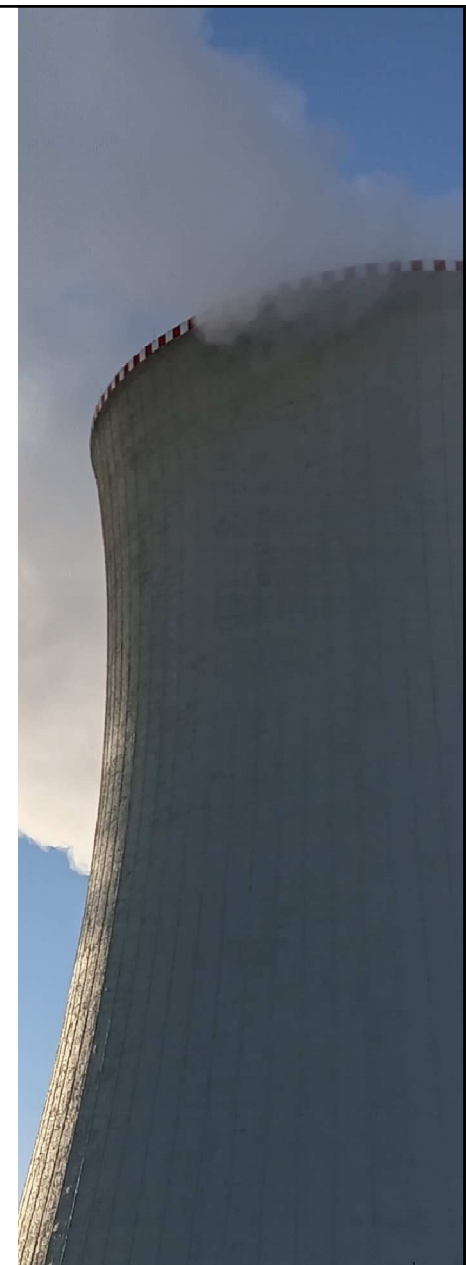


Jaderná energetika a zdraví

Mgr. Aleš Peřina, Ph. D.

Ústav veřejného zdraví LF MUNI



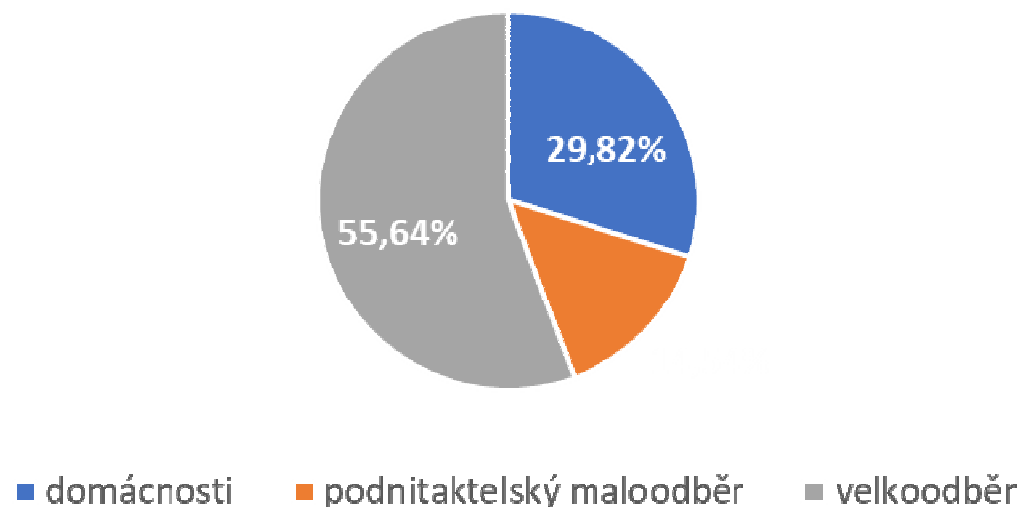
Veřejnost a jaderná energetika

- Studenti MUNI (pilotní průzkum): ve svém okolí by souhlasilo s vybudováním jaderné elektrárny
 - 88 % mužů
 - 50 % žen
- Česká veřejnost (CVVM)
 - V roce 2022 nárůst podpory jaderné energetiky mezi českou veřejností na 56 %, do té doby jen kolem 30 %)
 - 18 % občanů nesouhlasí s výstavbou nových bloků ve stávajících jaderných elektrárnách

Energetická náročnost moderní populace

- Energie: schopnost hmoty konat práci
- Elektrická energie je v současnosti široce využívána, ale nevzniká sama od sebe, jen s využitím elektrických generátorů.
- 35 % elektrické energie vyrobené v ČR je z jádra
 - Francie 76 %, Ukrajina 57 %, Německo 14 % (snižuje), Nizozemsko 4 %, Čína 3 % (zvyšuje)
- V ČR v provozu 2 jaderné elektrárny
 - Dukovany (1986), Temelín (2002)
 - Malé modulární reaktory
 - Jaderná fúze?

Bilance elektrické energie v ČR: odběr netto [GWh], 2020

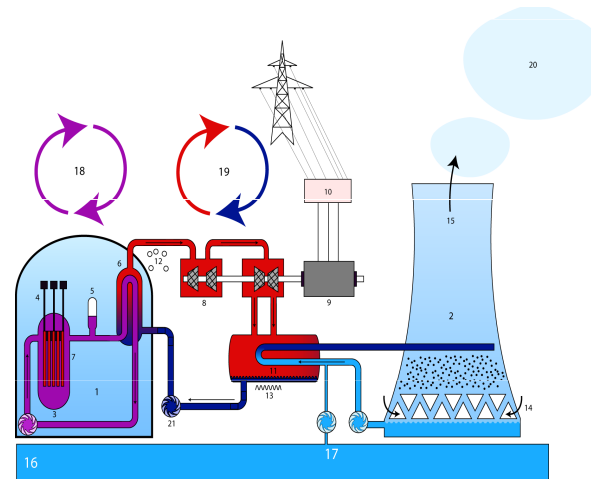
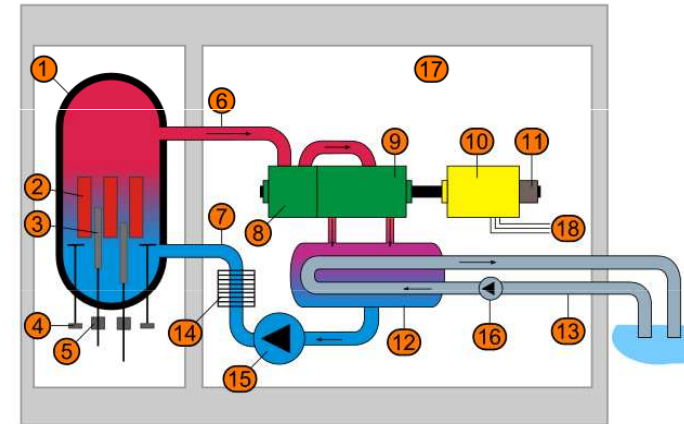


Energetická bilance různých odvětví průmyslu

Název produktu	Energetická náročnost, všechny zdroje energií (2021)
Papír a kartony	8,9 GJ/t
Trubky ocelové bezešvé	4,9 GJ/t
Cukr rafinovaný	4,1 GJ/t (2012)
Vápno	4,1 GJ/t
Pivo	1,1 GJ/tis. l (2012)

Typy jaderných reaktorů užívaných v jaderných elektrárnách

- Varný reaktor
 - BWR (Boiling Water Reactor)
 - „Typ Černobyl“
 - Polootevřený systém: voda v reaktoru se odpařuje, vzniklá pára pohání turbínu
 - Primární a chladící (sekundární) okruh
- Tlakovodní
 - PWR (Pressurized Water Reactor)
 - Uzavřený systém: voda primárního okruhu je pod tlakem, neodpařuje se, ale vyrábí páru pro **parogenerátor**, který pohání turbínu
 - Primární, sekundární a chladící (terciární) okruh
- Moderátor reakce: zpomaluje příliš rychlé neutrony, aby se zvýšila pravděpodobnost srážky s atomy uranu.
- Emise:
 - Voda: Tritium a korozní produkty
 - Ovzduší: radioaktivní vzácné plyny a aerosoly z ventilačních systémů



Jaderná reakce

- Přeměna nestabilních prvků na stabilnější vyvolaná změnou počtu protonů v jádře (snížení nebo zvýšení) za uvolnění ionizujícího záření
- Přírodní radionuklidy
 - Nestabilní prvky v přírodě podléhající přírodní přeměně
 - Aktivita [Bq]
- Umělá radioaktivita
 - Jaderné štěpení vyvolané ostřelováním proudem neutronů
 - Uran: vyčerpitelné přírodní bohatství, problém ukládání vyhořelého paliva
 - Jaderná syntéza (fúze)
 - Ve vesmíru slučování jader vodíku na atomy hélia v termonukleární reakci hvězd, vyžaduje iniciační energii
 - Technologické využití stále ve stádiu výzkumu, výhodou by byla především široká dostupnost substrátu v přírodě.
- Dávka [Gy], účinek v tkáni [Sv]

Tritium

- Radioaktivní izotop vodíku (^3H), beta-zářič, poločas rozpadu 12,3 r., nízký LET, prokázán vztah k chromozomálním aberacím lymfocytů u exponovaných osob
- V jaderných elektrárnách s tlakovodním reaktorem (VVER; PWR) je hlavním druhem nízkoradioaktivního odpadu, emituje se však ve velkých objemech.
- Odpar z chladících věží z důvodu napájení terciárních okruhů z téhož recipientu.
- JE Dukovany, 2010 – 2015 (roční průměr); zdroj: EIA NJZ Dukovany 2019)
 - Celková emise (roční): $1,52 \times 10^{13}$ Bq
 - Desetinásobně vyšší radioaktivita vody ve výpusti
 - Prokazatelná kumulace v biotě během vegetačního období
 - Splňuje kritéria přípustného znečištění povrchových vod dle NV 401/2015 Sb.
 - *"Monitorování okolí JE Dukovany a JE Temelín prokázalo, že neexistují významné rozdíly mezi obsahem radionuklidů v jednotlivých složkách životního prostředí monitorovaných v okolí jaderných elektráren a na ostatním území státu, **kromě vodních toků ovlivněných ^3H** " (SÚJB)*

Dosavadní znalosti o účincích ionizujícího záření na zdraví (IARC, Monografie 100-D)

- Přímou a nepřímou ionizující záření vstupuje do interakcí s hmotou
- V buňce významné chemické a biologické změny vedoucí ke smrti buňky nebo indukci chyby v genomu, opakované změny k mikrostrukturálním změnám nejasných důsledků
- Prokázán vztah k různým typům zhoubných novotvarů, nejsilněji k ZN mízní, krvetvorné a příbuzné tkáně
- Epidemiologické studie
 - Life span study: začátek studie 1950 v mortalitách, 1958 v incidencích)
- Medicinální expozice
 - selekční bias
- Profesní expozice
- Přirozené environmentální expozice
 - Indie, Čína, Tajvan

Vztahy provozu jaderných elektráren na zdraví lidí

Mimořádné události

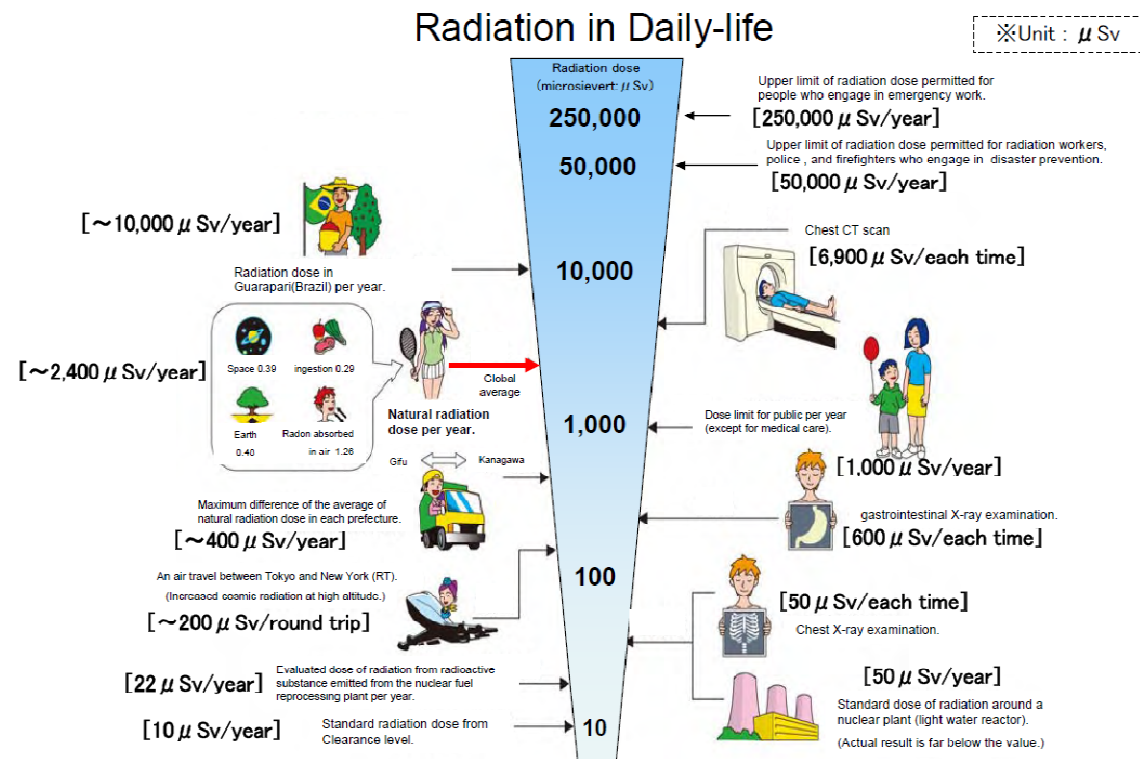
- Projektová a neprojektová havárie
- Zdravotní důsledky evakuace
 - Behaviorální změny
 - Psychosociální afekce
 - Srdečně-cévní onemocnění
 - Metabolická onemocnění
- Veřejnost žijící v okolí jaderné elektrárny je na tuto možnost soustavně připravována
- Zdravotní důsledky expozice ionizujícímu záření
 - Akutní nemoc z ozáření (v závislosti na rychlosti reakce na událost)
 - Incidence zhoubných novotvarů

Normální provoz

- Nejasné a rozporuplné výsledky epidemiologických studií.
- Někteří autoři připouštějí určitý celoživotní vliv na zdraví v podobě zvýšené incidence některých zhoubných novotvarů
- Lokálně zvýšená relativní vlhkost vzduchu
- Nelze hodnotit pouze radiobiologické účinky, ale též účinky psychosociální
 - Směnná práce, elektrárna je obvykle významný zaměstnavatel v regionu
 - Estetické vlivy na krajinu a psychologické vlivy na obyvatelstvo
 - Důsledky záboru území (ZanikleObce.cz)
 - Změna socioekonomické úrovně regionu

Porovnání expozičních dávek při normálním provozu jaderných elektráren

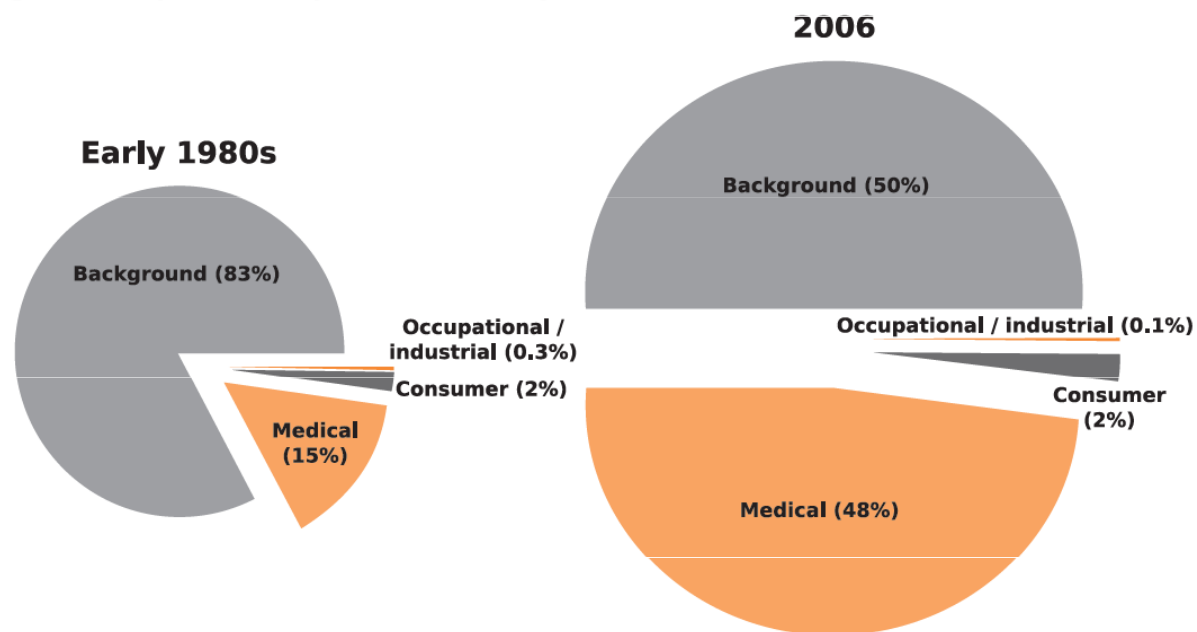
- Porovnatelné se skiagrafickým vyšetřením
- Odlišnost v exponované populaci



Expoziční zdroje

- Adaptační mechanismy
- Antropogenní zdroje jsou příspěvkem, nikoliv podílem přirozených zdrojů.

Fig. 1.5 Comparison of distribution of collective dose values (S) or effective dose (Eus) for the categories of exposure as reported for the early 1980s and for 2006



(Monografie IARC)





E BEZPEČNOST

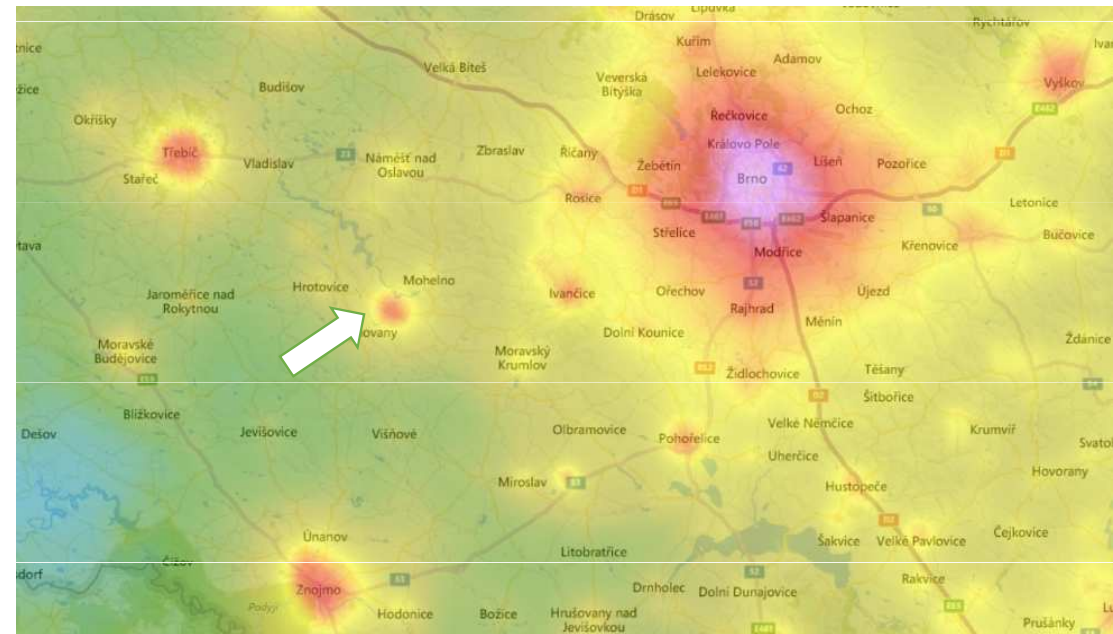
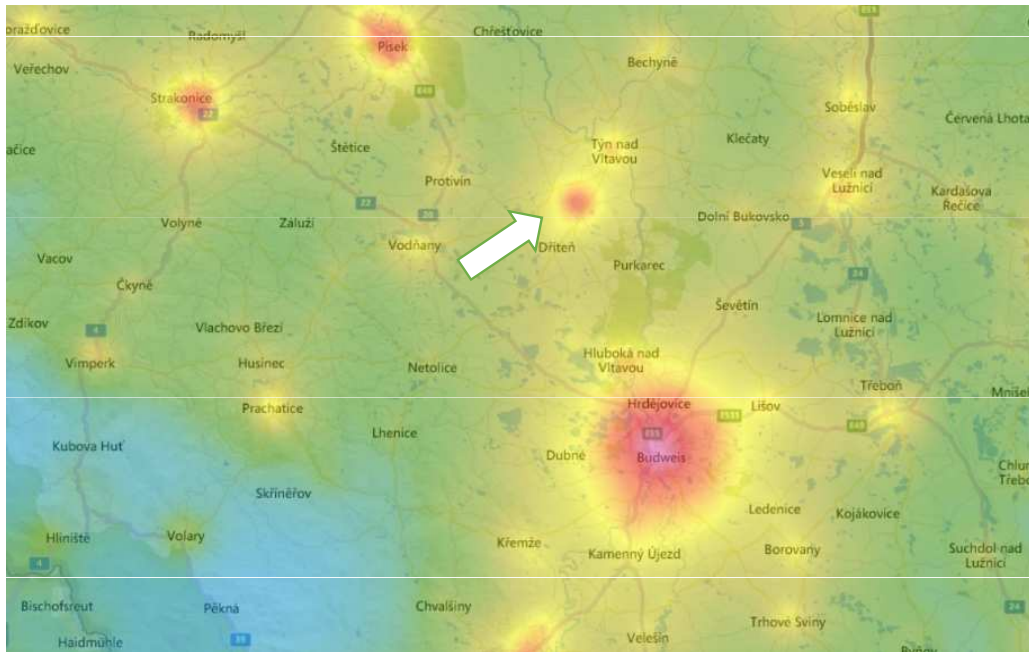
Domů se chci vrátit zdravý

Deset prstů, dvě oči,
jeden nos
Bezpečnost se počítá.

The billboard features a central illustration of a worker in a yellow shirt and hard hat, giving a thumbs-up. To the right of the worker are three small colored circles (green, yellow, red). The text is in Czech, emphasizing safety and the goal of returning home healthy.



LightPollutionMap.info



Serhii Plokhy: Černobyl – historie jaderné katastrofy. JOTA, 2019. ISBN epub 978-80-7565-514-1

„Lidé ve velíně uslyšeli hučení. Bylo to hučení úplně neznámého druhu, velmi hluboké, jako když nařiká člověk. Bylo to, jako kdyby vůz Volha začal brzdit a dostávat se do smyku. Znělo to jako du-du-du-du. Trehub slyšel zvuk podobný tomu, který popsal Davletbajev a pak začaly otřesy. Ale ne, jako při zemětřesení. Za deset vteřin se ozval hukot a frekvence otřesů poklesla. Ale jejich síla se zvětšila. Pak se ozval výbuch. To byly důsledky výbuchu páry, který zničil plášť reaktoru a vymrštil betonovou desku – horní biologický štít reaktoru. Deska, na níž byla upevněna celá infrastruktura reaktoru, přistála zpět na reaktoru, ale nezakryla jej úplně, ale zanechala otvor, jímž volně tryskalo záření do atmosféry. Bylo 1:23:44 ráno. O dvě vteřiny později uslyšeli operátoři další, mnohem silnější výbuch. Podlaha a stěny se prudce otřásaly, ze stropu padal prach a trosky, světlo zhaslo, nastalo pološero a svítilo pouze nouzové osvětlení. Ti, kdo se nacházeli uvnitř velínu, slyšeli a cítili výbuchy, ale nevěděli, co se stalo. Výbuch reaktoru byl tím posledním, co je napadlo. Pokud se něco stalo, mohl to být jedině chladicí systém, nebo parní turbína. Reaktor v žádném případě. Reaktor s řadou bezpečnostních systémů byl nezničitelný. V žádné učebnici se nikdy nepsalo, že by reaktor mohl vybouchnout.“



Jiří Hájíček: Rybí krev. 1. vyd., Host, 2012. ISBN: 978-80-7294-639-6

- Po patnácti letech strávených v cizině se Hana v roce 2008 vrací do polozatopené vesničky na břehu Vltavy, kde vyrůstala, chtěla se vdát a být učitelkou ve zdejší jednotřídce. Ale všechno je jinak - na vylidněné návsi stojí sama. Má však odvahu podívat se zpátky, má odhodlání ptát se sama sebe i lidí, kteří pro ni kdysi mnoho znamenali.

„Táta přecházel nervózně po kuchyni a nikdo se ho neodvážil na nic zeptat ani se mu postavit do cesty. Mamka seděla oblečená do kostýmku, svou obstarožní kabelku před sebou na stole, a koukala z okna na řeku. Já držela na prstech navlečené klíčky od Petrova auta. Stálo před chalupou, nádrž natankovaná. Přesně v půl táta zavelel k odjezdu. Sedla jsem za volant, táta vedle mě a mamka vzadu s kabelkou na klíně. V autě bylo celou dobu ticho. Když jsme před sebou v dálce zahlédli hradbu panelového sídliště, mrzutá nálada v autě se proměnila v úzkost.“



Ochrana a podpora zdraví

- Ochrana zdraví
 - souhrn činností a opatření k vytváření a ochraně zdravých životních a pracovních podmínek směřujících k prevenci infekčních a neinfekčních onemocnění
- Podpora zdraví
 - souhrn činností pomáhajících lidem posilovat a zlepšovat své zdraví a kontrolovat své determinanty nemocí
- Zúčastněné sektory: zdravotnictví, životní prostředí, místní rozvoj, zemědělství, průmysl, obchod, práce a sociální problematika, doprava, kultura, obrana a vnitro, školství, sport

Historie v českých zemích

- 1892: Ústav pro výrobu očkovací látky proti pravým neštovicím v Jindřichově Hradci
- 1919: uzákoněno povinné očkování proti neštovicím pod sankcí pokuty 10-200 korun nebo vězení 24 hod. až 8 dní
- 1925: vznik Státní hygienického ústavu v Prahe (dnes SZÚ)
- Zákon č. 4/1952 Sb. O hygienické a protiepidemické péči
 - "Ústavou zaručené právo lidu na ochranu zdraví zajišťuje stát především péčí o to, aby prostředí, v němž člověk žije a pracuje, i ostatní podmínky jeho života byly po zdravotní stránce co nejvýhodnější. Touto hygienickou a protiepidemickou péčí bojuje proti vzniku a šíření nemocí a napomáhá tak zdravému vývoji lidu, rozvoji jeho tvůrčích sil a zvyšování produktivity práce."
- Zákon č. 20/1966 Sb. O péči o zdraví lidu
 - hygiena a epidemiologie v kontextu soustavy zdravotnických zařízení v ČSSR
- Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví

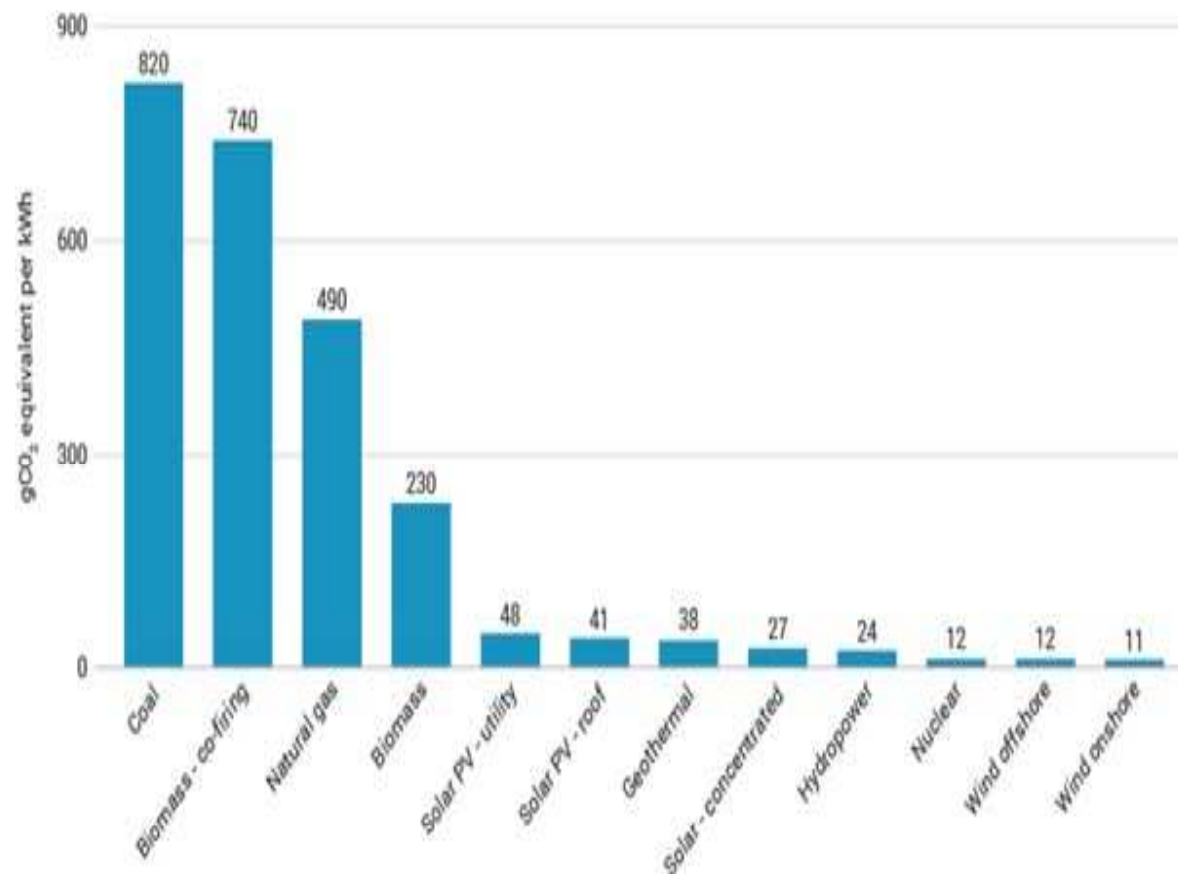
Hodnocení zdravotních rizik

1. Identifikace nebezpečí
 - Může agens (též činitel, aktivní původce) poškodit zdraví?
2. Vztah dávka – účinek
 - Jaký je numerický vztah mezi velikostí expozice a následkem na zdraví?
3. Hodnocení expozice
 - Jak významný je kontakt jedince/populace s agens?
4. Charakterizace rizika
 - Trvá předpoklad nepříznivého účinku agens na zdraví?
5. *Nejistoty odhadu*

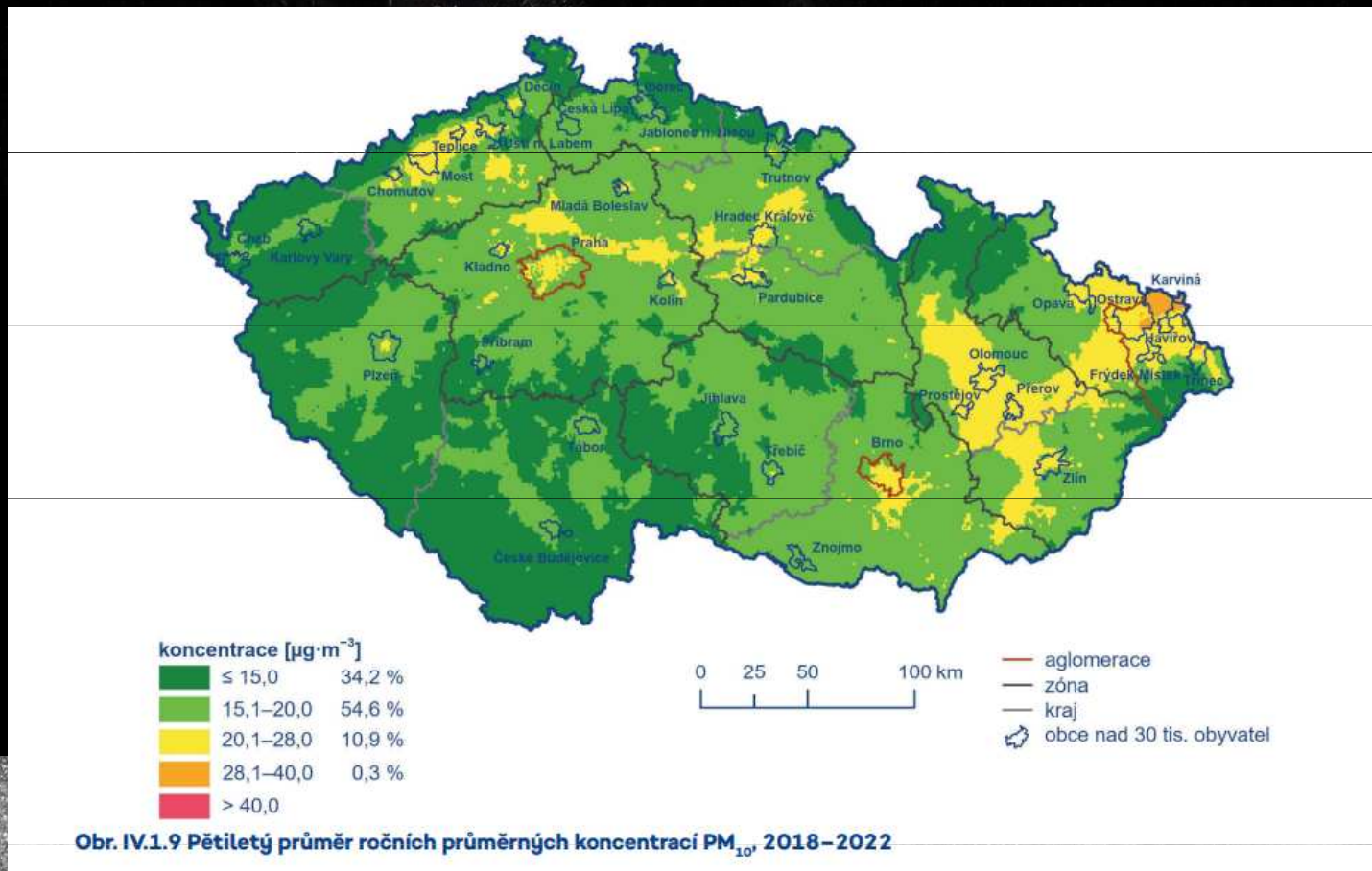
Jaderná energetika má i své výhody, mj.:

- Nízkouhlíkový provoz
- Velký výkon na malém prostoru
- Relativní soběstačnost a konkurenceschopnost

Komerční informace
ČEZ, a. s.



Aerosolové částice v ovzduší ČR, zdroj: Ročenky ČHMÚ

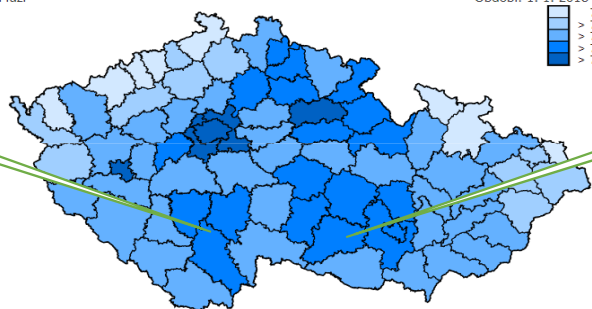
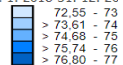


Délka života (ČSÚ) Zhoubné novotvary (ÚZIS ČR)

Naděje dožití při narození podle okresů - muži

Měřící jednotka: rok
Muži

Období: 1. 1. 2018-31. 12. 20



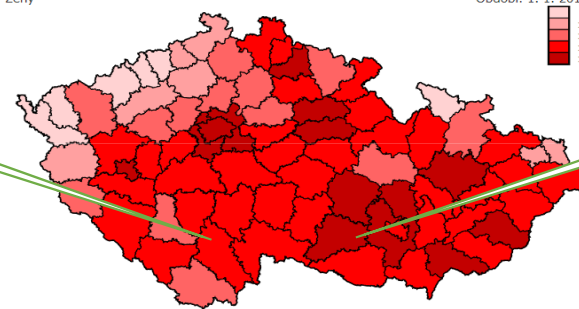
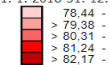
Dukovany

Temelín

Naděje dožití při narození podle okresů - ženy

Měřící jednotka: rok
Ženy

Období: 1. 1. 2018-31. 12.

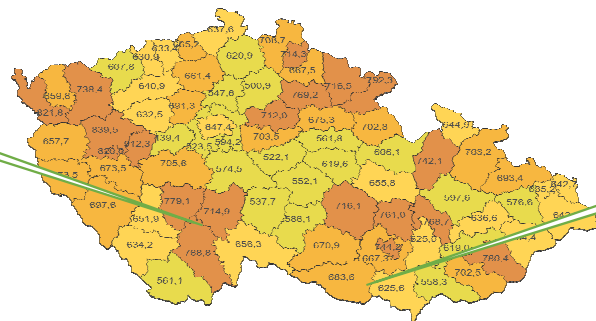


Dukovany

Temelín

80110 Hlášená onkologická zhubavými novotvarami a novotvarami in situ, bez C44 - na 100 000 mužů - muži

Česká republika - okresy, rok 2016

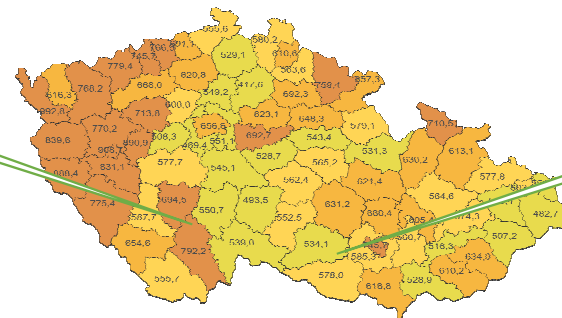


Dukovany

Temelín

80120 Hlášená onkologická zhubavými novotvarami a novotvarami in situ, bez C44 - na 100 000 žen - ženy

Česká republika - okresy, rok 2016



Dukovany

Temelín



U Fioly, Mohelno. Léto, 2023

Závěr

- Zdravotní stav obyvatelstva je podmíněn celou řadou faktorů, jejichž specifickou úlohu nedokážeme vždy uspokojivým způsobem vysvětlit.
- Komplexní přístup k veřejnému zdraví i zdraví lidí je nezbytností.
- Ochrana (veřejného) zdraví je vždy kompromisem mezi odbornými stanovisky, vynaloženým úsilím, náklady na nejrozumnějším řešením a politickým rozhodováním ve prospěch společnosti.
- Společenský prospěch není vždy totožný se zájmy jednotlivců.