

3. del

NARAVNI VIRI

10. poglavje

ENERGIJSKI VIRI – ALTERNATIVNI VIRI

JEDRSKA ENERGIJA

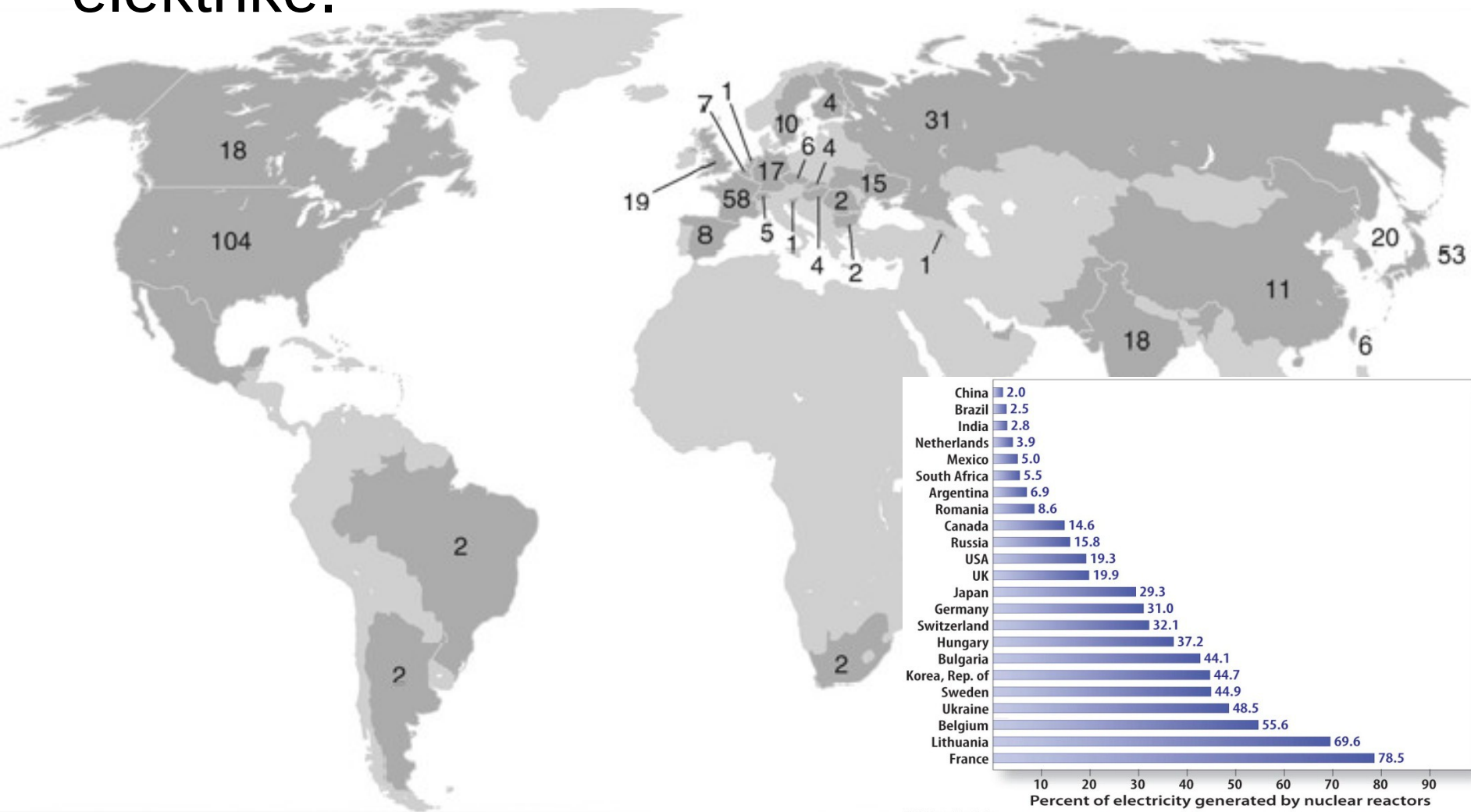
- 1789 – **Martin Heinrich Klaproth** odkrije uran.
- 1896 - Antoine Henri **Becquerel** (1852-1908) pri preučevanju fosforescence uranovih soli po naključju odkrije radioaktivno lastnost urana. Za svoje odkritje je leta 1903 skupaj s **Pierrom Curiejem** in **Marie Skłodowsko-Curie** prejel Nobelovo nagrado za fiziko.
- 1939 - **Otto Hahn** v Nemčiji izvede prvo dokazano cepitev jeder težkih elementov.
- 1942 – **Enrico Fermi** uspe izvesti prvo nadzorovano verižno reakcijo v poskusni napravi, ki so jo imenovali **Chicago Pile 1**.
- 1945 – **projekt Manhattan** – prva jedrska bomba.
- 6. 8. 1945 – uranova bomba nad **Hirošimo**.
- 9.9.1945 – plutonijeva bomba nad **Nagasakijem**.
- 1951 - zasvetijo prve štiri žarnice, ki jih je napajala električna energija, proizvedena s pomočjo jedrskega reaktorja EBR-1 v **Idaho Falls**, ZDA.
- 1953 - V **Obninsku** v Sovjetski zvezi prične delovati prva jedrska elektrarna na svetu.
- 1981 – začetek poskusnega obratovanja NE Krško.

Jedrska energija

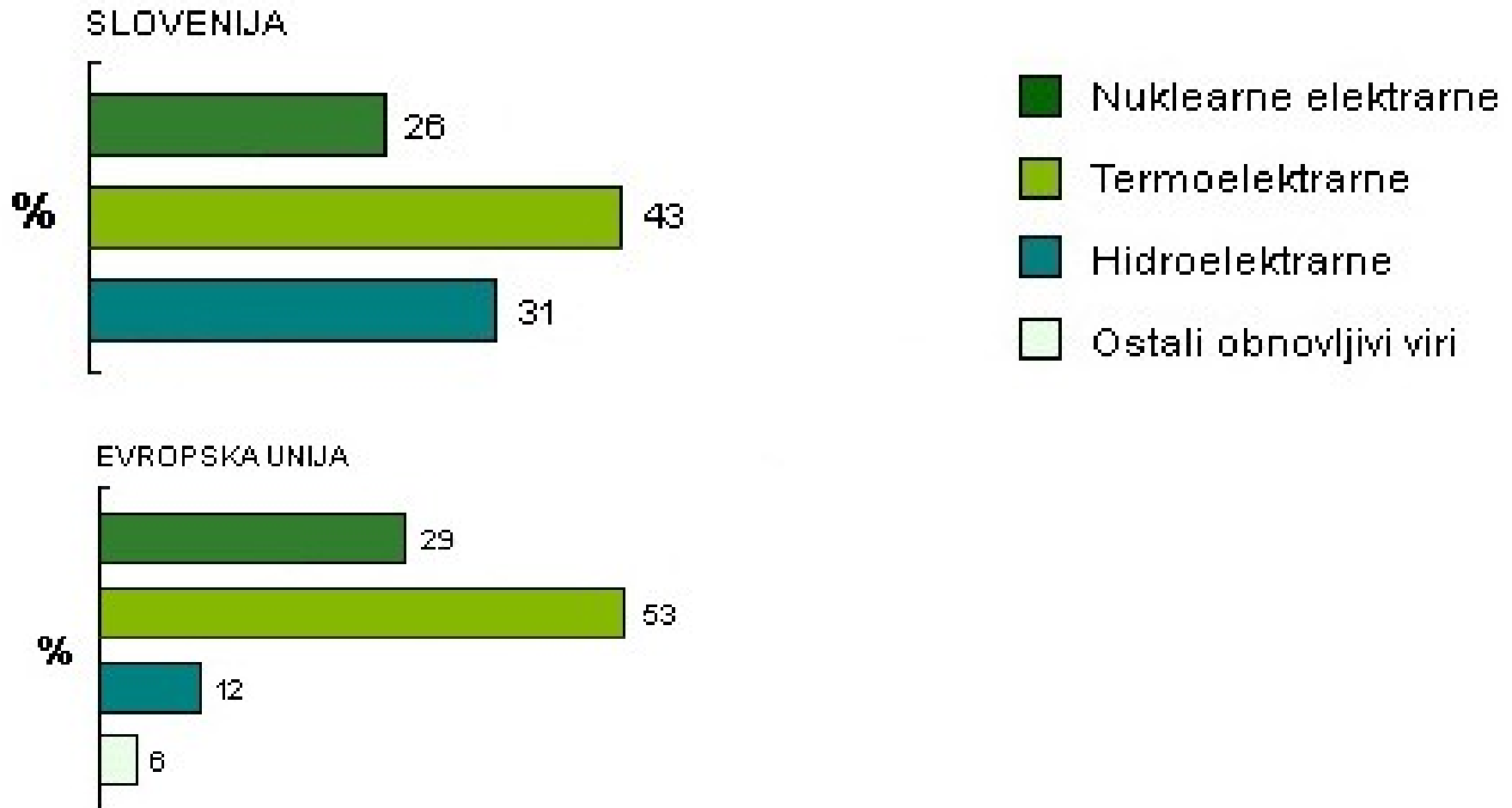
- Pridobivanje električne energije iz jedrske elektrarne temelji na sproščanju toplotne energije ob jedrskih cepitvah v reaktorju.
- Uporaba radioizotopov in ionizirajočega sevanja je neprecenljive vrednosti v znanstvenih raziskavah in industriji, medicinski diagnostiki, terapijah in sterilizaciji, kmetijstvu in konzerviranju hrane, ugotavljanju podzemnih zalog vode in nafte ter pri arheoloških raziskavah.

Jedrska energija po svetu

- 440 jedrskih elektrarn proizvede 16% vse elektrike.



Deleži proizvedene energije (2008)



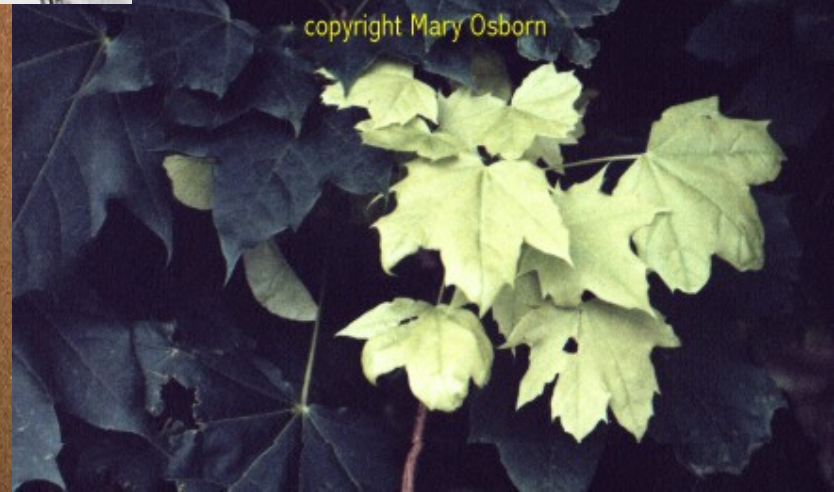
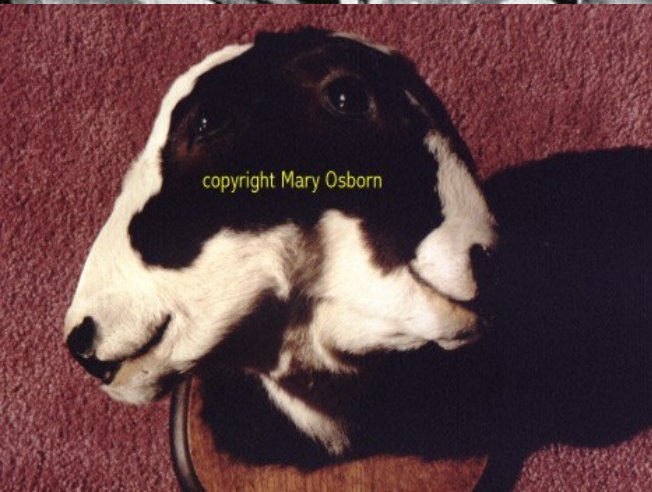
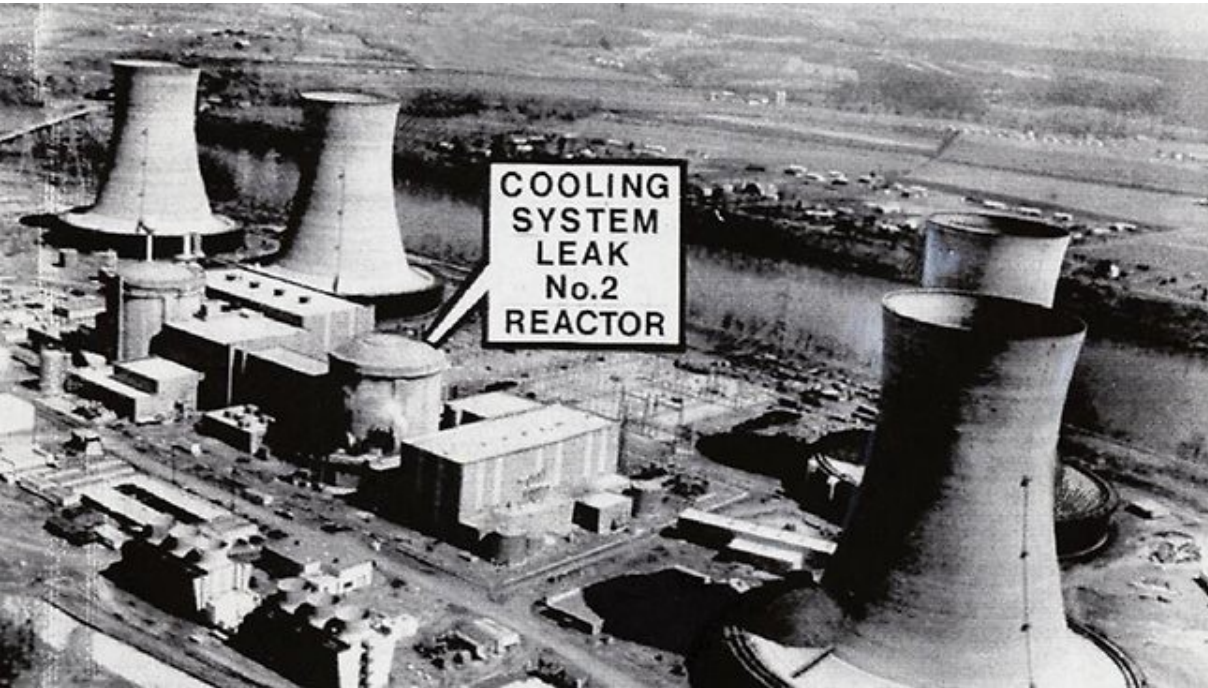
Jedrska energija – zakaj da?

- Ekonomski razlogi.
 - Cepitev 1 kg U da toliko energije kot 16 000 t premoga.
 - In toliko kot 24 000 sodčkov nafte (1 sodček = 159 l)
- Okoljski razlogi.
 - Jedrska energija prepreči letne izpuste
 - 5,1 mio t S
 - 2,4 mi t No_x
 - 164 000 t C
 - Premog je lahko bolj radioaktiven kot je sevanje iz jedrske elektrarne.

Jedrska energija – zakaj ne?

- Strah pred nesrečami v jedrski elektrarni in posledicami sevanja.
 - Smrt
 - Izguba las, bruhanje, izpuščaji
 - Rakava obolenja
 - Deformacije novorojenčkov
 - Zmanjšana imunost
 - Genetska škoda
 - Učinki tudi na rastline in živali
 - Izguba klorofila
 - Napake v rasti
 - Nekatere vrste izginejo za več let, druge se masovno pojavijo
- Terorizem.
- Izdelava orožja.
- Nezdostno poznavanje zalog urana.
- Skladiščenje radioaktivnih odpadkov.

Otok Treh milj, 1979



Černobil, 1986



Lahko se zgodi tukaj!

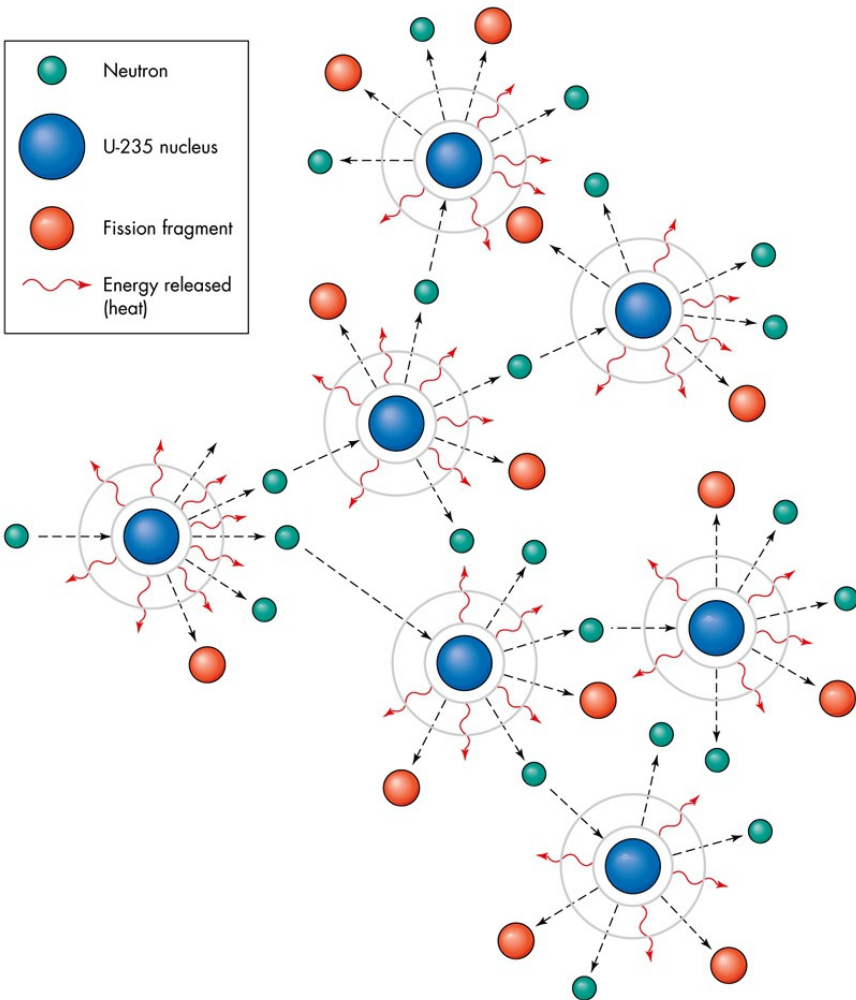
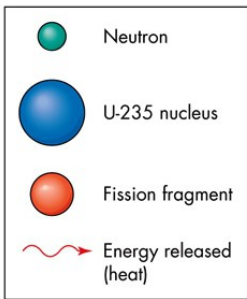
- Sovjetska reakcija na nesrečo na Otoku treh milj.
 - Kriv je kapitalizem in tip reaktorja z vodo pod tlakom.
- Reakcija ZDA na nesrečo v Černobilu.
 - Kriv je komunizem in tip grafitnega reaktorja.
- Reakcija na nesrečo v Fukušimi
 - Bruselj, 24. novembra (STA) - V Bruslju bodo danes zasedali ministri EU, pristojni za energijo, ki bodo razpravljali o evropski energetske infrastrukturi in predvidoma sprejeli odločitve o krepitvi zunanje razsežnosti energetske politike unije. Evropska komisija pa bo predstavila vmesno poročilo o izvajanju stresnih testov za evropske nuklearke.
- Nobena tehnologija ni popolnoma varna!

71. naloga

- Poišči podatke o dosedanjih jedrskih nesrečah.

Jedrska energija

CHAIN REACTION



- Dva različna procesa, pri katerih se sprošča energija:
 - Cepitev (fizija) atomskih jeder
 - Zlivanje (fuzija) atomskih jeder
- Komercialno je zaenkrat v uporabi kontrolirana verižna reakcija cepitve U-235.

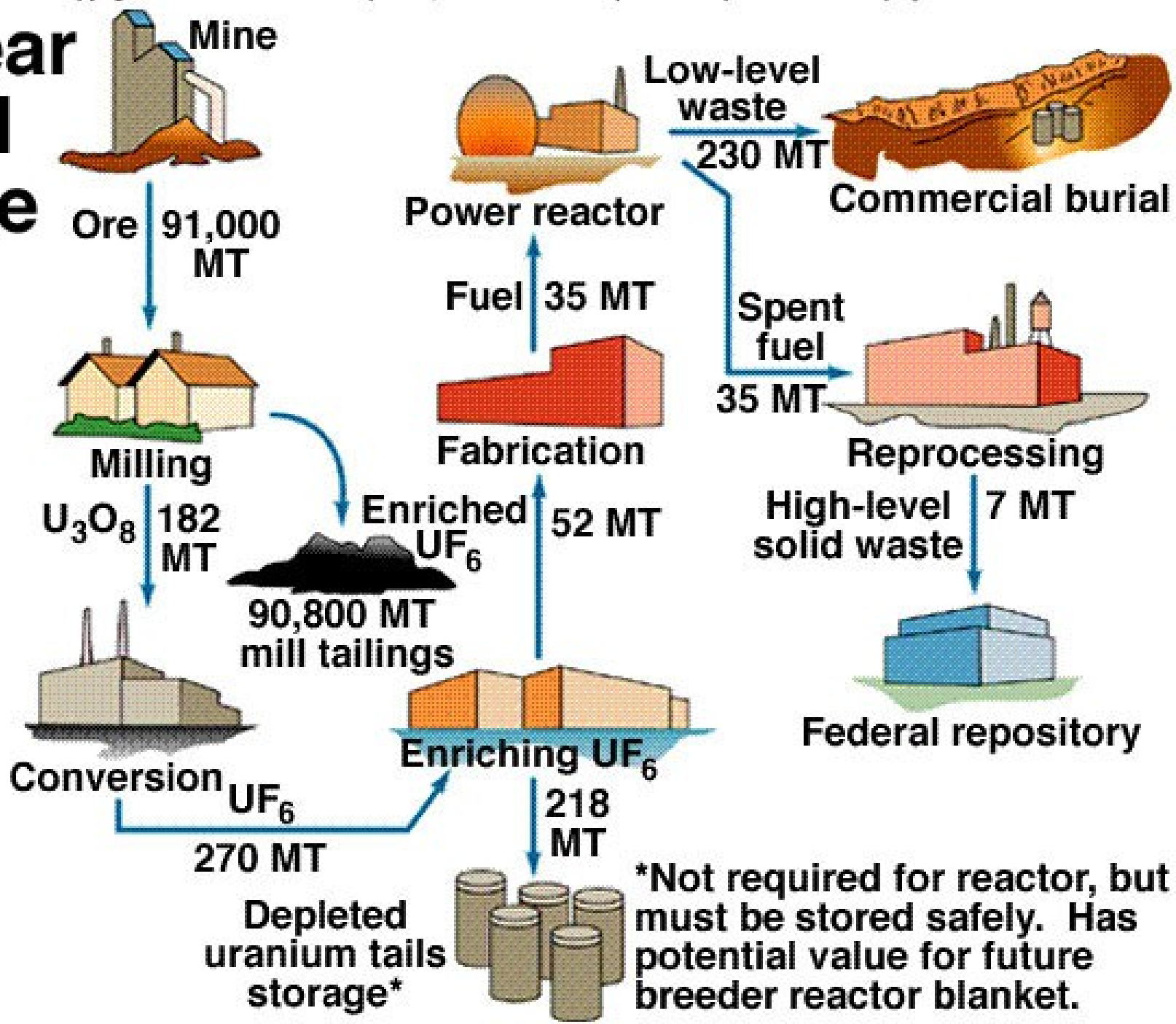
Uranovi izotopi

- U – 238 99,3%
- U - 235 0,7% naravno cepljiva snov
- U – 234 0,005%
- Naravni U-235 je potrebno obogatiti na 3% (obogateni uran), da ga lahko uporabimo v reaktorju.

Krog jedrskega goriva

- Rudarjenje
- Drobljenje rude
- Obogatitev
- Uporaba v reaktorju
- Ponovna prededelava ali odlaganje
 - Nizko radioaktivnih odpadkov
 - Visoko radioaktivnih odpadkov

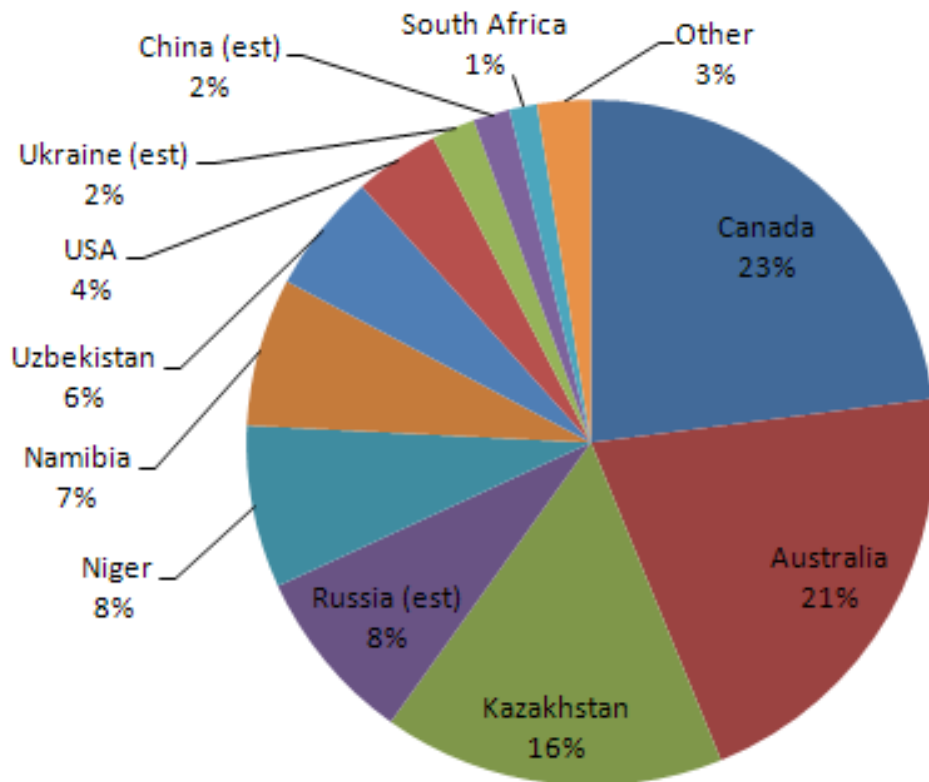
Nuclear Fuel Cycle



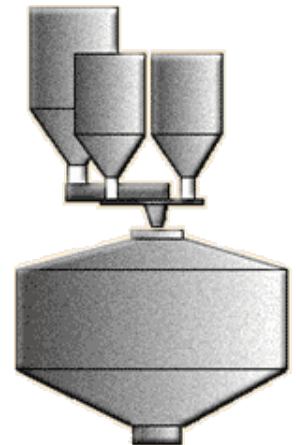
Pridobivanje urana

- Uranova ruda se najprej drobi in melje ter odstranjuje jalovina.

2007 Uranium Mining

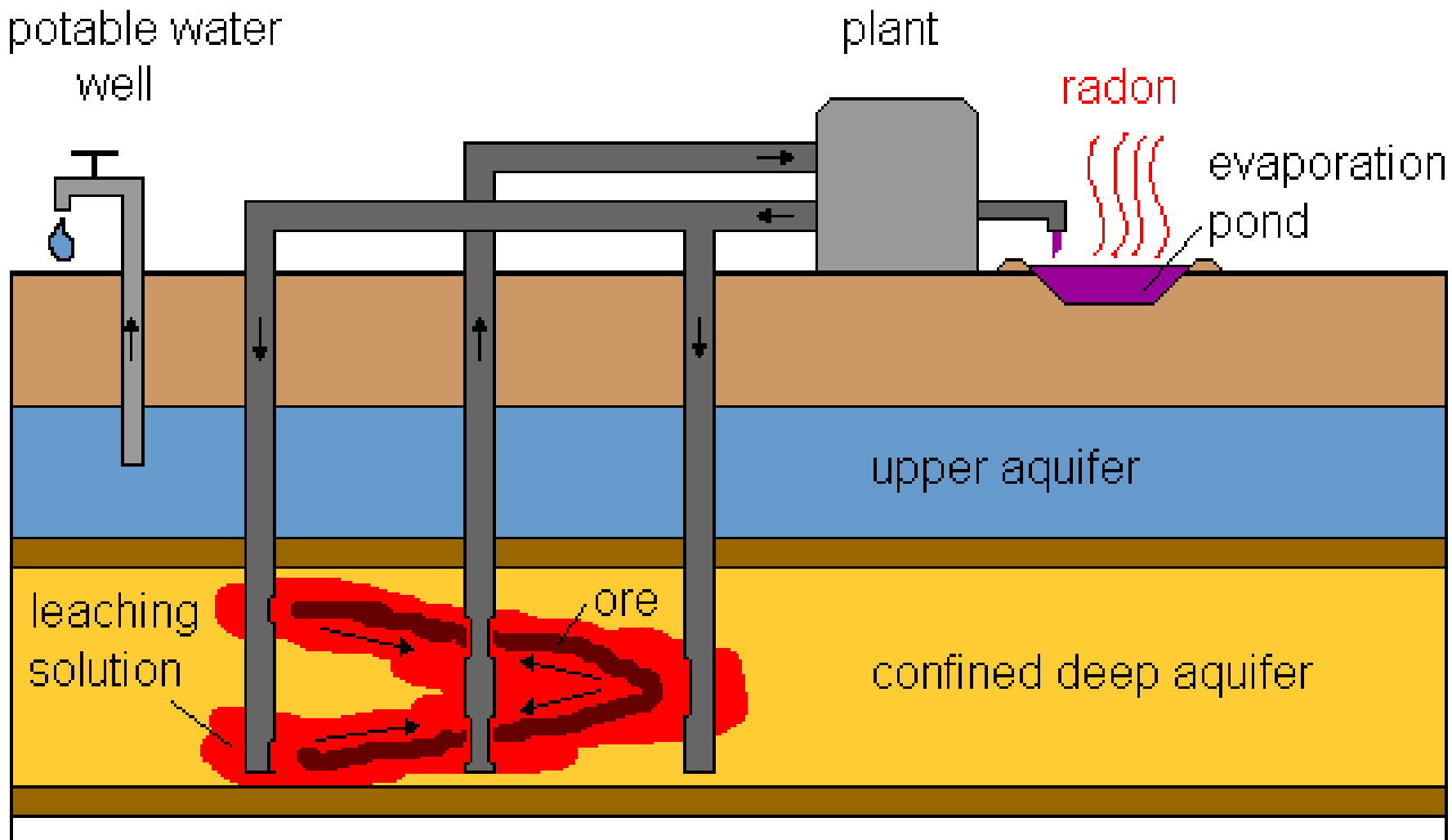


- Uranove minerale raztapljajo v raztopinah kislin (žveplova) ali baz (karbonatni postopek z natrijevim



Pridobivanje urana

- Izluževanje na mestu (in situ).



Okoljska tveganja ob pridobivanju urana

- Naravna povišana radioaktivnost.
- Izpostavljenost rudarjev.
- Jalovišča.
- Radon.
 - Church Rock in Navajo indijanci.

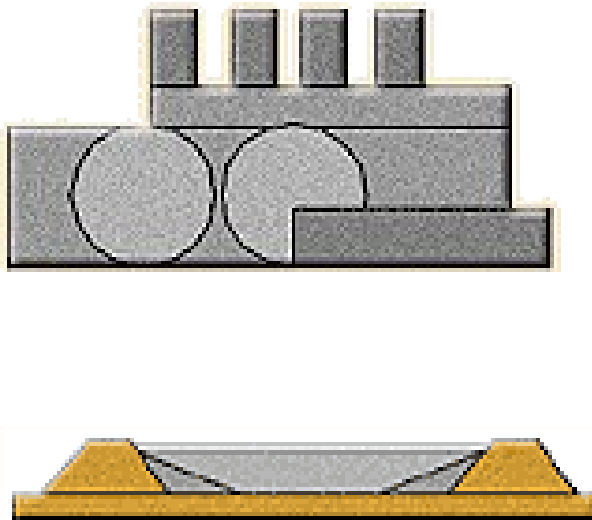


72. naloga

- Poišči podatke o Navajo Indijancih in povišani radiaciji.

Obogatitev urana

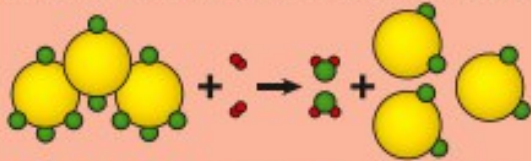
- Uranovo raztopino filtrirajo in obdelajo s topili (kerozin in amonijak).
- Prečiščen koncentrat, ki vsebuje U_3O_8 , se imenuje rumena pogača.



Obogatitev urana

REDUCTION

Yellowcake (U_3O_8) is reacted with hydrogen in a fluidizing medium to form uranium dioxide (UO_2).



HYDROFLUORINATION

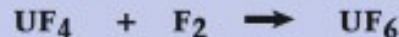
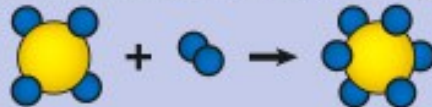
Green salt (UF_4) is formed when uranium dioxide (UO_2) is reacted with anhydrous hydrofluoric acid (HF).



- Rumeno pogačo segrejejo na $800\text{ }^\circ\text{C}$.
- Nastane temnozelen prah, ki je 98% U_3O_8 .
- Uran lahko obogatimo šele v plinski obliki UF_6 .
- Dobimo jo s procesi fluoriranja.

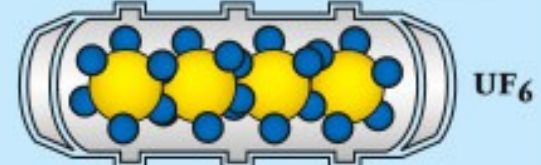
FLUORINATION

Green salt (UF_4) is contacted with fluorine gas (F_2) to form uranium hexafluoride (UF_6) gas.



DISTILLATION

Final product in 14 ton steel cylinders



Obogatitev urana

- Uran se obogati v procesu plinske difuzije, kjer izkoristijo različno hitrost prehajanja uranovih izotopov 235 in 238 skozi membrane.
- Postopek ločevanja je potrebno več tisočkrat ponoviti, da dosežejo zahtevano razmerje.
- Bolj učinkovita metoda ločevanja je plinska centrifuga. Lažje molekule se zberejo bolj okoli središča cilindrov, kjer jih izčrpajo.



Obogatitev urana

- Pri bogatenju se poveča količina U-235, glede na U-238.
- Jedrske elektrarne uporabljajo mešanico z 3 – 5% U-235 v obliki UO_2 .
- Visoko obogaten uran v kovinski obliki uporabljajo za orožje in v raziskovalne namene.

Obogatitev urana

- Skladiščijo ga v 200 l sodih in v kontejnerjih prepeljejo do jedrskih elektrarn.



Uporaba urana

- Tabletke UO_2 s premerom okoli 8 mm in dolžine 9,8 mm so neprodušno zaprte v ceveh gorivnih palic s premerom 9,5 mm.
- Gorivne palice iz cirkonijeve zlitine so dolge 3,85 m, debelina njihove srajčke pa je približno 0,57 mm.
- Prostor med srajčko in gorivnimi tabletkami je napolnjen s helijem, kar preprečuje deformacijo gorivnih palic.

Uporaba urana

- Potrebnih je 25 ton goriva za letno obratovanje 1000 MW reaktorja.
- Gorivni element v NEK sestavlja snop 235 gorivnih palic, 20 vodil nevtronskih absorberjev in eno vodilo nuklearne instrumentacije.



Okoljska tveganja povezana z bogatenjem urana

- Proces bogatitve je zelo nevaren, ker je UF_6 radioaktiven in toksičen.
- V stiku z vodo nastane zelo strupena kislina HF.
- Pri bogatenju kot odpadek ostane osiromašen uran, ki ga je potrebno primerno skladiščiti.

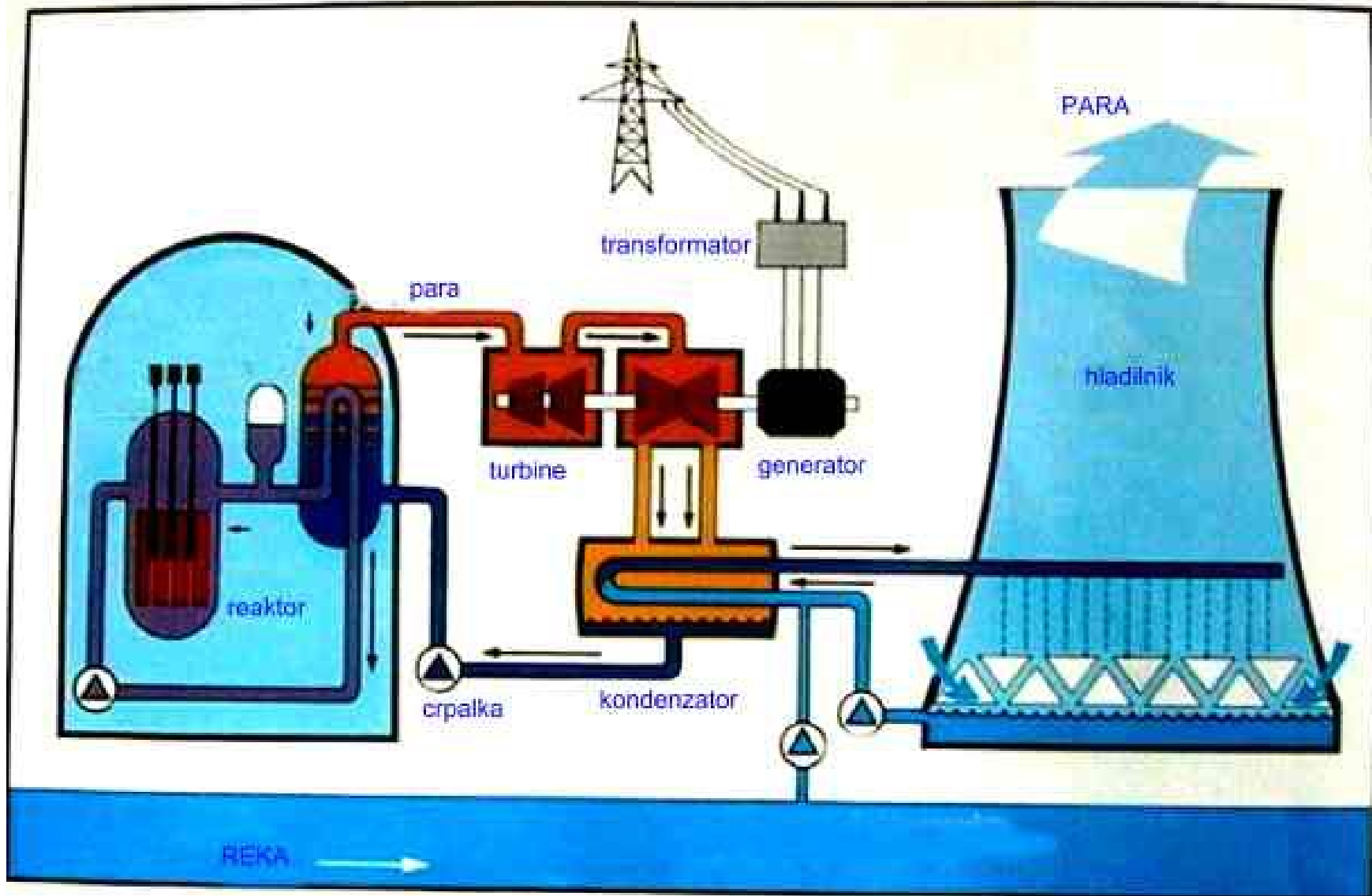
Komponente jedrskega reaktorja

- **Jedrsko gorivo** so izotopi, katerih jedra cepijo že termični nevtroni
 - ^{233}U , ^{235}U in ^{239}Pu
- **Razredčila** samo cepijo hitre nevtrone
 - nečistoče (npr. ^{238}U), ker je proizvodnja čistega goriva predraga
 - dodana namenoma (npr. ^{232}U) za proizvodnjo novega goriva
- **Moderator** upočasni nevtrone na termično območje, s čemer se poveča verjetnost za razcep ^{235}U .
 - Voda (75 % vseh reaktorjev na svetu),
 - Težka voda (D_2O ; 5 %),
 - Be, BeO in grafit (20 %)
- **Strukturni elementi** morajo imeti dobre mehanske, toplotne in antikorozijske lastnosti ter morajo absorbirati čim manj nevtronov
 - Aluminij, cirkonij, nerjaveče jeklo
- **Hladila** morajo imeti dobre toplotne lastnosti in morajo absorbirati čim manj nevtronov
 - vodik, voda, težka voda, Na, Bi in Hg
- **Kontrolne palice** za regulacijo pretoka nastalih nevtronov pri cepitvah, ki niha okoli ravnovesne lege med eksponentnim naraščanjem (eksplozija) in padanjem (ugašanjem);
 - običajno se uporabljajo Cd, Ag, In, (B, Co, Eu, Hf, Dy, Gd, Sm).

Vrste jedrskih reaktorjev

- Tipi jedrskih reaktorjev se razlikujejo med seboj glede na vrsto goriva, hladila in moderatorja.
 - **PRW**—Pressurized Water Reactor—**Tlačnovodni reaktor**
 - Je najbolj razširjen tip reaktorja (>50% in tudi Krško (NEK)).
 - Hladilna voda (primarni hladilni krog) se v reaktorski posodi nahaja pod tlakom, ki je večji od nasičenega parnega tlaka pri največji obratovalni temperaturi. Zato se reaktorsko hladilo ne more upariti v reaktorski posodi.
 - Do uparjanja pride šele v uparjalniku (sekundarni hladilni krog) – izmenjalniku toplote, kjer je veliko število tankih cevi.
 - Močne primarne črpalke poganjajo skozi reaktorsko hladilo, ki svojo toploto oddaja sekundarnemu hladilu, ki kroži okoli cevi uparjalnika.
 - Zaradi segrevanja se sekundarno hladilo uparja.
 - Para poganja turbino, po koncu dela pa se kondenzira v kondenzatorju in se nato vrača v uparjalnik.
 - Pri tlačnovodnem reaktorju sta primarni in sekundarni hladilni krog ločena.

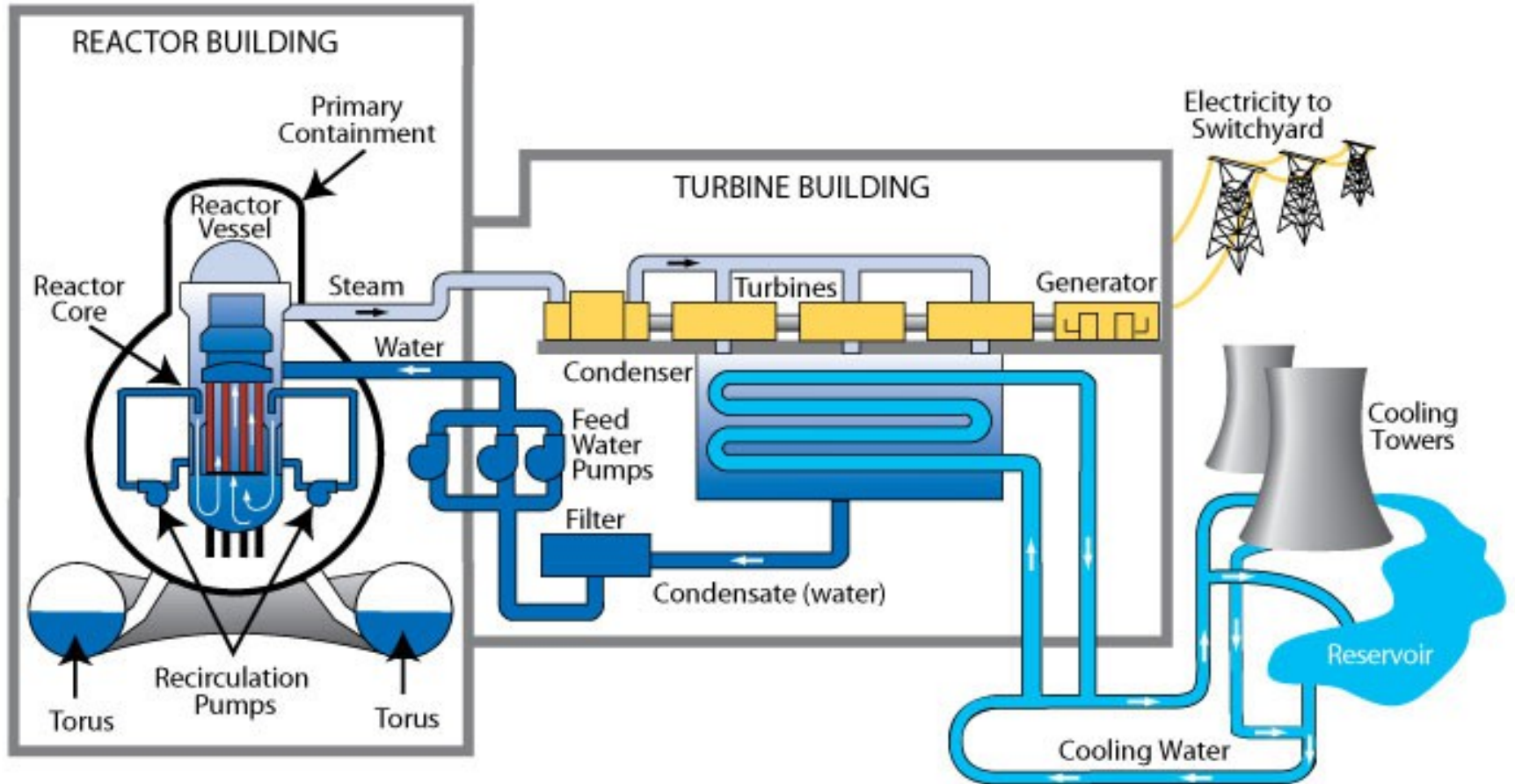
PRW – Tlačnovodni reaktor



Vrste jedrskih reaktorjev

- **BRW**—Boiling Water Reactor— **Vrelni reaktor**
 - Petina obratujočih jedrskih elektrarn ima vrelni reaktor. Fukušima.
 - V reaktorski posodi vrelnega reaktorja je manjši tlak kot v visokotlačnih reaktorjih.
 - Voda se uparja pri prehodu skozi reaktor in gre neposredno v turbino, kjer se po opravljenem delu kondenzira in se vrne nazaj v reaktorsko posodo.
 - Ker vrelni reaktor nima uparjalnikov, je v primerjavi s tlačnovodnim enostavnejše gradnje.
- **RBMK** ali **LWGR** - Light Water Cooled Graphite Moderated Reactor - **Vodno hlajeni, grafitno moderirani reaktor**
 - Podoben BWR, a moderiran z grafitom in hlajena z navadno vodo

BRW – Vrelni reaktor



Vrste jedrskih reaktorjev

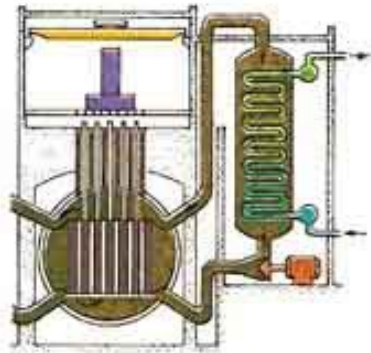
- **CANDU**—Canadian Deuterium Uranium—**Tlačnovodni težkovodni reaktor**
 - Moderirani kot tudi hlajeni s težko vodo, ki je boljši moderator od lahke vode, vendar je ta način hlajenja dražji.
 - Omogoča uporabo neobogatenega urana.
 - Voda v reaktorju ne vre, v uparjalniku pa se uparja sekundarna voda.
- **Magnox**—Gas cooled reactor in **AGR**—Advanced Gas-cooled – **Plinski reaktor**.
 - Večina reaktorjev v Veliki Britaniji in Franciji.
 - Moderirani z grafitom in hlajeni s plinom CO₂ ali He.
 - Plin segreva vodo, ki se uparja in poganja turbino.
 - Kot gorivo uporabljajo naravni uran v obliki kovine.

Vrste jedrskih reaktorjev

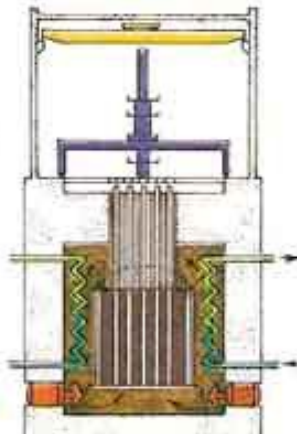
– **Fast Breeder— Hitri oplodni reaktor**

- sam proizvaja jedrsko gorivo in tako deluje z boljšim izkoristkom goriva, kot klasični reaktorji.
- Uporablja U235, U238 in Pu239.
- Nimajo moderatorja ki bi upočasnjeval nevtrone.
- Hitri nevtroni lahko spremenijo prej neuporaben osiromašeni uran ali torij v uporabno jedrsko gorivo precej učinkoviteje od običajnih reaktorjev.
- Ti reaktorji zato potrebujejo obogateno jedrsko gorivo le na začetku obratovanja; kasneje pa zadošča le dodajanje naravnega oz. osiromašenega urana ali torija.
- Pri teh reaktorjih nastaja veliko toplote, zato se hlajenje pogosto rešuje z uporabo tekočih kovin, predvsem Na, ki toploto z reaktorske sredice prenaša na sekundarni krog.
- So zelo nevarni, ker je tekoči Na vnetljiv, v stiku z vodo pa reagira eksplozivno in inflammable with air

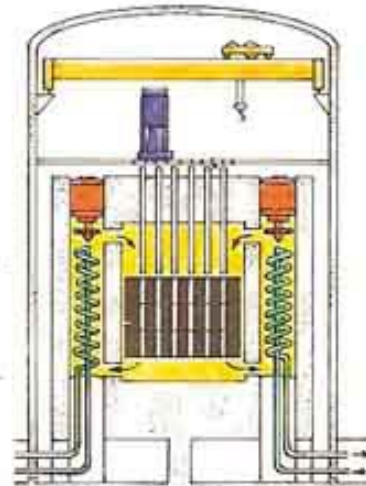
Vrste jedrskih reaktorjev



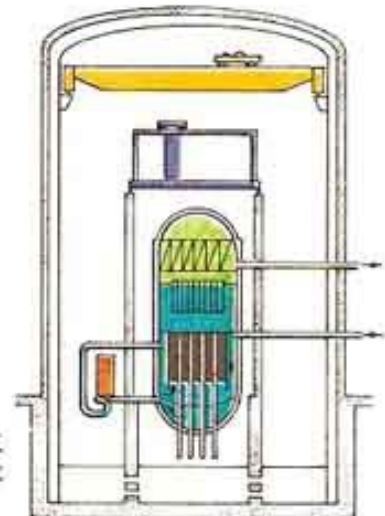
Magnox gas-cooled reactor



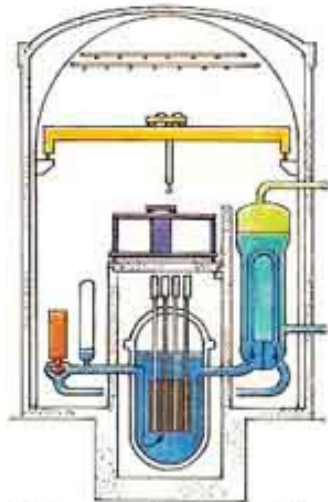
Advanced gas-cooled reactor (AGR)



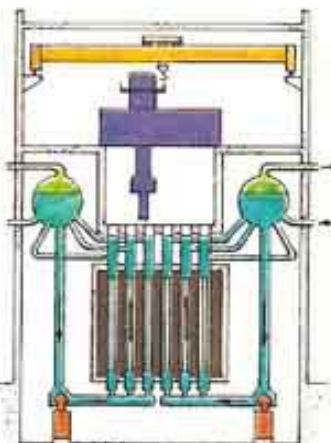
High-temperature graphite-moderated reactor (HTGR)



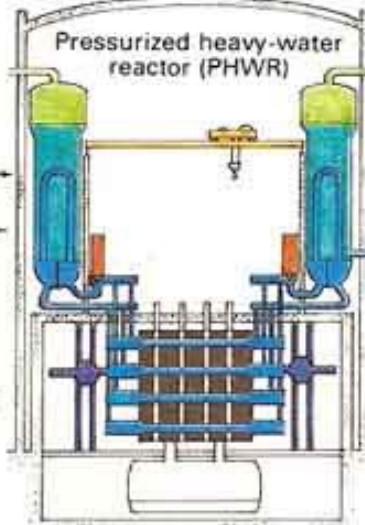
Boiling-water reactor (BWR)



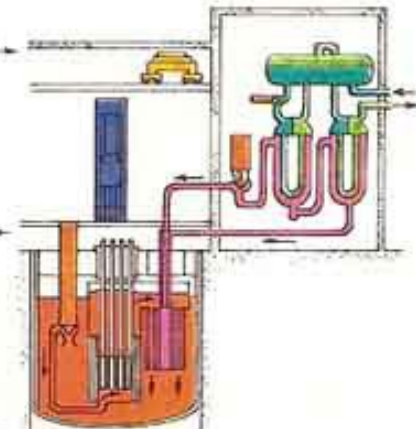
Pressurized-water reactor (PWR)



Steam-generating heavy-water reactor (SGHWR)



Pressurized heavy-water reactor (PHWR)



Fast breeder reactor (FBR)

concrete
 reactor
 primary water

water from condenser
 steam to turbine
 carbon dioxide

helium
 primary sodium
 secondary sodium

circulation pumps
 fueling machines
 cranes

Večanje zalog surovin za jedrsko energijo

- Med verižno reakcijo v reaktorju nekaj atomov U-238, ki ga je 90% v obogatenu uranskem gorivu, ujame proste nevtrone.
- U-238 ni naravno cepljiv, a se ob obstreljevanju z nevtroni spremeni v Pu-239, ki je cepljiv.
- Uporabljeno gorivo lahko uporabimo kot vir plutonija, ki bo/je uporaben kot:
 - Gorivo za bodoče reaktorje
 - Za obogatitev preostalega urana v U-235.

Jedrske elektrarne in varnost

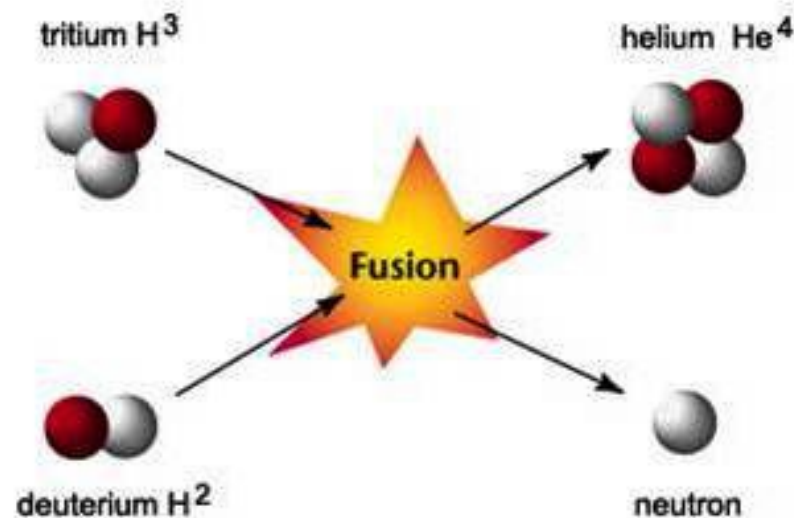
- Pomembna je prava lokacija reaktorja.
 - Stabilno območje brez prelomov, plazov, poplav...
 - Vodni vir, ki omogoča hlajenje.
 - Bližina urbanih središč.
- Najnevarnejša možnost je “izguba hladila”, katere posledica je staljenje jedra reaktorja.
- V vseh obratovalnih stanjih elektrarne je treba zagotavljati:
 - nadzirano verižno reakcijo v reaktorju,
 - Stalen odvod toplotne energije iz reaktorja,
 - pregrade, ki preprečujejo sproščanje radioaktivnih

73. naloga

- Poišči podatke o delovanju Nuklearne elektrarne Krško, zlasti o jedrski in sevalni varnosti ter vplivih NEK na okolje.

Jedrska energija na osnovi zlivanja (fuzije)

- Temelji na zlivanju lažjih prvin v težje, pri čemer se sprošča energija.
- Takšni procesi se dogajajo v Soncu in drugih zvezdah – naravni jedrski reaktorji.
- Tehnološko je ugodnejše zlivanje D in T oz. He-3.
 - D bi pridobili iz morske vode razmeroma redke.
 - He-3 je na Zemlji izredno redko in bi ga pridobivali na Luni.
- Postopek je zelo drag.



Jedrska energija na osnovi zlivanja (fuzije)

- Uporaba zlivanja jeder za varno pridobivanje energije je v fazi raziskav in ne komercialna realnost.
- Potrebno je razviti ustrezno tehnologijo.
 - Jedri reagentov je potrebno zelo približati pri visoki temperatur, kar je problem, ker se plini takrat širijo.
 - Možnost hladne fuzije je vprašljiva.
- Okoljski vplivi bi bili lahko pozitivni:
 - Ob reakciji nastali He je nestrupen, kemično inerten, neškodljiv plin.
 - Malo radioaktivnih odpadkov
 - Neomejen vir

Radioaktivni odpadki

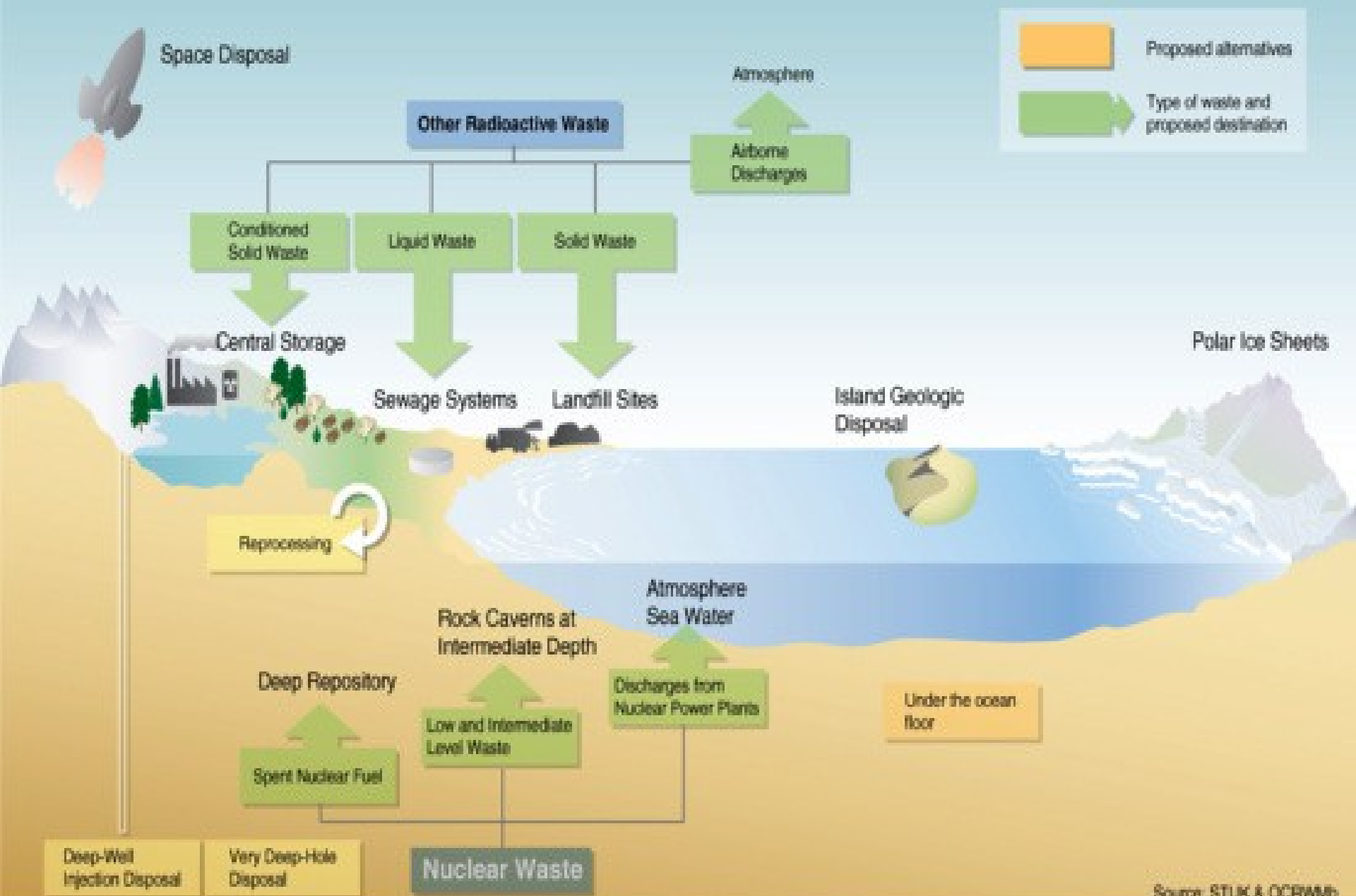
- Med obratovanjem jedrske elektrarne nastajajo radioaktivne odpadne snovi, ki so lahko v plinastem, tekočem in trdnem agregatnem stanju.
- Če je količina radionuklidov nad predpisanimi vrednostmi, se take snovi obravnavajo kot radioaktivni odpadki.
- Zaradi sevanja so kontaminirani tudi sestavni deli, reaktorja, uporabljeni stroji in orodje in jih je zato potrebno ustrezno odložiti.
- Po zapiranju reaktorja je enako potrebno obravnavati ves kontaminiran material.

Radioaktivni odpadki

- Obstajajo 4 vrste radioaktivnih odpadkov:
 - Visoko radioaktivni
 - Uporabljeno gorivo
 - Plutonijevi odpadki
 - Transuranski
 - S prvimi težji od urana kontaminirana orodja in oblačila
 - Nizko radioaktivni in mešani nizko radioaktivni
 - Odpadki iz bolnišnic, jedrskih laboratorijev, obsevan material iz reaktorjev...
 - Jalovišča uranove rude in ostanki njene predelave.



Existing radioactive waste disposal and proposed alternatives for storage



Radioaktivni odpadki

- Veliko ustanov shranjuje odpadke v sodih, v lastnih skladiščih, a jim hitro zmanjkuje prostora.
- Za U-238 z razpolovno dobo 4,6 mrd let, je potrebno 10 razpolovnih dob, da ni več nevaren.
- Za jedrske odpadke še nimamo stalnih, popolnoma varnih odlagališč.
- Dodaten problem je varen transport odpadkov v stalno odlagališče.



Nizko radioaktivni odpadki

- Vsebujejo maloradioaktivne snovi.
- Ne proizvajajo veliko toplote.
- Iz okolja jih moramo izolirati za 500 let.
- Pogosto filozofija “dilute and disperse” – “razredči in razprši”.
- Varno jih lahko odložimo s podzemnim skladiščenjem.
- Nujno poznavanje in spremljanje geoloških in hidroloških razmer.



Transuranijski odpadki

- Imajo nizko radioaktivnost, a dolge razpolovne čase.
 - Plutonij mora biti izoliran najmanj 250.000 let, da postane nenevaren.
- Možno odlagališče so nekaj 100 m debeli solni čoki v zadostni globini.

— U

93 Neptunium 1940, UCB Np 2.144x10 ⁶ years ²³⁷ Np	94 Plutonium 1940, UCB Pu 8.08x10 ⁷ years ²⁴⁴ Pu	95 Americium 1944, Univ. Chicago Am 7370 years ²⁴³ Am	96 Curium 1944, UCB Cm 1.56x10 ⁷ years ²⁴⁷ Cm	97 Berkelium 1949, UCB Bk 1380 years ²⁴⁷ Bk	98 Californium 1950, UCB Cf 898 years ²⁵¹ Cf	99 Einsteinium 1952, UCB Es 471.7 days ²⁵² Es	100 Fermium 1952, UCB Fm 100.5 days ²⁵⁷ Fm	101 Mendeleevium 1955, UCB Md 51.5 days ²⁵⁸ Md	102 Nobelium 1958, UCB No 58 minutes ²⁵⁹ No	103 Lawrencium 1961, UCB Lr 3.6 hours ²⁶² Lr
UCB = University of California, Berkeley			JNR = Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia			GSI = Institute for Heavy Ion Research, Darmstadt, Germany				
104 Rutherfordium 1966, JNR Rf 1.3 hours ²⁶⁷ Rf	105 Dubnium 1968, JNR Db 16 hours ²⁶⁸ Db	106 Seaborgium 1974, UCB Sg 1.9 minutes ²⁷¹ Sg	107 Bohrium 1981, GSI Bh 61 seconds ²⁷⁰ Bh	108 Hassium 1984, GSI Hs 16.5 minutes ²⁷⁷ Hs	109 Meitnerium 1982, GSI Mt 1.1 second ²⁷⁸ Mt	110 Darmstadtium 1994, GSI Ds 11 seconds ²⁸¹ Ds	111 Roentgenium 1994, GSI Rg 3.6 seconds ²⁸⁰ Rg	112 Ununbium 1996, GSI Uub 29 seconds ²⁸⁵ Uub		
113 Ununtrium 2003, JNR Uut 0.49 seconds ²⁸⁴ Uut	114 Ununquadium 1998, JNR Uuq 2.6 seconds ²⁸⁹ Uuq	115 Ununpentium 2004, JNR Uup 87.5 milliseconds ²⁸⁸ Uup	116 Ununhexium 2000, JNR Uuh 61 milliseconds ²⁹² Uuh	117 Ununseptium N/A Uus Not known	118 Ununoctium 2006, JNR Uuo 0.89 milliseconds ²⁹⁴ Uuo	119 Ununennium N/A Uue Not known	120 Unbinilium Attempted, 2007 Ubn Not known	121 Unbiunium N/A Ubu Not known	122 Unbibium Disputed claim, 2008 Ubb 100 million years?	

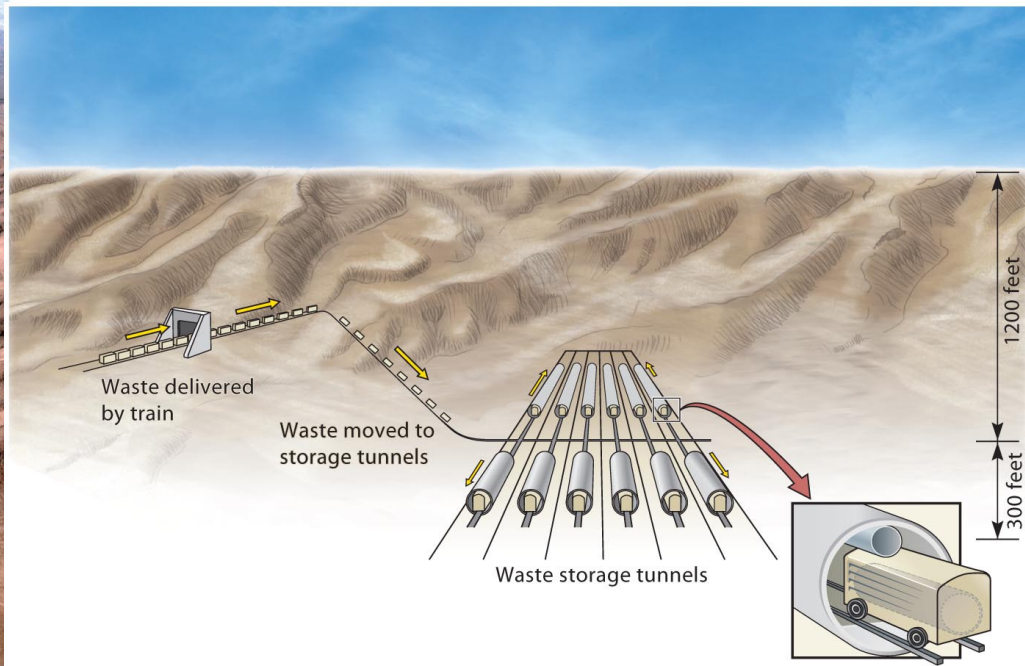
Trans-uranium Elements

Visoko radioaktivni odpadki

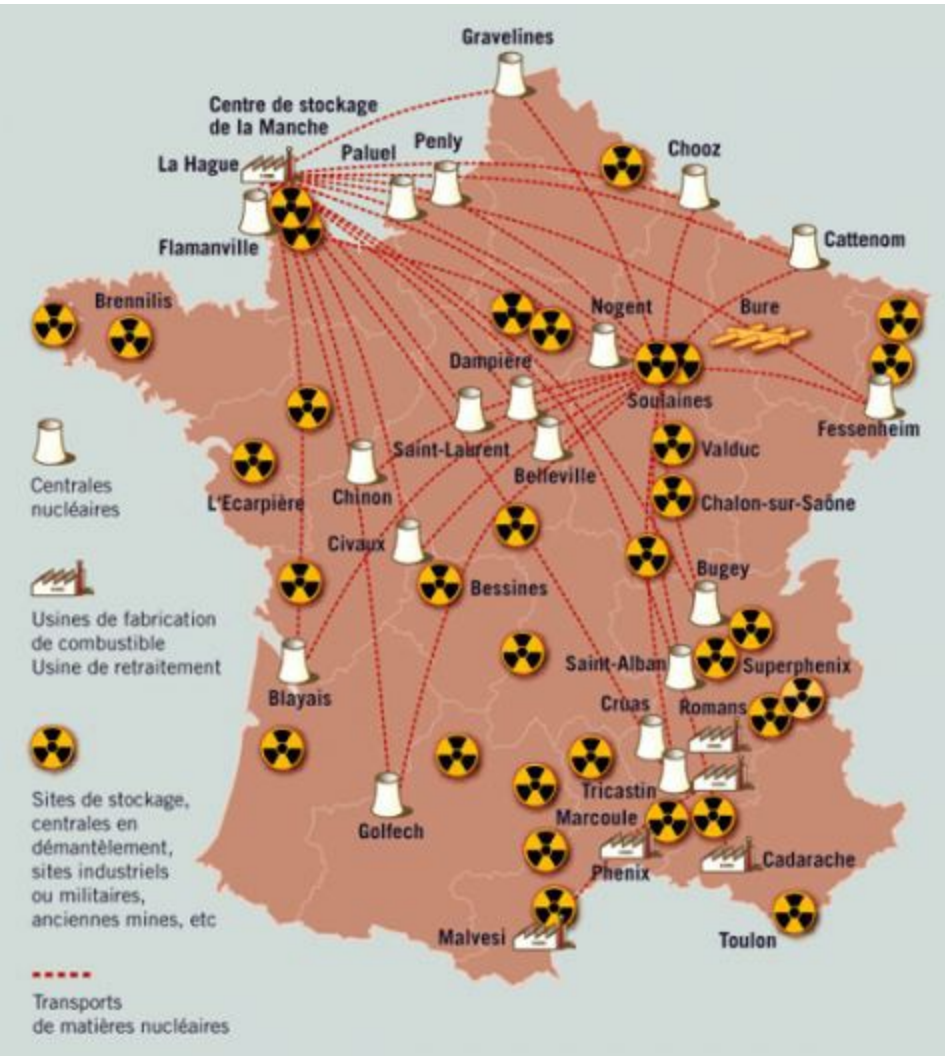
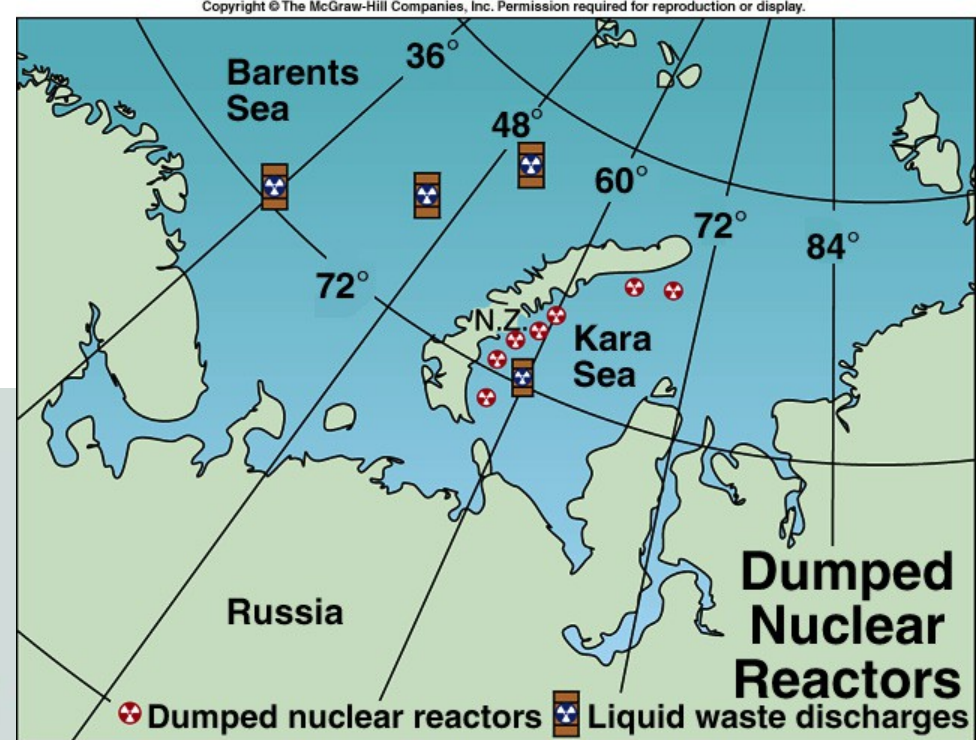
- Porabljeno gorivo jedrskih elektraren je zaenkrta dražje recilirati kot pridobivanje in predelava novega urana.
- Odpadke je potrebno odstraniti, prepeljati in uskladiščiti.
- Razpadni produkti Kr-85, Sr-90 in Cs-137 imajo zelo različne razpolovne dobe in zahtevajo stotine let izolacije.
- Problem je dolgotrajno zagotavljanje varnosti odlagališča.

Visoko radioaktivni odpadki

- V ZDA so za visoko radioaktivne odpadke predlagali začasno skladiščenje v indijanskem rezervatu Skull Valley.
- Skladiščenje do leta 2037 morda v gori Yucca.
- Po 2037 morda v batolitu Wolf River v Wisconsinu.
- Problem je zlasti “tesnenje” skladišč, ker razpoke lahko povzročijo uhajanje radioaktivnega plina in onesnaženje



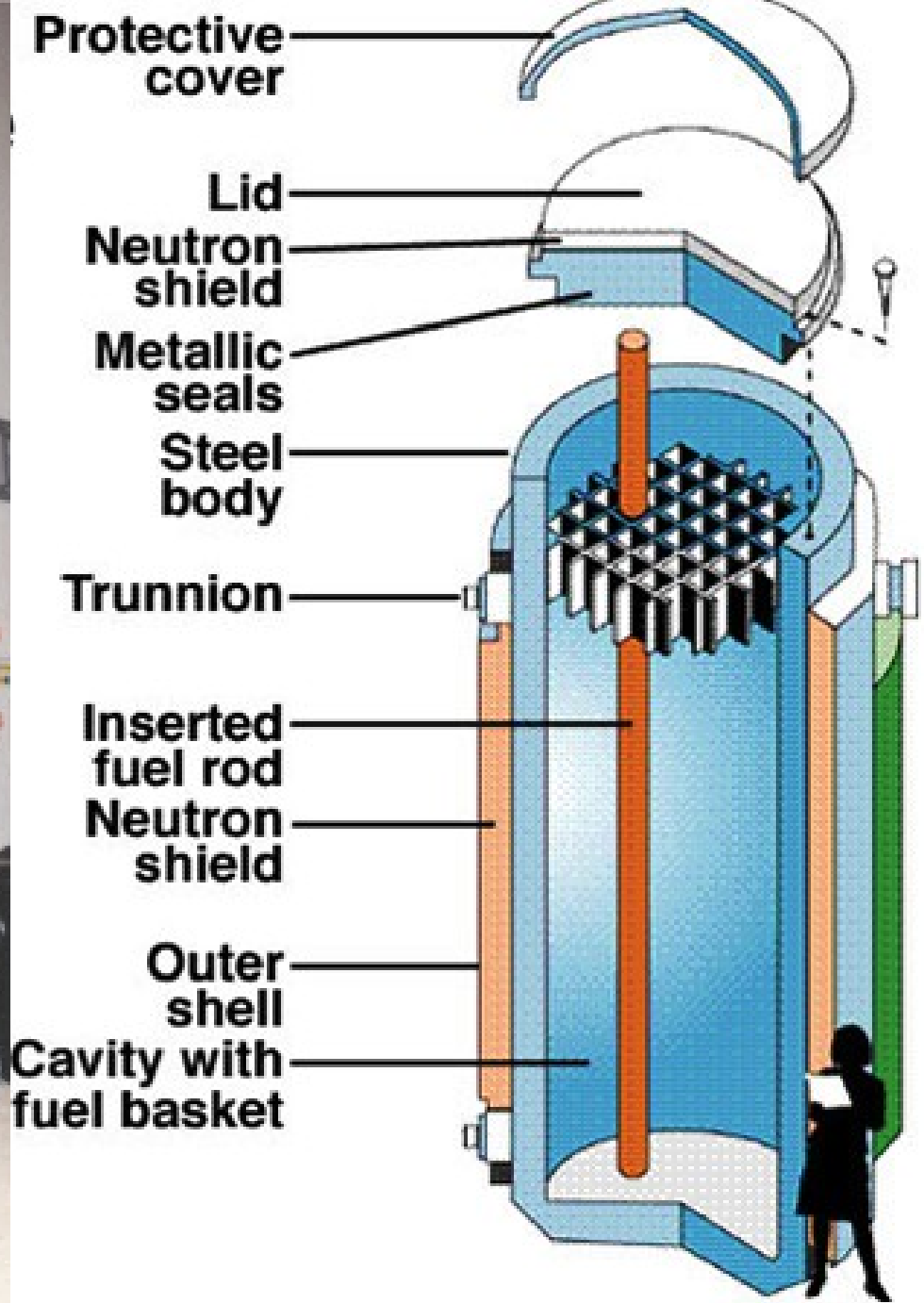
Rusija



Francija

Radioaktivni odpadki v NEK

- Količina nastalih nizko in srednje radioaktivnih odpadkov je odvisna od stabilnosti obratovanja elektrarne in obsega vzdrževalnih posegov.
- V zadnjih letih nastane v NEK povprečno približno 45 m³ nizko in srednje radioaktivnih odpadkov.
- Ob koncu leta 2010 je bilo v začasnem skladišču NEK za nizko in srednje radioaktivne odpadke uskladiščениh 2210,6 m³ teh odpadkov. Skupna aktivnost teh odpadkov je bila 19,8 TBq.



74. naloga

- Preberi, kako v Sloveniji načrtujemo skladiščenje nizko radioaktivnih odpadkov (NSRAO): <http://www.arao.si/odlagalisce-nsrao>
- Preberi članek:
<http://www.delo.si/novice/svet/mongolija-ndash-mednarodno-odlagali-ce-jedrskih-odpadkov.html>

Recikliranje radioaktivnih odpadkov

- Delno se radioaktivne odpadke iz jedrskih reaktorjev in proizvodnje orožja lahko reciklira v izdelkih za javno uporabo ali v vojaške namene.
 - V ZDA je 1996 Association of Radioactive Metal Recyclers zbrala 15.000 t kovine.
 - Večino so je reciklirali v izdelke javne porabe, ne da bi kupci to vedeli.

75. naloga

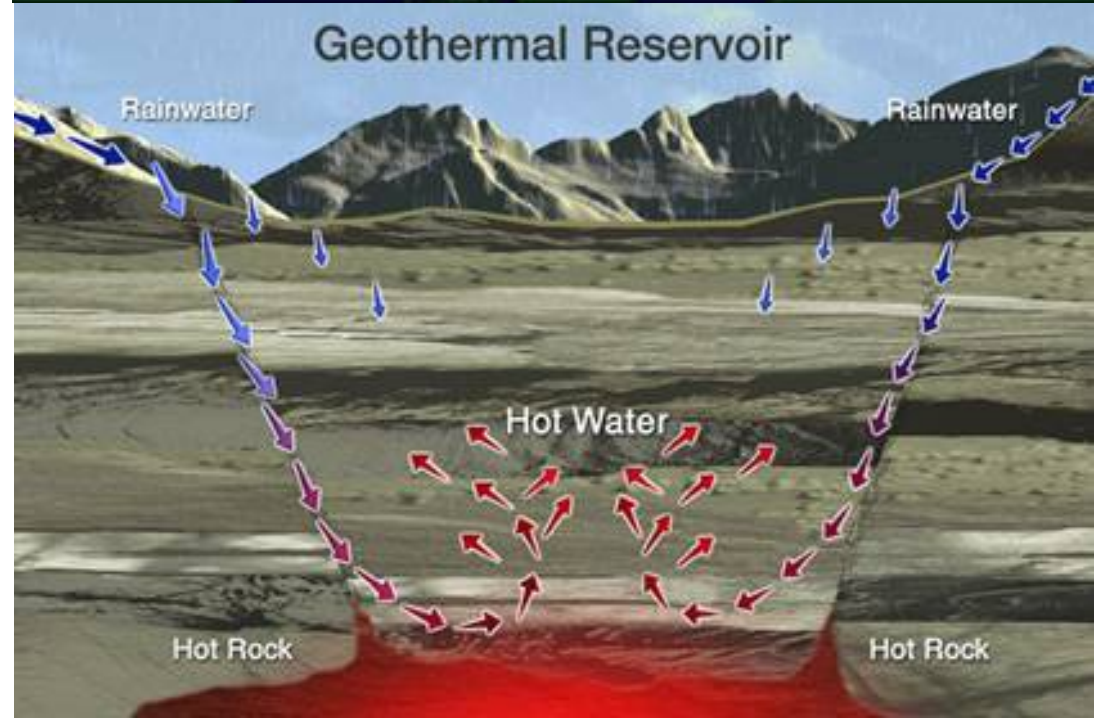
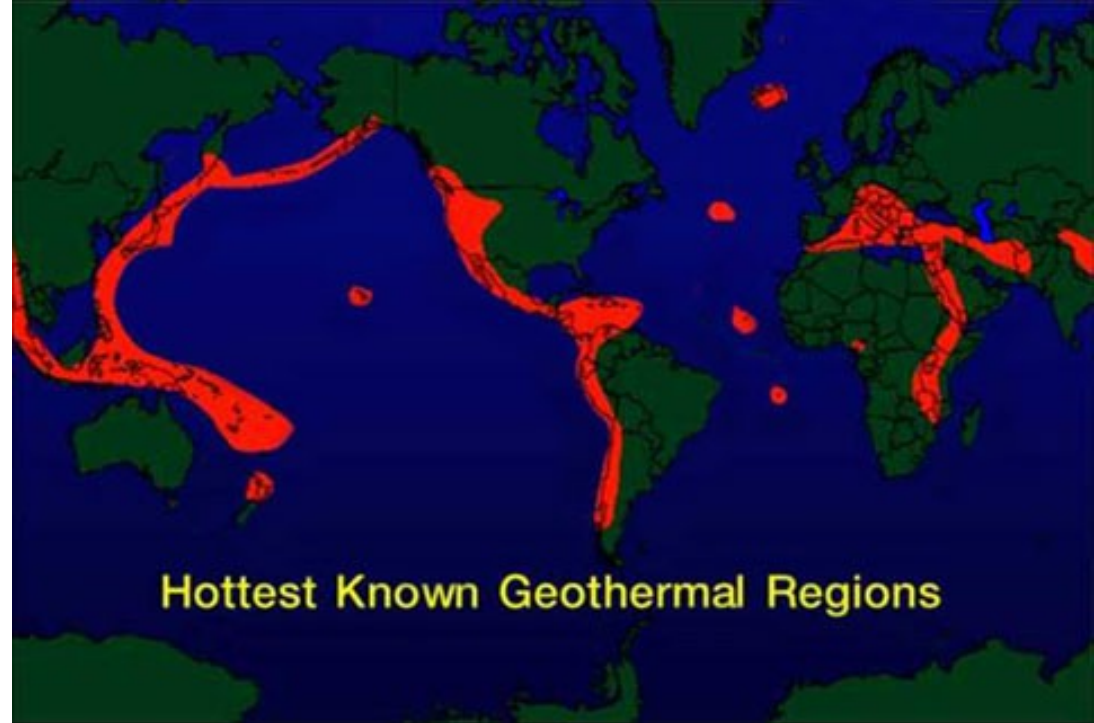
- Poišči podatke o možnostih recikliranja radioaktivnih odpadkov.

OBNOVLJIVI ENERGIJSKI VIRI

- Geotermalna energija.
- Hidroelektrarne.
- Energija plimovanja.
- Toplotna energija oceanov.
- Sončna energija.
- Vetrna energija.
- Energija iz biomase.

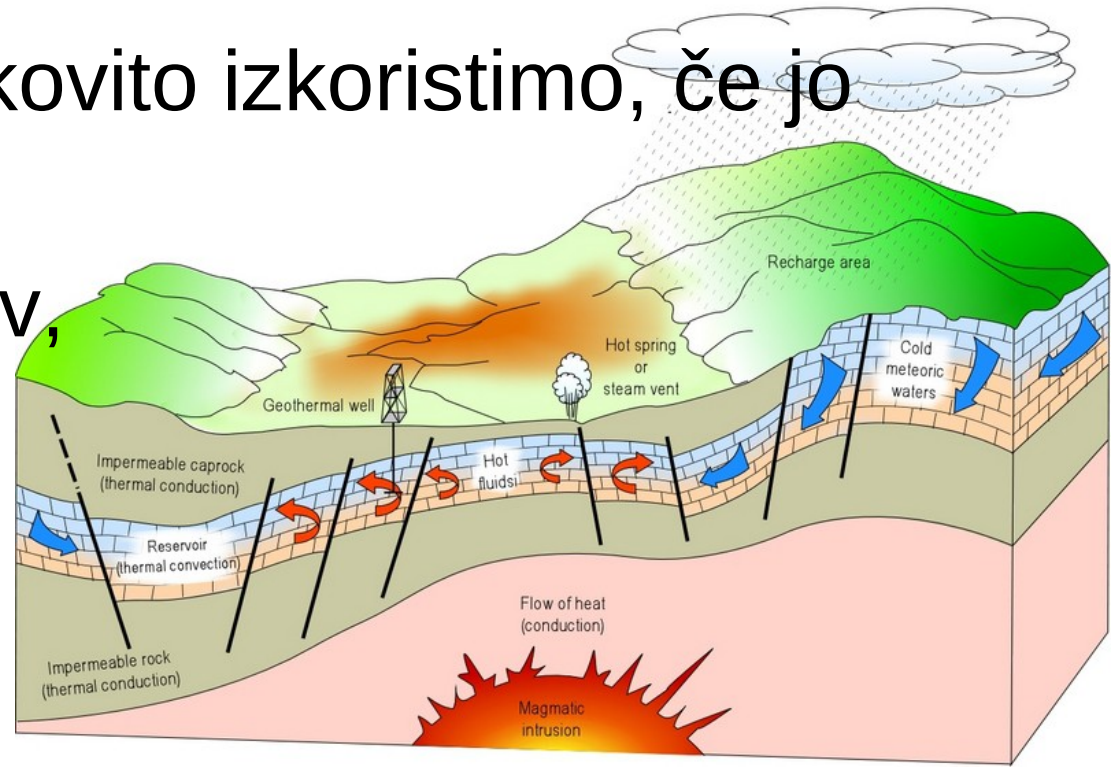
GEOTHERMAL NA ENERGIJA

- Izkoriščamo Zemljino notranjo toploto.
 - Bližina mej plošč
 - Plitvi magmatski/hidrotermalni sistemi



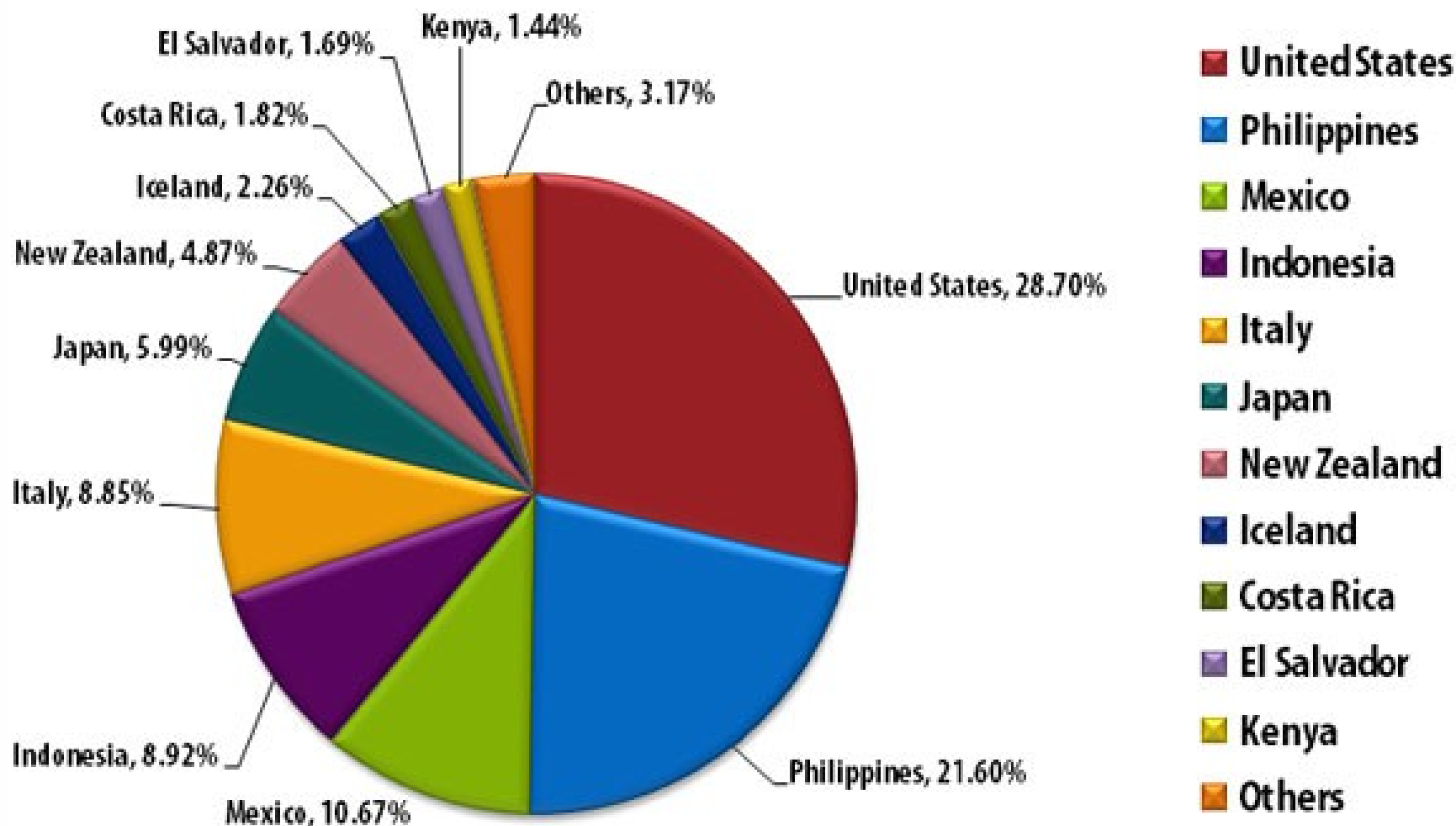
Geotermalna energija

- Geotermalni viri so izredno veliki – 500x več od vseh zalog nafte in plina.
- Izkoristimo lahko le 1% iz zgornjih 10 km skorje.
- Toploto lahko učinkovito izkoristimo, če jo prenaša tekočina.
- Kjer ni vročih izvirov, moramo izvrtati vrtine, kar je najvišji strošek.



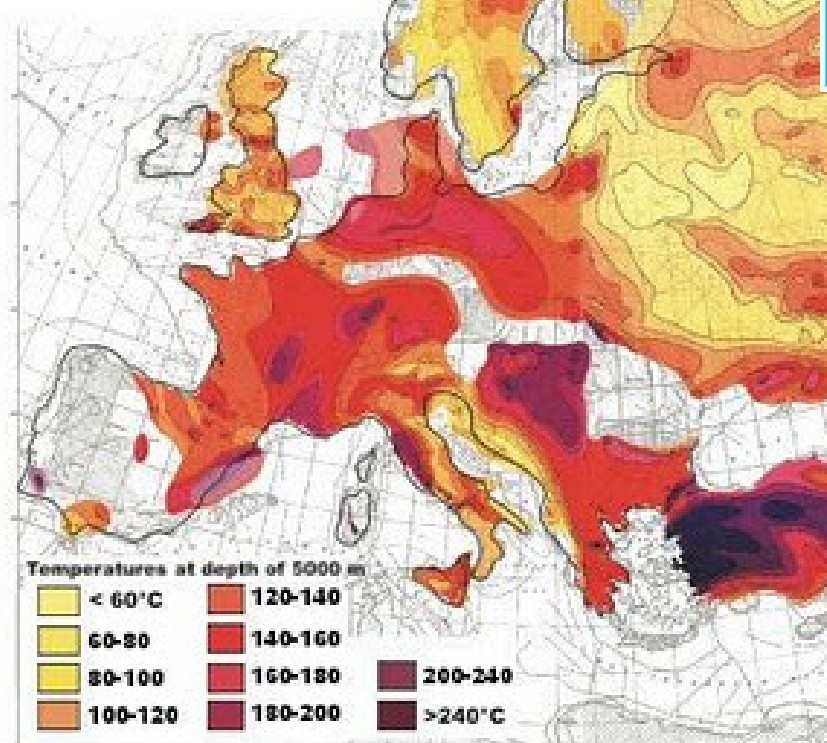
Geotermalna energija

Breakdown of Geothermal Electricity Production



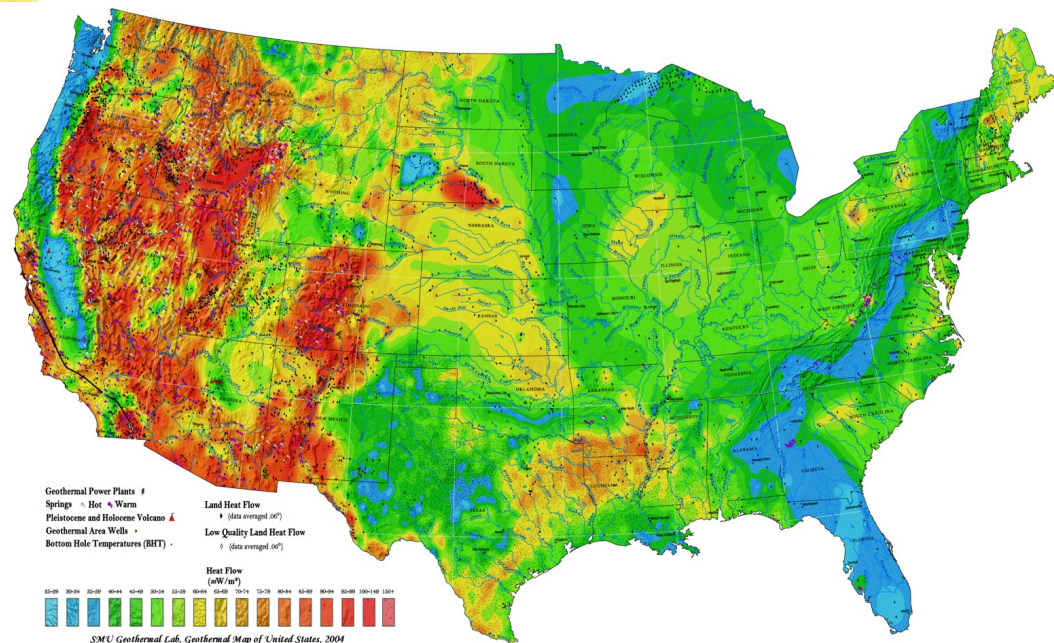
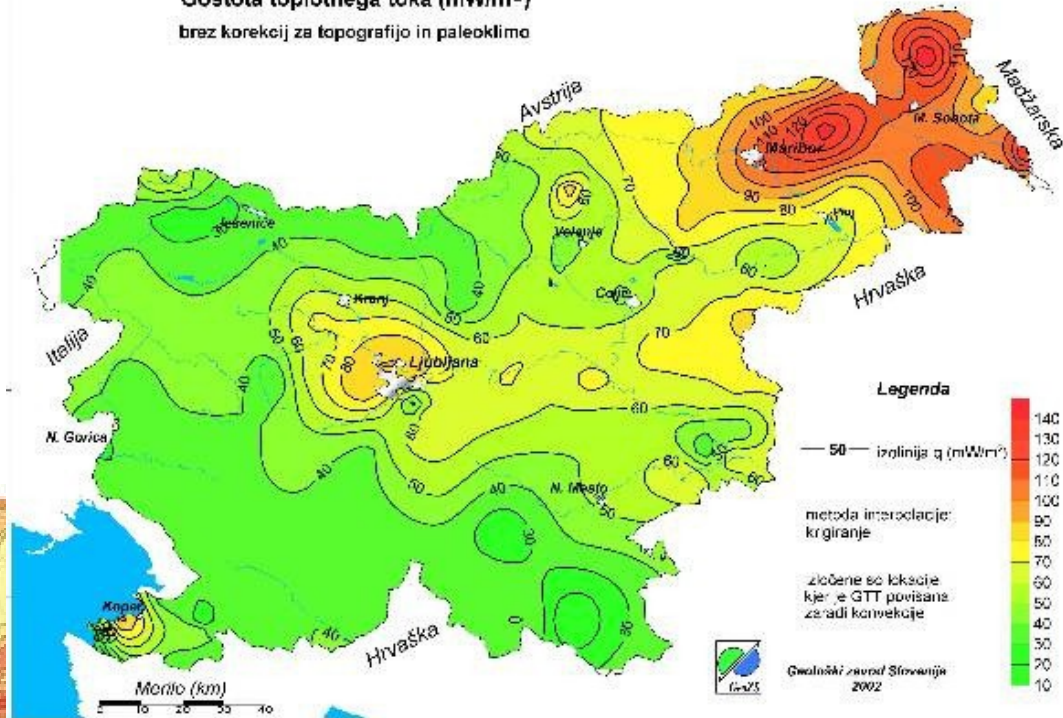
Geotermalna energija

EUROPEAN GEOTHERMAL RESOURCES
Working document based on data integrated on 01/09/2000



(Shell Internation

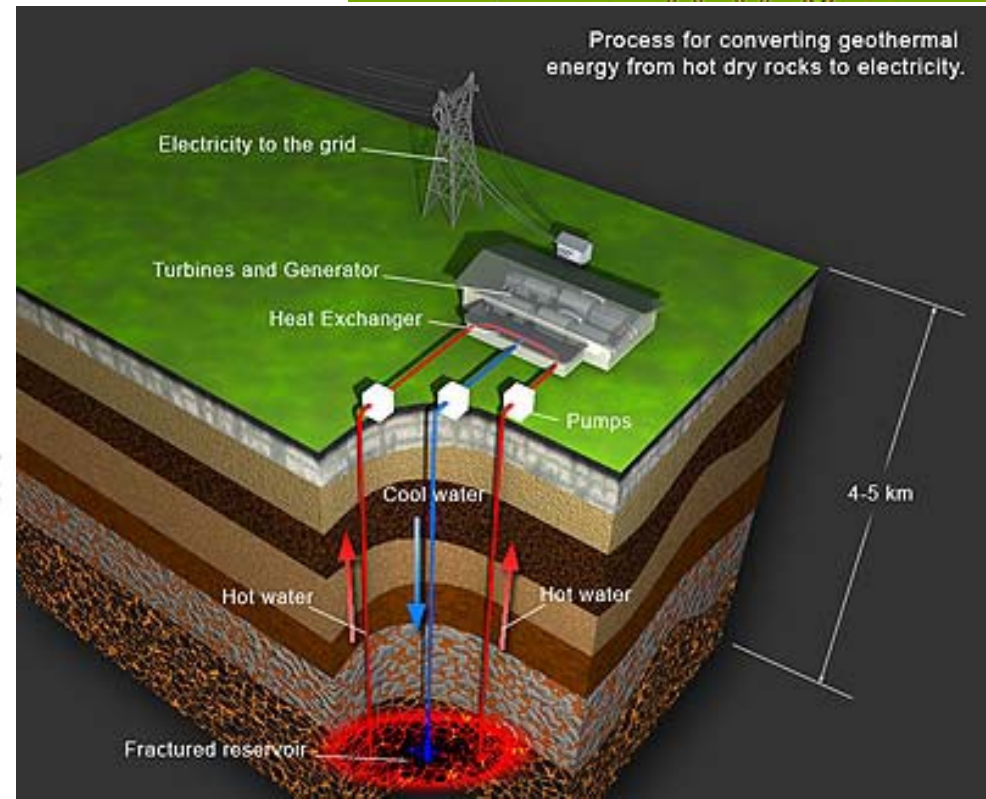
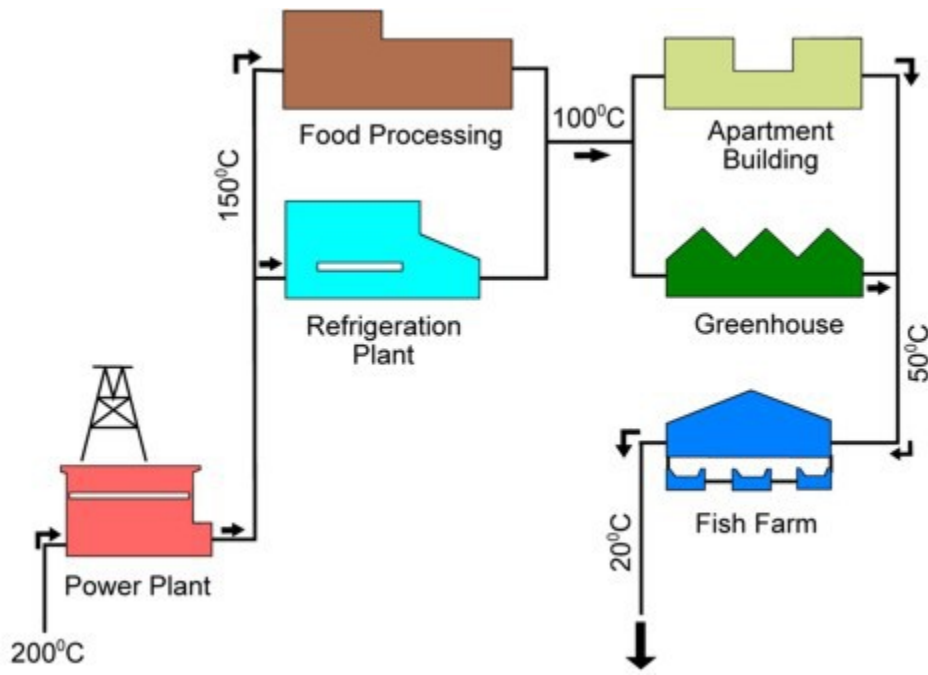
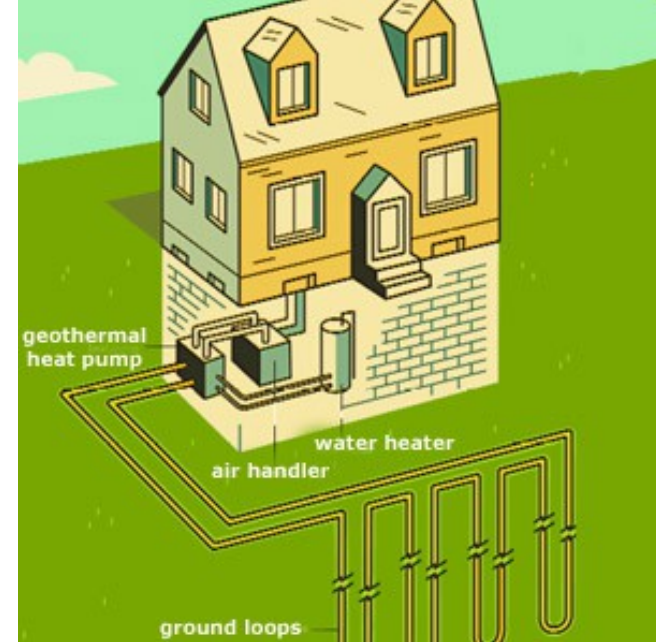
Gostota toplotnega toka (mW/m²)
brez korekcij za topografijo in paleoklimo





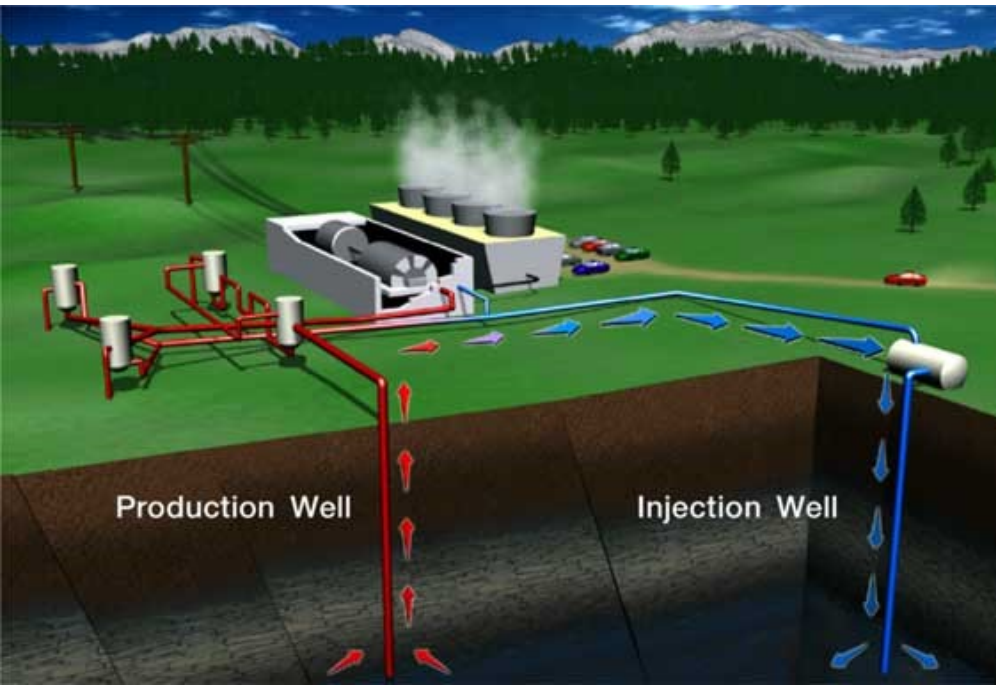
Uporaba geotermalne energije

- Uporabimo jo za:
 - Proizvodnjo elektrike
 - Neposredno izkoriščanje toplote
 - Toplotne črpalke



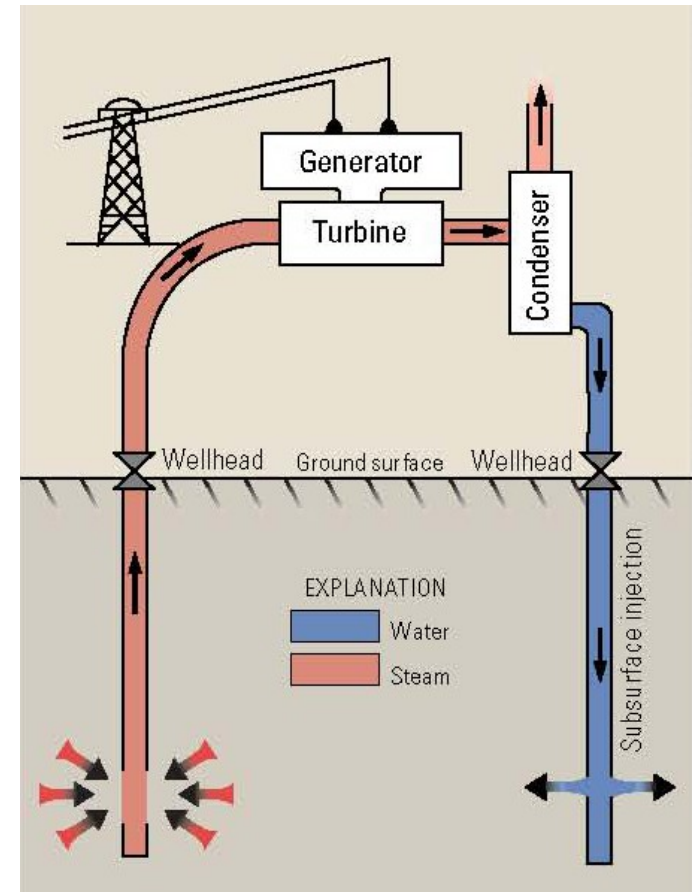
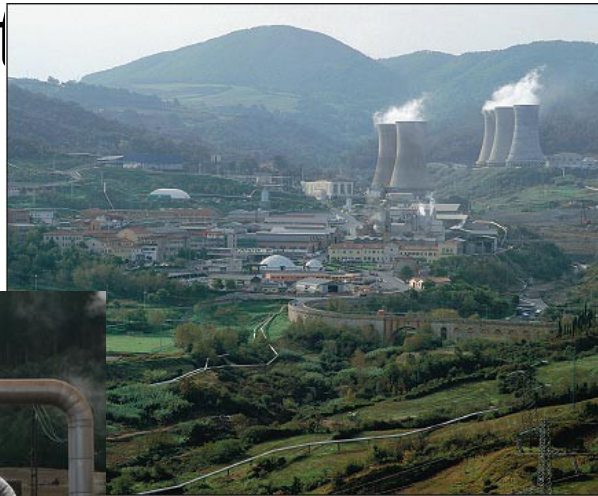
Geotermalna elektrarna

- Tri vrste geotermalnih elektrarn:
 - Princip suhe pare
 - Princip ločevanja pare
 - Binarni princip



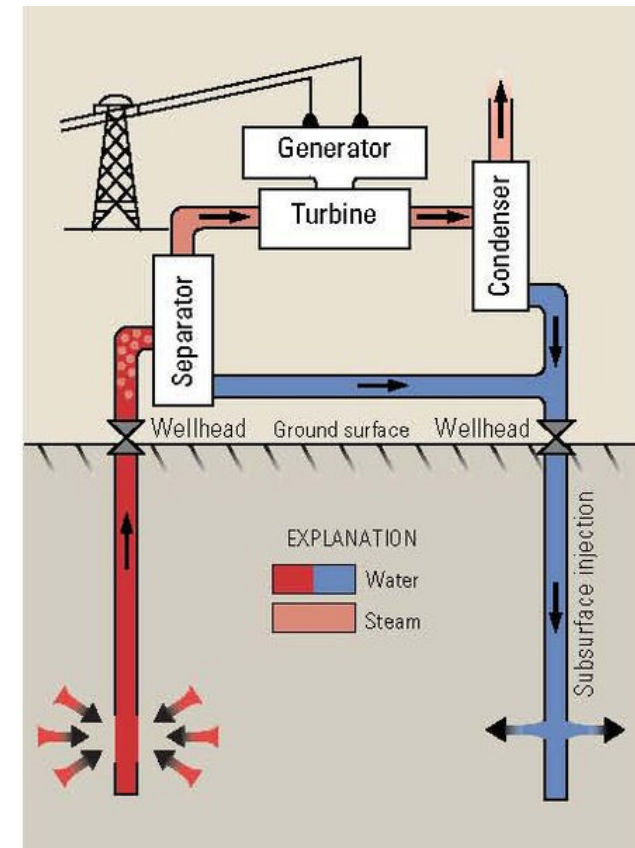
Geotermalna elektrarna na suho paro

- Neposredni zagon turbine generatorja z zelo vročo paro ($> 235\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Najpreprostejši, najstarejši in daleč najcenejši.
- Lardarello, It



Geotermalna elektrarna na ločevanje pare

- Črpanje vroče vode, ki je pod velikim pritiskom in s temperaturo $> 182 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Zaradi padca tlaka na površju se voda upari in zaganja turbine.
- Neuparjena voda se vrne v rezervoar za ponovno uporabo.
- Večina sodobnih geotermalnih elektrarn uporablja ta princip delovanja.



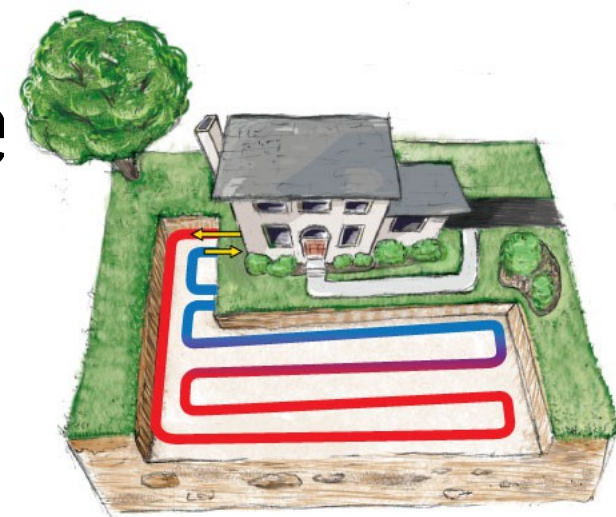
Izkoriščanje toplote

- Ogrevanje stanovanj.
 - Reykjavik 90%
 - Prihranek 4 mio ton CO₂ letno
 - in 4.25\$ mrd od 1944
- Topla voda.
- Tople grede.
- Akvakultura.

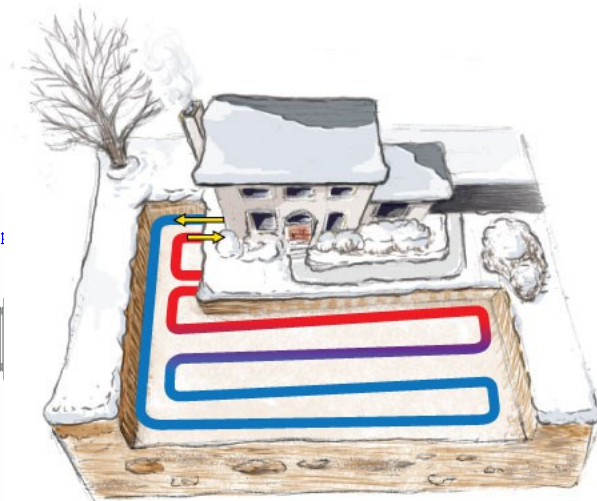


Toplotne črpalke

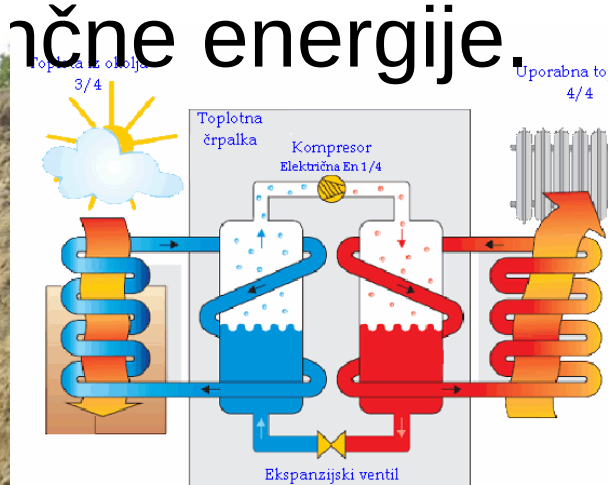
- Toplotna črpalka je naprava, ki izrablja toploto iz okolja in jo pretvarja v toploto za segrevanje zgradb in sanitarne vode.
- Večinoma delujejo na principu tlehne energije.



In summer, heat is collected from the building and transferred to the ground.



In winter, heat is collected from the ground and transferred to the building.

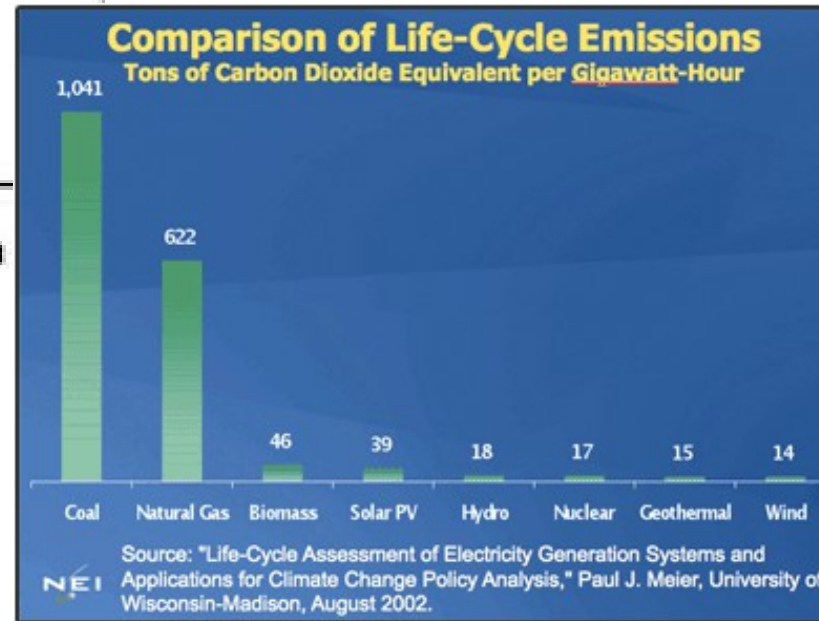
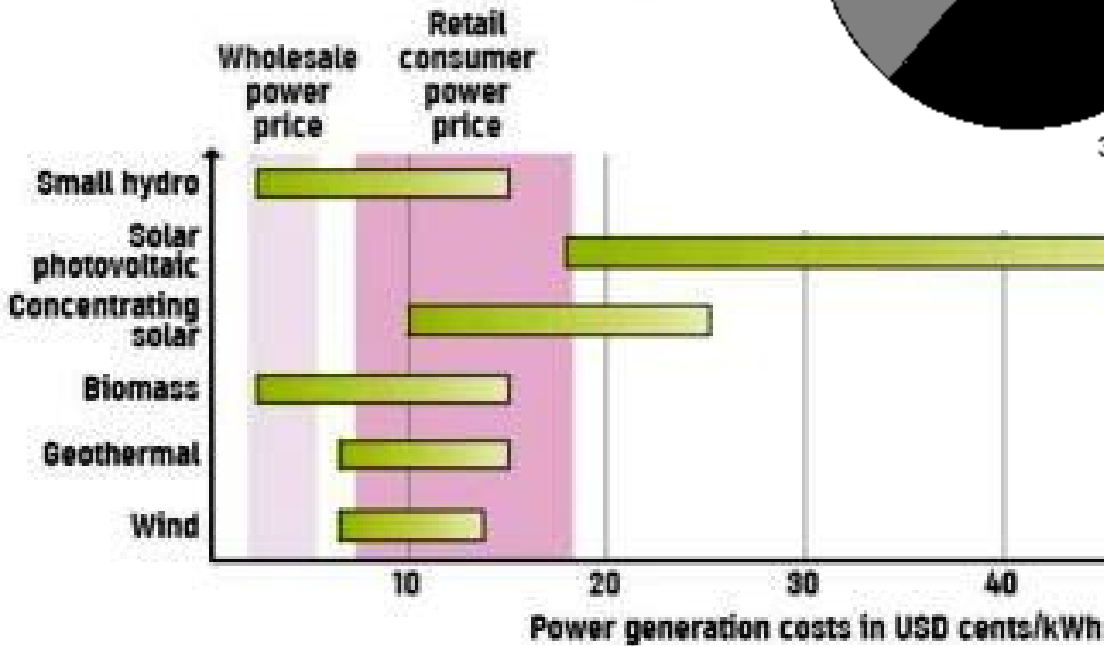
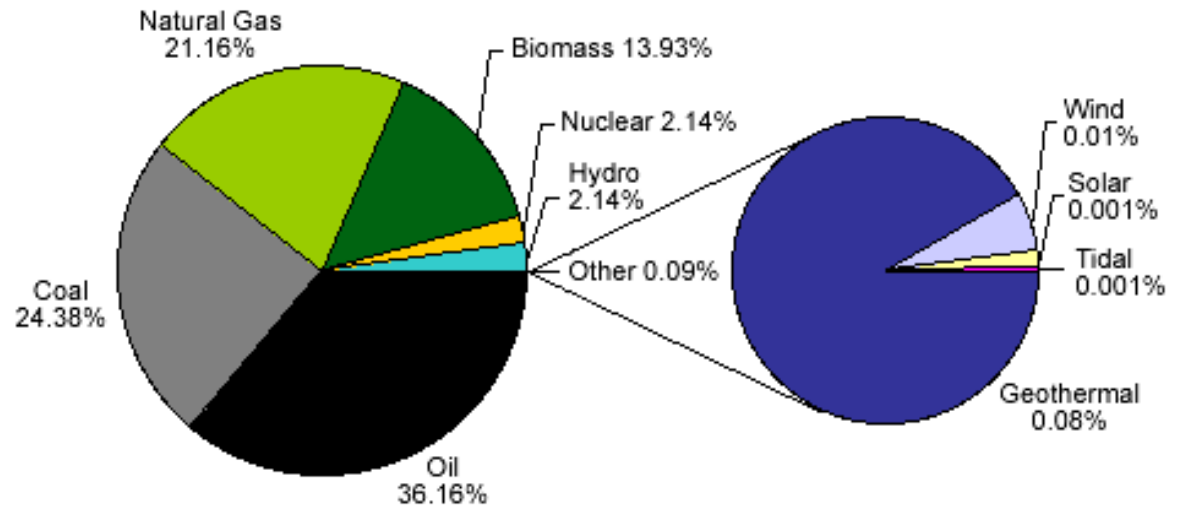


76. naloga

- Kako v Sloveniji izkoriščamo geotermalno energijo. Navedi nekaj primerov.

Slabosti geotermalne energije

- Toplotno onesnaženje z odpadnimi vodami.
- Neželena onesnaževala (Hg, As, B, H₂S) raztopljena v vodi.
- Posedanje ozemlja zaradi črpanja vode.
- Stroški vrtanja so 500 mio USD za vrtine, ki niso globlje od 3 km.
- Uporaba večinoma lokalno omejena.
- Emisije 122 kg CO₂ na MWh proizvedene energije. Učinkovitost je le 10 – 20%.



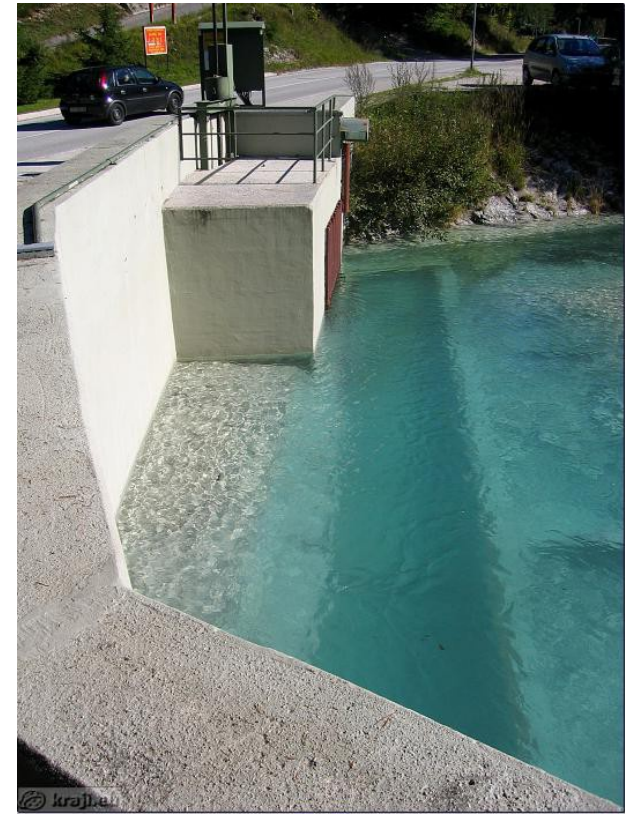
VODNA ENERGIJA

- Izkoriščamo lahko energijo vode zaradi premikanja:
 - Padeč - hidroelektrarna
 - Bibavica (plimovanje)
 - Morski tokovi in valovi



HIDRELEKTRARNE

- Vodo je potrebno zajezi v zbiralnik (hidroakumulacijsko jezero).
- Del se je spusti, da pada na turbine.
- Male hidroelektrarne (MHE).



(a)

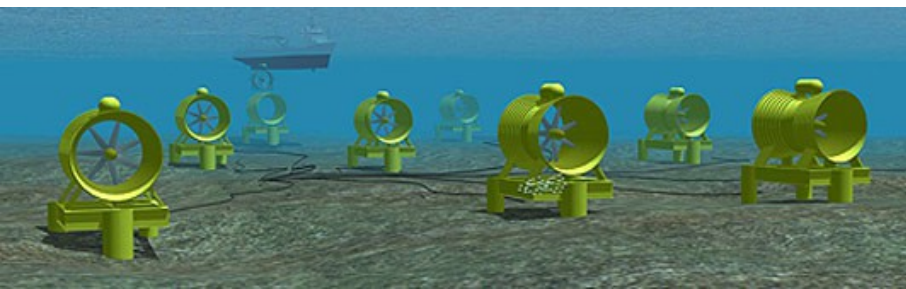
(b)

Okoljski problemi povezani s HE

- Pridobivanje je lokalno omejeno.
 - Zadosten padec.
 - Ne prevelika nihanja (suše, poplave).
- Poplavljenje habitatov zaradi jezua.
- Spremeba videza krajine.
- Zagotavljanje pretoka za biološki minimum.
- Akumulacija sedimenta v hidroakumulacijskem jezeru.
- Evaporacija vode iz zbiralnika.
- Porušitev jezua.

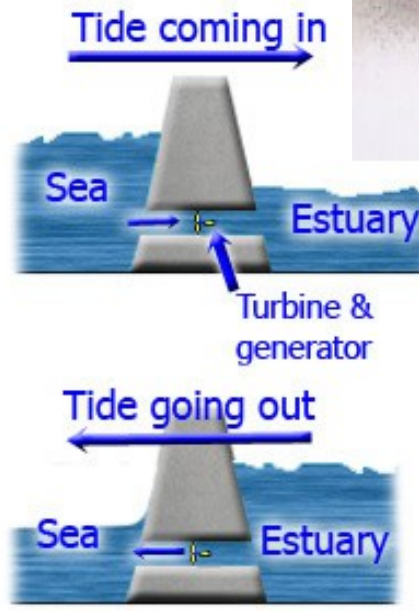
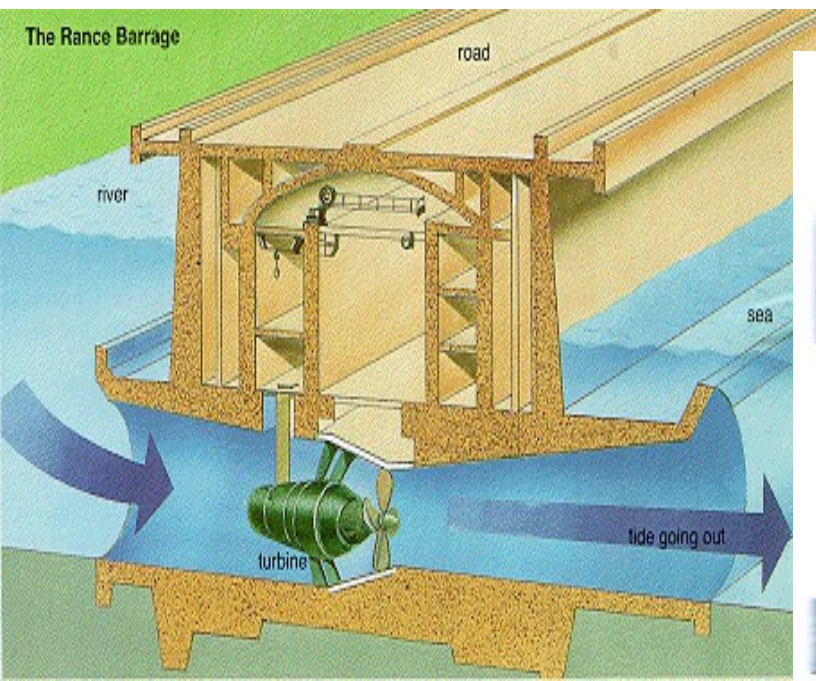
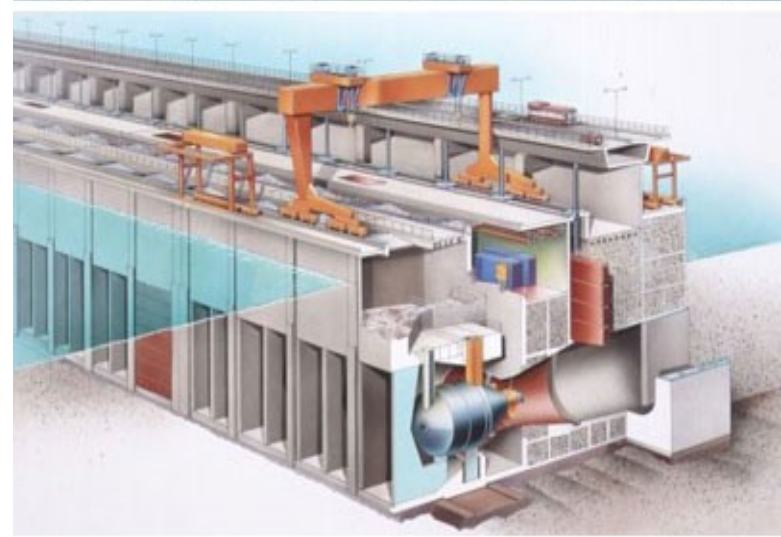
ELEKTRARNE NA BIBAVICO

- Potrebna je ustrezna topografija in zadostna razlika (5 m) v višini vode med plimo in oseko.
 - Bay of Fundy (Nova Scotia, Kanada), St. Malo (Francija), Nizozemska, ponekod v
- Dva tipa:
 - Jez z dvosmernim prepuščanjem vode
 - Propelerji v vodnem toku



Plimski jez

- Visoki stroški.
- Vplivi na okolje.



Elektrarne na vodni tok

- Podobne vetrnim turbinam.
- Cenejša gradnja.
- Manjši vpliv na okolje.
- Največji prototip je SeaGen na Irskem.



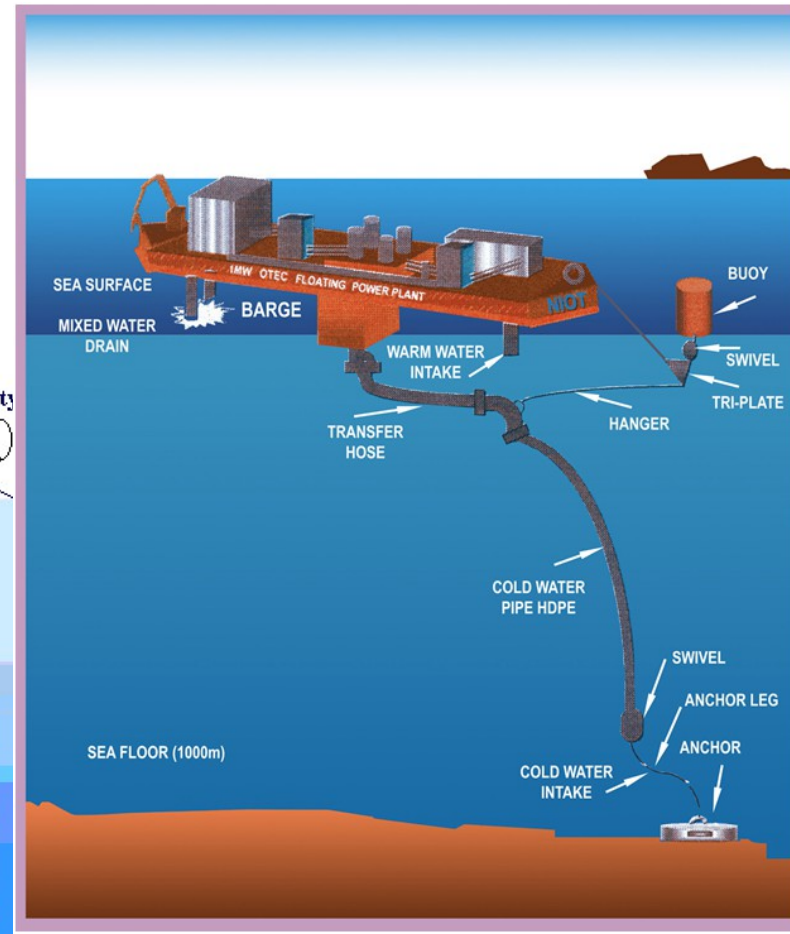
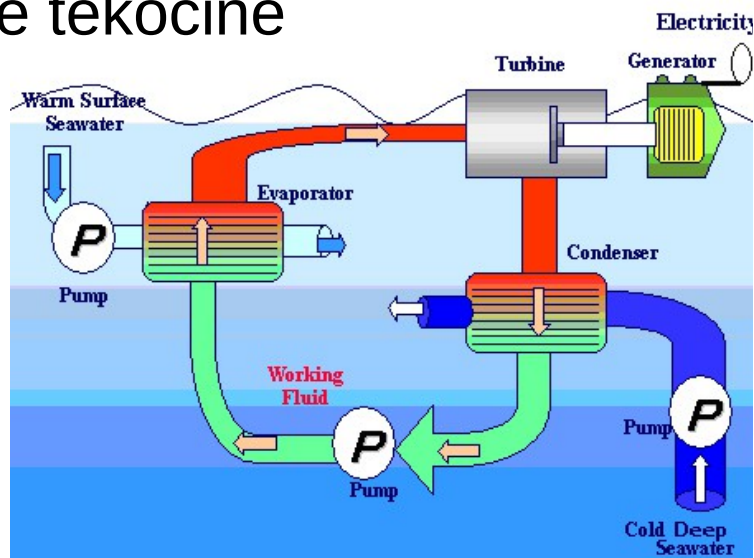
Slabosti plimskih elektrarn

- Zelo dragi stroški gradnje.
- Vpliv na sistem premikanja vode
- Lokalno omejen vir.
- Negativen vpliv jezu:
 - Migracija rib
 - Usedanje sedimenta



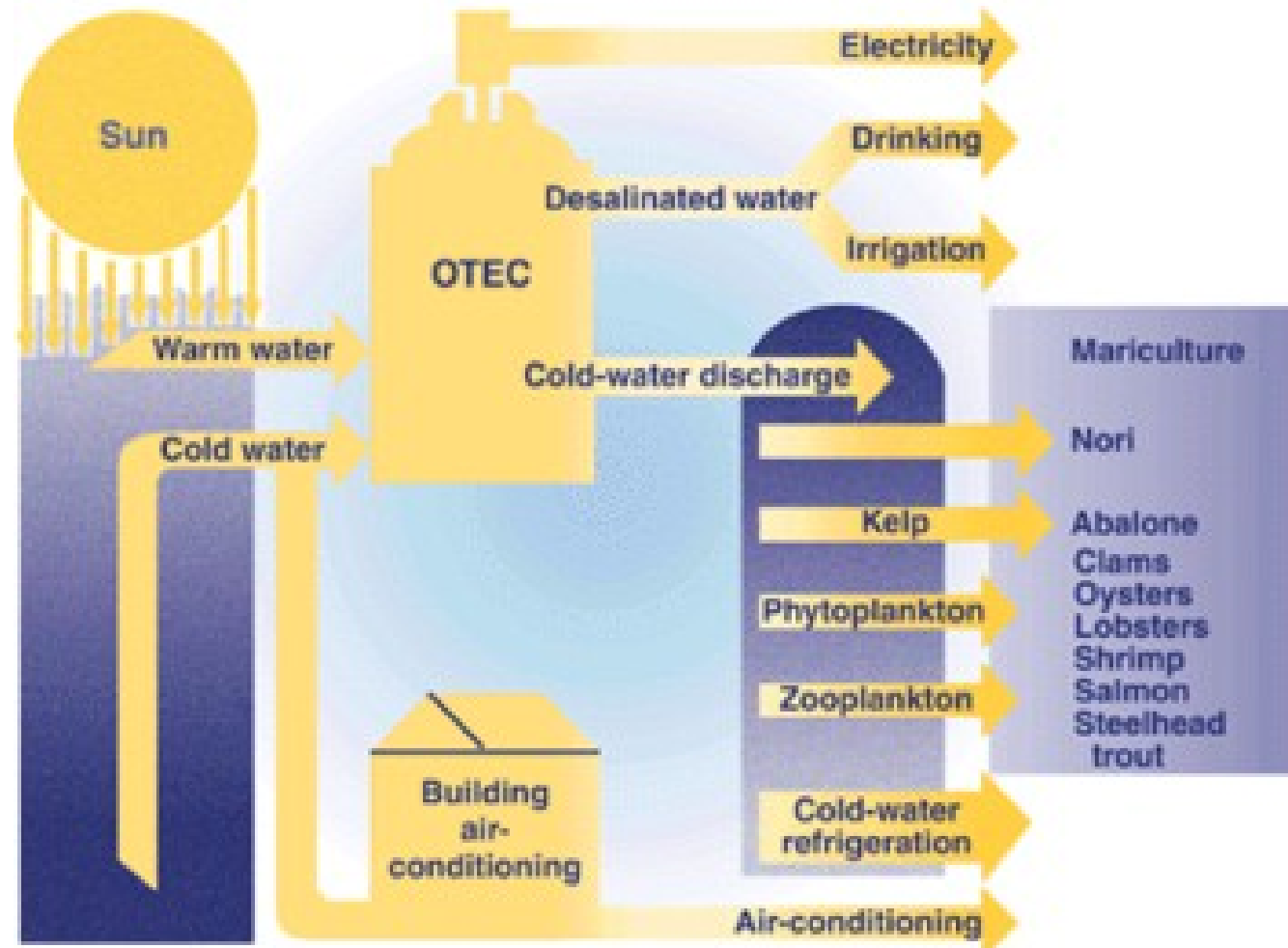
TOPLLOTNA ENERGIJA OCEANOV

- OTEC – Ocean Thermal Energy Conversion.
- Čist, obnovljiv vir energije, trenutno v razvoju.
- Izkorišča temperaturno razliko med toplo vodo na površju in hladno v globini.
- Dve možnosti
 - Uparjanje tople vode
 - S toplo vodo segreavne lažje hlapljive tekočine



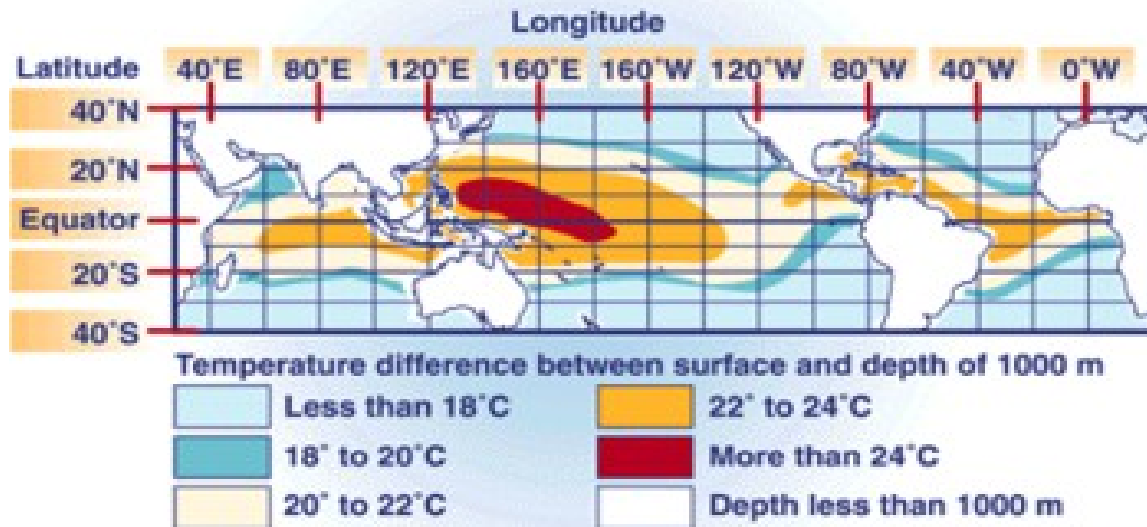
TOPLOTNA ENERGIJA OCEANOV

- Uporaba hladne vode za hlajenje zraka ali akvakulturo.

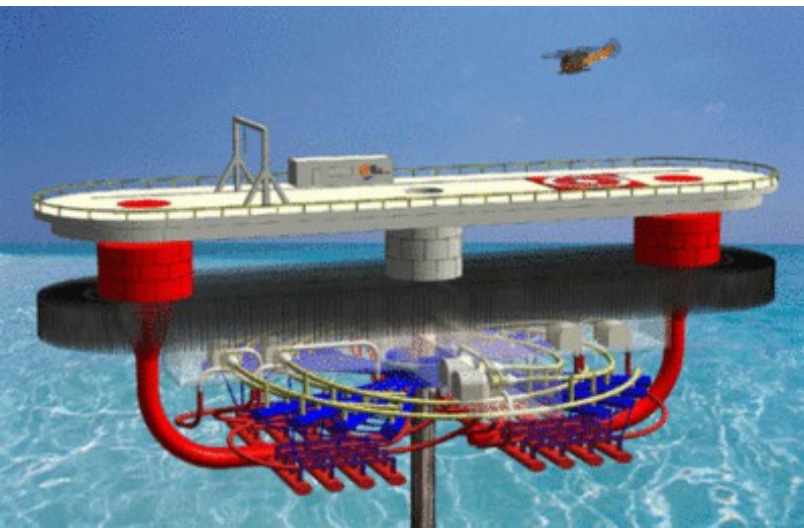
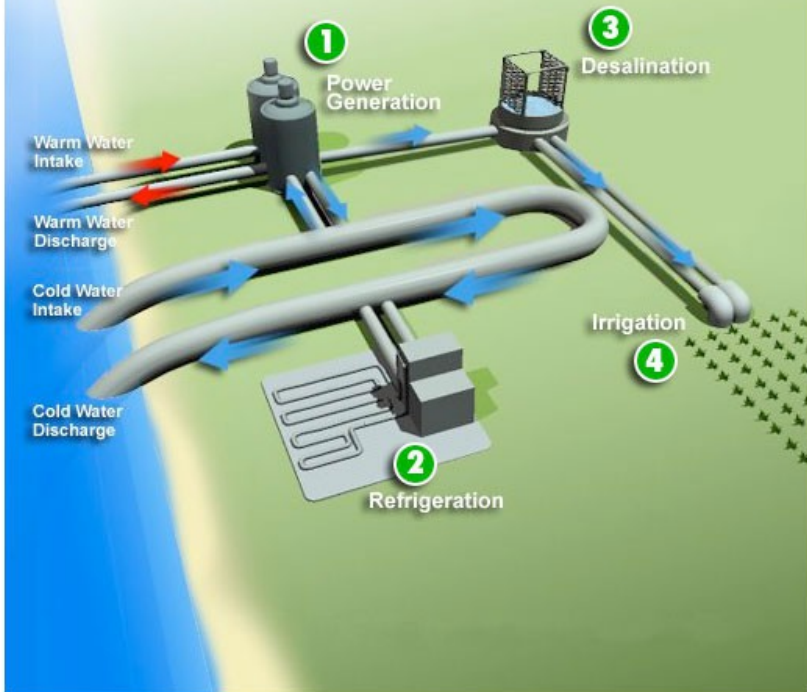


TOEC

- Lokalno omejen vir na področja, kjer je hladna voda hitro dosegljiva blizu obale – ozek šelf.
- Razlika v temperaturi vode more biti stalno ≈ 40 °C, kar je le blizu ekvatorja.
- Vpliv na okolni ekosistem, zlasti koralne greben.



Onshore OTEC Plant

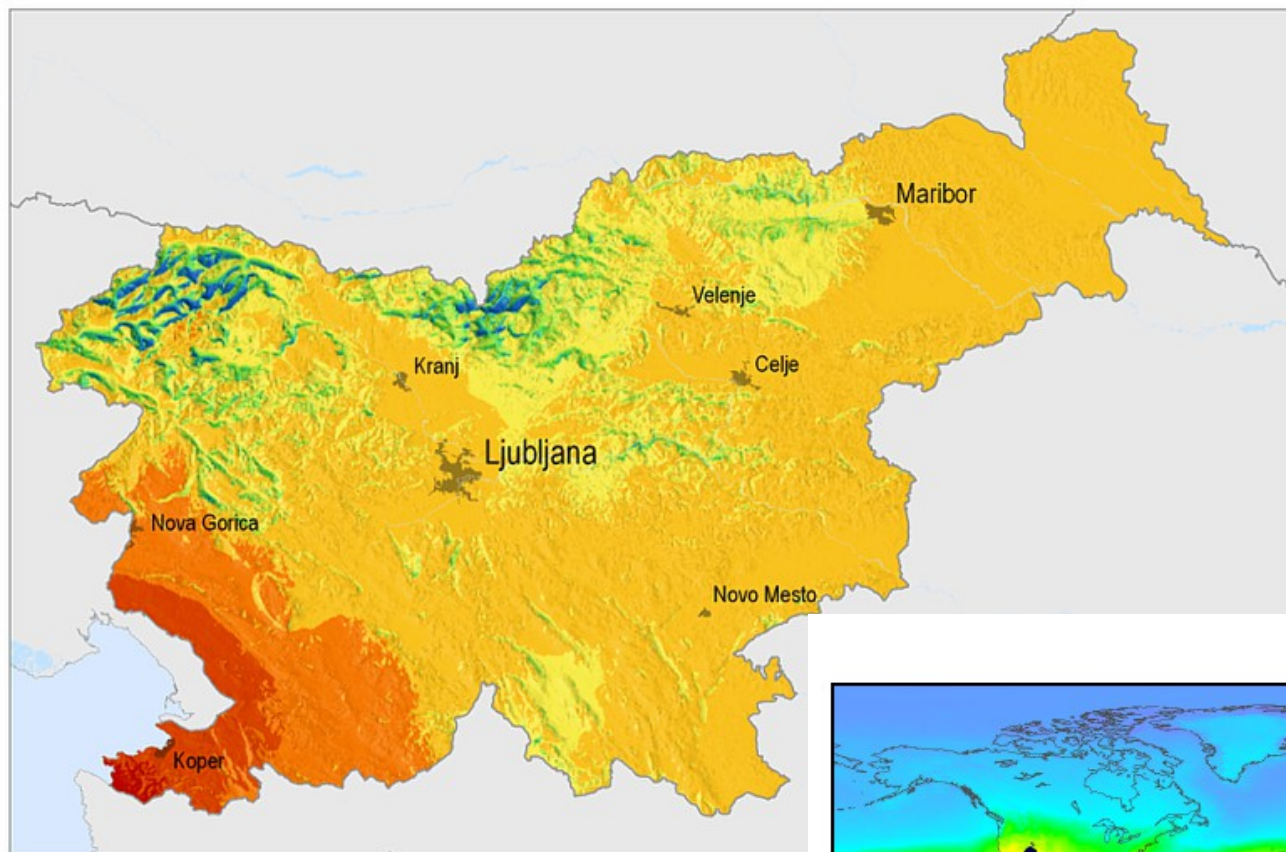


SONČNA ENERGIJA

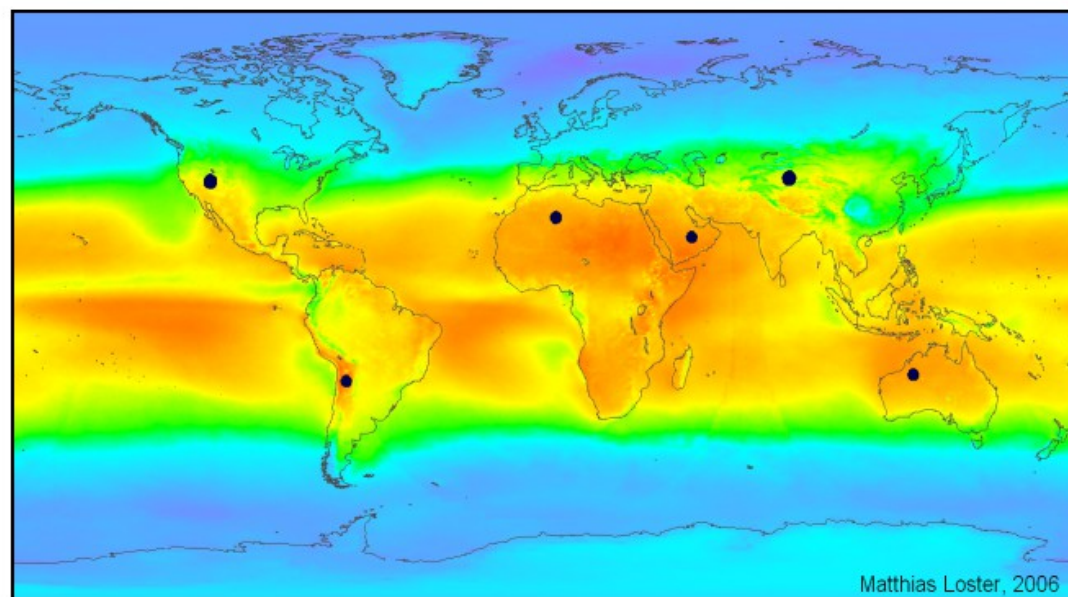
- Skupen izraz za vrsto postopkov pridobivanja energije iz sončne svetlobe.
- Na Zemljo pada energijski tok z gostoto 1400 W/m^2 – solarna konstanta.
 - 19 % se absorbira v ozračju
 - 35 % odbijejo oblaki
- Osončenost tal je odvisna od zemljepisne širine, letnega časa in ure.
- Na kvadratni kilometer pada približno 1000 MW svetlobnega toka, toliko, kot potrebuje manjše mesto za ogrevanje in razsvetljavo.

Global horizontal irradiation

Slovenia



Average annual sum (4/2004 - 3/2010)
< 1000 1100 1200 1300 1400 > kWh/m²



0 50 100 150 200 250 300 350 W/m²

$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

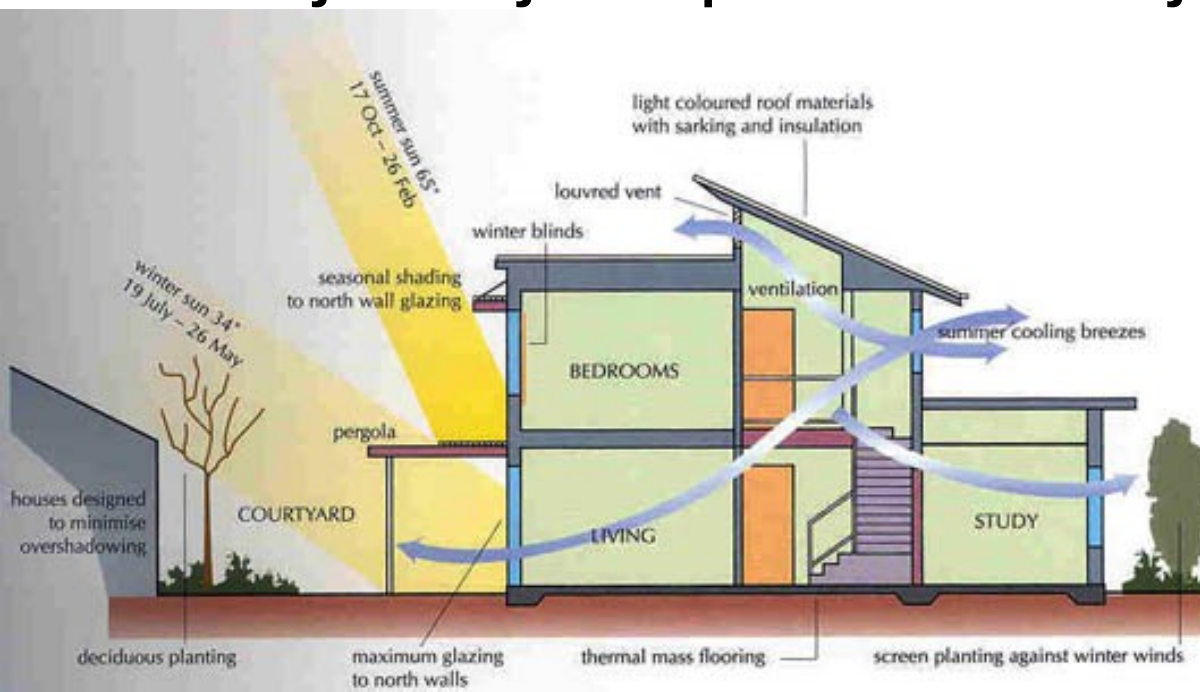
SONČNA ENERGIJA

- Sončno energijo lahko izkoriščamo na tri načine:
 - Pasivno s **solarnimi sistemi**
 - Aktivno s **sončnimi kolektorji**
 - Fotovoltaika s **sončnimi celicami**

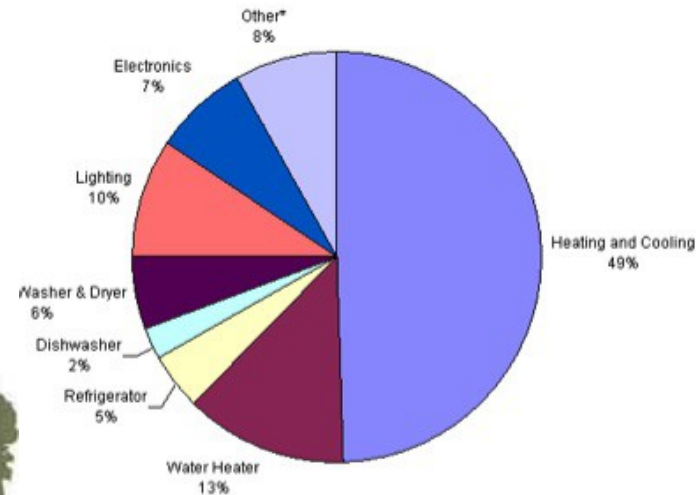


Pasivni solarni sistemi

- Ogrevanje in osvetljevanje prostorov.
- Primerna orientacija hiše.
- Raba primernih gradbenih elementov (okna, sončne stene, stekleniki...) za ogrevanje, osvetljevanje in prezračevanje prostorov.

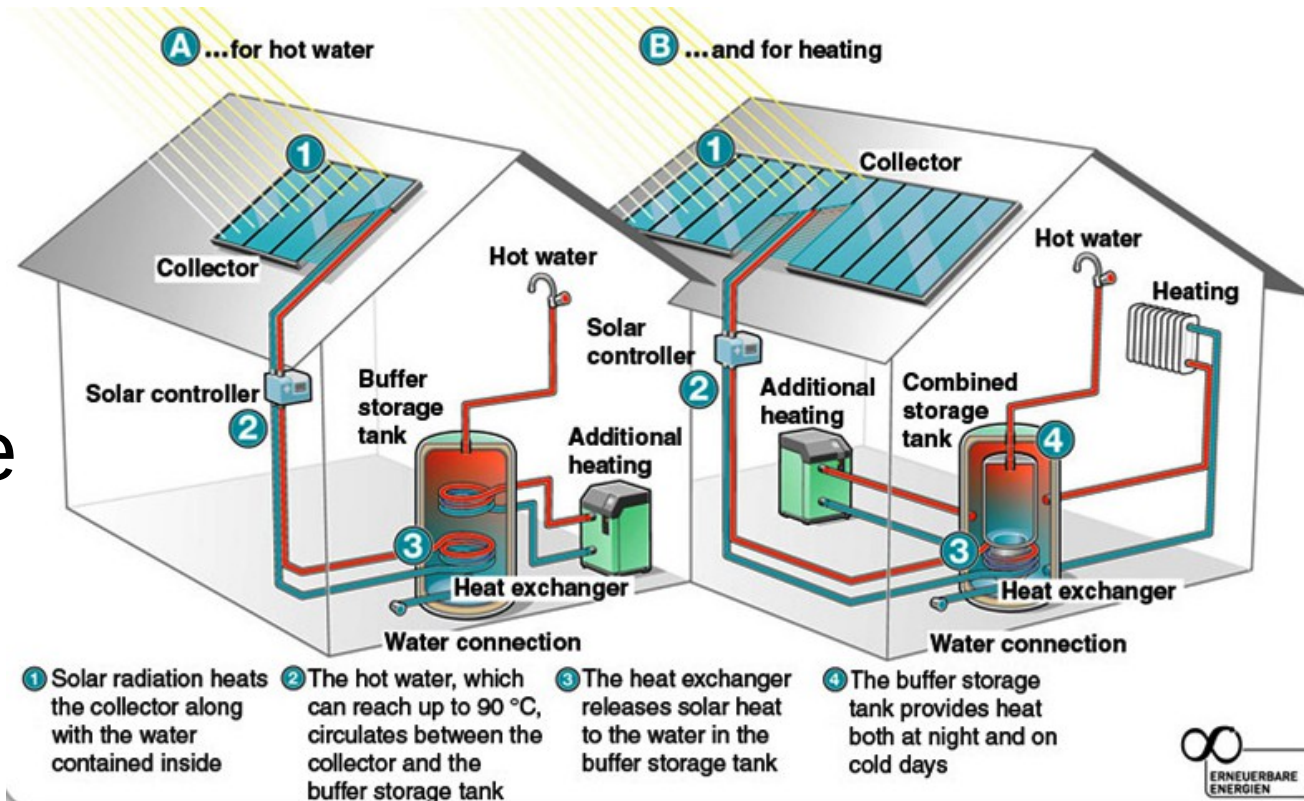
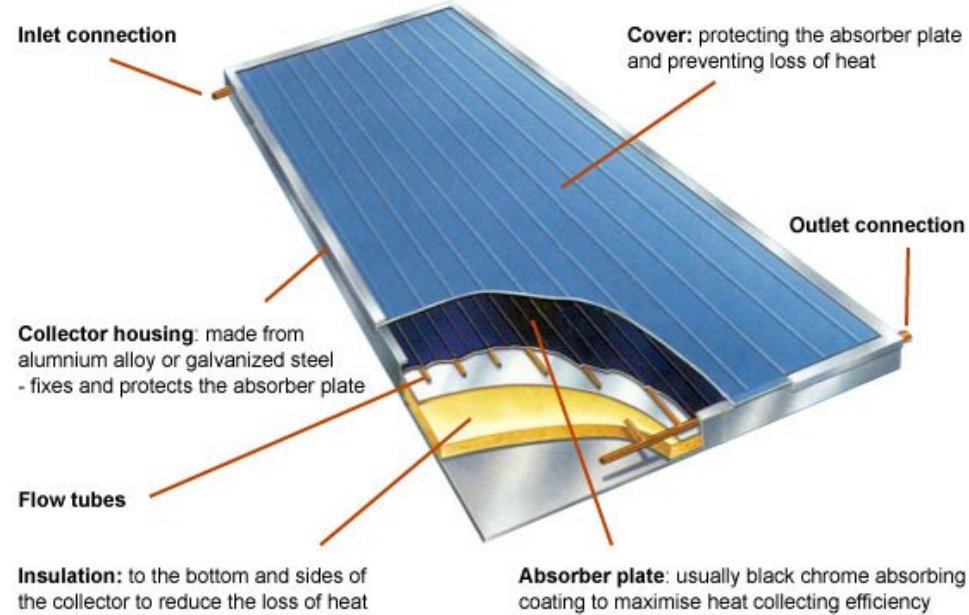


Where Does My Money Go?



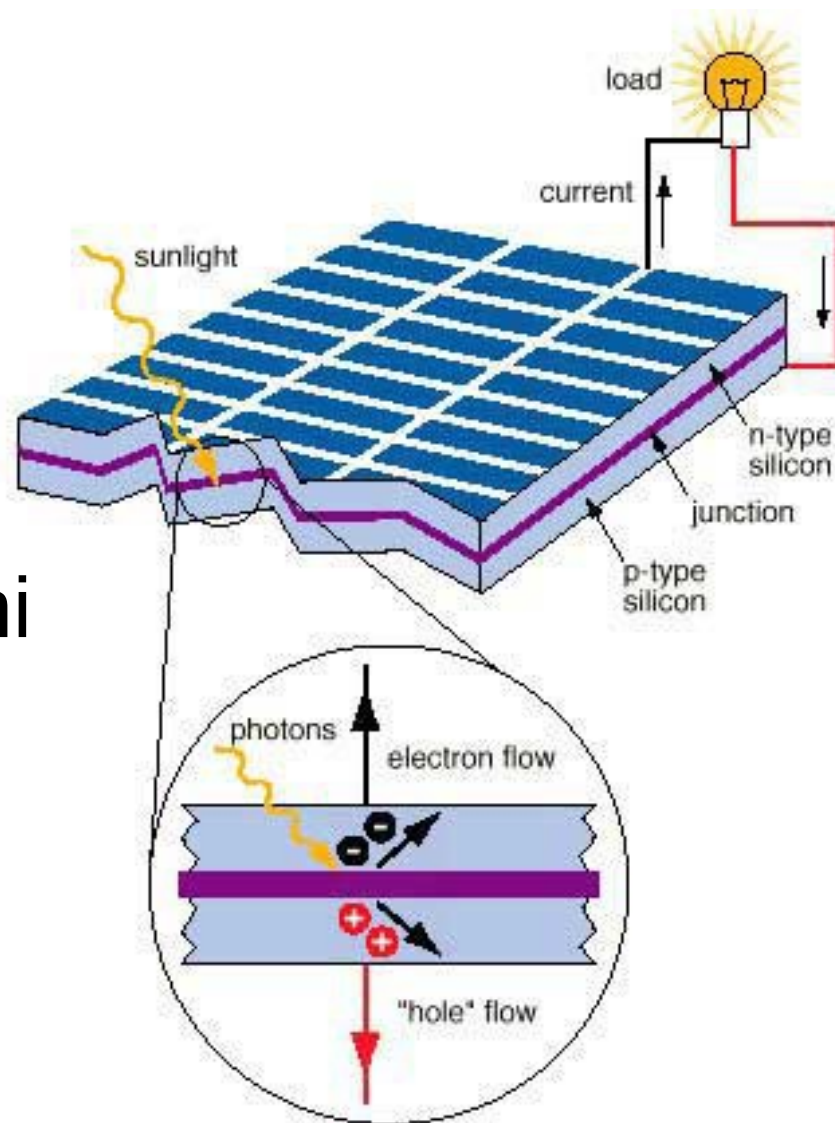
Sončni kolektorji

- Priprava tople vode in ogrevanje prostorov.
- V sončnih kolektorjih se segrevata voda za pripravo tople vode in zrak za ogrevanje prostorov.



Fotovoltaika

- Pretvorbo sončne energije neposredno v električno preko sončnih celic.
- Narejene so iz silicija, ki ob izpostavljenosti sončni svetlobi sprošča elektrone, kar povzroča nastajanje električnega toka in s tem (DC) enosmerno napetost.

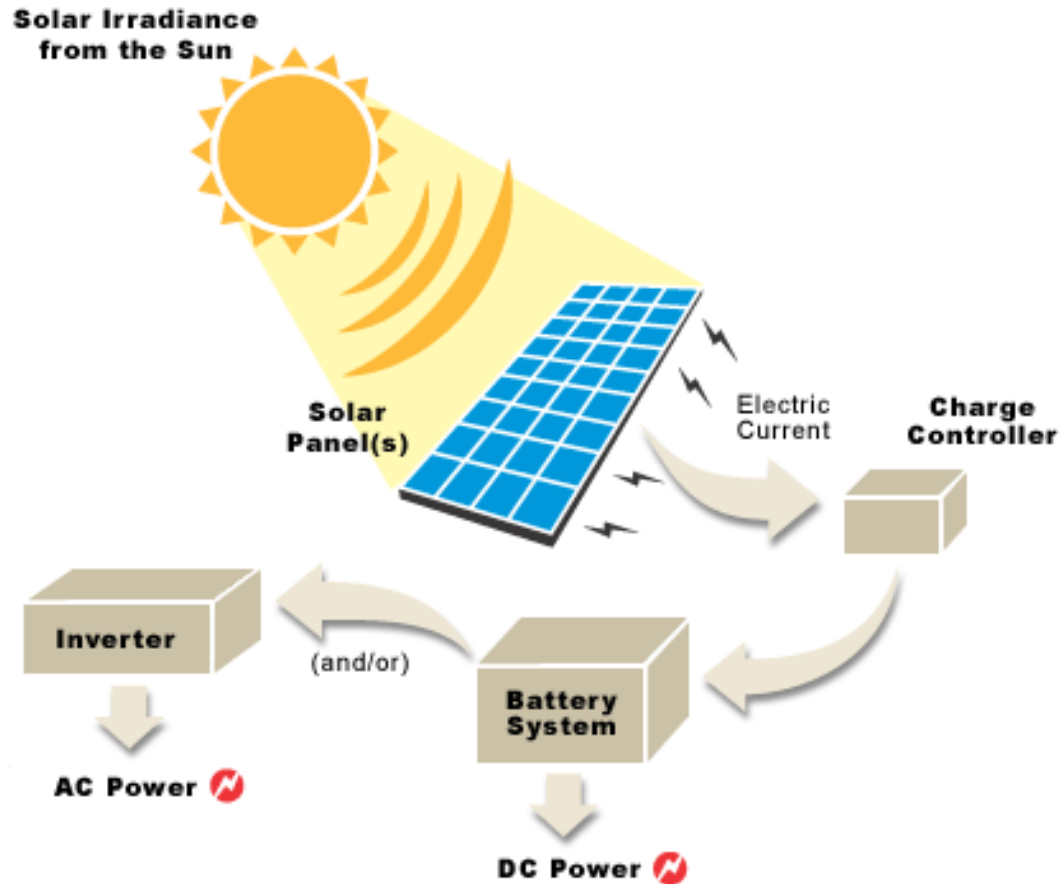


- Njihova življenjska doba je 20 do 30 let.
- Sončne celice so večinoma velike 10x10cm in generirajo približno 0,5V napetosti.
- Te majhne celice nato povežejo skupaj v module in naprej še v velike površine, da dosežejo večje napetosti in moči



Fotovoltaika

- Sončne celice proizvajajo enosmerno (DC) napetost.
- Z DC-AC konverterjem jo je treba pretvoriti v izmenično.
- Velikost in cena konverterjev je odvisna od kvalitete porabnikov.



Fotovoltaika

- Sistem solarnega pridobivanja elektrike mora biti dimenzionirat tako, da je izhod sistema in kapacitete shranjene energije dovolj za napajanje naprav tudi ponoči in v oblačnih dneh, ko je na voljo manj sonca.
- Možne so kombinacije sončnega kolektorja in fotovoltaike – hibridni PV/T sistem.



Prednosti sončne energije

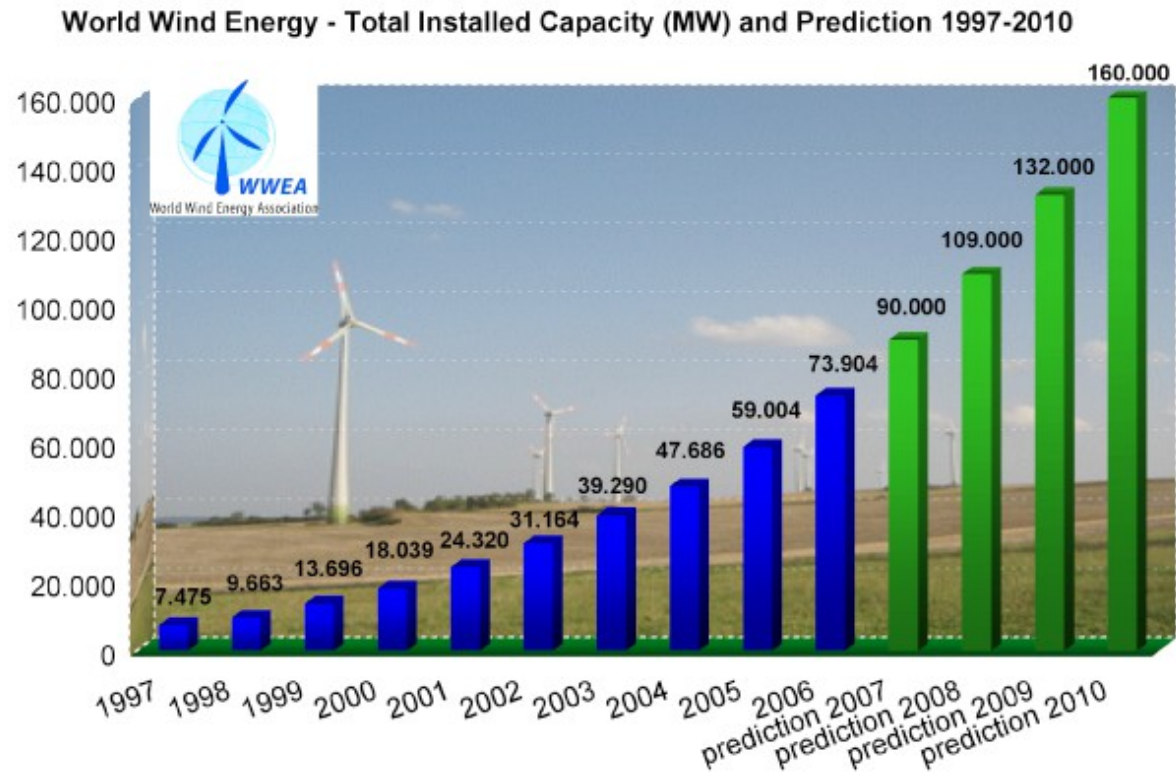
- Izkoriščanje sončne energije ne onesnažuje okolja.
- Proizvodnja in poraba sta na istem mestu.
- Omogoča oskrbo z električno energijo odročnih področij in oddaljenih naprav.

Slabosti sončne energije

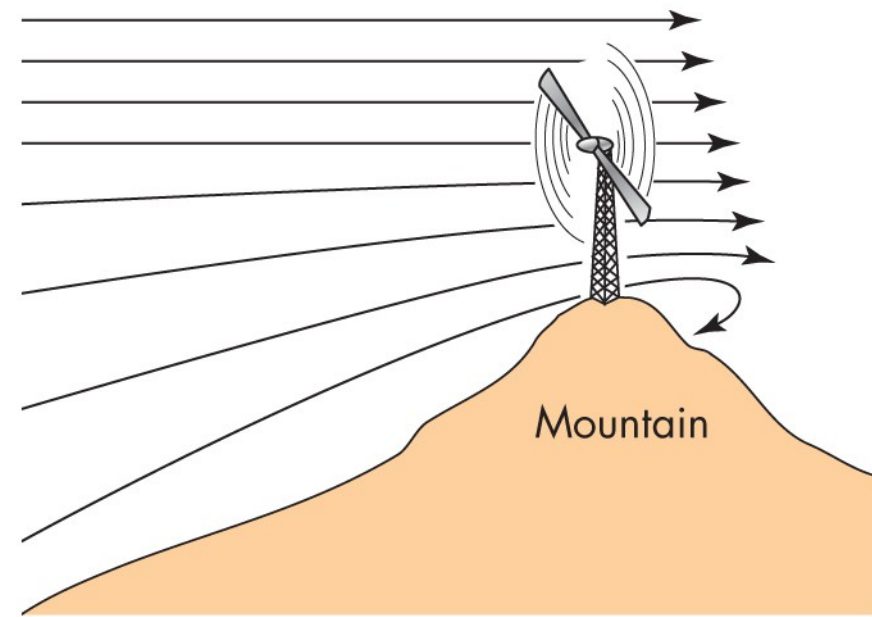
- Težave pri izkoriščanju sončne energije zaradi različnega sončnega obsevanja posameznih lokacij.
- Sončne celice nimajo velikega izkoristka, saj pretvarjajo le 12-15% sončne svetlobe v elektriko, toda laboratorijski prototipi dosegajo že 30% izkoristek.
- Cena električne energije pridobljene iz sončne energije je veliko dražja od tiste proizvedene iz tradicionalnih virov.
- Poseg v okolje.

VETRNA ENERGIJA

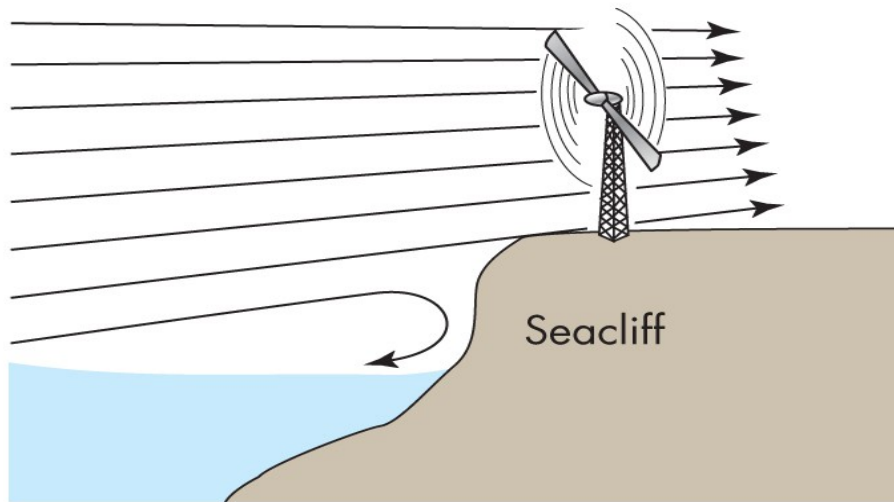
- Vetrna energija je skupen izraz za postopke pridobivanja energije iz premikanja zračnih mas.
- Najpogostejše gre za sistem vetrnice, ki energijo vetra pretvori v električno energijo.
- Trenutno pokriva < 1% svetovne elektrike, a najkveč v naslednjih desetletjih do



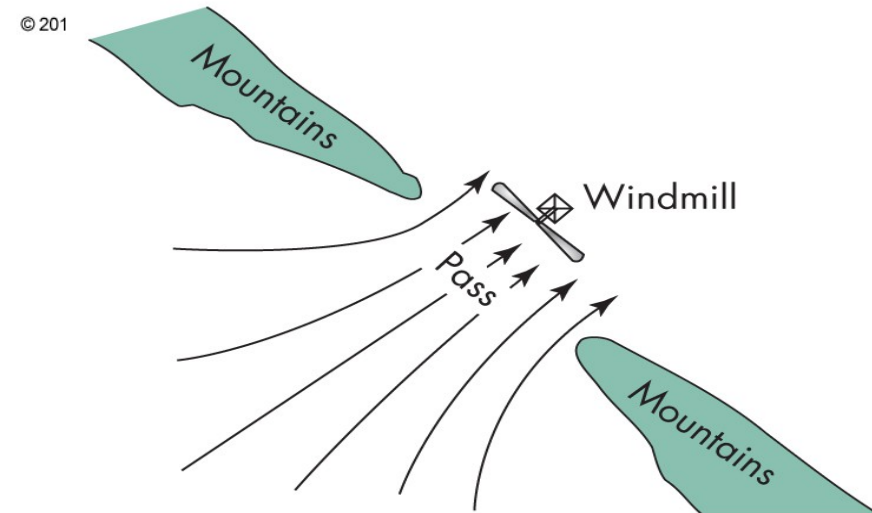
- Vetrovi so močno spremenljivi v času, prostoru in jakosti.
- Večina vetrnih elektrarn potrebuje veter s hitrostjo okoli 5 m/s, da prične obratovati.



(a)



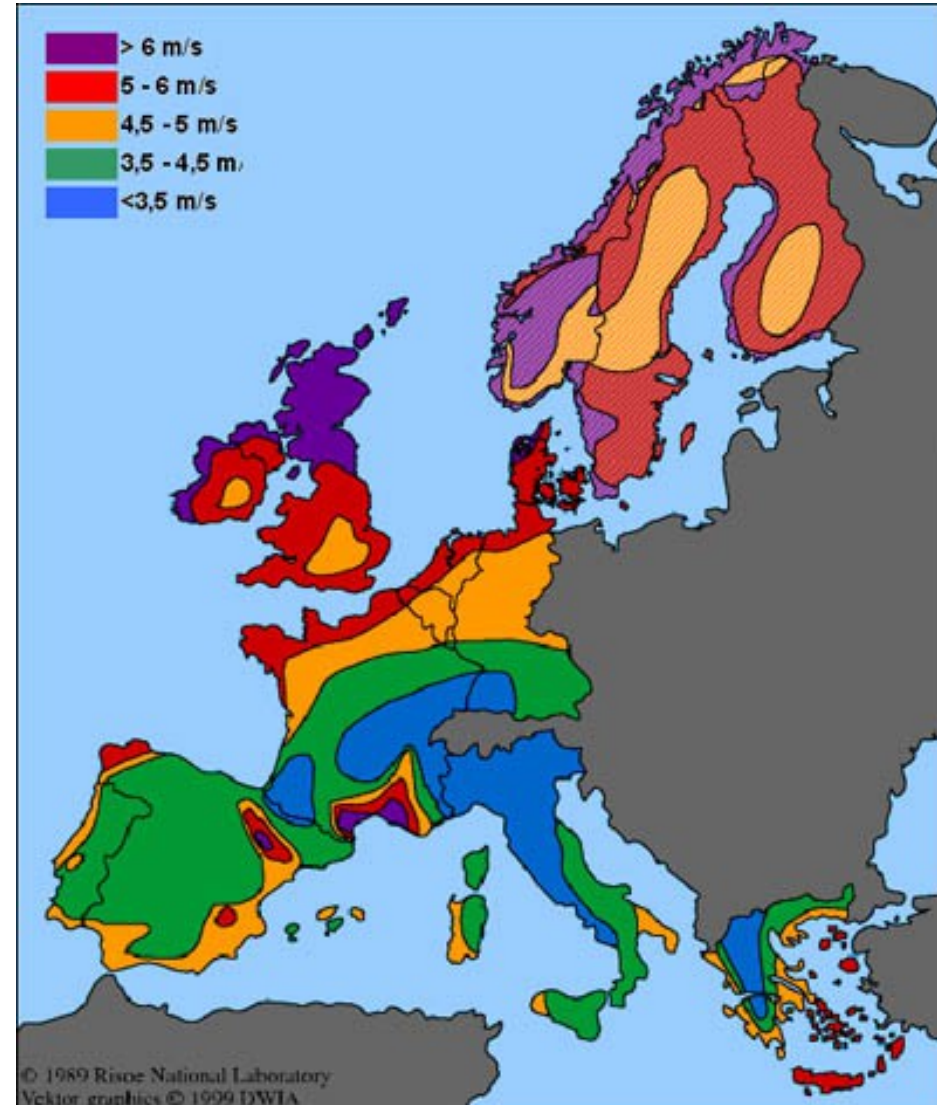
(b)



(c)

Vetrna energija

- Pri previsokih hitrostih, običajno nad 25 m/s, se vetrne elektrarne ustavijo, da ne bi prišlo do poškodb.
- Maksimalne moči se dobijo pri hitrosti okoli 15 m/s. Med 15 in 25 m/s proizvedejo vetrnice največ električne energije.



Vetrna energija

- Največje vetrnice proizvedejo 3 – 5 MW, kar zadostuje za oskrbo nekaj tisoč gospodinjstev.
- Najhitreje rastoč vir pridobivanja energije.



Prednosti vetrne energije

- Enostavna tehnologija, ki je postala poceni.
- Proizvodnja električne energije iz vetrnih elektrarn ne povzroča emisij.



Slabosti vetrne energije

- Vizualni vpliv na okolico zaradi svoje velikosti,
- V neposredni bližini povzročajo določen nivo hrupa.
- Pogosto je bolj vetrovno ponoči, ko so potrebe po elektriki manjše.



ožajajo pti



BIOGORIVA

- Biogorivo je pridobljeno iz sorazmerno nedavno odmrle biološke snovi.
- Največ uporabljajo za kuhanje in ogrevanje v gospodinjstvih (les in lesni peleti), za proizvodnjo pare in električne energije, lahko pa se tudi utekočinijo ali uplinijo za uporabo v prevoznih sredstvih.

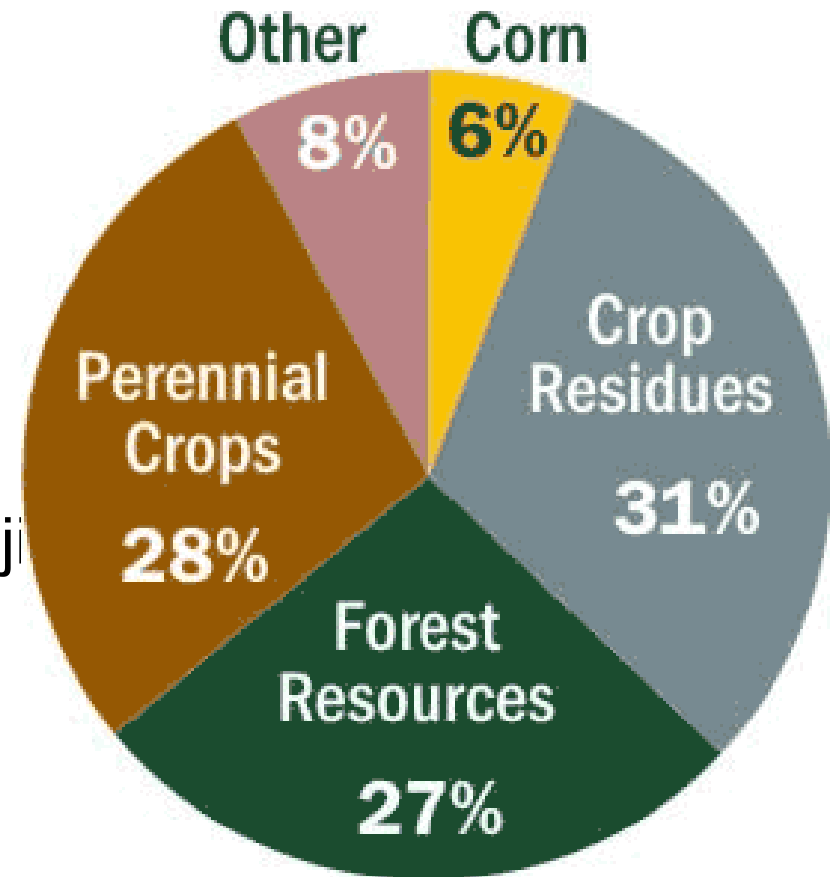


BIOGORIVA

- Za pretvorbo biomase v električno energijo ali v tekoče ali plinasto stanje je po navadi potrebna električna energija.
- Izkoristek izvorne energijske vsebnosti biomase pri proizvodnji električne energije, tekočih biogoriv ali plinastih biogoriv znaša le 25-35 %.
- Poleg tega so za pretvorbo v tekoče ali plinasto stanje po navadi potrebne velike količine vode.

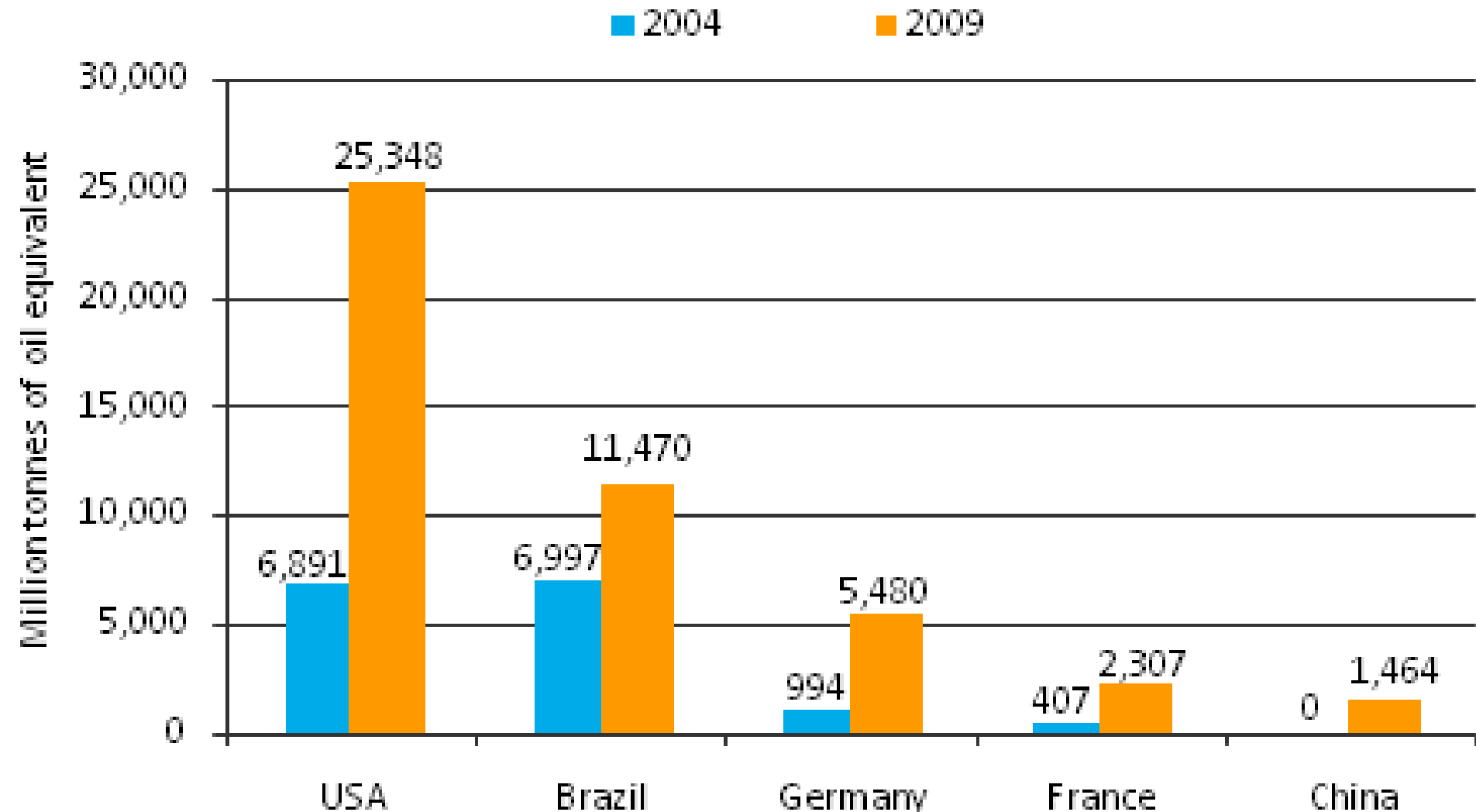
BIOGORIVA

- Za tekoča in plinasta agrogoriva se uporablja:
 - Poljščine, bogate s sladkorjem ali škrobom.
 - alkoholno vrenje → etanol
 - Rastline, ki vsebujejo velike količine rastlinskega olja.
 - Segrevanje → zmanjšanje viskoznosti → zgorevajo neposredno v dizelskih motorjih ali se s kemično predelavo iz njih proizvedejo goriva, kot je biodizel



The world's major producers of biofuels: 2004 and 2009

Million tonnes of oil equivalent



Source: Euromonitor International from International Energy Association.

Prednosti biodizla

- Nižje emisije CO, CO₂ in nezgorelih ogljikovodikov v ozračje.
- Ni emisij SO₂ v okolje - skoraj ne vsebuje žvepla.
- Nižja stopnja dimljenja izpušnih sistemov.
- Ne vsebuje škodljivih aromatskih spojin (benzen).
- Biološko razgradljiv.
- Boljše mazalne lastnosti kot dizelsko gorivo.
- Uporaben za obstoječe izvedbe dizelskih