál, aby si budoucí generace vytvořila objektivní názor na obnovitelné i neobnovitelné zdroje energie.

Vytvořila jsem náměty vhodné k zařazení do výuky na základních a středních školách. Sdružení pro ekologickou výchovu TEREZA vytvořilo dva zajímavé projekty pro školy. Jmenují se Energie – Kdo šetří, má za tři a Posviťme si na úspory. Inspirovaly mě pro můj vlastní projekt Naučme se šetřit energii, který je méně časově náročný.

V roce 2003 vydalo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy pokyn k zařazení tématu Ochrana člověka za mimořádných událostí do výuky. Rozhodla jsem se vymyslet

pracovní listy, které se jednak zabývají jadernými haváriemi a jednak ochranou člověka v mimořádné situaci. V příručce pro učitele, kterou vydalo Ministerstvo vnitra a generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, jsou náměty pro práci se studenty a krátký test. Podle mého názoru chybí pracovní list, na kterém si studenti a učitel ověří, že všichni vědí, jak se chovat, když se něco takového stane. Tyto pracovní listy jsem ověřovala na střední škole (viz kapitola 9. Ověření v praxi) a zjistila jsem, že úroveň znalostí studentů je v tomto případě nízká.

Dalším námětem jsou pracovní listy, které vycházejí z expozice v Informačním středisku Jaderné elektrárny Temelín Vysoký Hrádek. Jejich cílem je upevnit znalosti získané na exkurzi. Samotné Informační středisko žádné pracovní listy vytvořené nemá, ale podle informací průvodkyně se na nich pracuje.

Posledním námětem je využití videa ve výuce. Existuje velmi mnoho kratších i delších filmů, které studentům přinesou nové poznatky a zpestří výuku. Záleží na učiteli, které filmy z nabídky využije, a jak je použije. Podle mých zkušeností je vhodné vytvořit k videu několik otázek, na které studenti po zhlédnutí musí odpovědět.

Celá diplomová práce by měla být přínosem pro výuku přírodovědného učiva. Měla by sloužit učitelům, kteří projeví zájem se touto tematikou se svými studenty zabývat. Podrobněji jsem se rozepisovala o Jaderné elektrárně Temelín. To samozřejmě neznamená, že se tato práce nemůže využít na severu Moravy nebo v Praze. Každý zde vytvořený námět lze upravit podle potřeb konkrétní školy.

## 11. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá využitím tematiky vlivu jaderné energetiky na životní prostředí ve výuce na základní a střední škole.

- Vytvořila jsem shrnující informační materiál pro učitele, který se může využívat při probírání tématu Vliv jaderné energetiky na životní prostředí.
- Dále jsem provedla analýzu českých a německých vzdělávacích programů z hlediska zařazení jaderné energetiky a jejích vlivů na životní prostředí.
- Provedla jsem také analýzu učebnic, ve kterých se výše jmenované téma vyskytuje.
- Poté jsem vytvořila několik námětů (projekty, pracovní listy) pro výuku tematiky vlivu jaderné energetiky na životní prostředí v předmětech přírodopisu, biologie, ale také fyziky, chemie a občanské nauky.
- Některé pracovní listy jsem vyzkoušela přímo ve škole, abych si ověřila jejich efektivitu a časovou náročnost.

Doufám, že tato práce bude přínosem především pro učitele základních a středních škol ve výuce přírodovědného učiva, které se zabývá touto problematikou.

## 12. SHRnutí

Název diplomové práce je Využití problematiky vlivu jaderné energetiky na životní prostředí ve výuce u nás a v Německu. Jejím smyslem bylo vytvořit informační materiál, který by učitelé mohli využívat jako pomůcku při výuce tohoto tématu v hodinách ekologie. Dále mým cílem bylo provést analýzu vzdělávacích programů v České republice a v Německu a analýzu učebnic v obou zemích. Také jsem vytvořila několik projektů a pracovních listů pro výuku na základních a středních školách v předmětech biologie, fyzika, chemie a občanská výchova/základy společenských věd.

## SUMMARY

The title of thesis is "An Environmental Impact of Nuclear Energy Industry and Utilisation of these Problems for Education in the Czech Republic and Germany". The purpose of this project is to create an informational material, which could be used by teachers as a teaching aid in lessons of ecology. Further intention of my work was also to perform analysis of educational programs and textbooks used in the Czech Republic and Germany. I also created several projects and worksheets for education on elementary and high schools in biology, physic, chemistry and civic school subjects.

### 13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Augusta, P. a kol. *Velká kniha o energii*. Praha: L.A. Consulting Agency, spol. s.r.o., 2001. ISBN 80-238-6578-1
- Beckett, B.; Gallagherová, R. *Přehled učiva biologie*. Praha: Svojtka&Co. Nakladatelství, 1998. ISBN 80-7237-144-4
- Berger, J. *Ekologie, Učebnice pro gymnázia a střední školy*. České Budějovice: KOPP nakladatelství 1998. ISBN 80-7232-013-0
- Bouška, M. a kol. *Vysvětlivky souboru geologických map a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000 – List 22-44 Hluboká nad Vltavou*. Praha: Český geologický ústav, 1993. ISBN 80-7075-141-X
- Böttenback H. a kol. *Natur bewusst 2.1 – Natur-Umwelt-Technik*. Braunschweig: Westermann Schulbuchverlag GmbH, 2000
- Braniš, M. *Základy ekologie a ochrany životního prostředí*. Praha: Informatorium, 1997. 169 s. ISBN 80-86073-52-1
- Cornelsen Verlag. *Chemie für die Sekundarstufe 1*. Berlin: Cornelsen Verlag, 1991.
- Daumer, K. a kol. *BSV Biologie 5G*. München: Bayerischer Schulbuch-Verlag, 1991.
- Daumer, K. a kol. *BSV Biologie 6G*. München: Bayerischer Schulbuch-Verlag 1990.
- Daumer, K. a kol. *BSV Biologie 8G*. München: Bayerischer Schulbuch-Verlag 1982.
- Daumer, K. a kol. *BSV Biologie 9G*. München: Bayerischer Schulbuch-Verlag, 1991.
- Dejmalová, K. a kol. *Ekologická čítanka – Pozdě na budoucnost???*. Praha: Fortuna, 2001. ISBN 80-7168-803-7
- Dufková, M.; Augusta, P. *Jaderná energie*. Praha: ATYPO, s.r.o., 2003
- Eickenbusch, J.; Libera W. *BSV Biologie 7G*. München: Bayerischer Schulbuch-Verlag, 1992.
- Fechtnerová, M. *Zpráva o životním prostředí za rok 2004*. ČEZ, a.s. Jaderná elektrárna Temelín, 2005.
- Holubcová, I.; König, J. *Pracovní listy Posviťme si na úspory*. Praha: Tereza, sdružení pro ekologickou výchovu, 2001
- Homolková, B. *Realie německy mluvících zemí*. Plzeň: Fraus, 1997. ISBN 80-85784-26-2
- Jelínek, J.; Ticháček, V. *Biologie pro gymnázia*. Olomouc: 1996. ISBN 80-7182-070-9
- Klíma, J. *K jádru hmoty, energie pro zítřek, 4. díl*. Praha: Public relations ČEZ, a.s., agentura Hill and Knowlton a redakce T93.



- Knodel, H. a kol. *Linder Biologie – Lehrbuch für die Oberstufe*. Stuttgart: Verlagsbuchhandlung Stuttgart, 1980
- Kvasničková, D. *Základy ekologie*. Praha: Scientia, 1994. ISBN 80-04-26266-X
- Kvasničková, D. *Základy ekologie pro ZŠ a SŠ*. Praha: Fortuna, 1997. ISBN 80-7168-418-X
- Kvasničková, D.; Mikulová, V.; Plachejová E. *Životní prostředí – doplňkový text k základům ekologie*. Praha: Fragment, 1998. ISBN 80-7200-286-4
- Laštůvka, Z.; Krejčová, P. *Ekologie*. Brno: Konvoj, 2000. ISBN 80-85615-93-2
- Martínek, B. *Ochrana člověka za mimořádných událostí – příručka pro učitele základních a středních škol*. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2003. 119 s. ISBN 80-86640-08-6
- Moldan, B. *Příroda a civilizace, životní prostředí a rozvoj lidské civilizace*. Praha: SPN, 1997. 147 s. ISBN 80-04-26434-4
- Nakladatelství Arch. *Jaderná elektrárna Temelín*. Praha: ABF, a.s. – Nakladatelství Arch, 2003. ISBN 80-86165-78-7
- Otčenášek, P. *Elektrická energie pro Českou republiku*. Praha: matematicko fyzikální fakulta UK, 2002.
- Pelíšek, A. *Lidé od Temelína*. České Budějovice: Ekologicko energetické fórum, Neznašov – Všemyslice v nakladatelství Studio Gabreta, 1999.
- Prášil, Z. a kol. *Užitečné záření*. Praha: ČEZ, a.s. ISBN 80-7073-047-1
- Puig, J.M.; Vives, G.P. *Wissen in Bild – Physik*. Wien: Tosa Verlag, 1998.
- Rosypal, S. a kol. *Nový přehled biologie*. Praha: Scientia, 2003. ISBN 80-7183-268-5
- Subirana, J.C. *Wissen in Bild – Ökologie*. Wien: Tosa Verlag, 1998.
- SÚRAO. *Zpráva o činnosti v roce 2002*. Praha: Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2003.
- Šlégl, J.; Kislínger, F.; Laníková, J. *Ekologie a ochrana životního prostředí pro gymnázia*. Praha: Fortuna, 2002. ISBN 80-7168-828-2
- Štulc, M.; Götz, A. *Životní prostředí*. Praha: České Geografické společnosti, 1996. ISBN 80-901942-2-2
- TEREZA, sdružení pro ekologickou výchovu. *Pracovní listy „Kdo šetří, má za tři“*. Praha: Tereza, sdružení pro ekologickou výchovu, 2001
- VÚV T.G.M. *Program sledování a hodnocení vlivu Jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí, rok 2004*. Praha: VÚV T.G.M., 2005.

## **Jiné materiály**

ČEZ, a.s. *Lokalita Skalka, záložní varianta skladu použitého jaderného paliva*. Praha:

ČEZ, a.s., 2004.

ČEZ, a.s. *Představujeme se, Energetická společnost ČEZ, a.s.* Praha: ČEZ, a.s., 2003

ČEZ, a.s. *Jaderná energetika, Vliv Jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí*. Praha:

ČEZ, a.s., 1995

Hnutí DUHA; CALLA. *Vývoz radioaktivního odpadu do Ruska není řešením*. Hnutí

DUHA a CALLA, 2004

Informační centrum Jaderné elektrárny Temelín. *Sklad použitého jaderného paliva pro*

*jadernou elektrárnu Temelín*. Temelín: ČEZ, a.s., Jaderná elektrárna Temelín, 2005

Informační centrum Jaderné elektrárny Temelín. *Elektrárna Temelín*. Temelín: ČEZ, a.s.,

Jaderná elektrárna Temelín, 2003

Informační centrum Jaderné elektrárny Temelín. *Příručka pro ochranu obyvatelstva*

*v případě radiační havárie JE Temelín*. Temelín: ČEZ, a.s., Informační centrum Jaderné

elektrárny Temelín, 2002

Informační centrum Jaderné elektrárny Temelín. *Energie z jižních Čech*. Temelín:

Informační centrum Jaderné elektrárny Temelín

INVESTprojekt NNC. *Jaderná elektrárna Temelín – vlivy na životní prostředí, shrnutí*.

Brno: INVESTprojekt NNC, s.r.o.

Jihočeské matky; CALLA; Občanská iniciativa pro ochranu životního prostředí. *Sklad*

*vyhořelého paliva v JE Temelín*. Jihočeské matky, CALLA, Občanská iniciativa pro

ochranu životního prostředí.

PRO ENGINEERING, s.r.o. *Nový sklad použitého paliva*. PRO ENGINEERING, s.r.o.,

2001

Public relations ČEZ, a.s. *Havárie v jaderné elektrárně Černobyl*. Praha: KUKLIK.

Redakce Zpravodaje EDU a JAS Hrotovice. *Jaderná elektrárna Dukovany, v kraji řek*.

Dukovany: ČEZ, a.s., Jaderná elektrárna Dukovany, 1996.

Sekce komunikace ČEZ, a.s.; Státní dozor nad jadernou bezpečností. *Mezinárodní stupnice*

*pro hodnocení jaderných událostí*. Praha: RETTIS, a.s.

Vláda České socialistické republiky. *Usnesení vlády České socialistické republiky ze dne*

*29. září 1998 č. 271*. Praha: Vláda České socialistické republiky, 1982.

## CD a DVD

ČEZ, a.s. [DVD] - *Jaderná elektrárna Temelín při pravidelné odstávce na výměnu paliva.*

Agentura J.L.M; Journal TV

ČEZ, a.s. [DVD] - *Vzdělávací program "Energie pro každého".* Praha: ČEZ, a.s.

ČEZ, a.s. [DVD] - *Popularit, příspěvky o energetice.* Herafilm.

Informační středisko Jaderné elektrárny Temelín. [CD] - *Bezpečnostní zpráva pro veřejnost.* Temelín: ČEZ, a.s. Jaderná elektrárna Temelín, 2001

SÚJB. [CD] - *Zpráva o výsledcích činnosti SÚJB při výkonu státního dozoru nad jadernou bezpečností jaderných zařízení a radiační ochranou za rok 2004.* Praha: SÚJB, 2005

INVESTprojekt, s.r.o. [CD] - *Program sledování a hodnocení Jaderné elektrárny na životní prostředí.* Brno: INVESTprojekt, s.r.o., 1999

INVESTprojekt, s.r.o. [CD] - *Dokumentace EIA - JETE, změny stavby.* Brno:

INVESTprojekt, s.r.o., 2000

## PŘÍLOHA PŘÍLOHY

# PŘÍLOHA 1

## Ukázka z knihy Antonína Pelíška, Lidé od Temelína

### Villyvičovské dílo žil ještě pět let Ede

Když v roce 1878 začal geologové zkoumat první kolon Březí, říkají a jejich objevitel  
ani ve své horečce, že je to začátek krasu v tomto. Nový krasový dom postavený  
trigonalny v takovém směr z důvodů, zatím stál v rukou; objevilo se dokončení  
moderního akvapého efektu. Vity provedené - podobně jako také kolon Temelína  
a Krasu. Vytvořil se mývalo o tom, že jakousi odstrana práce má práce na cestě podlé  
Malovic. Hradl datel rok se lidé z okolí Temelína - vrběly se vrbě od funkcionáře  
narozeního vrbě odstrana práce. Ze stejného důvodu má vrbě, má pařezky, kde  
žijí. Zdána ješ čas utopit žití ve vrbě, vrbě a vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
pět let bydlit objevitel Březí ve vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
kdež jaro vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
a vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
pět let bydlit vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,

Franziska Karla, 49 let bydlit - podobně jako vrbě.

„Nemůžeme-li krasu vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
aby nám vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
kdež vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
Upraveno má na to vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
bratry, ja vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
kdež vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,  
dívat, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě, vrbě,

Toto je ukázka z knihy Antonína Pelíška Lidé od Temelína. Ukazuje nám pohled člověka z jedné vysídlené vesnice. Lidé měli na výběr. Buď jim byl přidělen byt, nebo dostali peníze za svůj majetek. Ve vyprávění je to poněkud zkresleno. Samozřejmě nikdo nemůže popřít, že nucené vystěhování je velmi nepříjemná věc a domov, na který byli lidé zvyklí, je nenahraditelný.

### „V likvidované obci žili ještě pět let lidé

Když v roce 1979 začali geologové zkoumat terén kolem Březí, nikoho z jejich obyvatel ani ve snu nenapadlo, že je to začátek konce vesnice. Nový kulturní dům postavený brigádníky v takzvané akci Z fungoval zatím třetím rokem, chystalo se dokončení moderního nákupního střediska. Vrty propichovali geologové půdu také kolem Temelínce a Křtěnova. Veřejně se mluvilo o tom, že jaderná elektrárna bude stát někde docela jinde, u Malovic. Hned další rok se lidé z okolí Temelína dověděli na schůzích od funkcionářů národního výboru ohromující zprávu. Pro gigantickou elektrárnu vybral stát pozemky, kde žijí. Zůstala jen čest ustoupit dílu ve státním zájmu a napomoci rozvoji energetiky. Celých pět let bydleli obyvatelé Březí ve vesnici odsouzené k likvidaci. S těžkým srdcem počítali každé jaro kvetoucí stromy a pozorovali hemžení dělníků na staveništi, které pomalu, ale s železnou vůlí a neúprosně stravovalo jejich pole a zahrady. Ještě celých pět let se pohybovali v krajině připomínající stále víc stav agonie.

#### **František Kureš, 49 let, bydliště – panelák Týn nad Vltavou**

*Samozřejmě, že každý z nás dělal na chalupách poslední roky už jen nejnужnější údržbu. Aby nám nespady na hlavu. Dovedete si ale představit naše pocity? Že žijete ve vsi, ze které vás každou chvíli vyženou? Hlavně na staré lidi to mělo přímo tragický dopad. Upozorňovala na to všude i doktorka Hájičková, internistka z Březí. Mám dva ženaté bratry, já zůstal sám na chalupě v Březí s rodiči. Když přišlo stěhování, odešel jsem do bytu v paneláku s nimi. Otec mi před dvěma roky zemřel. Matce je šestasedmdesát, už jí nohy neslouží, mám ji u sebe. Pořád jen vzpomíná na domov. Jsem přesvědčený, že kdybychom zůstali v Březí, otec by ještě žil. I v důchodu chodil na půl úvazku do práce a dělal, co bylo třeba, topil v kotelně nebo hlídal. Co můžete dělat v paneláku. Doma jsme*

*měli zahrádky a malá hospodářství, scházeli jsme se v hospodě na schůzích hasičů, pořád se na vesnici něco dělo, i staří lidé měli všelijaké zájmy.*

*Otec byl vyučený kovář – podkovář, měli jsme kovářskou živnost. Zemědělské pozemky, ty byly jenom propachtované. Po vstupu do družstva otec kovárnu zrušil a dělal i s matkou v zemědělství. Já jezdil za prací do Týna. Někdy v roce sedmdesát devět začaly kolem vesnice ty průzkumy. V osmdesátém se už proslýchalo, že se u nás bude možná stavět elektrárny. Přitom někteří lidé ještě dostavovali nové baráky. Někomu stavbu brzy potom zastavili, ale znám lidi, kterým nechali baráky ještě celé dokončit. Sam nevím, proč. Nás teď přinutili koupit si byty v paneláku, které jsme dostali jako náhrady za zbourané domy. Byt tři plus jedna mě stál devadesát tisíc korun. Všichni víme, že je město dostalo zadarmo od státu a nám je prodává. Žádali jsme radnici, aby nám na ně alespoň dala větší slevu. Pro nás, lidi od Temelína, kteří přišli o domovy, by taková pomoc byla morální. Nechceme je zadarmo, ale tolika peněz je na většinu z nás moc. Vysmáli se nám, že jsme blázni. Co si vůbec myslíme, dostávat takové výhody. Jak by k tomu přišli ostatní obyvatelé Týna nad Vltavou. Někdy si říkám, ještě dobře, že se toho otec nedožil, to by byl další hřebíček do rakve. Od začátku Temelína se nespravedlnost táhne s námi pořád, i když to úplně nejhorší jsme prožili na začátku. Otcí potom bylo stále hůř. Jako dalším lidem, kteří si nemohli postavit nové domy, protože byli sami nebo staří a nemocní. Kdo z nich nezemřel, sedí v paneláku, nikam nechodí a vzpomíná na staré časy.“ (Antonín Pelíšek 1999)*





## PRACOVNÍ LIST č. 1a

Od roku 1991 existuje mezinárodní stupnice INES pro hodnocení jaderných událostí (nehod). Zavedla jí Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA) ve spolupráci s Organizací pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD). Tato stupnice slouží především k rychlému a srozumitelnému informování veřejnosti o závažnosti nehod. Má 7 stupňů, přičemž ten sedmý je nejzávažnější.

Události jsou hodnoceny podle tří hlavních kritérií

- Dopad na životní prostředí
- Dopad na zařízení a prostředí elektrárny
- Míra (hloubka) narušení ochrany zařízení

**1) Přečtete si následující příklady havárií, které postihly jaderné elektrárny. Na pracovním listu č.1b máte tabulku, kde je uvedena mezinárodní stupnice pro hodnocení jaderných událostí. Vaším úkolem je každou zde popsanou havárii přiřadit ke správnému stupni v tabulce.**

- **Černobyl (SSSR, 1986)** – Dne 26. dubna 1986 mohutné výbuchy zničily čtvrtý blok jaderné elektrárny Černobyl. Exploze vodou chlazeného grafitového reaktoru RBMK o tepelném výkonu 3200 MW (elektrický výkon 950 MW) způsobil nekontrolovatelný rozběh štěpné reakce v uranovém palivu. Byl to následek hrubých zásahů do systému ochrany reaktoru, kterých se dopustila obsluha reaktoru. Významnou roli také sehrála fyzikálně nestabilní projekt aktivní zóny reaktoru RBMK. Katastrofa si bezprostředně vyžádala 31 mrtvých (pracovníci elektrárny a hasiči, kteří likvidovali požár), 237 lidí bylo postiženo akutní nemocí z ozáření různého stupně, velkými dávkami záření bylo zasaženo několik tisíc pracovníků, kteří se podíleli na likvidaci následků havárie. Z oblasti o poloměru 30 km od zničeného bloku bylo trvale evakuováno více než 135 000 obyvatel, tisíce čtverečních kilometrů půdy zůstává zamořeno.
- **Mihama (Japonsko, 1991)** – Japonská jaderná elektrárna Mihama 2 je vybavena tlakovodním reaktorem. Poruchu, která se stala 9. února 1991, způsobilá prasklá trubka v parním generátoru. Vzhledem k následnému nepřípustnému poklesu tlaku se reaktor automaticky odstavil a zapůsobila havarijní čerpadla. Trhlinou velikosti 2 cm<sup>2</sup> proniklo asi 20 tun radioaktivního chladiva na sekundární stranu parního generátoru a zamořilo čistou vodu druhého okruhu. Nehoda byla v každém okamžiku plně pod kontrolou, havarijní systémy reagovaly podle projektu. Únik radioaktivity z elektrárny, kterému se při poruše tohoto typu nedá zabránit, se skládal především z biologicky nevýznamných radioaktivních vzácných plynů. Jejich množství bylo hluboko pod limitem povolených ročních výpustí.
- **Jaslovské Bohunice A1 (Československo, 1977)** – První československá jaderná elektrárna s reaktorem A1 byla poprvé připojena k síti koncem roku 1972. Dne 22. února 1977 došlo k havárii. Při výměně palivových článků byl do reaktoru omylem zaveden jeden ucpaný silikagelem (ten zabráňoval zvlhnutí palivového článku při jeho skladování a měl být před zavedením odstraněn). Ucpaným palivovým článkem nemohl protékat chladicí plyn a téměř nechlazené palivo se začalo tavit. Vysoká teplota zapříčinila poškození nádoby s těžkou vodou. Ta se dostala do primárního okruhu a způsobila rychlou erozi a poškození jedné čtvrtiny z 571 palivových článků v reaktoru. Z paliva se uvolnilo velké množství radioaktivních látek, které zamořily primární a částečně i sekundární okruh. Všechny radioaktivní látky však zůstaly uvnitř zařízení elektrárny, do okolí neproniklo nic. Nikdo

## PRACOVNÍ LIST č. 1b

z obsluhy nebyl zraněn ani ohrožen. Obyvatelstvo neutrpělo žádnou újmu. Havárie zanechala velké následky na zařízení elektrárny.

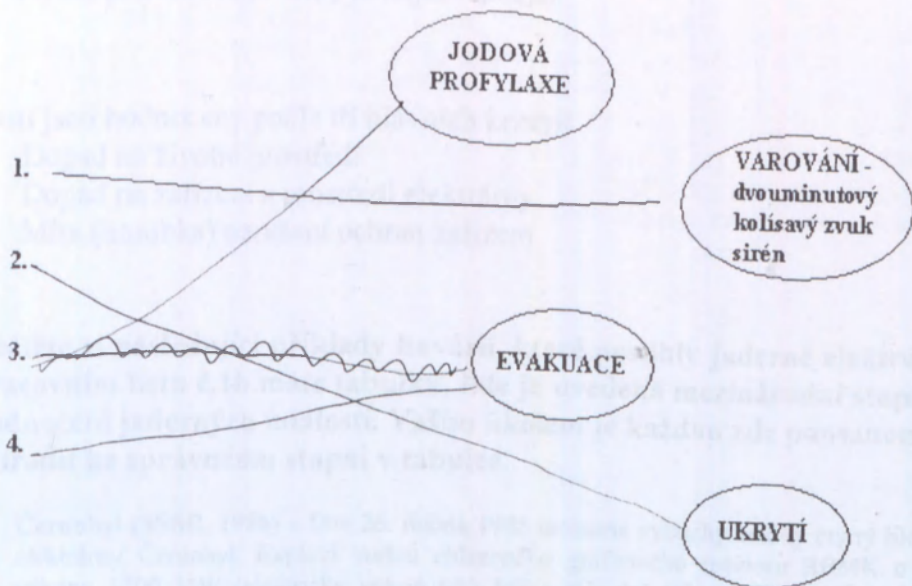
- **Three Mile Island (USA, 1979)** – Blok Three Mile Island 2 s tlakovodním reaktorem byl necelý rok starý, když ho 28.3. 1979 postihla havárie. Vše zahájil výpadek dodávky vody do jednoho ze dvou parogenerátorů elektrárny. Po havarijním odstavení reaktoru začal pomalu unik chladicí vody z primárního chladicího okruhu. Příčinou byl zaseknutý ventil na zařízení, které reguluje tlak v tomto okruhu. Unik chladiva nebyl včas rozpoznán a došlo k tavení aktivní zóny. Unik radioaktivních látek mimo elektrárnu byl omezený ale havárie měla velký dopad na elektrárnu (rozsáhle tavení paliva, silně zamořené prostory ochranné obálky). Tato událost elektrárnu natrvalo vyradila z provozu.
- **Saint Laurent (Francie, 1980)** - Havárie plynem chlazeného grafitového reaktoru v jaderné elektrárně Saint Laurent A2 v roce 1980 způsobila částečné poškození aktivní zóny reaktoru (roztavil se palivový článek poté, co se zablokovalo chlazení jednoho palivového kanálu). Mimo elektrárnu neunikla žádná radioaktivita. Při havárii nebyl nikdo zraněn. Elektrárna byla opravena a dodnes je v provozu.

## PRACOVNÍ LIST č. 2

	<i>Stupeň havárie</i>	<i>Co se při havárii děje</i>	<i>Přiřad' příklad</i>
7	<b>VELKÁ HAVÁRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unik velkého množství radioaktivních látek z aktivní zóny reaktoru mimo elektrárnu</li> <li>▪ Okamžité zdravotní následky, pozdní zdravotní následky, které se objevují na velkém území přesahující plochu elektrárny</li> <li>▪ Dlouhodobé následky pro životní prostředí</li> </ul>	Chernobyl
6	<b>ZÁVAŽNÁ HAVÁRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velký unik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>▪ K omezení zdravotních následků je nutné úplné použití opatření místních havarijních plánů</li> </ul>	
5	<b>HAVÁRIE S ÚČINKY NA OKOLÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>▪ Částečné zavedení opatření podle místních havarijních plánů (např. evakuace, ukrytí), aby se omezila pravděpodobnost zdravotních následků</li> <li>▪ Velká část aktivní zóny (paliva) je poškozena tavením nebo mechanicky</li> </ul>	(Petro) (Milo) Jáchymov
4	<b>HAVÁRIE S ÚČINKY V JADERNÉM ZAŘÍZENÍ</b>  (bez významného rizika pro okolí)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Malé uvolnění radioaktivních látek do okolí</li> <li>▪ Ozáření obyvatelstva je v rámci povolených limitů</li> <li>▪ Významné poškození aktivní zóny reaktoru a radiačních bariér.</li> <li>▪ Ozáření pracovníků elektrárny může vést k okamžitým zdravotním následkům (i smrtelné ozáření zaměstnance)</li> <li>▪ Havarijní opatření mimo elektrárnu nepravděpodobné, s výjimkou kontroly potravy</li> </ul>	Jáchymov / Bohemia  Jáchymov / Bohemia
3	<b>VÁŽNÁ PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velmi malé úniky radioaktivity mimo elektrárnu nad povolené limity. Vně elektrárny nejsou nutná žádná opatření</li> <li>▪ Vysoké úrovně radioaktivity uvnitř elektrárny z důvodu selhání zařízení. Personál je nadměrně ozářen</li> <li>▪ Všechny poruchy, při kterých by další selhání bezpečnostních systémů (zbývají poslední bezpečnostní zábrany) mohlo vést k havárii</li> </ul>	
2	<b>PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Významná kontaminace, nadměrné ozáření zaměstnanců</li> <li>▪ Technické poruchy nebo odchylky, které neovlivňují bezpečnost elektrárny přímo, ale mohou vést k následnému přehodnocení bezpečnostních opatření</li> </ul>	Mihama
1	<b>ODCHYLKA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funkční nebo provozní odchylky od povolených limitů. Nepředstavují riziko, ale odhalují nedostatky bezpečnostních opatření. Mohou být způsobeny selháním zařízení nebo chybou obsluhy</li> </ul>	
0	<b>UDÁLOST POD STUPNICÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Situace, při kterých nejsou překročeny provozní limity a podmínky a které jsou bezpečně zvládnuty vhodnými postupy</li> </ul>	

## PRACOVNÍ LIST č. 3

1) Došlo k jaderné havárii. Spojte jednotlivé bubliny s číslem tak, aby to odpovídalo správnému pořadí, ve kterém jsou vyhlášována a podle nichž budete v takové situaci postupovat.



2) Vysvětlete pojem jodová profylaxe:

*je vylučování se vzhledem radioaktivní jód - proto mají lidé jíst tablety jodu (jodid draselný) aby v sebe nasbírali jód a nedělal mu škodu*

3) Podtrhněte všechny věci, které patří do evakuačního zavazadla:

fotoaparát osobní doklady mobilní telefon léky deštník peníze šperky  
pláštěnka žehlička spací pytel přenosné rádio s náhradními bateriemi nůž  
osobní hygiena baterka počítač přezůvky náhradní oblečení kniha šití

4) Jak velká je zóna havarijního plánování pro jadernou elektrárnu Temelín?

*13 km<sup>2</sup>*  
*(pro evakuaci 5 km)*



## PRACOVNÍ LIST č. 1a

Od roku 1991 existuje mezinárodní stupnice INES pro hodnocení jaderných událostí (nehod). Zavedla jí Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA) ve spolupráci s Organizací pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD). Tato stupnice slouží především k rychlému a srozumitelnému informování veřejnosti o závažnosti nehod. Má 7 stupňů, přičemž ten sedmý je nejzávažnější.

Události jsou hodnoceny podle tří hlavních kritérií

- Dopad na životní prostředí
- Dopad na zařízení a prostředí elektrárny
- Míra (hloubka) narušení ochrany zařízení

**1) Přečtěte si následující příklady havárií, které postihly jaderné elektrárny. Na pracovním listu č. 1b máte tabulku, kde je uvedena mezinárodní stupnice pro hodnocení jaderných událostí. Vaším úkolem je každou zde popsanou havárii přiřadit ke správnému stupni v tabulce.**

- **Černobyl (SSSR, 1986)** – Dne 26. dubna 1986 mohutné výbuchy zničily čtvrtý blok jaderné elektrárny Černobyl. Exploze vodou chlazeného grafitového reaktoru RBMK o tepelném výkonu 3200 MW (elektrický výkon 950 MW) způsobil nekontrolovatelný rozběh štěpné reakce v uranovém palivu. Byl to následek hrubých zásahů do systému ochrany reaktoru, kterých se dopustila obsluha reaktoru. Významnou roli také sehrála fyzikálně nestabilní projekt aktivní zóny reaktoru RBMK. Katastrofa si bezprostředně vyžádala 31 mrtvých (pracovníci elektrárny a hasiči, kteří likvidovali požár). 237 lidí bylo postiženo akutní nemocí z ozáření různého stupně, velkými dávkami záření bylo zasaženo několik tisíc pracovníků, kteří se podíleli na likvidaci následků havárie. Z oblasti o poloměru 30 km od zničeného bloku bylo trvale evakuováno více než 135 000 obyvatel, tisíce čtverečních kilometrů půdy zůstává zamóřeno.
- **Mihama (Japonsko, 1991)** – Japonská jaderná elektrárna Mihama 2 je vybavena tlakovodním reaktorem. Poruchu, která se stala 9. února 1991, způsobila prasklá trubka v parním generátoru. Vzhledem k následnému nepřipustnému poklesu tlaku se reaktor automaticky odstavil a zapůsobila havarijní čerpadla. Trhlinou velikosti 2 cm<sup>2</sup> proniklo asi 20 tun radioaktivního chladiva na sekundární stranu parního generátoru a zamóřilo čistou vodu druhého okruhu. Nehoda byla v každém okamžiku plně pod kontrolou, havarijní systémy reagovaly podle projektu. Únik radioaktivity z elektrárny, kterému se při poruše tohoto typu nedá zabránit, se skládal především z biologicky nevýznamných radioaktivních vzácných plynů. Jejich množství bylo hluboko pod limitem povolených ročních výpustí.
- **Jaslovské Bohunice A1 (Československo, 1977)** – První československá jaderná elektrárna s reaktorem A1 byla poprvé připojena k síti koncem roku 1972. Dne 22. února 1977 došlo k havárii. Při výměně palivových článků byl do reaktoru omylem zaveden jeden ucpaný silikagelem (ten zabraňoval zvlhnutí palivového článku při jeho skladování a měl být před zavedením odstraněn). Ucpaným palivovým článkem nemohl protékat chladicí plyn a téměř nechlazené palivo se začalo tavit. Vysoká teplota zapříčinila poškození nádoby s těžkou vodou. Ta se dostala do primárního okruhu a způsobila rychlou erozi a poškození jedné čtvrtiny z 571 palivových článků v reaktoru. Z paliva se uvolnilo velké množství radioaktivních látek, které zamóřily primární a částečně i sekundární okruh. Všechny radioaktivní látky však zůstaly uvnitř zařízení elektrárny, do okolí neproniklo nic. Nikdo

## PRACOVNÍ LIST č. 1b

z obsluhy nebyl zraněn ani ohrožen. Obyvatelstvo neutrpělo žádnou újmu. Havárie zanechala velké následky na zařízení elektrárny.

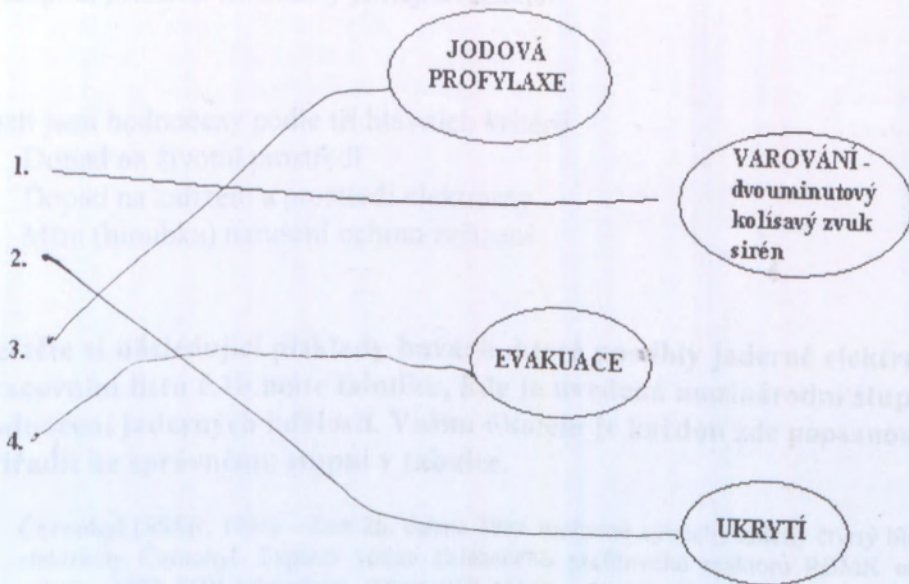
- **Three Mile Island (USA, 1979)** – Blok Three Mile Island 2 s tlakovodním reaktorem byl necelý rok starý, když ho 28.3. 1979 postihla havárie. Vše zahájil výpadek dodávky vody do jednoho ze dvou parogenerátorů elektrárny. Po havarijním odstavení reaktoru začal pomalý únik chladicí vody z primárního chladicího okruhu. Příčinou byl zaseknutý ventil na zařízení, které reguluje tlak v tomto okruhu. Únik chladiva nebyl včas rozpoznán a došlo k tavení aktivní zóny. Únik radioaktivních látek mimo elektrárnu byl omezený, ale havárie měla velký dopad na elektrárnu (rozsáhlé tavení paliva, silně zamořené prostory ochranné obálky). Tato událost elektrárnu natrvalo vyřadila z provozu.
- **Saint Laurent (Francie, 1980)** - Havárie plynem chlazeného grafitového reaktoru v jaderné elektrárně Saint Laurent A2 v roce 1980 způsobila částečné poškození aktivní zóny reaktoru (roztavil se palivový člunek poté, co se zablokovalo chlazení jednoho palivového kanálu). Mimo elektrárnu neunikla žádná radioaktivita. Při havárii nebyl nikdo zraněn. Elektrárna byla opravena a dodnes je v provozu.

PRACOVNÍ LIST č. 2

	Stupeň havárie	Co se při havárii děje	Přihrad' příklad
7	VELKÁ HAVÁRIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unik velkého množství radioaktivních látek z aktivní zóny reaktoru mimo elektrárnu</li> <li>Okamžitě zdravotní následky, pozdní zdravotní následky, které se objevují na velkém území přesahující plochu elektrárny</li> <li>Dlouhodobé následky pro životní prostředí</li> </ul>	Černobyl
6	ZÁVAŽNÁ HAVÁRIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velký unik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>K omezení zdravotních následků je nutné úplně použítí opatření místních havarijních plánů</li> </ul>	Dukovna
5	HAVÁRIE S ÚČINKY NA OKOLÍ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>Částečně zavedení opatření podle místních havarijních plánů (např. evakuace, ukrytí), aby se omezila pravděpodobnost zdravotních následků</li> <li>Velká část aktivní zóny (paliva) je poškozena tavením nebo mechanicky</li> </ul>	3 Mile Island
4	HAVÁRIE S ÚČINKY V JADERNÉM ZAŘÍZENÍ  (bez významného rizika pro okolí)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Malé uvolnění radioaktivních látek do okolí</li> <li>Ozáření obyvatelstva je v rámci povolených limitů</li> <li>Významné poškození aktivní zóny reaktoru a radiačních bariér.</li> <li>Ozáření pracovníků elektrárny může vést k okamžitým zdravotním následkům (i smrtelné ozáření zaměstnanců)</li> <li>Havarijní opatření mimo elektrárnu nepravděpodobné, s výjimkou kontroly potravy</li> </ul>	Jask + St. Lauri
3	VÁŽNÁ PORUCHA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velmi malé úniky radioaktivity mimo elektrárnu nad povolené limity. Vně elektrárny nejsou nutná žádná opatření</li> <li>Vysoké úrovně radioaktivity uvnitř elektrárny z důvodu selhání zařízení. Personál je nadměrně ozářen</li> <li>Všechny poruchy, při kterých by další selhání bezpečnostních systémů (zbývají poslední bezpečnostní zábrany) mohlo vést k havárii</li> </ul>	Jask Bobinská
2	PORUCHA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Významná kontaminace, nadměrné ozáření zaměstnanců</li> <li>Technické poruchy nebo odchylky, které neovlivňují bezpečnost elektrárny přímo, ale mohou vést k následnému přehodnocení bezpečnostních opatření</li> </ul>	Milham Jask Bobinská
1	ODCHYLKA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funkční nebo provozní odchylky od povolených limitů. Nepředstavují riziko, ale odhalují nedostatky bezpečnostních opatření. Mohou být způsobeny selháním zařízení nebo chybou obsluhy</li> </ul>	St. Lauri
0	UDÁLOST POD STUPNICÍ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situace, při kterých nejsou překročeny provozní limity a podmínky a které jsou bezpečně zvládnuty vhodnými postupy</li> </ul>	Jask

## PRACOVNÍ LIST č. 3

1) Došlo k jaderné havárii. Spojte jednotlivé bubliny s číslem tak, aby to odpovídalo správnému pořadí, ve kterém jsou vyhlášována a podle nichž budete v takové situaci postupovat.



2) Vysvětlete pojem jodová profylaxe:

*Pokud máči následně vodu jodem  
vltávají se tablety KI (2 tablety / den)*

3) Podtrhněte všechny věci, které patří do evakuačního zavazadla:

fotoaparát osobní doklady mobilní telefon léky deštník peníze šperky  
 pláštěnka žehlička spací pytel prenosné rádio s náhradními bateriemi nůž  
*si lepší si ho vzít než je i současně*

osobní hygiena baterka počítač prezůvky náhradní oblečení kniha šití

4) Jak velká je zóna havarijního plánování pro jadernou elektrárnu Temelín?

*15 km*



## PRACOVNÍ LIST č. 1a

Od roku 1991 existuje mezinárodní stupnice INES pro hodnocení jaderných událostí (nehod). Zavedla jí Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA) ve spolupráci s Organizací pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD). Tato stupnice slouží především k rychlému a srozumitelnému informování veřejnosti o závažnosti nehod. Má 7 stupňů, přičemž ten sedmý je nejzávažnější.

Události jsou hodnoceny podle tří hlavních kritérií

- Dopad na životní prostředí
- Dopad na zařízení a prostředí elektrárny
- Míra (hloubka) narušení ochran zařízení

**1) Přečtěte si následující příklady havárií, které postihly jaderné elektrárny. Na pracovním listu č. 1b máte tabulku, kde je uvedena mezinárodní stupnice pro hodnocení jaderných událostí. Vaším úkolem je každou zde popsanou havárii přiřadit ke správnému stupni v tabulce.**

- **Černobyl (SSSR, 1986)** – Dne 26. dubna 1986 mohutné výbuchy zničily čtvrtý blok jaderné elektrárny Černobyl. Exploze vodou chlazeného grafitového reaktoru RBMK o tepelném výkonu 3200 MW (elektrický výkon 950 MW) způsobil nekontrolovatelný rozběh štěpné reakce v uranovém palivu. Byl to následek hrubých zásahů do systému ochran reaktoru, kterých se dopustila obsluha reaktoru. Významnou roli také sehrála fyzikálně nestabilní projekt aktivní zóny reaktoru RBMK. Katastrofa si bezprostředně vyžádala 31 mrtvých (pracovníci elektrárny a hasiči, kteří likvidovali požár), 237 lidí bylo postiženo akutní nemocí z ozáření různého stupně, velkými dávkami záření bylo zasaženo několik tisíc pracovníků, kteří se podíleli na likvidaci následků havárie. Z oblasti o poloměru 30 km od zničeného bloku bylo trvale evakuováno více než 135 000 obyvatel, tisíce čtverečních kilometrů půdy zůstává zamořeno.
- **Mihama (Japonsko, 1991)** – Japonská jaderná elektrárna Mihama 2 je vybavena tlakovodním reaktorem. Poruchu, která se stala 9. února 1991, způsobila prasklá trubka v parním generátoru. Vzhledem k následnému nepřipustnému poklesu tlaku se reaktor automaticky odstavil a zapůsobil havarijní čerpadla. Trhlinou velikosti 2 cm<sup>2</sup> proniklo asi 20 tun radioaktivního chladiva na sekundární stranu parního generátoru a zamořilo čistou vodu druhého okruhu. Nehoda byla v každém okamžiku plně pod kontrolou, havarijní systémy reagovaly podle projektu. Únik radioaktivity z elektrárny, kterému se při poruše tohoto typu nedá zabránit, se skládal především z biologicky nevýznamných radioaktivních vzácných plynů. Jejich množství bylo hluboko pod limitem povolených ročních výpustí.
- **Jaslovské Bohunice A1 (Československo, 1977)** – První československá jaderná elektrárna s reaktorem A1 byla poprvé připojena k síti koncem roku 1972. Dne 22. února 1977 došlo k havárii. Při výměně palivových článků byl do reaktoru omylem zaveden jeden ucpaný silikagelem (ten zabraňoval zvlhnutí palivového článku při jeho skladování a měl být před zavedením odstraněn). Ucpaným palivovým článkem nemohl protékat chladicí plyn a téměř nechlazené palivo se začalo tavit. Vysoká teplota zapříčinila poškození nádoby s těžkou vodou. Ta se dostala do primárního okruhu a způsobila rychlou erozi a poškození jedné čtvrtiny z 571 palivových článků v reaktoru. Z paliva se uvolnilo velké množství radioaktivních látek, které zamořily primární a částečně i sekundární okruh. Všechny radioaktivní látky však zůstaly uvnitř zařízení elektrárny, do okolí neproniklo nic. Nikdo

## PRACOVNÍ LIST č. 1b

z obsluhy nebyl zraněn ani ohrožen. Obyvatelstvo neutrpělo žádnou újmu. Havárie zanechala velké následky na zařízení elektrárny.

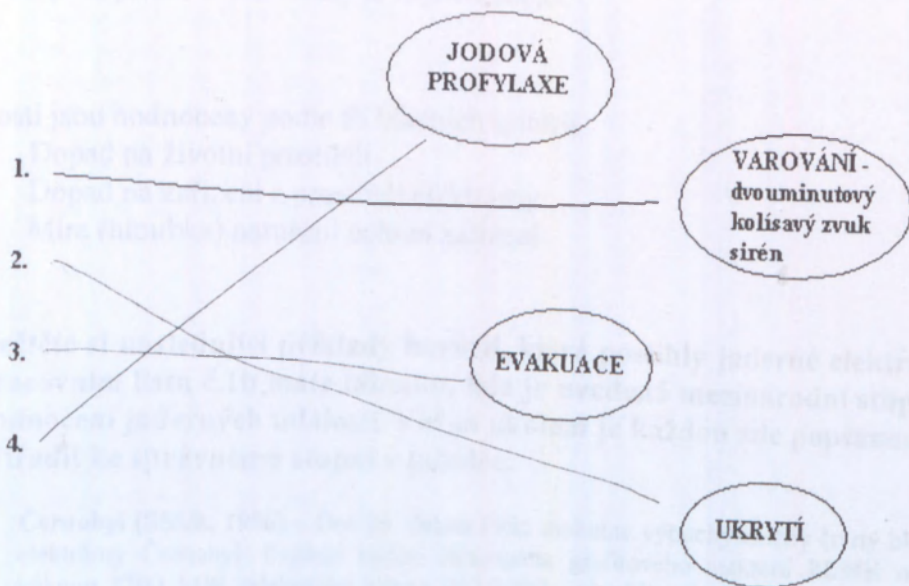
- **Three Mile Island (USA, 1979)** – Blok Three Mile Island 2 s tlakovodním reaktorem byl necelý rok starý, když ho 28.3. 1979 postihla havárie. Vše zahájil výpadek dodávky vody do jednoho ze dvou parogenerátorů elektrárny. Po havarijním odstavení reaktoru začal pomalý únik chladicí vody z primárního chladicího okruhu. Příčinou byl zaseknutý ventil na zařízení, které reguluje tlak v tomto okruhu. Únik chladiva nebyl včas rozpoznán a došlo k tavení aktivní zóny. Únik radioaktivních látek mimo elektrárnu byl omezený, ale havárie měla velký dopad na elektrárnu (rozsáhlé tavení paliva, silně zamofené prostory ochranné obálky). Tato událost elektrárnu natrvalo vyřadila z provozu.
- **Saint Laurent (Francie, 1980)** - Havárie plynem chlazeného grafitového reaktoru v jaderné elektrárně Saint Laurent A2 v roce 1980 způsobila částečné poškození aktivní zóny reaktoru (roztavil se palivový článěk poté, co se zablokovalo chlazení jednoho palivového kanálu). Mimo elektrárnu neunikla žádná radioaktivita. Při havárii nebyl nikdo zraněn. Elektrárna byla opravena a dodnes je v provozu.

## PRACOVNÍ LIST č. 2

	<i>Stupeň havárie</i>	<i>Co se při havárii děje</i>	<i>Přihad' příklad</i>
7	<b>VELKÁ HAVÁRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unik velkého množství radioaktivních látek z aktivní zóny reaktoru mimo elektrárnu</li> <li>• Okamžité zdravotní následky, pozdní zdravotní následky, které se objevují na velkém území přesahující plochu elektrárny</li> <li>• Dlouhodobé následky pro životní prostředí</li> </ul>	Ternobyl
6	<b>ZÁVAŽNÁ HAVÁRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velký únik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>• K omezení zdravotních následků je nutné úplné použití opatření místních havarijních plánů</li> </ul>	Chernobyl
5	<b>HAVÁRIE S ÚČINKY NA OKOLÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>• Částečné zavedení opatření podle místních havarijních plánů (např. evakuace, ukrytí), aby se omezila pravděpodobnost zdravotních následků</li> <li>• Velká část aktivní zóny (paliva) je poškozena tavením nebo mechanicky</li> </ul>	Borský Lhota Three Mile Island
4	<b>HAVÁRIE S ÚČINKY V JADERNÉM ZAŘÍZENÍ</b>  (bez významného rizika pro okolí)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malé uvolnění radioaktivních látek do okolí</li> <li>• Ozáření obyvatelstva je v rámci povolených limitů</li> <li>• Významné poškození aktivní zóny reaktoru a radiačních bariér.</li> <li>• Ozáření pracovníků elektrárny může vést k okamžitým zdravotním následkům (i smrtelné ozáření zaměstnanců)</li> <li>• Havarijní opatření mimo elektrárnu nepravděpodobné, s výjimkou kontroly potravy</li> </ul>	
3	<b>VÁŽNÁ PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velmi malé uniky radioaktivity mimo elektrárnu nad povolené limity. Vně elektrárny nejsou nutná žádná opatření</li> <li>• Vysoké úrovně radioaktivity uvnitř elektrárny z důvodu selhání zařízení. Personál je nadměrně ozářen</li> <li>• Všechny poruchy, při kterých by další selhání bezpečnostních systémů (zůstávají poslední bezpečnostní zábrany) mohlo vést k havárii</li> </ul>	Bohunice A <sub>1</sub>
2	<b>PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Významná kontaminace, nadměrné ozáření zaměstnanců</li> <li>• Technické poruchy nebo odchylky, které neovlivňují bezpečnost elektrárny přímo, ale mohou vést k následnému přehodnocení bezpečnostních opatření</li> </ul>	Saint Laurent Mihama
1	<b>ODCHYLKA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkční nebo provozní odchylky od povolených limitů. Nepředstavují riziko, ale odhalují nedostatky bezpečnostních opatření. Mohou být způsobeny selháním zařízení nebo chybou obsluhy</li> </ul>	
0	<b>UDÁLOST POD STUPNICÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situace, při kterých nejsou překročeny provozní limity a podmínky a které jsou bezpečně zvládnuty vhodnými postupy</li> </ul>	

### PRACOVNÍ LIST č. 3

1) Došlo k jaderné havárii. Spojte jednotlivé bubliny s číslem tak, aby to odpovídalo správnému pořadí, ve kterém jsou vyhlašována a podle nichž budete v takové situaci postupovat.



2) Vysvětlete pojem jodová profylaxe:

*prevence*

.....

.....

.....

.....

3) Podtrhněte všechny věci, které patří do evakuačního zavazadla:

fotoaparát osobní doklady mobilní telefon léky deštník penize šperky  
pláštěnka žehlička spací pytel přenosné rádio s náhradními bateriemi nůž  
osobní hygiena baterka počítač přezůvky náhradní oblečení kniha šití

4) Jak velká je zóna havarijního plánování pro jadernou elektrárnu Temelín?

*13 km od reaktoru, 5 km - to, co se evakuuje.....*

## PRACOVNÍ LIST č. 1a

Od roku 1991 existuje mezinárodní stupnice INES pro hodnocení jaderných událostí (nehod). Zavedla jí Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA) ve spolupráci s Organizací pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD). Tato stupnice slouží především k rychlému a srozumitelnému informování veřejnosti o závažnosti nehod. Má 7 stupňů, přičemž ten sedmý je nejzávažnější.

Události jsou hodnoceny podle tří hlavních kritérií

- Dopad na životní prostředí
- Dopad na zařízení a prostředí elektrárny
- Míra (hloubka) narušení ochrany zařízení

**1) Přečtete si následující příklady havárií, které postihly jaderné elektrárny. Na pracovním listu č. 1b máte tabulku, kde je uvedena mezinárodní stupnice pro hodnocení jaderných událostí. Vaším úkolem je každou zde popsanou havárii přiřadit ke správnému stupni v tabulce.**

- **Černobyl (SSSR, 1986)** – Dne 26. dubna 1986 mohutné výbuchy zničily čtvrtý blok jaderné elektrárny Černobyl. Exploze vodou chlazeného grafitového reaktoru RBMK o tepelném výkonu 3200 MW (elektrický výkon 950 MW) způsobil nekontrolovatelný rozběh štěpné reakce v uranovém palivu. Byl to následek hrubých zásahů do systému ochrany reaktoru, kterých se dopustila obsluha reaktoru. Významnou roli také sehrála fyzikálně nestabilní projekt aktivní zóny reaktoru RBMK. Katastrofa si bezprostředně vyžádala 31 mrtvých (pracovníci elektrárny a hasiči, kteří likvidovali požár), 237 lidí bylo postiženo akutní nemocí z ozáření různého stupně, velkými dávkami záření bylo zasaženo několik tisíc pracovníků, kteří se podíleli na likvidaci následků havárie. Z oblasti o poloměru 30 km od zničeného bloku bylo trvale evakuováno více než 135 000 obyvatel, tisíce čtverečních kilometrů půdy zůstává zamořeno.
- **Mihama (Japonsko, 1991)** – Japonská jaderná elektrárna Mihama 2 je vybavena tlakovodním reaktorem. Poruchu, která se stala 9. února 1991, způsobila prasklá trubka v parním generátoru. Vzhledem k následnému nepřijatelnému poklesu tlaku se reaktor automaticky odstavil a zapůsobila havarijní čerpadla. Trhlinou velikosti 2 cm<sup>2</sup> proniklo asi 20 tun radioaktivního chladiva na sekundární stranu parního generátoru a zamořilo čistou vodu druhého okruhu. Nehoda byla v každém okamžiku plně pod kontrolou, havarijní systémy reagovaly podle projektu. Únik radioaktivity z elektrárny, kterému se při poruše tohoto typu nedá zabránit, se skládal především z biologicky nevýznamných radioaktivních vzácných plynů. Jejich množství bylo hluboko pod limitem povolených ročních výpustí.
- **Jaslovské Bohunice A1 (Československo, 1977)** – První československá jaderná elektrárna s reaktorem A1 byla poprvé připojena k síti koncem roku 1972. Dne 22. února 1977 došlo k havárii. Při výměně palivových článků byl do reaktoru omylem zaveden jeden ucpaný silikagelem (ten zabraňoval zvlhnutí palivového článku při jeho skladování a měl být před zavedením odstraněn). Ucpaným palivovým článkem nemohl protékat chladicí plyn a téměř nechlazené palivo se začalo tavit. Vysoká teplota zapříčinila poškození nádoby s těžkou vodou. Ta se dostala do primárního okruhu a způsobila rychlou erozi a poškození jedné čtvrtiny z 571 palivových článků v reaktoru. Z paliva se uvolnilo velké množství radioaktivních látek, které zamořily primární a částečně i sekundární okruh. Všechny radioaktivní látky však zůstaly uvnitř zařízení elektrárny, do okolí neproniklo nic. Nikdo

## PRACOVNÍ LIST č. 1b

z obsluhy nebyl zraněn ani ohrožen. Obyvatelstvo neutrpělo žádnou újmu. Havárie zanechala velké následky na zařízení elektrárny.

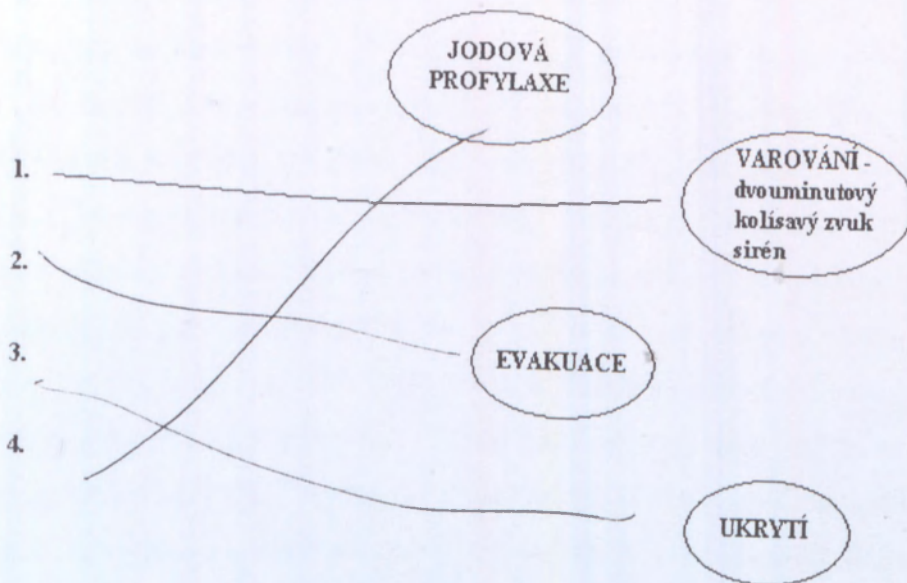
- **Three Mile Island (USA, 1979)** – Blok Three Mile Island 2 s tlakovodním reaktorem byl necelý rok starý, když ho 28.3. 1979 postihla havárie. Vše zahájil výpadek dodávky vody do jednoho ze dvou parogenerátorů elektrárny. Po havarijním odstavení reaktoru začal pomalý únik chladicí vody z primárního chladicího okruhu. Příčinou byl zaseknutý ventil na zařízení, které reguluje tlak v tomto okruhu. Únik chladiva nebyl včas rozpoznán a došlo k tavení aktivní zóny. Únik radioaktivních látek mimo elektrárnu byl omezený, ale havárie měla velký dopad na elektrárnu (rozsáhlé tavení paliva, silně zamořené prostory ochranné obálky). Tato událost elektrárnu natrvalo vyřadila z provozu.
- **Saint Laurent (Francie, 1980)** - Havárie plynem chlazeného grafitového reaktoru v jaderné elektrárně Saint Laurent A2 v roce 1980 způsobila částečné poškození aktivní zóny reaktoru (roztavil se palivový článek poté, co se zablokovalo chlazení jednoho palivového kanálu). Mimo elektrárnu neunikla žádná radioaktivita. Při havárii nebyl nikdo zraněn. Elektrárna byla opravena a dodnes je v provozu.

PRACOVNÍ LIST č. 2

	<i>Stupeň havárie</i>	<i>Co se při havárii děje</i>	<i>Přihrad' příklad</i>
7	<b>VELKÁ HAVÁRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unik velké množství radioaktivních látek z aktivní zóny reaktoru mimo elektrárnu</li> <li>• Okamžité zdravotní následky, pozdní zdravotní následky, které se objevují na velkém území přesahující plochu elektrárny</li> <li>• Dlouhodobé následky pro životní prostředí</li> </ul>	Černobyl
6	<b>ZÁVAŽNÁ HAVÁRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velký unik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>• K omezení zdravotních následků je nutné úplně použítí opatření místních havarijních plánů</li> </ul>	Mihajlov
5	<b>HAVÁRIE S ÚČINKY NA OKOLÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>• Částečně zavedení opatření podle místních havarijních plánů (např. evakuace, ukrytí), aby se omezila pravděpodobnost zdravotních následků</li> <li>• Velká část aktivní zóny (paliva) je poškozena tavením nebo mechanicky</li> </ul>	Mihajlov
4	<b>HAVÁRIE S ÚČINKY V JADERNÉM ZAŘÍZENÍ</b>  (bez významného rizika pro okolí)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malé uvolnění radioaktivních látek do okolí</li> <li>• Ozáření obyvatelstva je v rámci povolených limitů</li> <li>• Významné poškození aktivní zóny reaktoru a radiačních bariér,</li> <li>• Ozáření pracovníků elektrárny může vést k okamžitým zdravotním následkům (i smrtelné ozáření zaměstnanců)</li> <li>• Havarijní opatření mimo elektrárnu nepravděpodobné, s výjimkou kontroly potravy</li> </ul>	Mihajlov
3	<b>VAŽNÁ PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velmi malé úniky radioaktivity mimo elektrárnu nad povolené limity. Vně elektrárny nejsou nutná žádná opatření</li> <li>• Vysoké úrovně radioaktivity uvnitř elektrárny z důvodu selhání zařízení. Personál je nadměrně ozářen</li> <li>• Všechny poruchy, při kterých by další selhání bezpečnostních systémů (zbývají poslední bezpečnostní zábrany) mohlo vést k havárii</li> </ul>	Three Mile Island Bohunic
2	<b>PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Významná kontaminace, nadměrné ozáření zaměstnanců</li> <li>• Technické poruchy nebo odchylky, které neovlivňují bezpečnost elektrárny přímo, ale mohou vést k následnému přehodnocení bezpečnostních opatření</li> </ul>	
1	<b>ODCHYLKA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkční nebo provozní odchylky od povolených limitů. Neředstavují riziko, ale odhalují nedostatky bezpečnostních opatření. Mohou být způsobeny selháním zařízení nebo chybou obsluhy</li> </ul>	Saint Laurent
0	<b>UDALOST POD STUPNICÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situace, při kterých nejsou překročeny provozní limity a podmínky a které jsou bezpečně zvládnuty vhodnými postupy</li> </ul>	

## PRACOVNÍ LIST č. 3

1) Došlo k jaderné havárii. Spojte jednotlivé bubliny s číslem tak, aby to odpovídalo správnému pořadí, ve kterém jsou vyhlášována a podle nichž budete v takové situaci postupovat.



2) Vysvětlete pojem jodová profylaxe:

*Braní jodu, který zabývá vzhledem  
nad. než jodů a k.*

3) Podtrhněte všechny věci, které patří do evakuačního zavazadla:

fotoaparát (osobní doklady) mobilní telefon léky deštník peníze šperky  
pláštěnka žehlička spací pytel přenosné rádio s náhradními bateriemi nůž  
osobní hygiena baterka počítač přezůvky náhradní oblečení kniha šití

4) Jak velká je zona havarijního plánování pro jadernou elektrárnu Temelín?

*138 km*



### PŘÍLOHA 3

#### Správné řešení všech pracovních listů, které jsou v této diplomové práci uvedeny.

1) Jak v průběhu dějin, je možná představa svět před půl miliónem roků, potměm a sá  
středověkem. To znamená, že dvacet tisíc generací lidí nikdy nevidel denní světlo.  
Teprve asi před sto tisíci lety se lidé naučili svět zapalovat. Ale teprve v roce 1769 získal  
James Watt první věhlasný patent č. 413 na vynález spotřebiče paliva v „ohřevných  
nádích“. Za dvacet tisíc generací pouze dvě procenta lidí využilo energii získanou  
teplem z jiného zdroje, schopným převést tepelnou energii na mechanickou. V průběhu  
průmyslové revoluce a natož před ní došlo k změně dostatek energie svět i člověka. Zásoby  
uhlí, ropy a zemního plynu ale vytekají jen na horizont, který je již v úhelníku. Nelze proto  
následující dvě desetiletí předvídat. Kde využije dostupná číselná energie?

Vynález parního stroje Ingénieurem Wattem i jeho příslušníci otevřel cestu k nové  
era průmyslové revoluce. Farní stroj, parní váha, parní turbíny, spalovací motory a plynové  
turbíny daly část lidstva řídit v průběhu své existence. V průběhu této doby se  
která umělecká díla v architektuře, umění, literatuře, hudbě a v technice používají  
v průběhu času se do značné míry ovlivnila vědecký výzkum, objevy a sociální změny  
člověka. V mládí dynastie české královny Marie Terezie v roce 1786 umožnil  
převést dřevěné stroje na výrobu parníky, což byl první krok přetáhnout na své  
činnosti stavět na řízení slunečního světla, pomocí energie získané z této výměny a  
základní vědecké metody fyziky a chemie. Tento proces se začal rozvíjet v průběhu  
Dostupná energie prodloužila dobu života, zvýšila úroveň života, zlepšila životní  
standardy a pomohla přeměnit výzkum v aplikaci. V průběhu této revoluce pokračoval  
Průmysl energie umožnil explozivní vývoj vědy, techniky a průmyslu. (Obrázek 3012)

- 1) Obrázek 3012: Vlastní řešení, při kterém se lidé naučili zapalovat světlo.  
a) kuchal b) topil c) ohřívá d) žil e) žil f) topil g) ohřívá h) žil i) topil j) ohřívá  
pouze d) f) h) j) k) l) m) n) o) p) q) r) s) t) u) v) w) x) y) z) aa) ab) ac) ad) ae) af) ag) ah) ai) aj) ak) al) am) an) ao) ap) aq) ar) as) at) au) av) aw) ax) ay) az) ba) bb) bc) bd) be) bf) bg) bh) bi) bj) bk) bl) bm) bn) bo) bp) bq) br) bs) bt) bu) bv) bw) bx) by) bz) ca) cb) cc) cd) ce) cf) cg) ch) ci) cj) ck) cl) cm) cn) co) cp) cq) cr) cs) ct) cu) cv) cw) cx) cy) cz) da) db) dc) dd) de) df) dg) dh) di) dj) dk) dl) dm) dn) do) dp) dq) dr) ds) dt) du) dv) dw) dx) dy) dz) ea) eb) ec) ed) ee) ef) eg) eh) ei) ej) ek) el) em) en) eo) ep) eq) er) es) et) eu) ev) ew) ex) ey) ez) fa) fb) fc) fd) fe) ff) fg) fh) fi) fj) fk) fl) fm) fn) fo) fp) fq) fr) fs) ft) fu) fv) fw) fx) fy) fz) ga) gb) gc) gd) ge) gf) gg) gh) gi) gj) gk) gl) gm) gn) go) gp) gq) gr) gs) gt) gu) gv) gw) gx) gy) gz) ha) hb) hc) hd) he) hf) hg) hh) hi) hj) hk) hl) hm) hn) ho) hp) hq) hr) hs) ht) hu) hv) hw) hx) hy) hz) ia) ib) ic) id) ie) if) ig) ih) ii) ij) ik) il) im) in) io) ip) iq) ir) is) it) iu) iv) iw) ix) iy) iz) ja) jb) jc) jd) je) jf) jg) jh) ji) jj) jk) jl) jm) jn) jo) jp) jq) jr) js) jt) ju) jv) jw) jx) jy) jz) ka) kb) kc) kd) ke) kf) kg) kh) ki) kj) kl) km) kn) ko) kp) kq) kr) ks) kt) ku) kv) kw) kx) ky) kz) la) lb) lc) ld) le) lf) lg) lh) li) lj) lk) ll) lm) ln) lo) lp) lq) lr) ls) lt) lu) lv) lw) lx) ly) lz) ma) mb) mc) md) me) mf) mg) mh) mi) mj) mk) ml) mm) mn) mo) mp) mq) mr) ms) mt) mu) mv) mw) mx) my) mz) na) nb) nc) nd) ne) nf) ng) nh) ni) nj) nk) nl) nm) nn) no) np) nq) nr) ns) nt) nu) nv) nw) nx) ny) nz) oa) ob) oc) od) oe) of) og) oh) oi) oj) ok) ol) om) on) oo) op) oq) or) os) ot) ou) ov) ow) ox) oy) oz) pa) pb) pc) pd) pe) pf) pg) ph) pi) pj) pk) pl) pm) pn) po) pp) pq) pr) ps) pt) pu) pv) pw) px) py) pz) qa) qb) qc) qd) qe) qf) qg) qh) qi) qj) qk) ql) qm) qn) qo) qp) qq) qr) qs) qt) qu) qv) qw) qx) qy) qz) ra) rb) rc) rd) re) rf) rg) rh) ri) rj) rk) rl) rm) rn) ro) rp) rq) rr) rs) rt) ru) rv) rw) rx) ry) rz) sa) sb) sc) sd) se) sf) sg) sh) si) sj) sk) sl) sm) sn) so) sp) sq) sr) ss) st) su) sv) sw) sx) sy) sz) ta) tb) tc) td) te) tf) tg) th) ti) tj) tk) tl) tm) tn) to) tp) tq) tr) ts) tu) tv) tw) tx) ty) tz) ua) ub) uc) ud) ue) uf) ug) uh) ui) uj) uk) ul) um) un) uo) up) uq) ur) us) ut) uu) uv) uw) ux) uy) uz) va) vb) vc) vd) ve) vf) vg) vh) vi) vj) vk) vl) vm) vn) vo) vp) vq) vr) vs) vt) vu) vv) vw) vx) vy) vz) wa) wb) wc) wd) we) wf) wg) wh) wi) wj) wk) wl) wm) wn) wo) wp) wq) wr) ws) wt) wu) wv) ww) wx) wy) wz) xa) xb) xc) xd) xe) xf) xg) xh) xi) xj) xk) xl) xm) xn) xo) xp) xq) xr) xs) xt) xu) xv) xw) xx) xy) xz) ya) yb) yc) yd) ye) yf) yg) yh) yi) yj) yk) yl) ym) yn) yo) yp) yq) yr) ys) yt) yu) yv) yw) yx) yy) yz) za) zb) zc) zd) ze) zf) zg) zh) zi) zj) zk) zl) zm) zn) zo) zp) zq) zr) zs) zt) zu) zv) zw) zx) zy) zz)

- 2) Otázky k obrázku 3012:  
1. Kde vidíte světlo? (vzhledem k tomu, že světlo je vidět jako bílá tečka)  
2. Učíte si světlo? (ne, světlo je vidět jako bílá tečka)  
3. Vědíte, jak světlo vzniká? (ne, světlo je vidět jako bílá tečka)

## PRACOVNÍ LIST č. 1

### ENERGETICKÁ MINULOST A VIZE BUDOUCNOSTI

Již v prehistorické době, možná ještě dříve než před půl milionem roků, poznali naši předkové oheň. To znamená, že dvacet tisíc generací lidí mohlo užívat dobrodiní ohně. Teprve asi před sto tisíci lety se lidé naučili oheň rozněcovat. Ale teprve v roce 1769 získal James Watt svůj věhlasný patent č. 913 na zmenšení spotřeby páry a paliva v „ohňových strojích“. Ze dvaceti tisíc generací pouze devět posledních využívá energii získanou tepelným strojem, schopným přeměnit tepelnou energii na mechanickou. V průběhu průmyslové revoluce a následně až dodnes změnil dostatek energie svět i člověka. Zásoby uhlí, ropy a zemního plynu ale vystačí jen na horizont, který je již v dohledu. Nebude proto následujících devět generací posledních, které využijí dobrodiní dostatku energie?

Vynález parního stroje Jamesem Watterem i jeho předchůdci otevřel dostatkem energie cestu průmyslové revoluci. Parní stroje, později parní turbíny, spalovací motory a plynové turbíny daly části lidstva žijící v průmyslově se rozvíjejících oblastech mohutnou sílu, která umožnila nejprve mechanizaci, rozvoj těžby surovin, strojního i textilního průmyslu a v průběhu času až do dneška ovlivnila všechny výrobní, dopravní i sociální činnosti člověka. Vynález dynamoelektrického stroje Wernerem Siemensem v roce 1886 umožnil přenést okamžitě energii od výrobců prakticky kamkoliv. Člověk přestal být ve své činnosti závislý na délce slunečního svitu, pomocí energie znásobil svoji výkonnost a získal možnost snadno, stále rychleji a poměrně levně cestovat a dopravovat výrobky. Dostatek energie prodloužil dobu života, zvýšil úroveň školství, zdravotnictví, životní standard a posunul průmyslový potenciál v rozsahu zcela neznámém předchozí generacím. Přebytek energie umožnil explozivní rozvoj vědy i techniky a změnil svět. (Otčenášek 2002)

**1) Označte všechna povolání, při kterých se musí využívat elektrická energie.**

- a) kuchař b) fotograf c) učitel d) řidič tramvaje e) právník f) dělník na stavbě  
g) policie h) řidič auta i) atlet j) doktor k) architekt l) malíř m) sekretářka

**2) Otázky k zamyšlení**

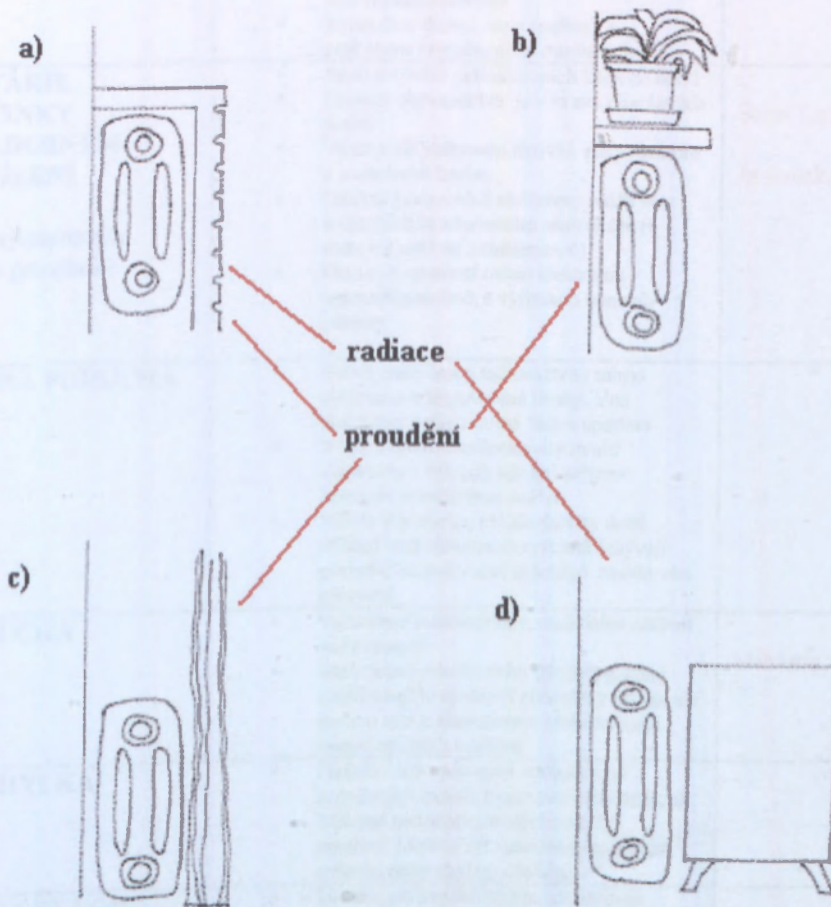
1. Kde všude je dnes energie potřebná?
2. Umíte si život bez energie vůbec představit?
3. Ve které části článku autor naznačuje, že je potřeba s energií šetřit? **Poslední dvě věty prvního odstavce.**

## PRACOVNÍ LIST č. 2

### TOPENÍ TOPÍ A VÁM JE STÁLE ZIMA?

Abychom měli doma teplo, potřebujeme ohřát vzduch v prostoru, který obýváme. K tomu používáme nejrůznější zařízení (kamna, různé druhy radiátorů). Rozeznáváme 3 druhy přenosu tepla – vedení (kov vede teplo nejlépe), proudění (vzduch stoupá vzhůru, ohřívá, stáčí se dolů), radiace nebo-li záření (v blízkosti zdroje můžeme cítit jak teplo sálá).

1) Na každém obrázku máte radiátor a překážku, která brání buď radiaci (tepelné záření) nebo tepelné proudění nebo obojímu. Vaším úkolem je spojovací čarou správně přiřadit kterému typu přenosu tepla je bráněno.



Na kterém z obrázků dochází k největšímu plýtvání?

.....na obrázku A.....

2) Napadne vás nějaká překážka, která sice brání teplu v sálání do místnosti, ale jinak je velmi prospěšná pro naše zdraví?

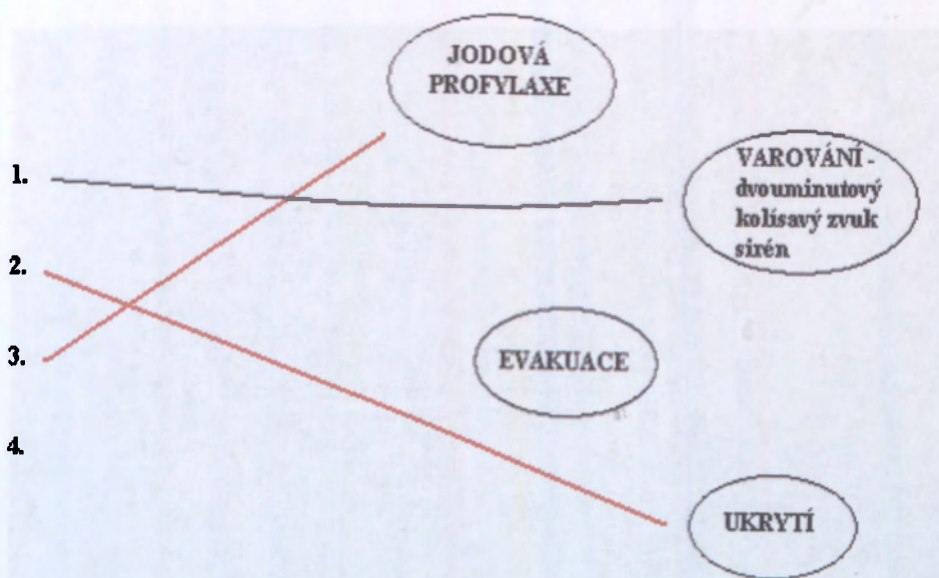
.....odpařovač vody.....

## PRACOVNÍ LIST č. 2

Stupeň havárie		Co se při havárii děje	Příhad' příklad
7	<b>VELKÁ HAVÁRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unik velkého množství radioaktivních látek z aktivní zóny reaktoru mimo elektrárnu</li> <li>▪ Okamžité zdravotní následky, pozdní zdravotní následky, které se objevují na velkém území přesahující plochu elektrárny</li> <li>▪ Dlouhodobé následky pro životní prostředí</li> </ul>	Černobyl
6	<b>ZÁVAŽNÁ HAVÁRIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velký únik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>▪ K omezení zdravotních následků je nutné úplné použití opatření místních havarijních plánů</li> </ul>	
5	<b>HAVÁRIE S ÚČINKY NA OKOLÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unik radioaktivity mimo elektrárnu</li> <li>▪ Částečné zavedení opatření podle místních havarijních plánů (např. evakuace, ukrytí), aby se omezila pravděpodobnost zdravotních následků</li> <li>▪ Velká část aktivní zóny (paliva) je poškozena tavením nebo mechanicky</li> </ul>	Three Mile Island
4	<b>HAVÁRIE S ÚČINKY V JADERNÉM ZAŘÍZENÍ</b>  (bez významného rizika pro okolí)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Malé uvolnění radioaktivních látek do okolí</li> <li>▪ Ozáření obyvatelstva je v rámci povolených limitů</li> <li>▪ Významné poškození aktivní zóny reaktoru a radiačních bariér,</li> <li>▪ Ozáření pracovníků elektrárny může vést k okamžitým zdravotním následkům (i smrtelné ozáření zaměstnanců)</li> <li>▪ Havarijní opatření mimo elektrárnu nepravděpodobné, s výjimkou kontroly potravy</li> </ul>	Saint Laurent  Jaslovské Bohunice
3	<b>VÁŽNÁ PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velmi malé úniky radioaktivity mimo elektrárnu nad povolené limity. Vně elektrárny nejsou nutná žádná opatření</li> <li>▪ Vysoké úrovně radioaktivity uvnitř elektrárny z důvodů selhání zařízení. Personál je nadměrně ozářen</li> <li>▪ Všechny poruchy, při kterých by další selhání bezpečnostních systémů (zbývají poslední bezpečnostní zábrany) mohlo vést k havárii</li> </ul>	
2	<b>PORUCHA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Významná kontaminace, nadměrné ozáření zaměstnanců</li> <li>▪ Technické poruchy nebo odchylky, které neovlivňují bezpečnost elektrárny přímo, ale mohou vést k následnému přehodnocení bezpečnostních opatření</li> </ul>	Mihama
1	<b>ODCHYLKA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funkční nebo provozní odchylky od povolených limitů. Nepředstavují riziko, ale odhalují nedostatky bezpečnostních opatření. Mohou být způsobeny selháním zařízení nebo chybou obsluhy</li> </ul>	
0	<b>UDÁLOST POD STUPNICÍ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Situace, při kterých nejsou překročeny provozní limity a podmínky a které jsou bezpečně zvládnuty vhodnými postupy</li> </ul>	

### PRACOVNÍ LIST č. 3

1) Došlo k jaderné havárii. Jak se zachováte? Spojte jednotlivé bubliny s číslem tak, aby to odpovídalo správnému pořadí, ve kterém byste měli v takové situaci postupovat.



2) Vysvětlete pojem jodová profylaxe:

.....Zabránění usazení radioaktivního jódu ve štítné žláze tím, že si člověk vezme tabletky neradioaktivního jódu. Ty štítnou žlázu zaplní a radioaktivní jód se nemá kde usadit.....

3) Podtrhněte všechny věci, které patří do evakuačního zavazadla:

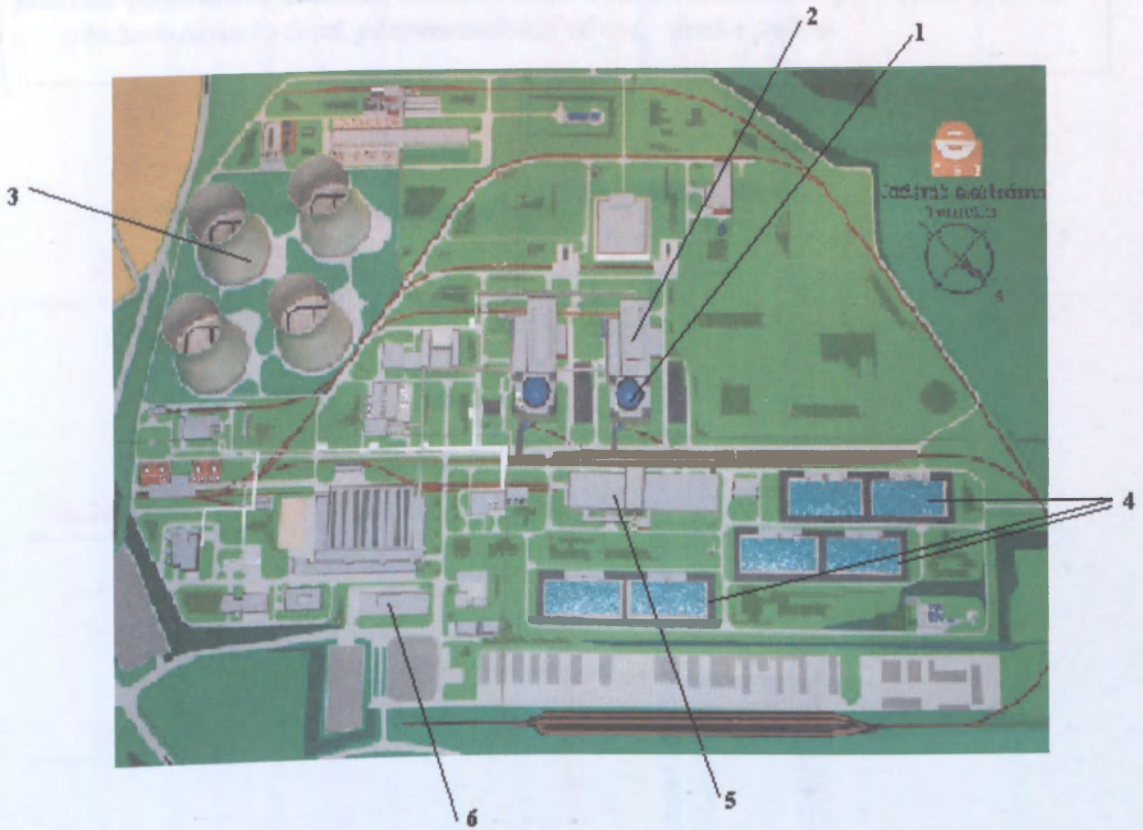
fotoaparát osobní doklady mobilní telefon léky deštník peníze šperky  
pláštěnka žehlička spací pytel přenosné rádio s náhradními bateriemi nůž  
osobní hygiena baterka počítač přezůvky náhradní oblečení kniha šití

4) Jak velká je zóna havarijního plánování pro jadernou elektrárnu Temelín?

.....13 kilometrů.....

## Pracovní list A

1) Doplňte k číslům názvy hlavních objektů Jaderné elektrárny Temelín.



- 1...budova reaktoru.....
- 2...strojovna.....
- 3...chladicí věž.....
- 4...chladicí nádrže.....
- 5...budova pomocných provozů.....
- 6...administrativní budova.....

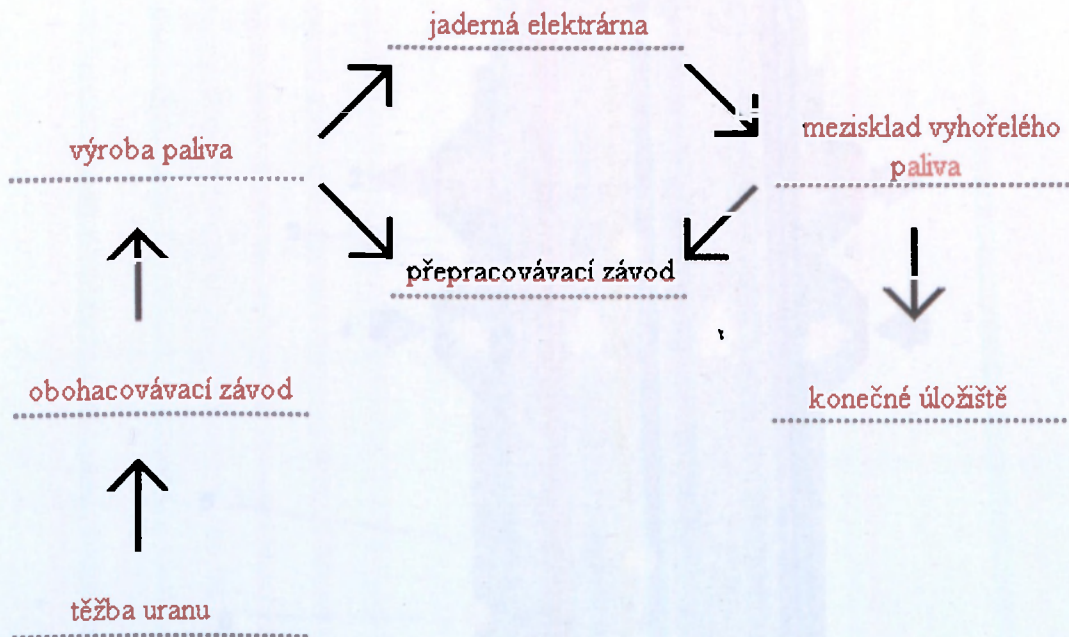
2) Kolik reaktorů se nachází na území České republiky? Zakroužkujte správnou odpověď.

- a) 4
- b) 6
- c) 7
- d) 9

## Pracovní list B

3) Do volných řádků vepište jednotlivé kroky uranového cyklu. Použijte nabídku:

*jaderná elektrárna, konečné úložiště, těžba uranu, mezisklad vyhořelého paliva, obohacovací závod, přepracovávací závod, výroba paliva*



4) Který typ reaktoru je použit v Jaderné elektrárně Temelín?

..... tlakovodní reaktor VVER 1000 typu V 320.....

5) Kolikaletý je cyklus pro zavážení nového paliva? Zakroužkujte správnou odpověď.

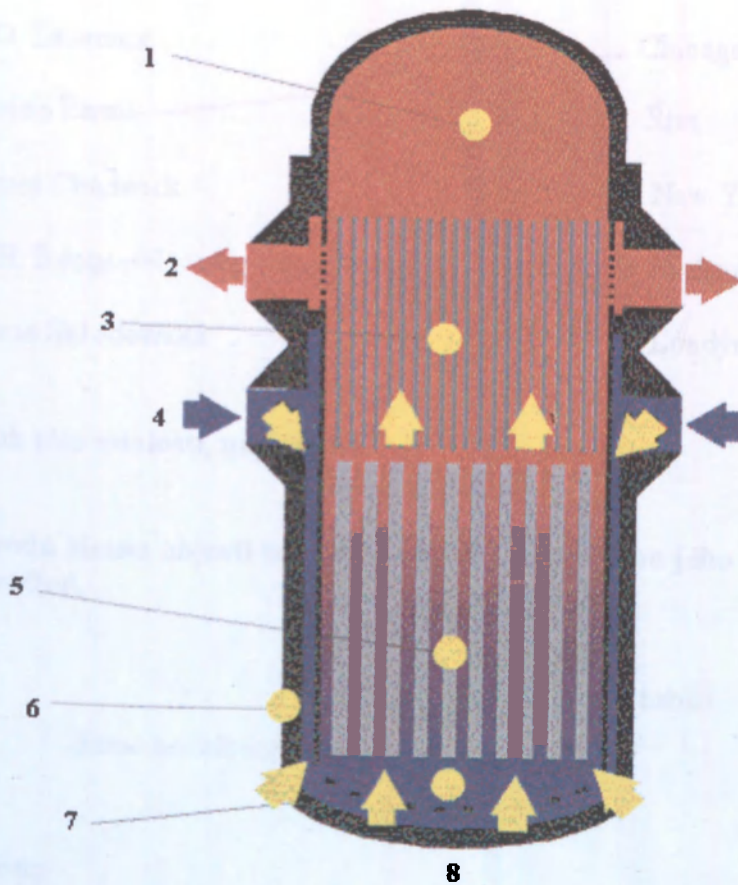
- a) 3letý
- b) 4letý**
- c) 5tiletý

6) Kde se nachází největší jaderná elektrárna na světě? Zakroužkujte správnou odpověď.

- a) Japonsko**
- b) Německo
- c) USA
- d) Indie

## Pracovní list C

7) Doplňte k číslům názvy hlavních součástí tlakovodního reaktoru.



- 1...pohon regulačních a řídicích tyčí.....
- 2...výstup ohřáté vody.....
- 3...blok ochranných trub regulačních a řídicích tyčí.....
- 4...vstup chladné vody.....
- 5...aktivní zóna.....
- 6...tlaková nádoba.....
- 7...šachta aktivní zóny.....
- 8...vstup chladné vody.....

8) Čemu se říká žlutý koláč? Zakroužkujte správnou odpověď'.

- a) koncentrát uranu v chemické sloučenině
- b) aktivní zóna reaktoru
- c) plocha, na které se nachází solární elektrárna
- d) vrt vyplněný sírou, do kterého se ukládá vyhořelé palivo



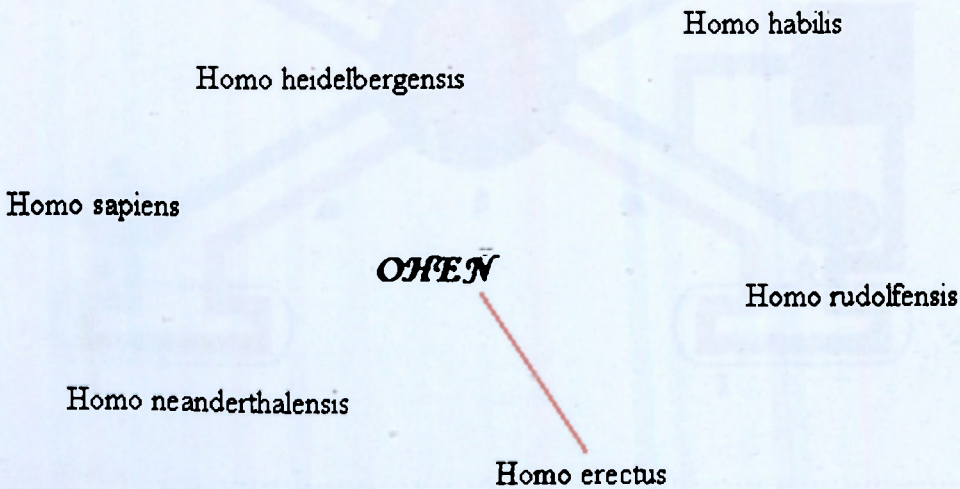
## Pracovní list D

9) Spojte čárou jméno fyzika, který jako první spustil jaderný reaktor, s městem, ve kterém se to odehrálo.

E.O. Lawrence	Chicago
Enrico Fermi	Řím
James Chadwick	New York
A.H. Becquerel	Krakow
Marie Skłodowska	Londýn

Pokud víte rok této události, napište ho. ...1942.....

10) Který druh rodu Homo objevil tajemství ohně? Spojte čárou jeho druhové jméno s ohněm uprostřed.



11) Co znamená slovo **KONDENZACE**? Vysvětlete.

.....zkapalnění páry.....

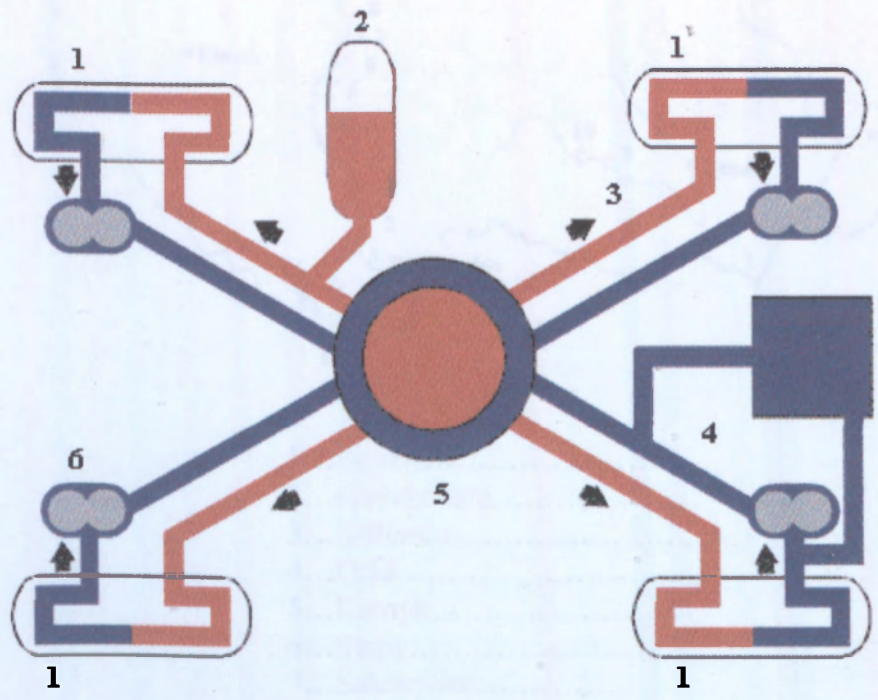
**Pracovní list E**

**12) Z čeho se skládá palivový soubor neboli kazeta?**

...Palivová kazeta je šestiboký hranol, který obsahuje palivové proutky. Ty obsahují palivové tablety.....

**13) Doplňte k číslům názvy hlavních součástí primárního okruhu Jaderné elektrárny Temelín. Použijte nabídku.**

*cirkulační potrubí reaktor parogenerátor hlavní cirkulační čerpadlo  
pomocné systémy kompenzátor objemu*



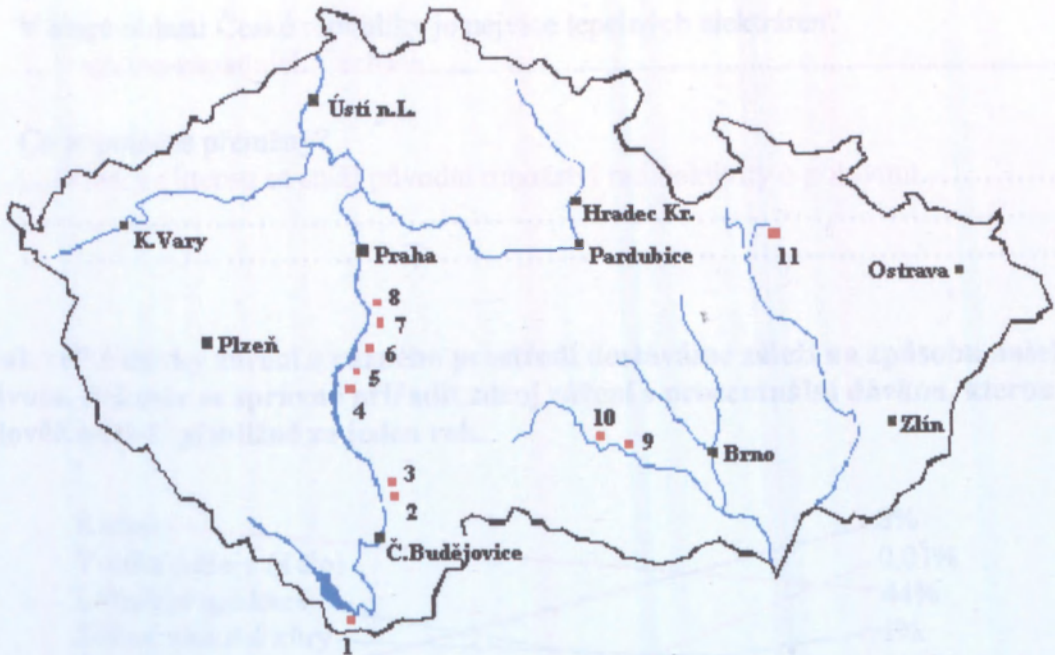
- 1...parogenerátor.....
- 2...kompenzátor objemu.....
- 3...cirkulační potrubí.....
- 4...pomocné systémy.....
- 5...reaktor.....
- 6...hlavní cirkulační čerpadlo.....

**14) Ve světě i u nás se využívají obnovitelné zdroje k výrobě energie. Uveďte některé z nich.**

...energie sluneční, větru, mořských vln a příboje, biomasy, přílivu a odlivu, geotermální...  
.....  
.....

## Pracovní list F

15) Na mapě máte červeně vyznačeno 11 vodních elektráren. Vaším úkolem je všechny správně pojmenovat.



- 1...Lipno.....
- 2...Hněvkovice.....
- 3...Kořensko.....
- 4...Orlík.....
- 5...Kamýk.....
- 6...Slapy.....
- 7...Štěchovice.....
- 8...Vrané.....
- 9...Mohelno.....
- 10...Dalešice.....
- 11...Dlouhé Stráně.....

16) Co je neutron? Vysvětlete.

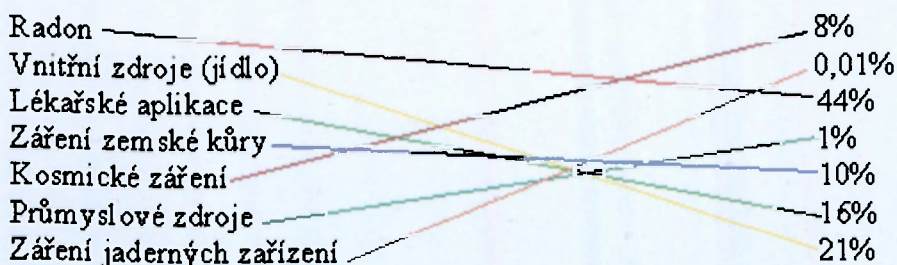
...Je to částice bez elektrického náboje, je neutrální. Neutrony díky svým chemickým vlastnostem dokáží štěpit některé atomy.....  
.....  
.....

## Pracovní list G

### 18) Odpovězte na otázky:

- Který chemický prvek způsobuje rozmanitost života?  
...uhlík.....
- V které oblasti České republiky je nejvíce tepelných elektráren?  
... v severo-západních Čechách.....
- Co je poločas přeměny?  
...Doba, za kterou se sníží původní množství radioaktivity o polovinu.....

### 19) Jak velké dávky záření z různého prostředí dostáváme záleží na způsobu našeho života. Pokuste se správně přiřadit zdroj záření s procentuální dávkou, kterou člověk obdrží přibližně za jeden rok.



### 20) Vzpomeňte si alespoň na čtyři významná světová naleziště uranu. Zaznamenejte dvě lokality v České republice, kde se uran těžil nebo stále těží.

svět	Česká republika
Austrálie, Kazachstán	Jáchymov, Příbram
Kanada, Namibie	
Jihoafrická republika	Stráž pod Ralskem, Dolní Rožinka
Brazílie, USA	

### 21) Jaký je průměr zóny havarijního plánování Jaderné elektrárny Temelín? Zakroužkujte správnou odpověď.

- a) 5 kilometrů
- b) 21 kilometrů
- c) 13 kilometrů
- d) 25 kilometrů

# PŘÍLOHA 4

## Obrazová část



obraz - ČR, s.s.

Výstavba Jaderné elektrárny Temelín - rok 1990



obraz - ČR, s.s.

## Elektrárny patřící akciové společnosti ČEZ



zdroj: ČEZ, a.s.

## Výstavba Jaderné elektrárny Temelín – rok 1990



zdroj: ČEZ, a.s.

## Výstavba Jaderné elektrárny Temelín – rok 1992



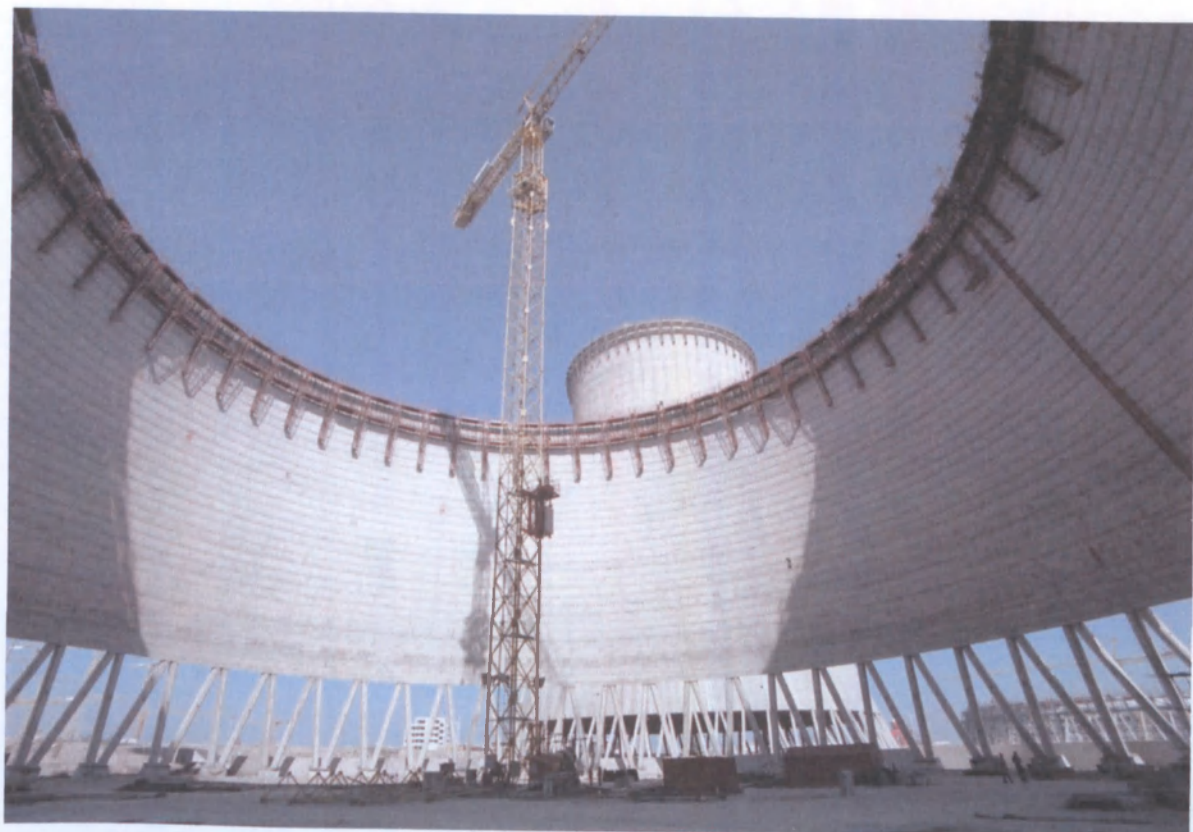
zdroj: CEZ, a.s.

## Výstavba Jaderné elektrárny Temelín – rok 1992



zdroj: ČEZ, a.s.

## Výstavba Jaderné elektrárny Temelín – rok 1992



zdroj: ČEZ, a.s.

## Výstavba Jaderné elektrárny Temelín – rok 1992



zdroj: ČEZ, a.s.



## Vysoký Hrádek – informační centrum Jaderné elektrárny Temelín



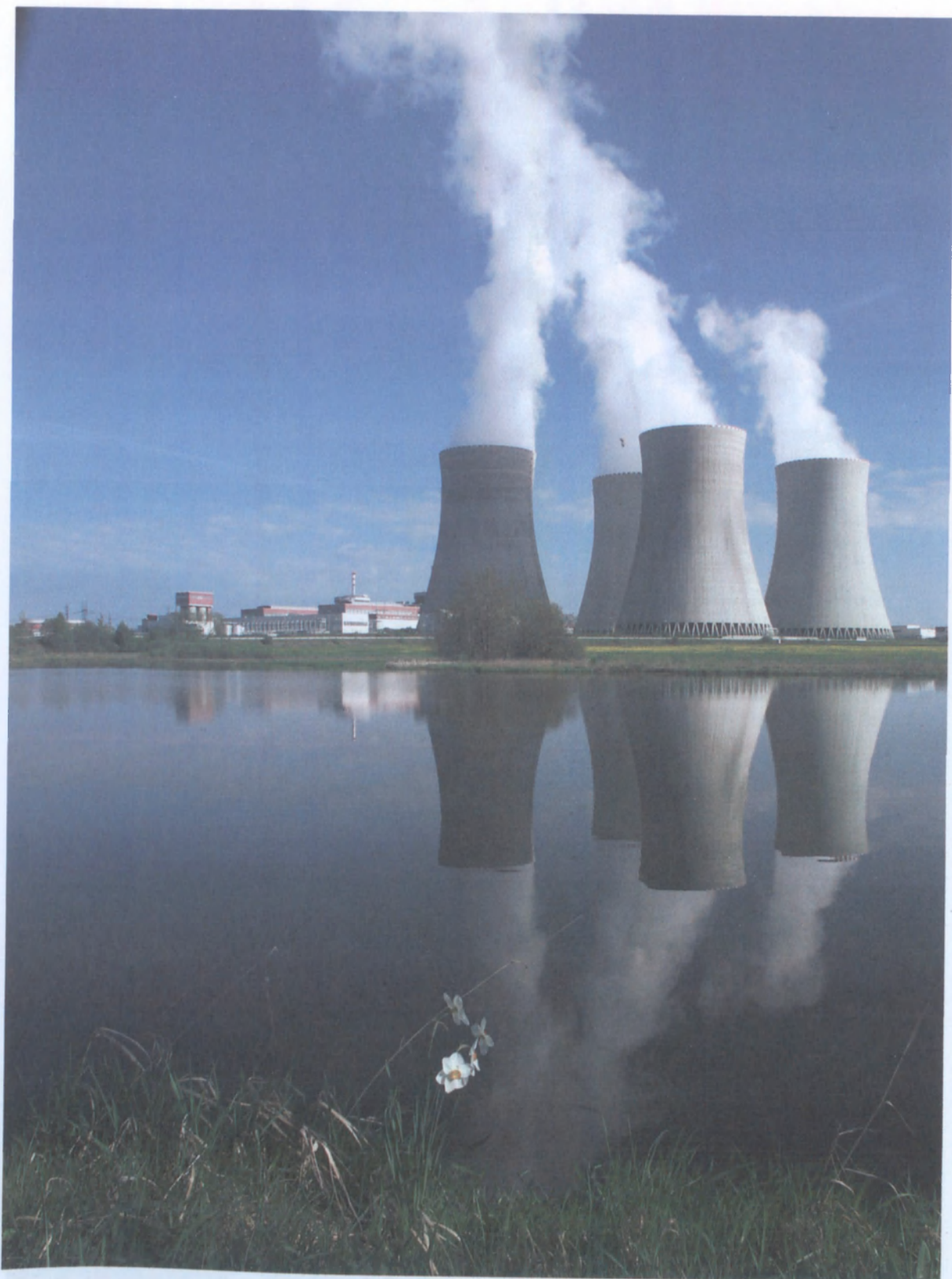
zdroj: ČEZ, a.s.

## Jaderná elektrárna Temelín



zdroj: ČEZ, a.s.

## Jaderná elektrárna Temelín



zdroj: ČEZ, a.s.

## Jaderná elektrárna Temelín



zdroj: CEZ, a.s.

## Jaderná elektrárna Temelín



zdroj: ČEZ, a.s.

## Jaderná elektrárna Temelín



zdroj: ČEZ, a.s.

## Jaderná elektrárna Temelín



zdroj: ČEZ, a.s.

## Jaderná elektrárna Temelín



zdroj: ČEZ, a.s.

## Vodní dílo Hněvkovice



zdroj: ČEZ, a.s.

## Vodní dílo Kořensko



zdroj: ČEZ, a.s.

## Instalace kontrolní kamery Mezinárodní agentury pro atomovou energii v reaktorovém sále Jaderné elektrárny Temelín



zdroj: ČEZ, a.s.

## Jaderná elektrárna Dukovany



zdroj: ČEZ, a.s.

## Přehrada Mohelno u Dukovan



zdroj: CEZ, a.s.