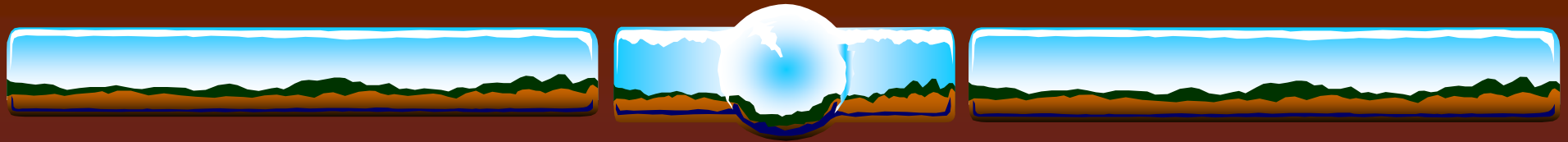


ENERGETYKA JĄDROWA I JEJ WPŁYW NA ŚRODOWISKO



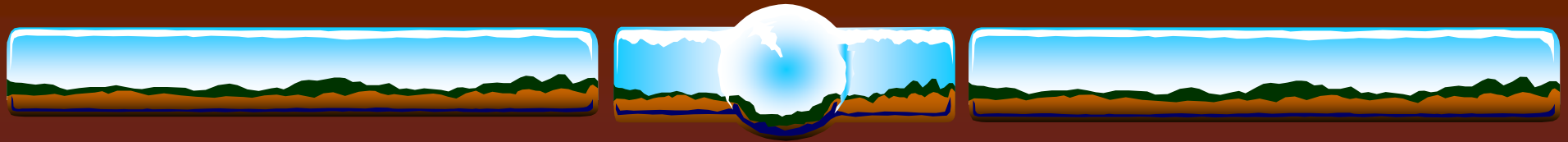
WSTĘP

CO TO JEST ENERGIA JĄDROWA?

Rozpad naturalnych materiałów promieniotwórczych tj. uran i tor przebiega powoli, ale można je przyspieszyć np. przez bombardowanie promieniotwórczego jądra neutronami. Takie reakcje noszą nazwę reakcji łańcuchowych.

Jeśli łańcuch reakcji przebiega w sposób niekontrolowany, następuje wyzwolenie olbrzymiej ilości energii – powstaje bomba atomowa.

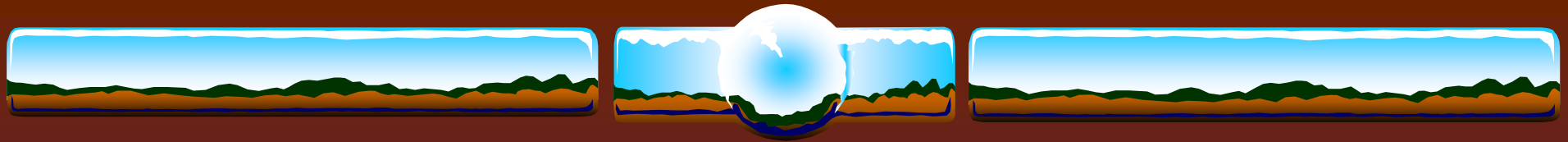
Jeżeli jednak rozszczepienie uranu przebiega w sposób kontrolowany, uwolnioną energię można pozyskiwać i wykorzystywać do produkcji elektryczności.



W tym przypadku do atmosfery nie emitowane są spaliny w tym CO_2 – lecz istnieje promieniowanie.

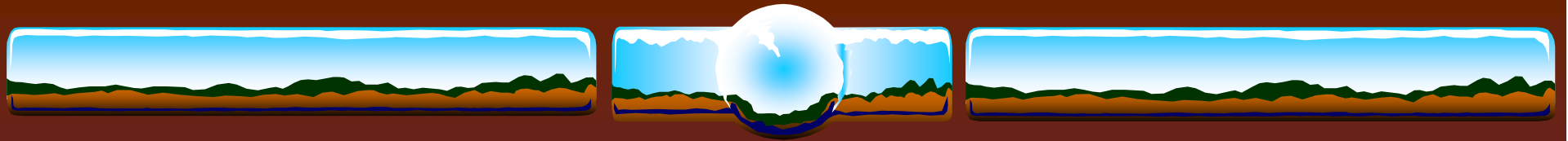
Kontrolowane rozszczepienie uranu do celów energetycznych zachodzi w reaktorze jądrowym

Jednakże zanim wydobyty ze złóż uran stanie się paliwem jądrowym, musi być poddany kosztownym procesom separacji i koncentracji izotopów. Uran wymaga złożonych procesów przerobu zarówno przed jak i po „spaleniu” go w reaktorze. Procesy te noszą nazwę „cyklu paliwa jądrowego” i niestety ale na każdym z etapów cyklu istnieje niebezpieczeństwo dla środowiska.



Historia

- ❖ Pierwszy reaktor dostarczający energię powstał w USA w 1951r.
- ❖ Pierwsza elektrownia jądrowa powstała w 1954 w Obnińsku (ZSRR).
- ❖ W latach siedemdziesiątych zaczęło przybywać gwałtownie bloków energetycznych z reaktorami atomowymi. Na świecie uruchamiano kilkanaście reaktorów rocznie (dla porównania w latach 1990-2004 średnio 5, a 1980-1989 - 22).



Obecnie

- ❖ Na świecie pracuje 443 reaktorów jądrowych
- ❖ Łączna ich moc to 369,6 GW
- ❖ Powstają 23 nowe bloki jądrowe
- ❖ 17% energii na świecie pochodzi z elektrowni jądrowych

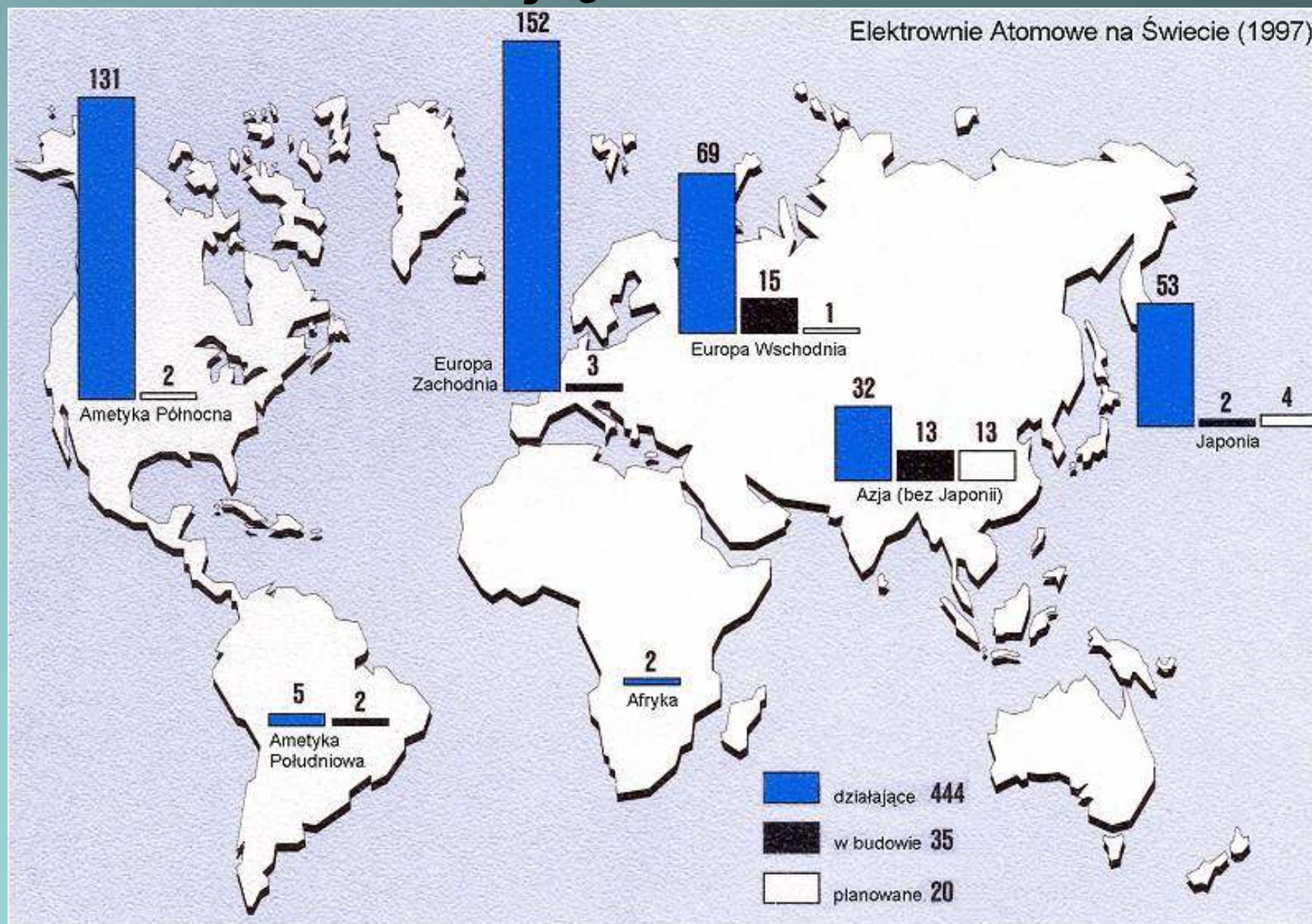
Elektrownie jądrowe w Europie



Kraje o największej ilości reaktorów jądrowych

- USA – 104
- Francja – 59
- Japonia – 54
- Wielka Brytania – 33
 - Rosja – 30
 - Niemcy – 19
 - Ukraina – 13

Elektrownie jądrowe na świecie



Największy udział energii jądrowej

dane z 2002r:

- Litwa – 80%
- Francja – 78%
- Słowacja – 65%
- Belgia – 57%
- Ukraina – 46%
- Szwecja – 46%
- Słowenia - 41%

Tendencje:

Reaktory w budowie:

- Indie – 9
- Rosja – 6
- Chiny - 4
- Japonia – 3
- Ukraina - 2

Plany zamknięcia reaktorów:

- Belgia
- Holandia
- Szwecja
- Niemcy

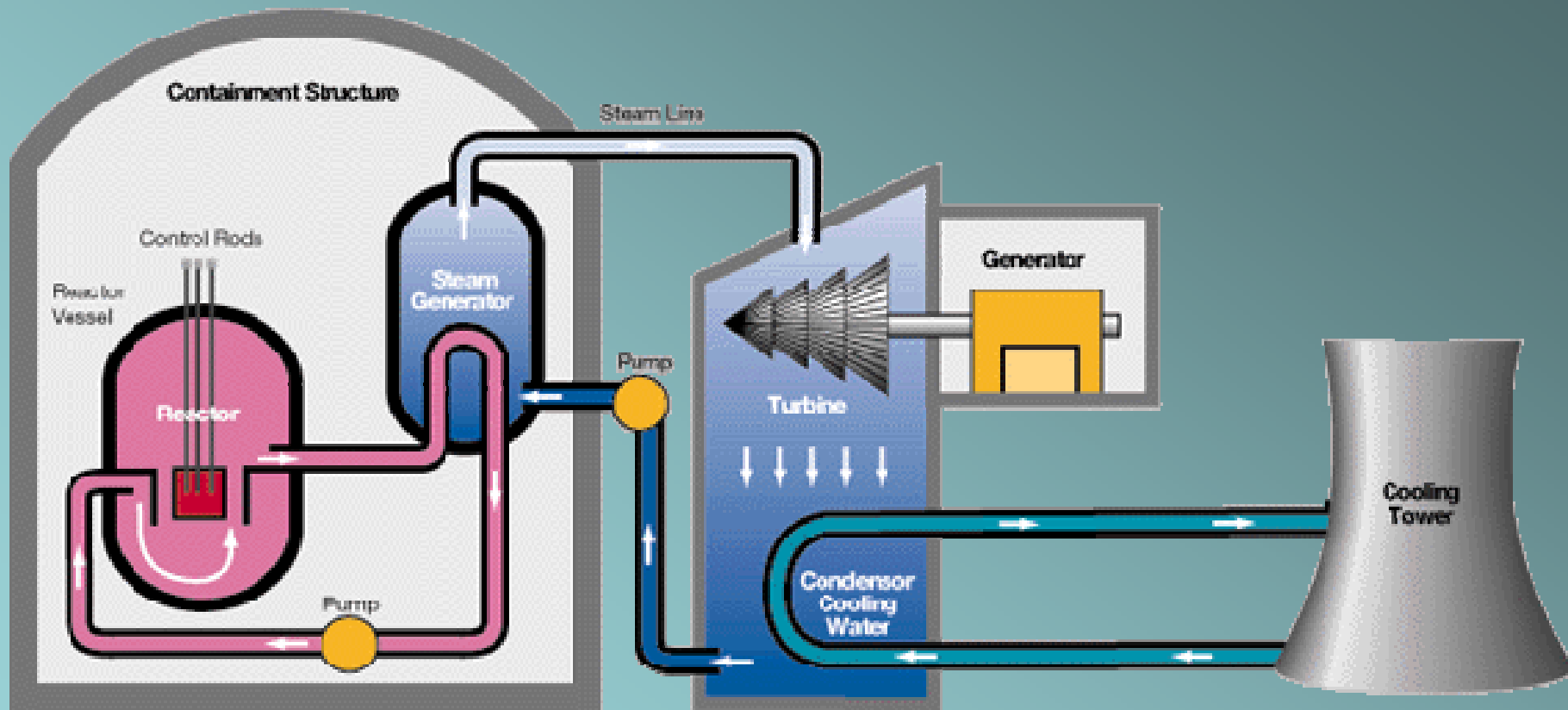
Polska

- Nie posiada elektrowni jądrowej
- W założeniach polityki energetycznej do 2010 roku nie uwzględniono energetyki jądrowej.
- Głównych powodem jest brak akceptacji społecznej oraz sprzeciw organizacji ekologicznych.

Elektrownie jądrowe w sąsiedztwie Polski



Budowa elektrowni jądrowej



Działanie elektrowni jądrowej

- Większość elektrowni jądrowych wyposażona jest w lekko-wodne reaktory.
- Lekko-wodny reaktor składa się z układu z elementów paliwowych i prętów sterujących, z przepływającym przez nie chłodziwem.
- Elementy paliwowe zawierają sprasowane tabletki uranowe, które zamknięte są w prętach paliwowych.

- Jako chłodziwo używa się w reaktorach lekko-wodnych zwykłej wody.
- Chłodziwo przy pomocy pomp cyrkulacyjnych przez elementy paliwowe jest transportowane i tam odbiera energię termiczną wyzwoloną podczas rozszczepienia jąder.

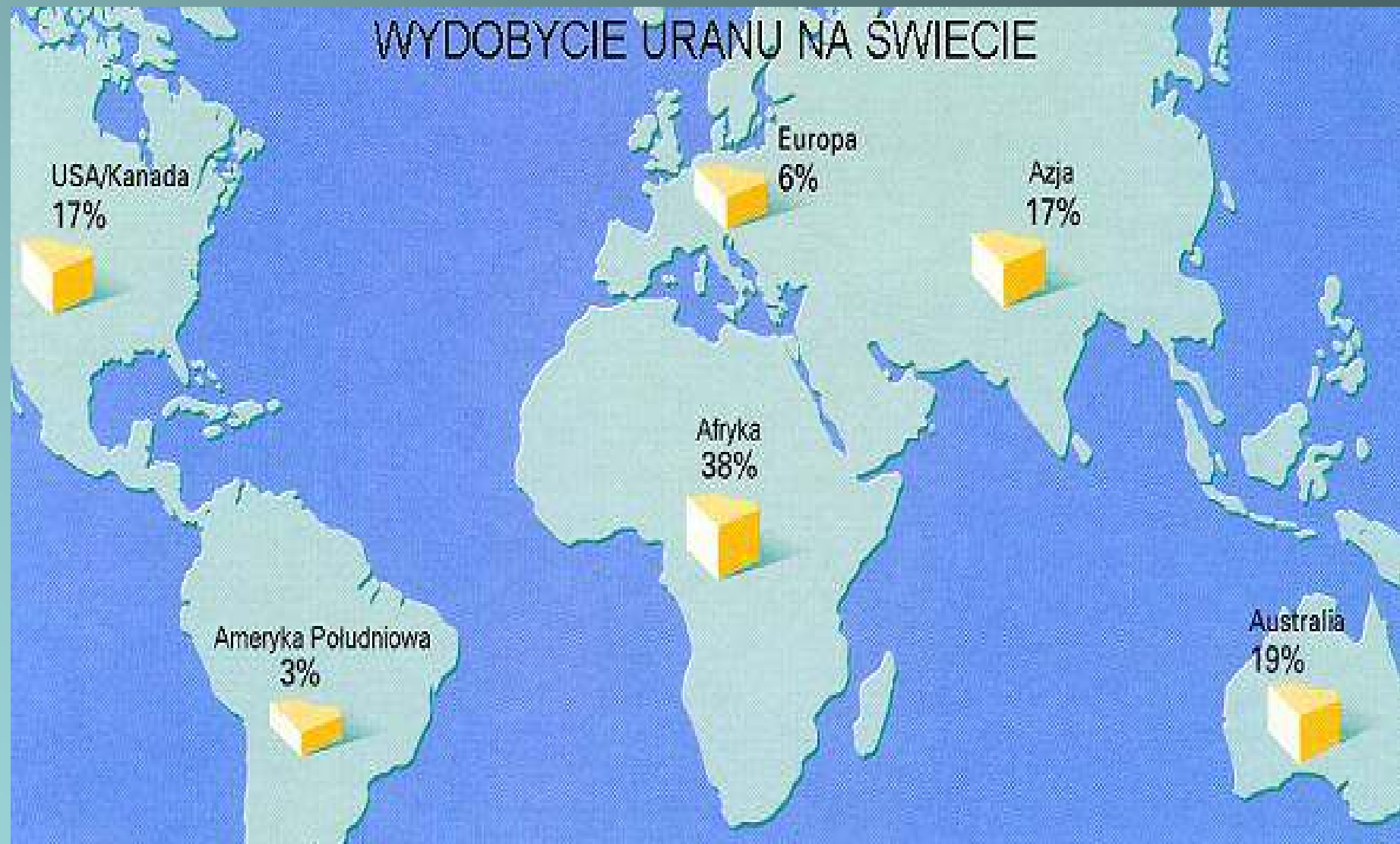
Elektrownia Three Mile Island



Paliwo jądrowe- uran

- Uran jest metalem ciężkim, otrzymywany z rud uranowych.
- Wydobywanie staje się opłacalne, gdy tona rudy zawiera co najmniej kilka kg uranu.
- Aby w reaktorze możliwe było zastosowanie paliwa uranowego, konieczne jest wzbogacenie go w izotopy rozszczepialne z 0,7% do około 3-3,5%.

WYDOBYCIE URANU NA ŚWIECIE



- Największe złoża rud uranu znajdują się w:
 - Kongo (Katanga),
 - Północnej Kanadzie,
 - USA (Utah, Kolorado)
 - Turkiestanie

Największe wydobyćie:

Kanada (13 tys. ton)

Australia (7,2 tys. ton)

Niger (3,1 tys. ton)

Kazachstan (2,8 tys. ton)

Namibia (2,3 tys. ton).

Kopalnia uranu w Kanadzie



Australia



Etapy cyklu paliwowego:

- Wydobywanie rudy uranu
- Wzbogacanie i obróbka uranu
- Budowa elementów paliwowych
- Wytwarzanie energii - reaktor
- Składowanie prętów paliwowych
- Zakłady przerobu paliwa jądrowego
- Transport odpadów promieniotwórczych
- Składowanie odpadów promieniotwórczych

CYKL PALIWA JĄDROWEGO

1. **Wydobywanie.** Eksploatacja złóż uranu metodą górnictwa odkrywkowego lub podziemnego niesie za sobą ogromne zniszczenie środowiska.
2. **Obróbka.** Większość rud uranu zawiera mniej niż 1% U_3O_8 (zawartość uranu w rudach podaje się w przeliczeniu na tlenek uranu), dlatego konieczne jest zastosowanie procesów przeróbki.

Obejmują one:

- rozdrobnienie, kruszenie, mielenie – tu powstają odpady o niskiej promieniotwórczości,
- koncentracje rozdrobnionej rudy,
- ługowanie i ekstrakcję,

Procesy te prowadzą do uzyskania koncentratu – tzw. żółtego ciasta o zawartości 70-90% U_3O_8 .

Jednakże zawartość ^{235}U (jeden izotop uranu podatny na rozszczepienia) nadal wynosi tylko 0,7%.

3. **Wzbogacenie uranu** celu otrzymania paliwa zawierającego w ok. 4% ^{235}U (proces bardzo trudny i kosztowny).
Najczęściej stosuje się metodę dyfuzji gazowej. Polega to na przeprowadzeniu tlenku uranu w gazowy UF_6 .
4. **Budowa prętów paliwowych.** UF_6 jest przeprowadzany w UO_2 i prasowany w kapsułki, które ładuje się w metalowe rury tworzące pręty paliwowe.
5. **Wytwarzanie energii w reaktorze.** Pręty paliwowe ładowane są do rdzenia reaktora, gdzie zostają napromieniowane i przez 3-5 lat są wykorzystywane do produkcji energii.

6. **Składowanie zużytych prętów.** Gdy zawartość materiału rozszczepialnego spada, pręty zostają wyciągnięte i wymienione na nowe.
7. **Przerób paliwa jądrowego.** Zużyte pręty zawierają jeszcze dużą ilość izotopów niebezpiecznych tj. ^{238}U , ^{235}U , ^{241}Am . Są one więc umieszczane w zbiornikach wodnych, gdzie niektóre z izotopów ulegają rozpadowi.
8. **Transport i składowanie.** Po kilku miesiącach pręty są wyjmowane i przekazywane do trwałego zmagazynowania – odpady wysoko promieniotwórcze!!!!

Oprócz tego elektrownia jądrowa podczas eksploatacji wywiera wpływ na środowisko poprzez:

- **wydzielenie produktów promieniotwórczych do atmosfery**
- **wydzielenie produktów promieniotwórczych do wód zrzutowych**
- **wydzielenie ciepła odpadowego do wody chłodzącej.**

DEFINICJA

Odpady promieniotwórcze (radioaktywne) są to wszelkiego rodzaju przedmioty, materiały o różnych stanach skupienia, substancje organiczne i nieorganiczne, nie nadające się do dalszego wykorzystania, a zanieczyszczone objętościowo lub powierzchniowo substancjami promieniotwórczymi w stopniu przekraczającym dopuszczalne ilości (*określone według odpowiednich przepisów*).

ŹRÓDŁA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

Można wyróżnić pięć głównych źródeł pochodzenia odpadów promieniotwórczych (nie licząc zastosowań militarnych energii jądrowej):

1. Kopalnie rud uranu oraz zakłady przerobu tych rud,
2. Produkcja paliwa reaktorowego oraz przerób paliwa wypalonego,
3. Eksploatacja reaktorów energetycznych i badawczych,
4. Likwidacja reaktorów jądrowych,
5. Stosowanie izotopów promieniotwórczych w medycynie, przemyśle, rolnictwie i badaniach naukowych,

W Polsce odpady promieniotwórcze powstają w wyniku stosowania izotopów w medycynie, przemyśle i badaniach naukowych oraz podczas ich wytwarzania.

Odrębną grupę odpadów stanowi zużyte paliwo jądrowe z reaktorów badawczych /EWA, MARIA/.

Ilość powstających odpadów promieniotwórczych jest bardzo mała w porównaniu do ilości odpadów produkowanych przez przemysł chemiczny, czy też powstających w efekcie spalania węgla w elektrowniach lub elektrociepłowniach oraz odpadów komunalnych.

Jednak stanowią one nieporównywalne niebezpieczeństwo dla ludzi i środowiska.

KLASYFIKACJA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

Podstawą klasyfikacji odpadów promieniotwórczych jest ich postać fizyczna, aktywność i czas połowicznego rozpadu (tzn. czas po jakim poziom promieniowania emitowanego przez dany izotop zmniejszy się do połowy wartości pierwotnej).

Stąd też mamy odpady:

- * **stałe, ciekłe, gazowe,**
- * **nisko-, średnio-, i wysoko aktywne,**
- * **krótkożyciowe** – o okresie połowicznego rozpadu nie dłuższym niż 30 lat, **długożyciowe** – które pozostają promieniotwórcze przez setki a nawet tysiące lat,

PRZYKŁADOWE IZOTOPY PROMIENIOTWÓRCZE OBECNE W ODPADACH JĄDROWYCH

IZOTOP	OKR. POŁOWICZNEGO ROZPADU
Rod – 103	57 min
Rod – 106	30 sek
Jod – 129	$1,7 \cdot 10^7$ lat
Jod – 131	8 dni
Cez – 137	33 lata
Ksenon - 133	ok. 5,3 dni

Sposób klasyfikacji odpadów w poszczególnych krajach jest bardzo zróżnicowany.

W Polsce wyróżniamy trzy kategorie odpadów:

I kategoria – odpady beta- i gamma- promieniotwórcze,
do nich należą odpady nisko-, średnio-, i
wysokoaktywne,

II kategoria – odpady alfa- promieniotwórcze,

III kategoria – zużyte zamknięte źródła promieniotwórcze,

1. ODPADY NISKOAKTYWNE (PROMIENIOTWÓRCZE) –
o poziomie promieniowania nie przewyższającym 1000x
poziomu dopuszczalnego w środowisku,
2. ODPADY ŚREDNIOAKTYWNE – przekraczają poziom
dopuszczalny w granicach 1000 – 1000000x,
3. ODPADY WYSOKOAKTYWNE – przekraczają poziom o 1
000 000x

Odpady wysoko promieniotwórcze stanowią zwykle ułamek % całkowitej objętości odpadów, ale emitują one 95 % całkowitego promieniowania.

USUWANIE ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

Wydobycie i przeróbka rud uranu, produkcja z nich paliwa jądrowego i wykorzystanie tego paliwa w elektrowniach jądrowych powoduje na każdym z tych etapów powstanie odpadów promieniotwórczych.

Bezpieczne pozbycie się produktów jądrowego cyklu paliwowego, budzi powszechną troskę, szczególnie dlatego, że niewielkie ilości śmiertelnej materii są trudno wykrywalne.

Długoterminowe składowanie odpadów promieniotwórczych jest problemem do tej pory nierozwiązanym.

Przed podjęciem jakichkolwiek kroków mających na celu pozbycie się odpadów, należy je przeanalizować, zarówno pod względem ich rodzaju, jak i ilości.

I. ODPADY O NISKIEJ PROMIENIOTWÓRCZOŚCI

Duże ilości tych odpadów powstają w kopalniach uranu. Drobnio zmielone odpady są dużym zagrożeniem, gdyż mogą być łatwo przenoszone przez wodę i wiatr.

Z rozdrobnionego materiału łatwiej też uchodzi do atmosfery radon – gaz promieniotwórczy powstający z rozpadu uranu. Są tu też izotopy prom. długowieczne, tj. ^{230}Th – 77 000 lat.

W praktyce odpady takie są zwałowane w pobliżu kopalń, a następnie „zabezpieczone” warstwą ziemną i roślinnością.

Do odpadów niskoaktywnych zaliczane są m.in.: odzież ochronna, lignina, bibuła, sprzęt laboratoryjny, narzędzia, a więc wszystko co uległo skażeniu przez zetknięcie z substancjami promieniotwórczymi.

UNIESZKODLIWIANIE

Odpady o niskiej promieniotwórczości stałe lub ciekłe:

1. Zwykle spala się, a następnie ładuje w szczelne pojemniki i zakopuje na niewielkiej głębokości,
2. Zagęszcza się poprzez stężanie, ściskanie, następnie zacementowuje się je w beczkach i umieszcza w komorach wydrążonych np. w soli kamiennej (teraz już się tego nie stosuje),
3. Oczyszczane są metodą sorpcji,
4. Zalewane są betonem, zamykane w bębnach i zatapiane w oceanie,

II. ODPADY O ŚREDNIEJ PROMIENIOTWÓRCZOŚCI

Należą do nich:

- * koncentraty promieniotwórcze, powstające w procesie zatężania ścieków,
- * zużyte materiały sorpcyjne, np. fragmenty konstrukcji urządzeń i instalacji jądrowych,
- * pojemniki używane do transportu paliwa;

Obecnie traktuje się je jako odpady słabo promieniotwórcze lub wyodrębnia się z nich izotopy silnie promieniotwórcze o długim okresie połowicznego rozpadu.

III. ODPADY WYSOKOPROMIENIOTWÓRCZE

Stanowią 95 % ogólnego promieniowania, choć ich objętość to 0,1 % całkowitej objętości.

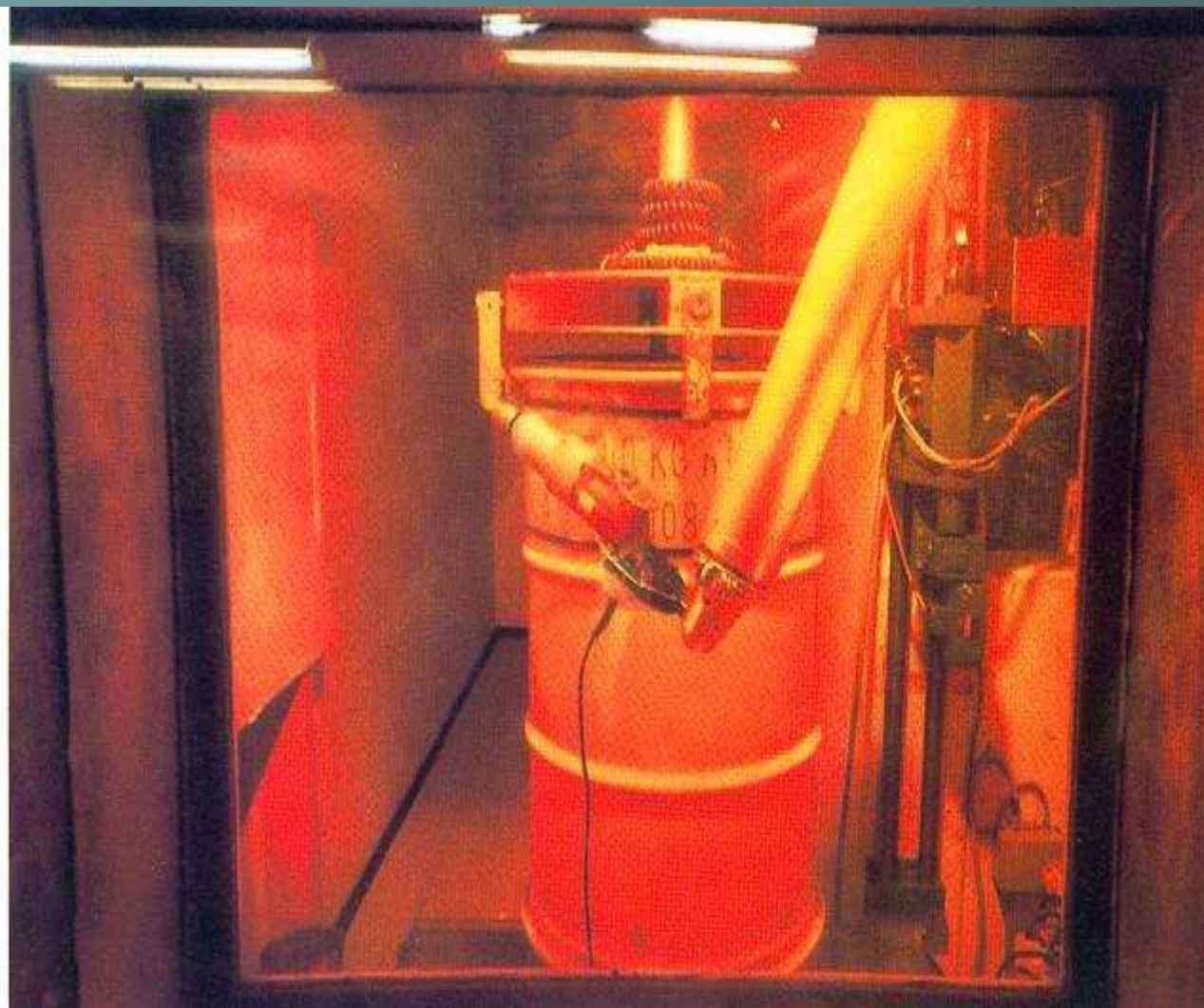
Duży udział w ich składzie stanowią odpady ciekłe i zużyte pręty paliwowe.

Silna promieniotwórczość tych odpadów wymaga ich odizolowania na ok. 10 000 lat. Po tym okresie ich promieniowanie spadnie do ok. 1/10 000 początkowej wartości.

Obecnie odpady takie są przechowywane w pojemnikach ze stali nierdzewnej w pobliżu zakładów przeróbki paliwa lub elektrowni.

Problem ich ostatecznego usunięcia był przedmiotem wielu badań, dyskusji, ale wciąż nie znaleziono zadowalającego rozwiązania.

*Beczka
z obręczami
na odpady
promieniotwórcze.
Pojemnik jest
napelniany i
transportowany
w sposób
całkowicie
zautomatyzowany.
Człowiek nie
ma z nim
styczności.*



POJEMNIK ZE STALI NIERDZEWNEJ



UNIESZKODLIWIANIE

Odpady o wysokiej promieniotwórczości poddaje się:

1. Witryfikacji (zeszkleniu) – polegające na przeprowadzeniu odpadów w szkło. Odpady najpierw są zagęszczane i chemicznie przetwarzane, następnie stapiane z proszkiem szklanym, tworząc w ten sposób składnik szkliwa. Szkło takie jest odporne na promieniowanie i ciepło, ale nie wiadomo czy nie ulegnie zniszczeniu w kontakcie z wodą i roztworami soli.
2. Wprowadzeniu do tworzyw ceramicznych lub materiałów syntetycznych. Pierwiastki promieniotwórcze będą wówczas zamknięte w sieci krystalicznej.

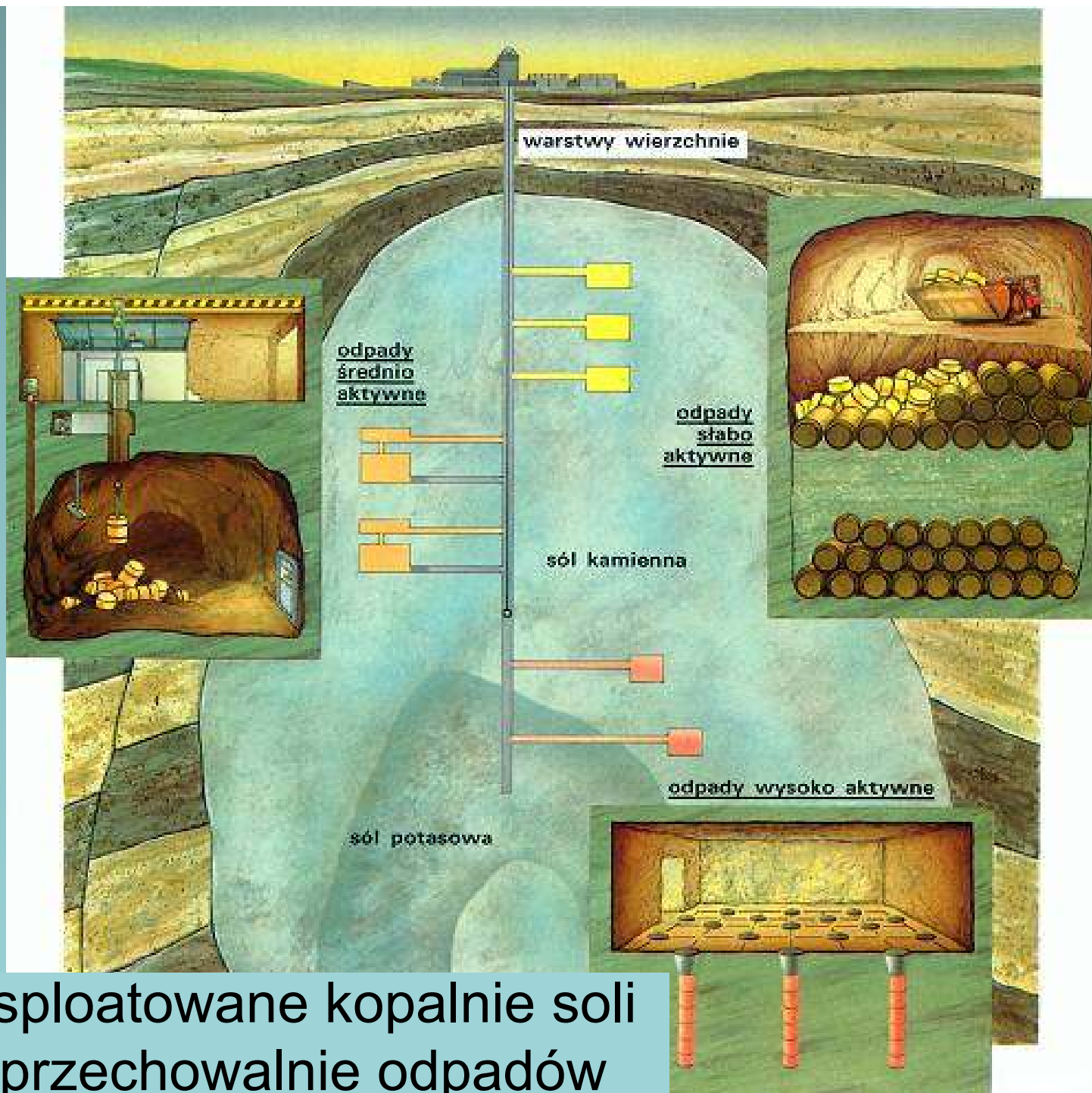
Przeprowadzenie odpadów w stan stały to pierwszy krok do ich usunięcia.

Kolejne etapy to:

- zapieczętowanie w pojemnikach betonowych lub ze stali nierdzewnej
- magazynowanie w bunkrach lub wzmocnionych budynkach

Możliwe że odpady mogą być tak przechowywane przez czas nieokreślony z dozowaniem i konserwowaniem włącznie.

Ale jak duże stanowią one niebezpieczeństwo w przypadku wojny, ataku terrorystycznego a nawet klęski żywiołowej – tego jeszcze nie wiemy!



Wyeksploatowane kopalnie soli jako przechowalnie odpadów

- najpłycej składuje się odpady słabo aktywne - są to poukładane beczki z odpadami.
- Na średnim poziomie kopalni przechowuje się odpady średnio aktywne, które w beczkach wrzuca się w procesie zautomatyzowanym do komory.
- Odpady wysoko aktywne zostają zabetonowane na najniższym poziomie kopalni (poniżej 1.000 m). Mogilniki umieszcza się w odwiertach i tam zostają zalane cementem.

Mogilnik (błędnie nazywany mogielnik) to rodzaj składowiska dla najbardziej niebezpiecznych substancji. Miejsce wyznaczone do stałego przechowywania nierozkładalnych odpadów trujących lub promieniotwórczych, przeterminowanych środków ochrony roślin, środków farmaceutycznych, skażonych opakowań itp., zabezpieczone przed kontaktem zarówno z wodami gruntowymi, jak i atmosferą. Najczęściej mogilniki występują w postaci uszczelnionych betonowych magazynów.

Mogilniki wykorzystywane do deponowania przeterminowanych środków ochrony roślin stanowią zdecydowaną większość tego typu obiektów w Polsce i najczęściej nie były one skonstruowane w sposób uniemożliwiający kontakt chemikaliów ze środowiskiem. Miały one różną postać:

- dołów ziemnych, licznych na południu Polski - obiekty na ogół niewielkie, ale są też bardzo duże obiekty np. mogilnik Tworzimirki-Gaj w powiecie gostyńskim w Wielkopolsce lub Lisie Kąty w powiecie grudziądzkim w kujawsko-pomorskim.*
- kręgów studziennych - najczęściej występujący typ mogilnika. Średnica betonowych kręgów waha się od 1m do 5 m, a głębokość od 3m do 5 m.*
- do składowania wykorzystywane były także stare obiekty wojskowe (np. bunkry).*

Obecnie, mniej więcej od 1999r., w poszczególnych województwach trwa systematyczna likwidacja mogilników na terenie naszego kraju, której zakończenie planowane jest na rok 2010.

miejsce składowania odpadów radioaktywnych, powinno być rejonem wolnym od wstrząsów sejsmicznych i uskokuów tektonicznych. Także aby miejsce składowania nie miało styczności z wodami gruntowymi.

PODSUMOWANIE

Istnieje wiele metod pozbywania się tych bardzo niebezpiecznych odpadów (tylko 4 l takich odpadów stanowi zagrożenie dla całej ludzkości, a mamy ich już zgromadzonych setki mln. zbiorników), ale nie ma tego uniwersalnego i do końca bezpiecznego.

Spośród najczęstszych sposobów wyróżniono:

1. Składanie w głębokich odwiertach.
2. W podziemnych kopalniach soli.
3. Zatapianie w oceanach.
4. Zagrzebywanie w dnach oceanów.
5. Zagrzebywanie w czapie lodowej.
6. Wystrzeliwanie w kosmos.

W wielu krajach dokonano już wyboru:

- Belgia – warstwy łupków ilastych
- Niemcy – pokłady soli kamiennej
- Szwecja, Indie – granit
- Stany Zjednoczone – wulkaniczne tufy góry Yucca Mountain



Pustynia Negew - Izrael



Składowanie odpadów pod ziemią



Korzyści i zagrożenia
wynikające z
energetyki jądrowej

DWA SKRAJNE PODEJŚCIA

1. Czysta, tania i bezpieczna energia

Zwolennicy tego źródła energii uważają, że:

Energetyka jądrowa jest całkowicie czystym źródłem energii; nie emituje do atmosfery praktycznie żadnych zanieczyszczeń, a odpady radioaktywne są składowane w bezpiecznym miejscu. Również nieprawdą jest że energetyka jądrowa jest niebezpieczna dla zdrowia. Elektrownie jądrowe posiadają bardzo dobre zabezpieczenia, praktycznie uniemożliwiające przedostanie się odpadów radioaktywnych do środowiska. Czarnobyl był w tym wypadku wyjątkiem.

Pyły z elektrowni węglowych są bardziej szkodliwe dla zdrowia niż mogłoby się wydawać. Prowadzą one do powstawania wielu chorób, powodujących przedwczesne zgony.

Wg A. Strupczewskiego z Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej - praca elektrowni węglowej wyposażonej we wszystkie nowoczesne zabezpieczenia, urządzenia ochrony środowiska, kosztuje ok. 130 istnień ludzkich (przedwczesnych zgonów) przy produkcji jednego gigawata energii rocznie. Tymczasem wytworzenie w ciągu roku tej samej ilości energii w elektrowni atomowej pochłania dwa istnienia. (...)

Wyprodukowana dotychczas w elektrowniach atomowych energia ocaliła 1250000 istnień ludzkich. Poza tym, jak wykazano, energia jądrowa jest 10 razy tańsza od energii pozyskiwanej z gazu ziemnego i około 100 razy tańsza od energii pozyskiwanej z węgla.

Koszty inwestycyjne są co prawda większe, ale cena paliwa jest nieporównywalnie niższa. Elektrownia nuklearna o mocy 1000MW potrzebuje rocznie około 30 ton paliwa, podczas gdy elektrownia węglowa o takiej samej mocy potrzebuje $3 \cdot 10^6$ ton paliwa.

Zalety

- z używanego paliwa można uzyskać więcej energii elektrycznej niż z jakiegokolwiek innego źródła naturalnego:
 - 1 kg uranu - 50 tys. kWh
 - 1 kg nafty - 4 kWh
 - 1 kg węgla dostarcza 3 kWh energii
 - 1 kg drewna - 1 kWh energii
- jest niezależna od tradycyjnych surowców naturalnych (węgla, ropy naftowej, gazu ziemnego itp.),
- elektrownie mogą pracować bez obawy szybkiego wyczerpania się zapasów paliwa
- Nie emituje żadnych trujących substancji do otoczenia, przez co nie zanieczyszcza powietrza, gleby i nie wpływa na pogorszenie warunków zdrowotnych ludzi.
- Istnienie 443 reaktorów jądrowych produkuje 17 proc. światowej energii elektrycznej, co pozwala uniknąć emisji do atmosfery 2,3 miliarda ton dwutlenku węgla.

2. ENERGETYKA JĄDROWA JEST NAJDROŻSZYM ŹRÓDŁEM ENERGII, PRODUKUJE NAJBARDZIEJ TOKSYCZNE ODPADY I STWARZA NAJWIĘKSZE ZAGROŻENIA

Wady

- Ryzyko awarii
- Zużyte paliwo przez długi czas pozostaje aktywne. Należy je więc przechowywać w odpowiednio przygotowanym miejscu aż do czasu, kiedy przestanie być szkodliwe dla środowiska.
- Transport materiałów radioaktywnych wzbudza wśród ludzi duże obawy, zwłaszcza w przypadku ewentualnego wypadku. Materiały promieniotwórcze są przewożone przeważnie koleją lub drogą morską
- szczególnie w czasach zagrożenia atakiem terrorystycznym elektrownie atomowe to łatwy cel
- Oddziaływanie na środowisko na każdym etapie produkcji

AWARIE

1. Aż do 1979r światowa energetyka jądrowa cieszyła się opinią bezpiecznej.

Jedynym znacznym wyciekami materiału promieniotwórczego był w 1958 r wyciek w Windscale w Wielkiej Brytanii. Wyciek głównie promieniotwórczego jodu (^{131}I) nie zagrażał jednak życiu, lecz przez pewien czas produkty rolne z przyległego obszaru były niezdatne do spożycia.

2. Jednakże dwie poważne awarie w bliższym nam czasie wzbudziły powszechną obawę i zmieniły dotychczasowe poglądy na ten rodzaj energetyki.

* 1979r w Pensylwanii- wyciek promieniotwórczego ksenonu (^{133}Xe). Prawdopodobnie brak jest ofiar śmiertelnych. Ale do tej pory nikt nie wchodzi na skażony teren.

* w kwietniu 1986 r na Ukrainie. Jej bezpośrednim skutkiem była śmierć ok. 40 osób a ile osób umarło później w wyniku napromieniowania tego nikt nie wie. Ale wiadomo, że choroby spowodowane napromieniowaniem są niestety widoczne po dziś dzień.

Oprócz tego skażeniu uległy ogromne obszary ziemi i to nie tylko na Ukrainie ale także na Białorusi, Litwie, Polsce, Szwecji i Finlandii, gdyż tam dotarł „promieniotwórczy obłok”.

Największe awarie w historii energetyki jądrowej:

Aż do 1979r światowa energetyka jądrowa cieszyła się opinią bezpiecznej.

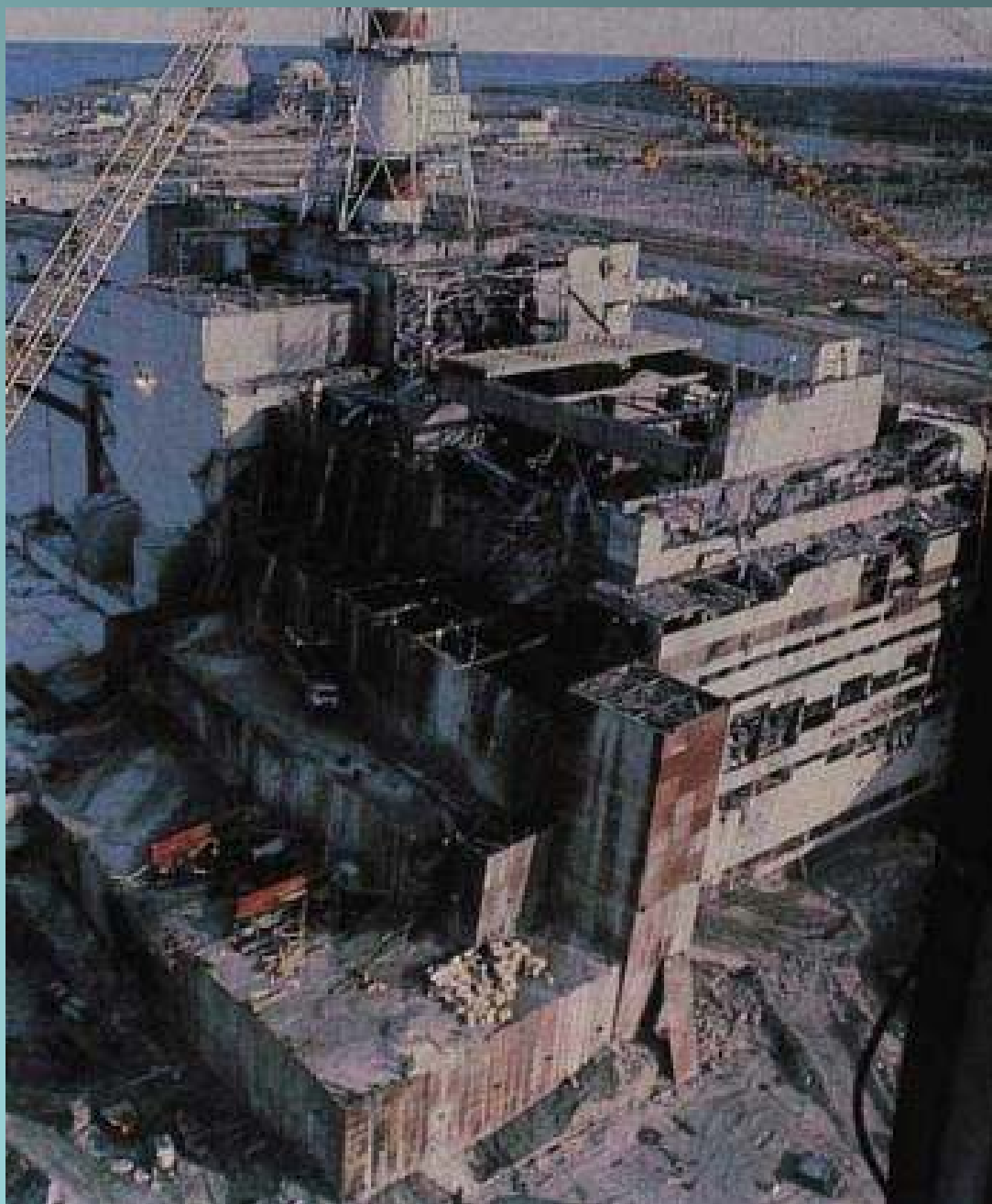
- Detroit (USA), 1951 r. - awaria reaktora powielającego
- Windscale (Wielka Brytania), 1957 r. - pożar powielającego reaktora atomowego na skutek zapalenia się bloków grafitu. Wyciek głównie promieniotwórczego jodu (131) nie zagrażał jednak życiu, lecz przez pewien czas produkty rolne z przyległego obszaru były niezdatne do spożycia.
- Chalk River (Kanada), 1958 r. - wyciek wody ciężkiej zanieczyszczonej substancjami promieniotwórczymi,
- Idaho Falls (USA), 1961 r. - emisja substancji radioaktywnych,
- Lingen (Niemcy), 1969 r. - obfita emisja substancji radioaktywnych,

- Chalk River (Kanada), 1972 r. - wyciek wody radioaktywnej,
- Gundremmingen (Niemcy), 1975 r. - emisja pary radioaktywnej,
- Harrisburg (USA), 1979 r. - wyciek wody radioaktywnej, emisja gazów promieniotwórczych,
- Tsuruga (Japonia), 1981 r. - wyciek wody radioaktywnej, zanieczyszczenie akwenu,
- Sellafield (Wielka Brytania), 1986 r. - wydostanie się paliwa radioaktywnego,
- Czarnobyl (Ukraina), 1986 r. - zniszczenie reaktora jądrowego, zanieczyszczenie znacznego obszaru izotopami promieniotwórczymi

Czarnobyl

- 26 kwietnia 1986 roku o godz. 1:23 reaktor w Czarnobylu zaczął się topić. Przyczyną był błąd człowieka i wady konstrukcyjne reaktora tego typu.
- bardzo gwałtowny i niekontrolowany wzrost mocy reaktora

- Następują dwie potężne eksplozje
- Zerwana zostaje 2 tyś tonowa płyta pokrywająca reaktor, która niszczy budynek czwartego reaktora.
- Wybuchu pożar, który przez następne 10 dni pali się w budynku reaktora.
- Do atmosfery dostaje się radioaktywny pył.



Widok na
zniszczony
reaktor

Elektrownia w Czarnobylu obecnie



Rozprzestrzenianie się chmury radioaktywnej

