



# Energetika

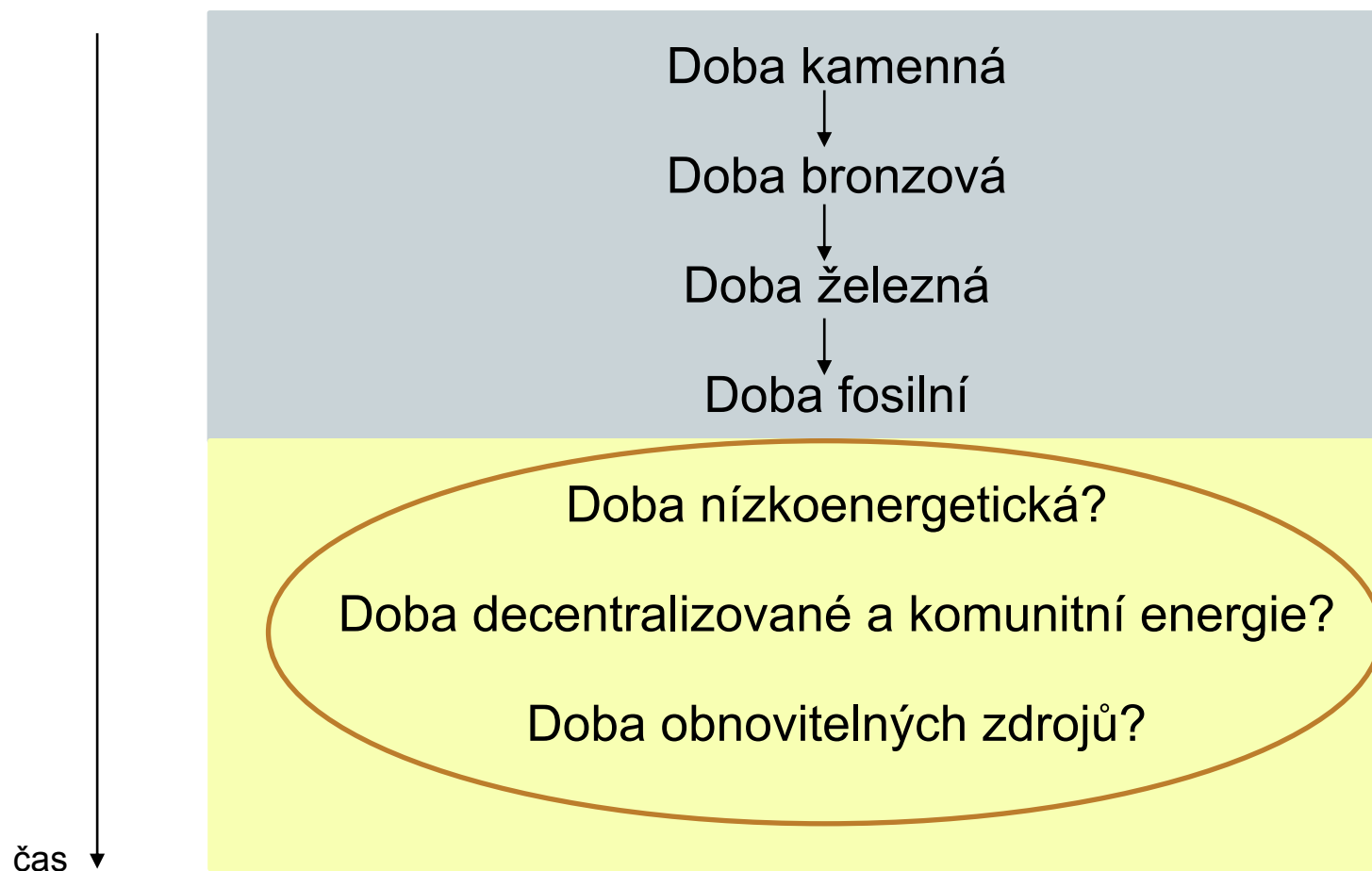
ENSb1124

Globální environmentální problémy

14. 3. 2023

Jan Blažek, 207120@mail.muni.cz

# Využití energetických zdrojů od paleolitu do antropocénu



Pozn: V jakém pořadí a kdy ke změně dojde závisí na řadě faktorů vč. technologického pokroku, který nelze zcela odhadnout.

Kam směřujeme?

EUROPE HALFWAY TO CLOSING ALL ITS COAL PLANTS BY 2030

WORLD'S BIGGEST COAL COMPANY BETS ON SOLAR POWER

HOW PUTIN MADE THE GREEN NEW DEAL GREAT AGAIN

EU 'COAL REBOUND' IN 2022 LESS SIGNIFICANT THAN FEARED: REPORT

# Slunce a vítr

## 6 Jak snížit uhlíkovou stopu měst a rozvíjet decentralizovanou energetickou síť?

Energetiku (především tu fosilní) máme tendenci vnímat jako velký kolos, na jehož proměnu nemají město ani občan žádný vliv. **Transformace energetiky** v obnovitelné zdroje (OZE) neznámá, že pouze vyměníme jeden druh energie za druhý, ale že dojde k přehodnocení celého systému, jednotlivých producentů a uživatelů s cílem dosáhnout uhlíkové neutrality nejpozději v roce 2050. Cesta, jak transformace dosáhnout, je ale pro každé město jiná.

OZE jsou decentralizovanými zdroji energie. Dokážou vyrobit energii poblíž místa spotřeby a pořizovací náklady na menší komunitní elektrárnu či teplárnu si mohou dovolit města i malé obce, malí a střední podnikatelé i například SVJ a bytová družstva. Tito aktéři se v rámci tzv. **energetických komunit** po celé Evropě již nyní stávají aktivními producenty obnovitelné energie, což jim přináší nejen nemalé úspory, ale také čistší vzduch. Do komunit se zapojují široké skupiny obyvatel, což mj. snižuje tzv. energetickou chudobu, kdy spousta nízkopříjmových domácností není schopna platit účty za energii a v zimě trpí chladem.<sup>(10)</sup>

Aby decentralizace neznamerala riziko, že když zrovna nesvíti slunce, na majitele solárního panelu energie nezbyde, vzniknou ve městech **integrované energetické systémy**, které budou zahrnovat stovky a tisíce solárních elektráren ze střech, větrných turbín z okolí měst, výtopen na biomasu, bioplynových stanic, chytrých měřicích přístrojů budov či dobíjecích stanic pro elektromobily a veřejnou dopravu. Jednotlivé budovy, bloky či čtvrtě se tak budou v průběhu dne chovat jako producenti i jako spotřebitelé.<sup>(11)</sup>

### Věděli jste?

- Udržitelný energetický systém města zahrnuje kromě výroby a spotřeby elektřiny a tepla z OZE také udržitelné formy mobility a energii ušetřenou (ať už technickými opatřeními na budovách nebo úsporným chováním obyvatel).
- Integrace energetických systémů také znamená, že dojde k energetickému propojení budov a dopravy (nabíjecí stanice), ale také elektrické a tepelné energie (tepelná čerpadla) a v neposlední řadě také k propojení průmyslové výroby a energetiky (zbytková energie z výroby).

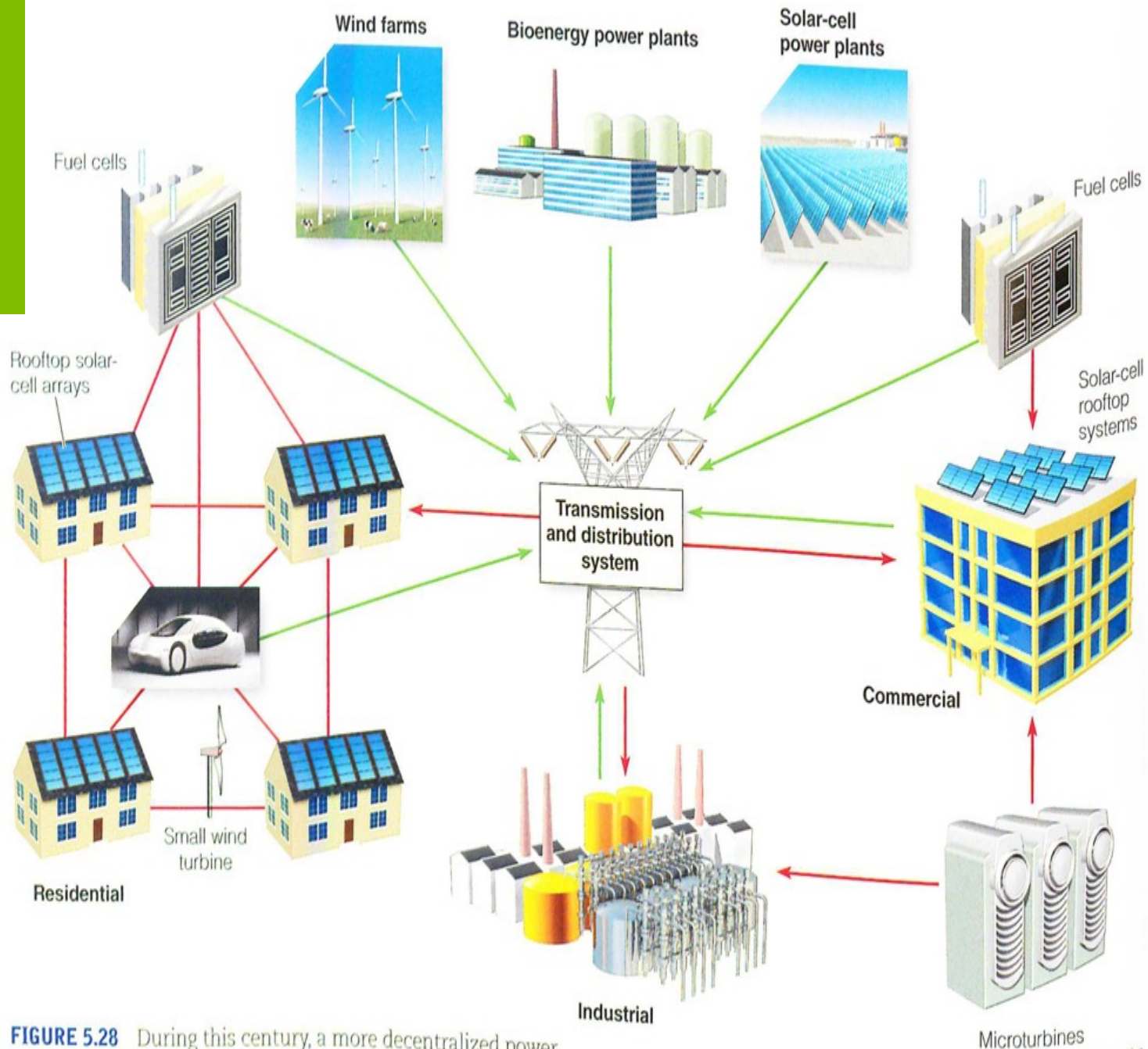
## Jaká opatření mohou přispět k rozvoji OZE a snížení emisí CO<sub>2</sub>?

- **Energetický mix** – V našich zeměpisných šířkách a klimatických podmínkách potřebujeme rozvíjet OZE v co nejširším spektru technologií i produkčních modelů.
- **Podpora spolupráce města a venkova** – Ve většině případů se města nestanou čistými výrobci energie a stále budou potřebovat zapojit zdroje z příměstských oblastí a venkova – v případě ČR především biomasu a větrnou energii. To je velká příležitost pro rozvoj regionální ekonomiky – města mohou venkovu na oplátku nabídnout nejen finanční prostředky, ale také nové formy partnerských projektů v zemědělství nebo ochraně přírody a krajiny. Krajské samosprávy by zde měly mít hlavní úlohu: poskytnout nástroje, dotační podporu a především integrované a vyjasněné stanovisko dotčených obcí.<sup>(12)</sup>



# Integrovaný energetický systém

(Spoolman, Myers, 2014)

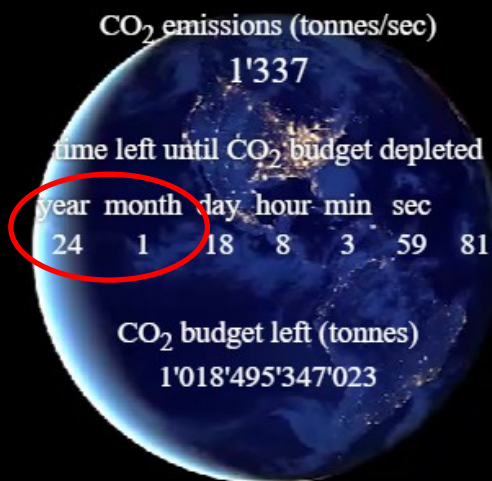


**FIGURE 5.28** During this century, a more decentralized power system is likely to replace much of the current system of large, centralized coal-fired and nuclear power plants.

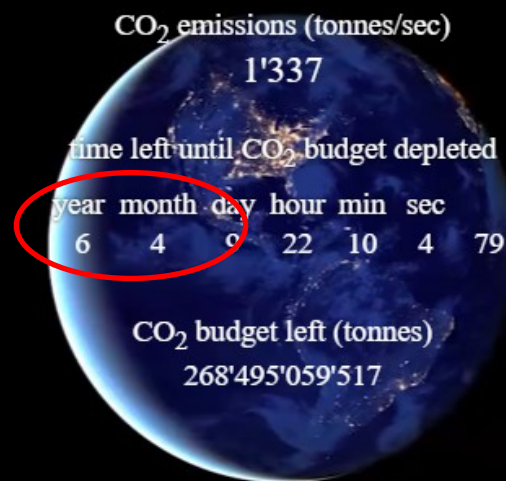
# Kde ve skutečnosti jsme?

## That's how fast the carbon clock is ticking

2°C scenario



1.5°C scenario



1.5°C scenario

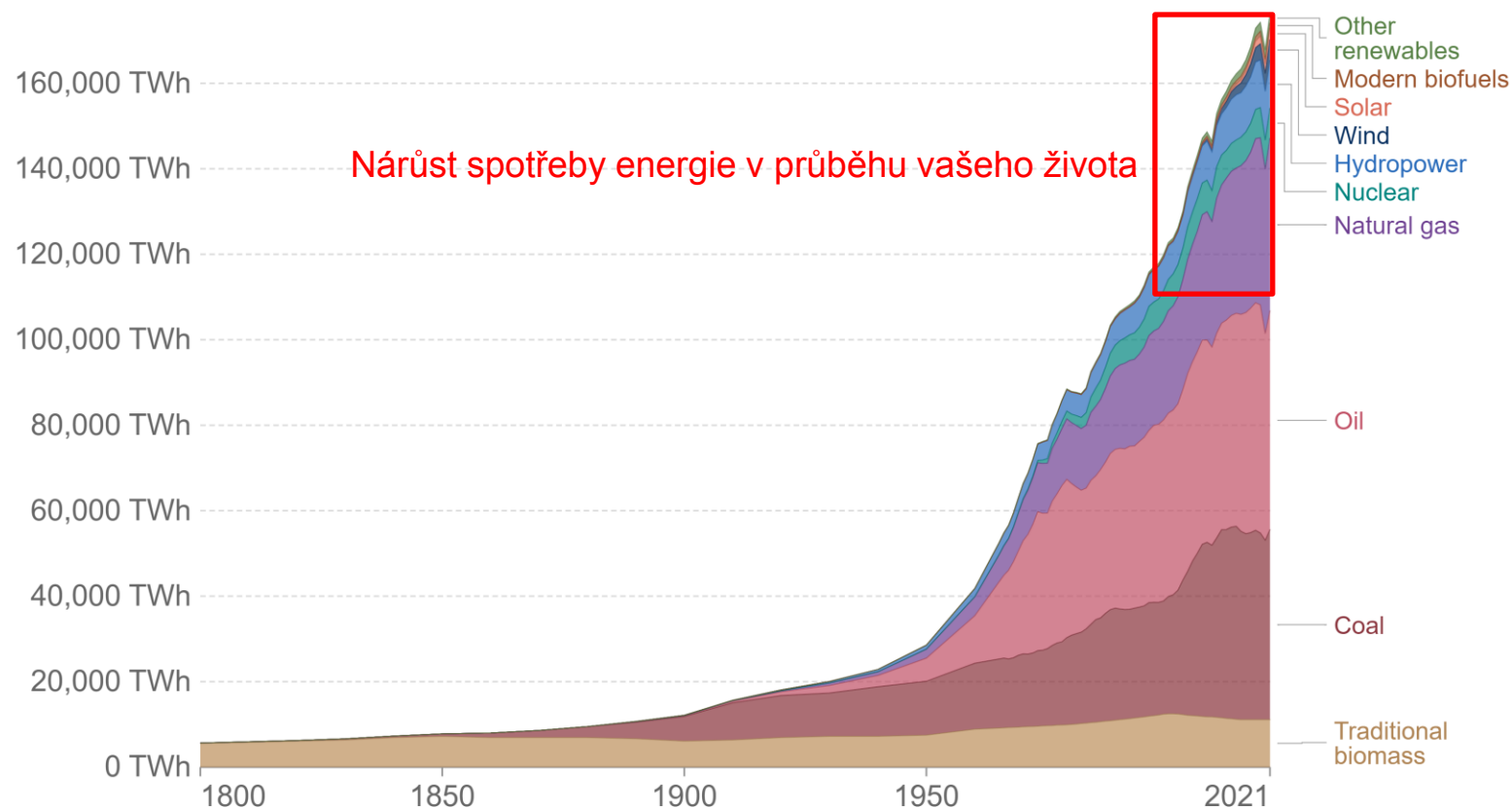
Zdroj: Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change

# Kde ve skutečnosti jsme?

## Global primary energy consumption by source

Our World  
in Data

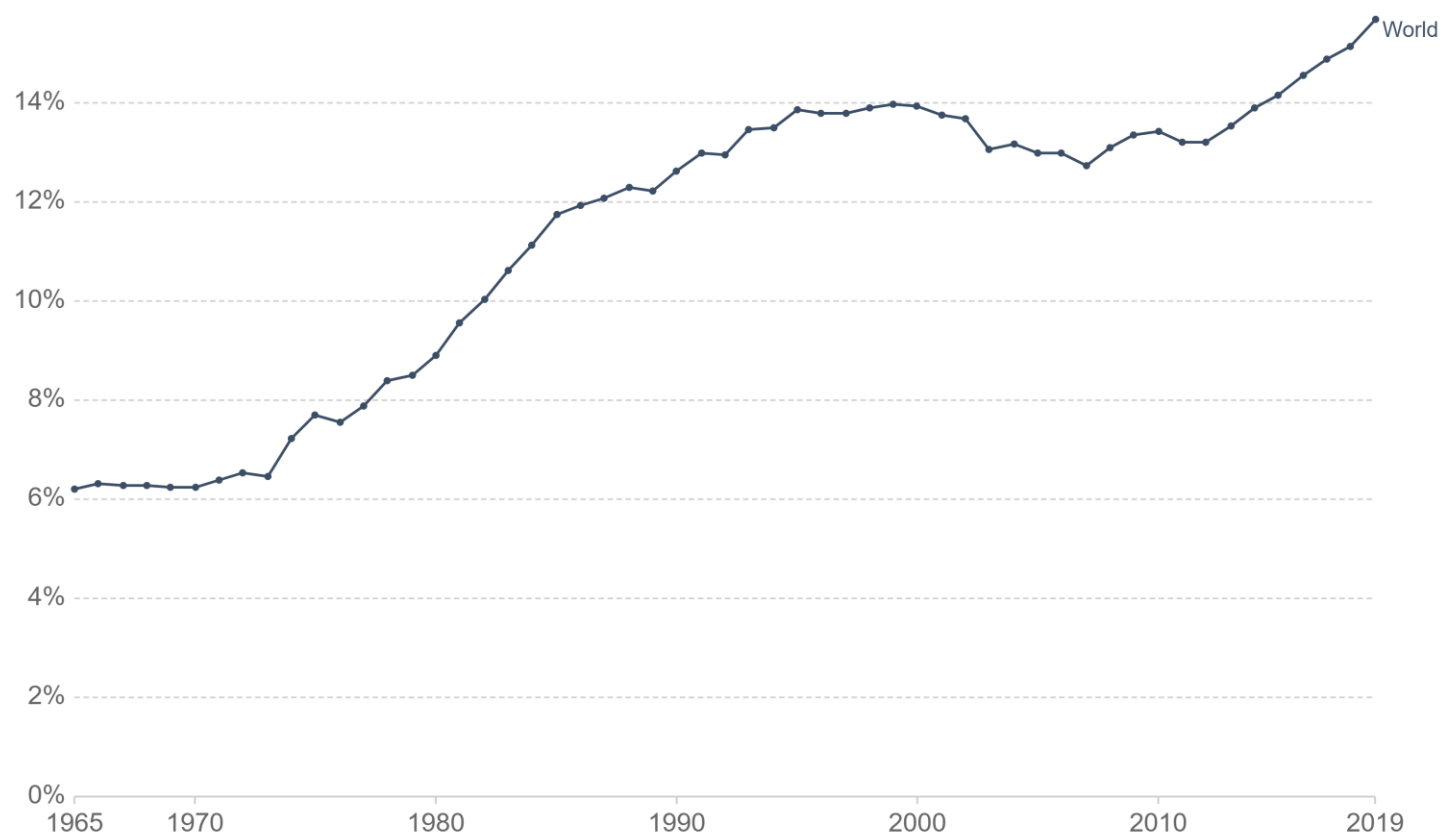
Primary energy is calculated based on the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies in fossil fuel production by converting non-fossil energy into the energy inputs required if they had the same conversion losses as fossil fuels.



# Kde ve skutečnosti jsme?

## Share of primary energy from low-carbon sources

Low-carbon energy is defined as the sum of nuclear and renewable sources. Renewable sources include hydropower, solar, wind, geothermal, wave and tidal and bioenergy. Traditional biofuels are not included.



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy (2020)

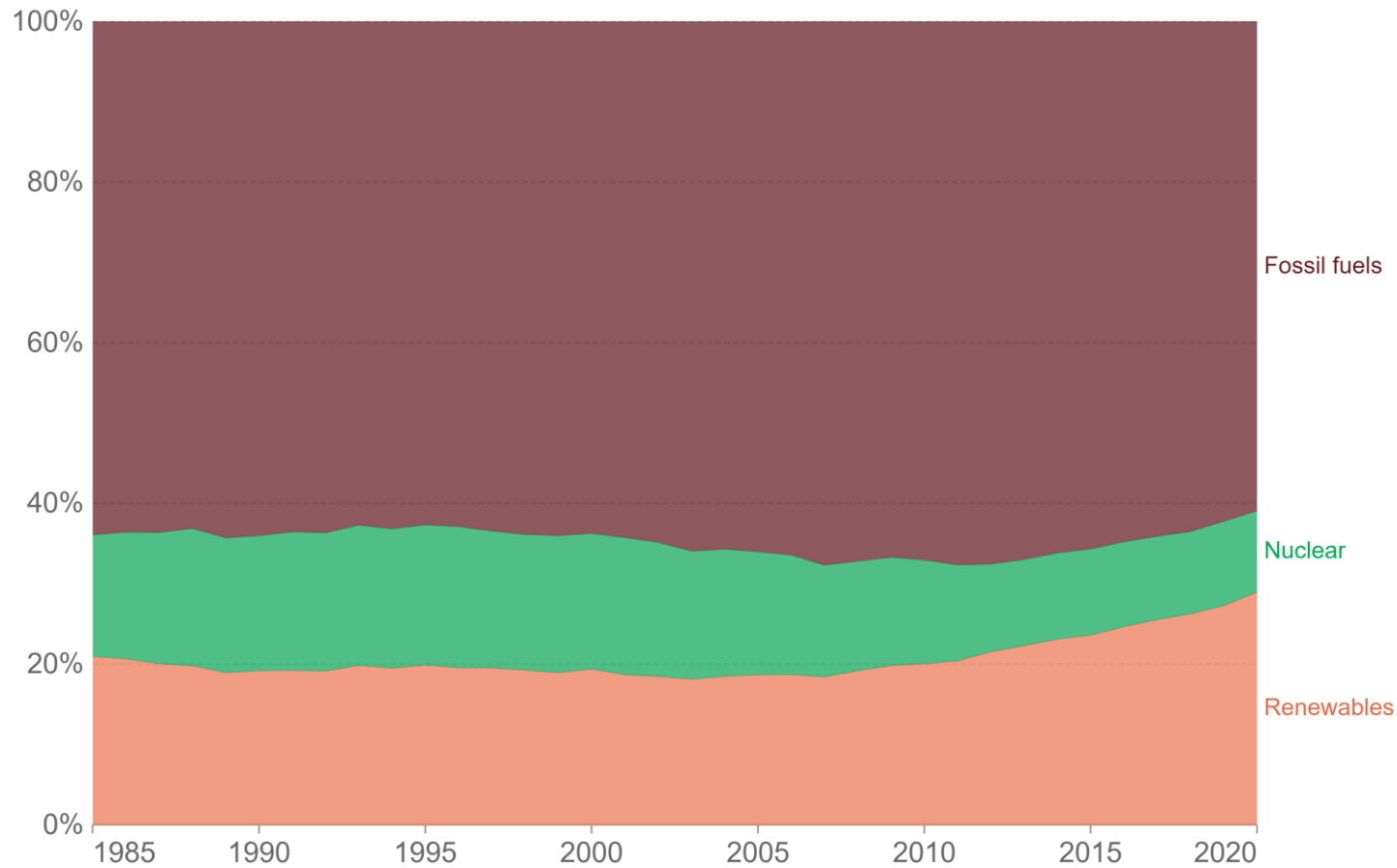
OurWorldInData.org/energy • CC BY

Note: Primary energy is calculated using the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies energy production from fossil fuels.

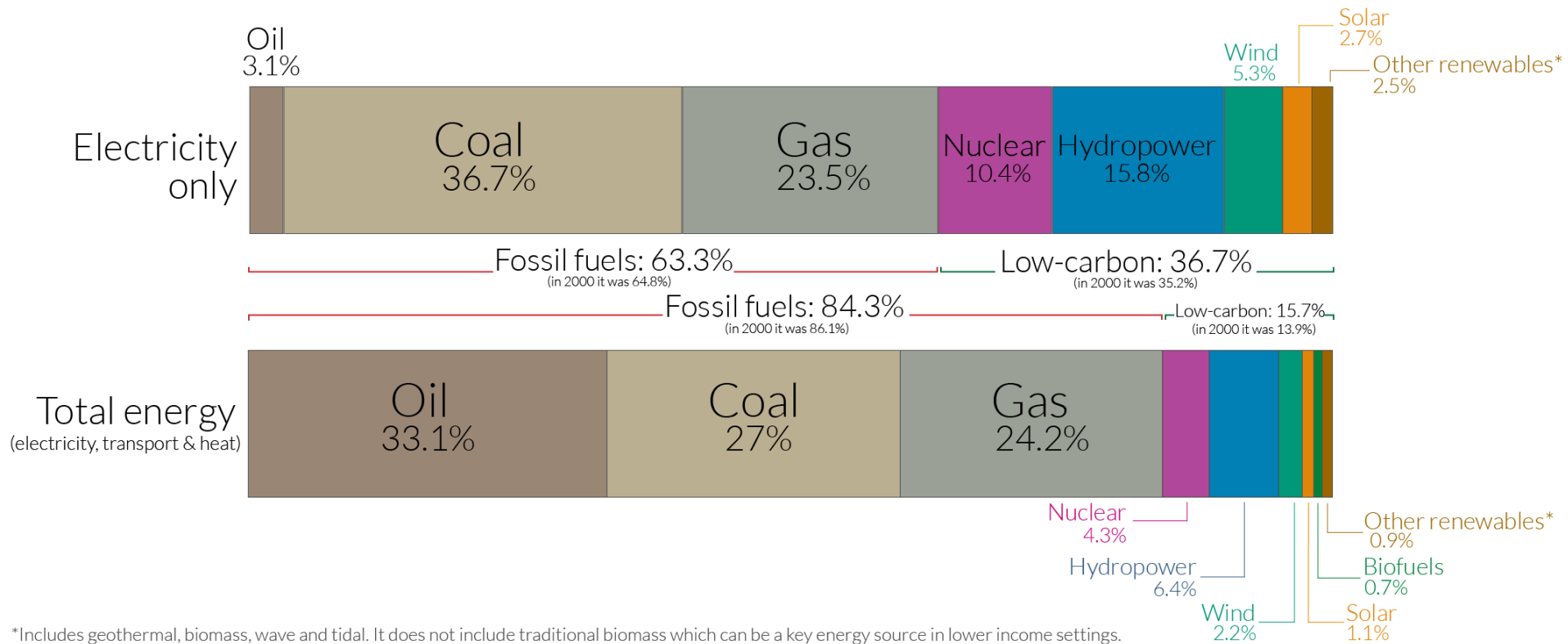


# Kde ve skutečnosti jsme?

Electricity production from fossil fuels, nuclear and renewables, World



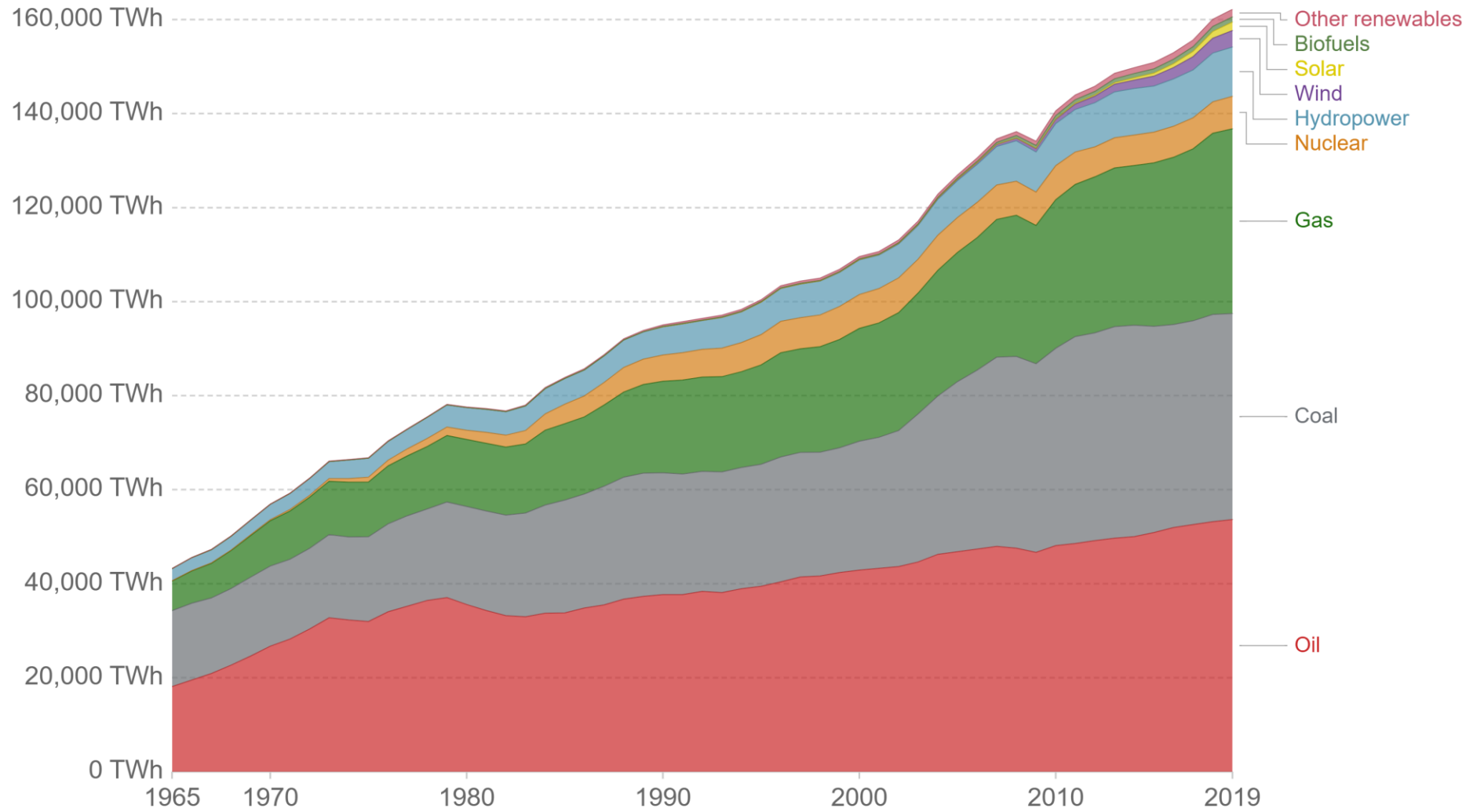
# More than one-third of global electricity comes from low-carbon sources; but a lot less of total energy does



\*Includes geothermal, biomass, wave and tidal. It does not include traditional biomass which can be a key energy source in lower income settings.

# Energy consumption by source, World

Primary energy consumption is measured in terawatt-hours (TWh). Here an inefficiency factor (the 'substitution' method) has been applied for fossil fuels, meaning the shares by each energy source give a better approximation of final energy consumption.



Source: BP Statistical Review of World Energy

Note: 'Other renewables' includes geothermal, biomass and waste energy.

# Co je důležité mít na paměti

Obrovské rozdíly mezi zeměmi v energetickém mixu produkce i spotřeby

Závisí na dostupnosti zdrojů, struktuře a potřebách ekonomiky, progresivním chování, atd.

Většina zemí (společností) je tak závislá na energetických zdrojích, že její nedostatek byť jen na několik dní (blackout) by znamenal kolaps celého systému

Zatímco některé země jsou závislé na dovozu zdrojů, jiné na vývozu. Mnohé země Globálního Jihu vyváží nezpracované zdroje, rafinérky/elektrárny jsou až v zemích dovozu

Existují různé důvody, které vedou společnosti ke změně chování směrem od fosilních k obnovitelným zdrojům:

**Klimatická změna a snaha o snížení emisí CO<sub>2</sub>**

**Ropný zlom (resp. zlom fosilních zdrojů), resp. jistota, že fosilní zdroje dojdou / budou čím dál dražší**

**Fosilní zdroje jsou nerovnoměrně rozděleny - energetická bezpečnost je ohrožena**

Fosilní zdroje znečišťují a ničí životní prostředí (jak je vidět např. na prolomení limitů těžby uhlí na dole Bílina v ČR, tento důvod je často podřadný)

# Energetická politika

Dnes řeší zejména emise plynů → dříve především aerosoly, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, dnes hlavně CO<sub>2</sub> v souvislosti s klimatickou změnou.

**Ekonomické nástroje - obchod s emisními povolenkami** (v EU od r. 2005 viz [Climate Policy Info Hub](#)); případně **uhlíkové daně**. Povolenky ale nejsou plošné a dostatečně ambiciózní více např. [Carbon Market Watch](#)

**Politický nástroj - rezoluce** – [Fit for 55](#) – soubor opatření s cílem snížit emise zemí EU o 55 % mezi lety 1990 – 2030

Vytváří **podmínky pro potřebný energetický mix**. Př. Německo odklon od jaderné energetiky směrem k decentralizaci - [Energiewende](#)

**Subvence energetickým sektorům** - významné u výzkumu (např. vodík), produkce (jádro) i spotřeby (“Zelená úsporám”)

**Nezajišťuje nápravu externalit** - znečištění není zahrnuto do ceny zdrojů (výjimkou jsou emisní povolenky)

# Implementace ekonomických nástrojů ve světě

Summary map of regional, national and subnational carbon pricing initiatives

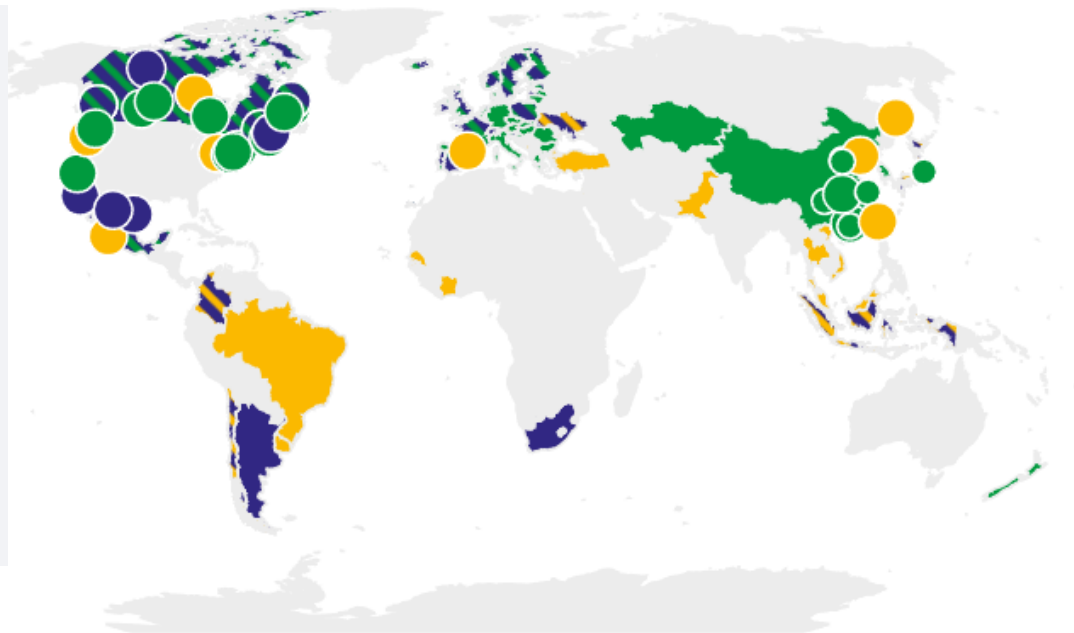
## KEY STATISTICS ON REGIONAL, NATIONAL AND SUBNATIONAL CARBON PRICING INITIATIVE(S)

65 Carbon Pricing initiatives implemented

45 National Jurisdictions are covered by the initiatives selected

34 Subnational Jurisdictions are covered by the initiatives selected

In 2021, these initiatives would cover **11.65 GtCO<sub>2</sub>e**, representing **21.5%** of global GHG emissions



- ETS implemented or scheduled for implementation
- ETS or carbon tax under consideration
- ETS implemented or scheduled, ETS or carbon tax under ...

- Carbon tax implemented or scheduled for implementati...
- ETS and carbon tax implemented or scheduled
- Carbon tax implemented or scheduled, ETS under consid...

# Energetická bezpečnost

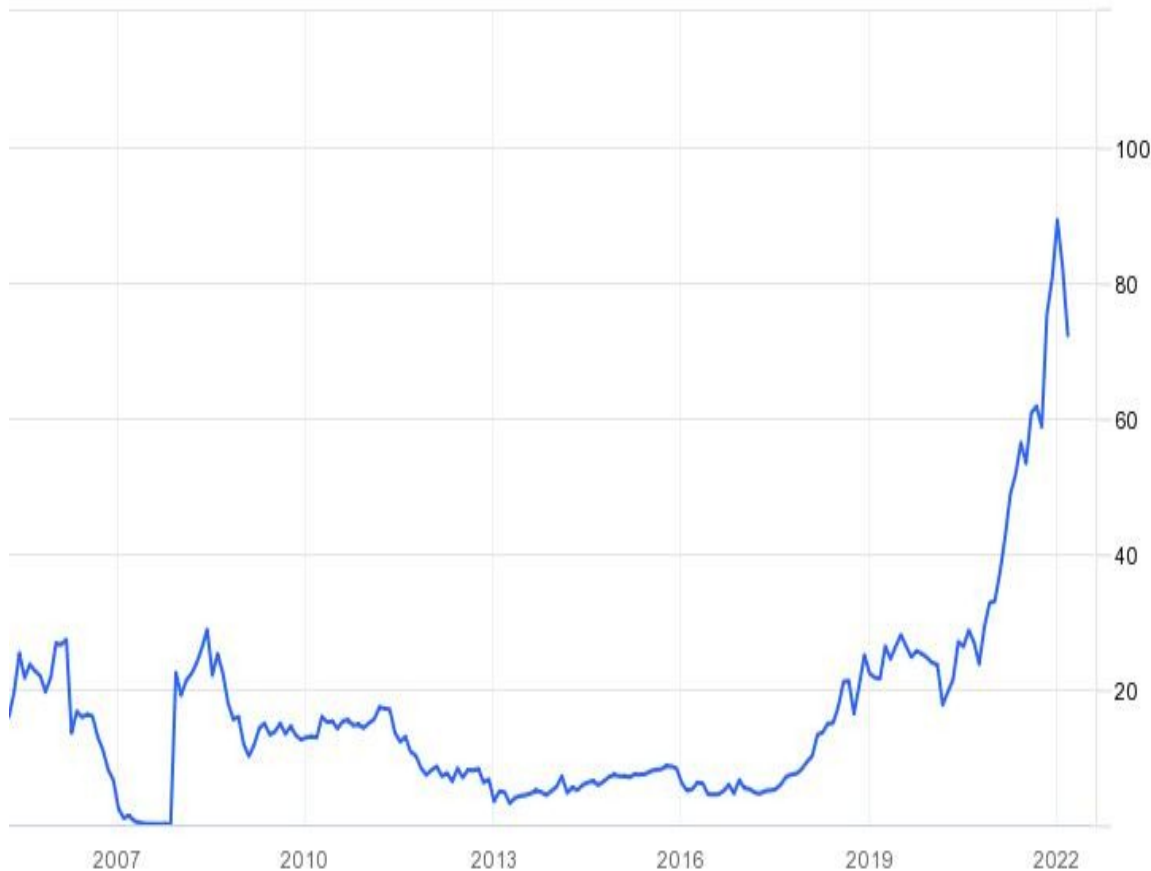
Snaha zajistit nepřerušované dodávky energie (zejména elektřiny) bez výpadků a omezení

Příčiny obav - terorismus, politická nestabilita klíčových dodavatelských států, environmentální a sociální důsledky produkce a nepravidelnost obnovitelných zdrojů, přírodní katastrofy

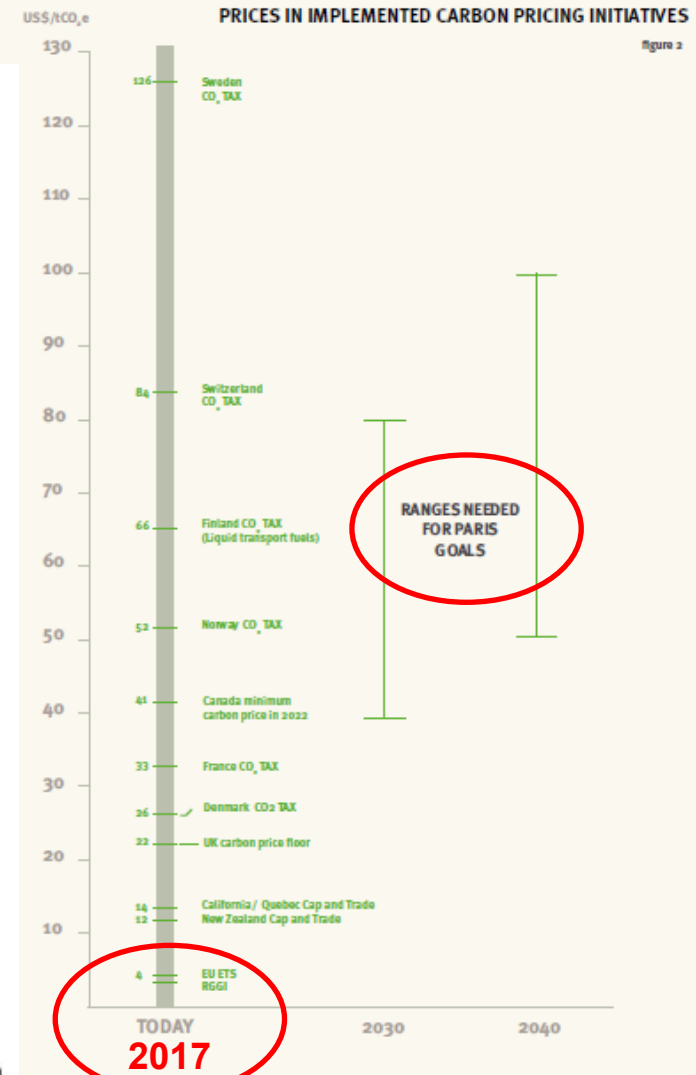
**Aktuálně – Energetická krize a válka na Ukrajině**

# Cena evropských emisních povolenek

EU Carbon Permits

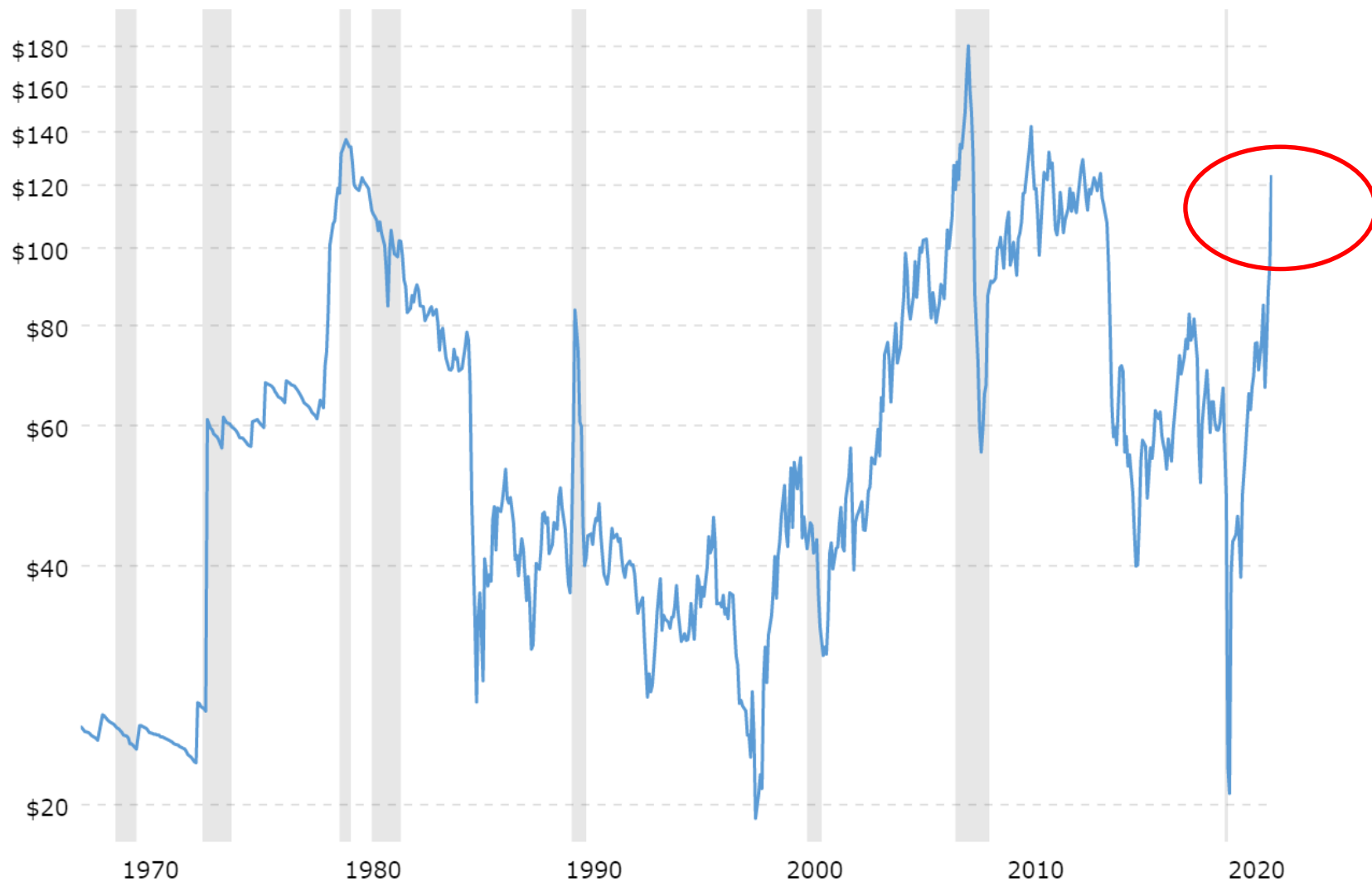


source: tradingeconomics.com





# Cena ropy



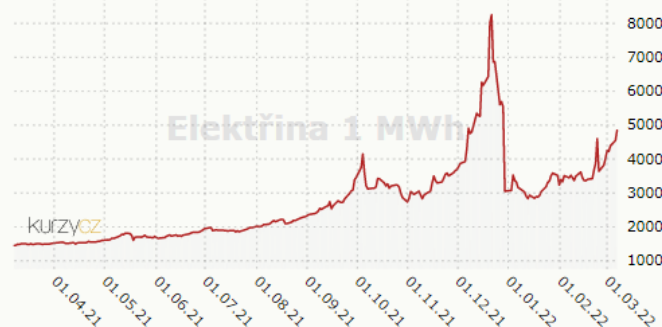
Zdroj: <https://www.macrotrends.net/1369/crude-oil-price-history-chart>

# Cena elektřiny a plynu

## Elektřina PXE

Elektřina 1 MWh  
4 841 CZK

3394.306  
234.49%

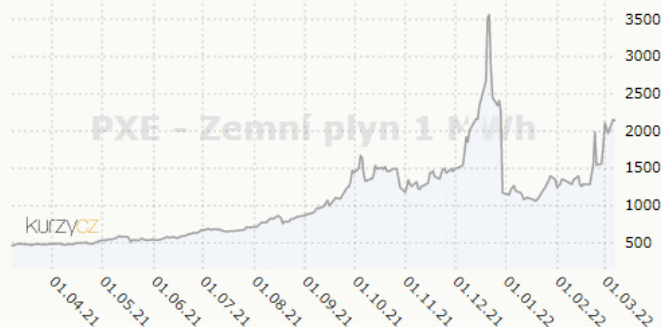


## Zemní plyn PXE

08.03.2022 PXE - Zemní plyn 1 MWh  
08.03.2021 2 142 CZK

1678.702  
361.96%

08.03.2022  
08.03.2021



## Topný olej

Topný olej x3 1000l  
27 904 CZK

16697.991  
149.0%



## Zemní plyn USA

08.03.2022 Zemní plyn 1MWh  
08.03.2021 365.26 CZK

162.954  
80.55%

08.03.2022  
08.03.2021



European Environment Agency

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

International Energy Agency

<https://www.iea.org/statistics/>

U.S. Energy Information Administration

<https://www.eia.gov/>

Europe Beyond Coal

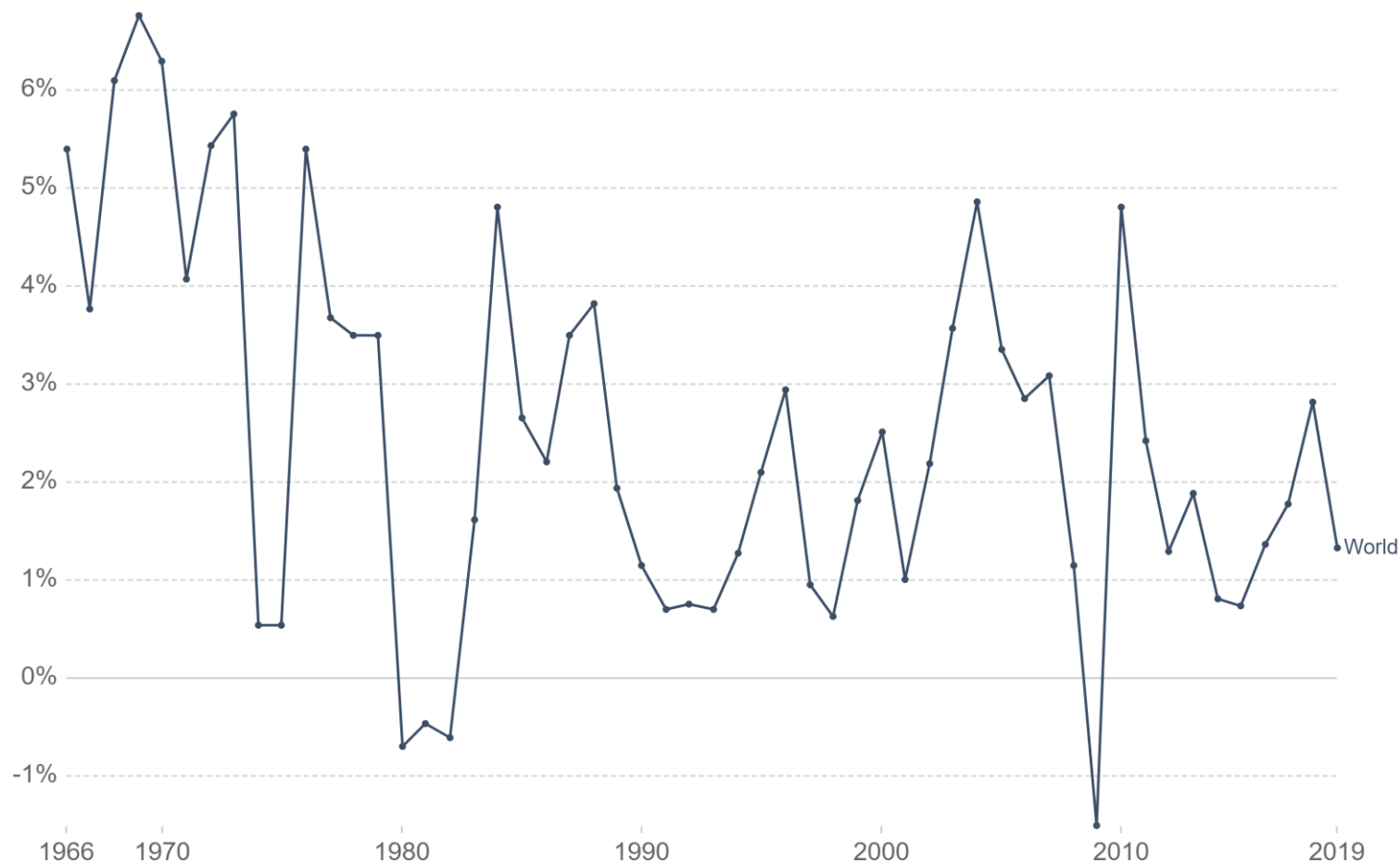
<https://beyond-coal.eu/data/>

Our World in Data

<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

# Celosvětově spotřeba energie roste o 1-3 % ročně → potřeba stále nacházet nové zdroje, aby pokrylo navýšení.

Annual change in primary energy consumption

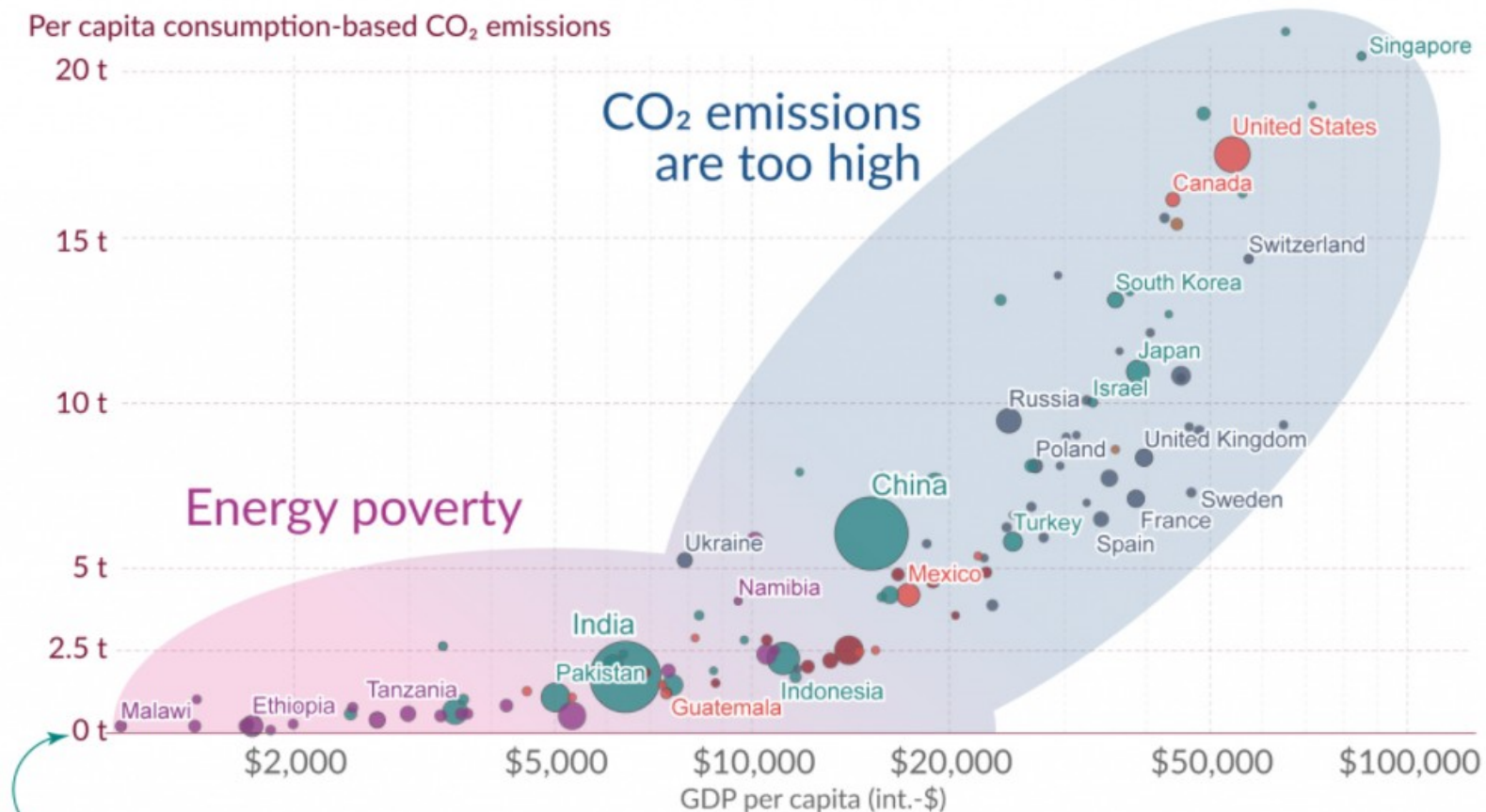


# Energetická chudoba a emise CO<sub>2</sub>

## CO<sub>2</sub> emissions per capita vs GDP per capita

Our World in Data

Per capita consumption-based CO<sub>2</sub> emissions



To end climate change the long-run goal is that net-emissions decline to zero.

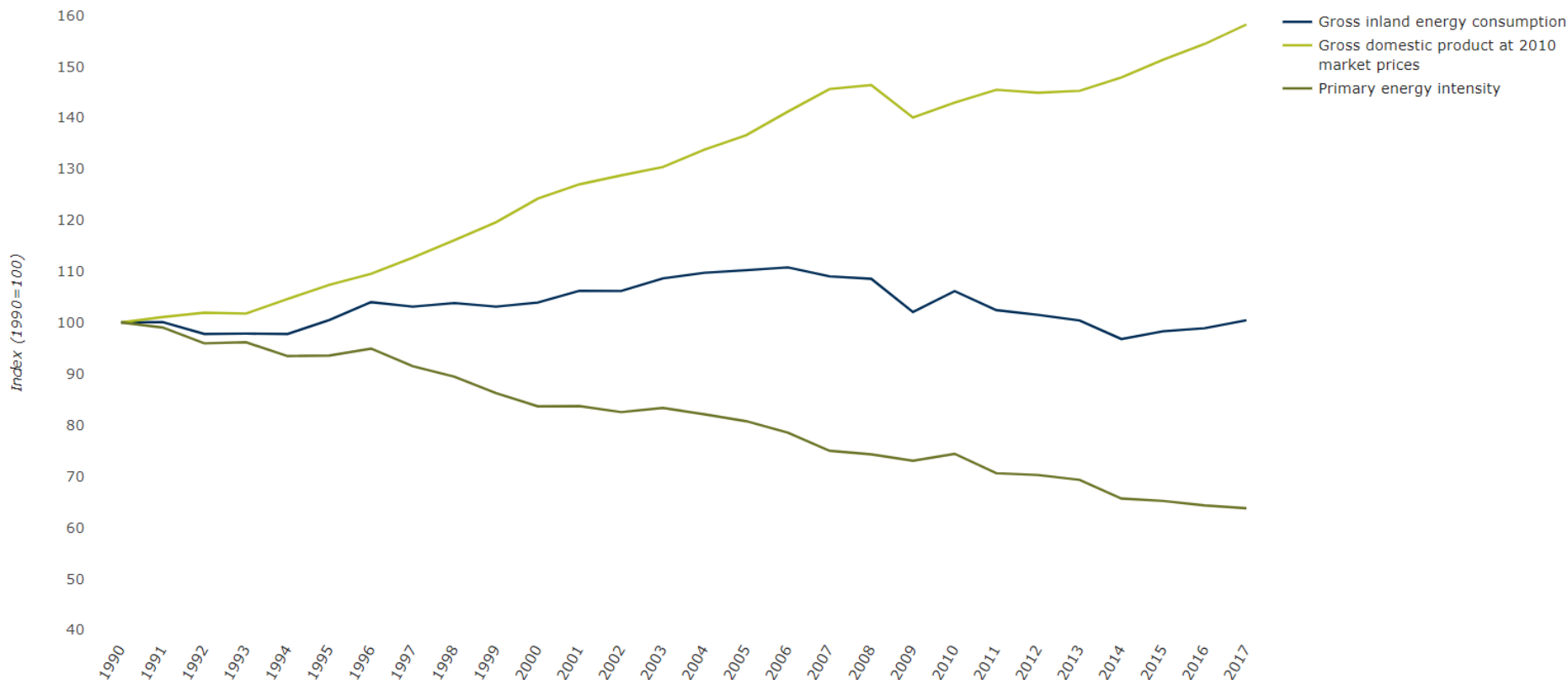
Data for 2017: Global Carbon Project, UN Population, and World Bank.

OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the author Max Roser.

# Spotřeba energie v Evropě

Chart – Trends in energy intensity, gross domestic product and gross inland energy consumption



Zdroj: EEA <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/total-primary-energy-intensity-4/assessment-1>

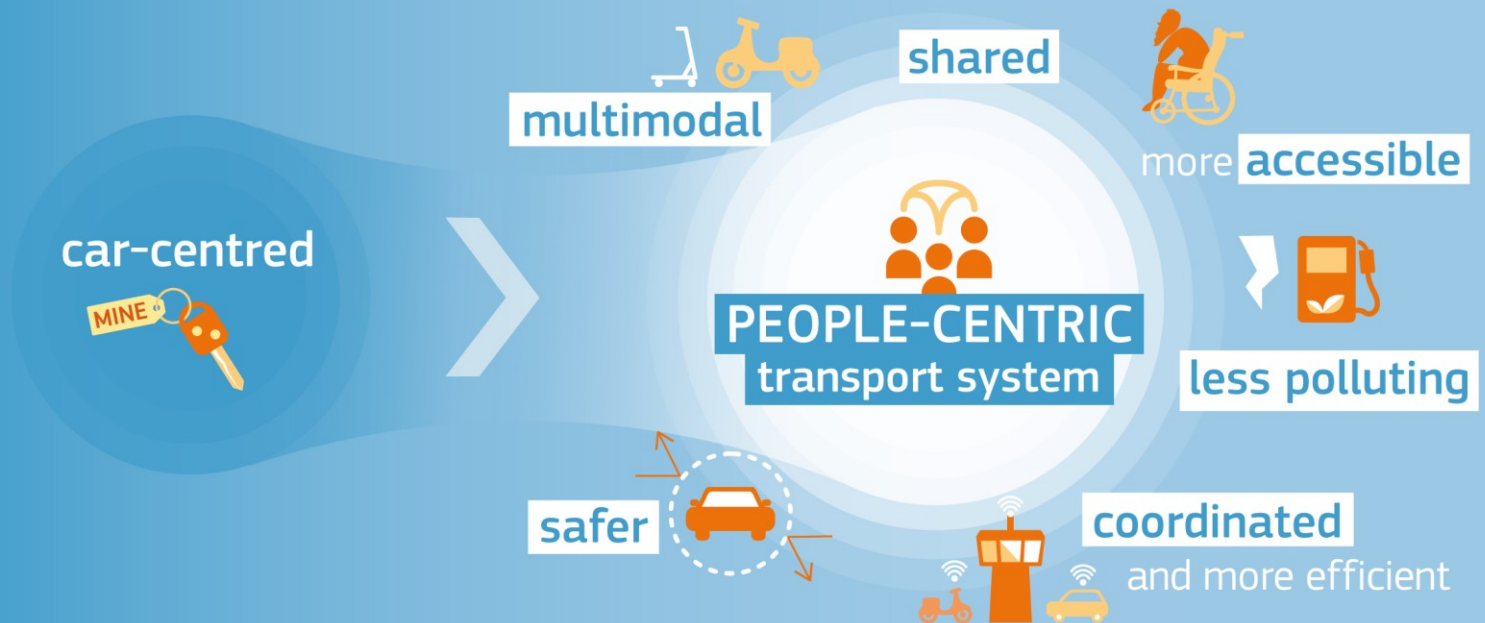
## Klesá spotřeba energie v Evropě?

Nikoli, **klesá pouze energetická náročnost ekonomik** → zvýšení účinnosti těžkého a zpracovatelského průmyslu, přesun průmyslu do jiných zemí a změna struktury ekonomik → služby, zavedení úsporných technologií v domácnostech, zateplení budov, IT rozvoj, aj.

Nadále **roste doprava** (osobní i nákladní) - podíl 30-35% energie, účinnost dopravních prostředků se za půl století nijak zvlášť nezvýšila. Roste letecká doprava.

„More efficient, safer, eco-friendly and accessible transport systems - the future of road transport“ (Zdroj: [EU](#))

## OPPORTUNITIES FOR A BETTER TRANSPORT SYSTEM





# Spotřeba energie v dopravě

**Vysoké cíle** – např. European Green Deal počítá s 90% snížením emisí CO<sub>2</sub> v dopravě mezi lety 1990 a 2050.



## **Roste objem**

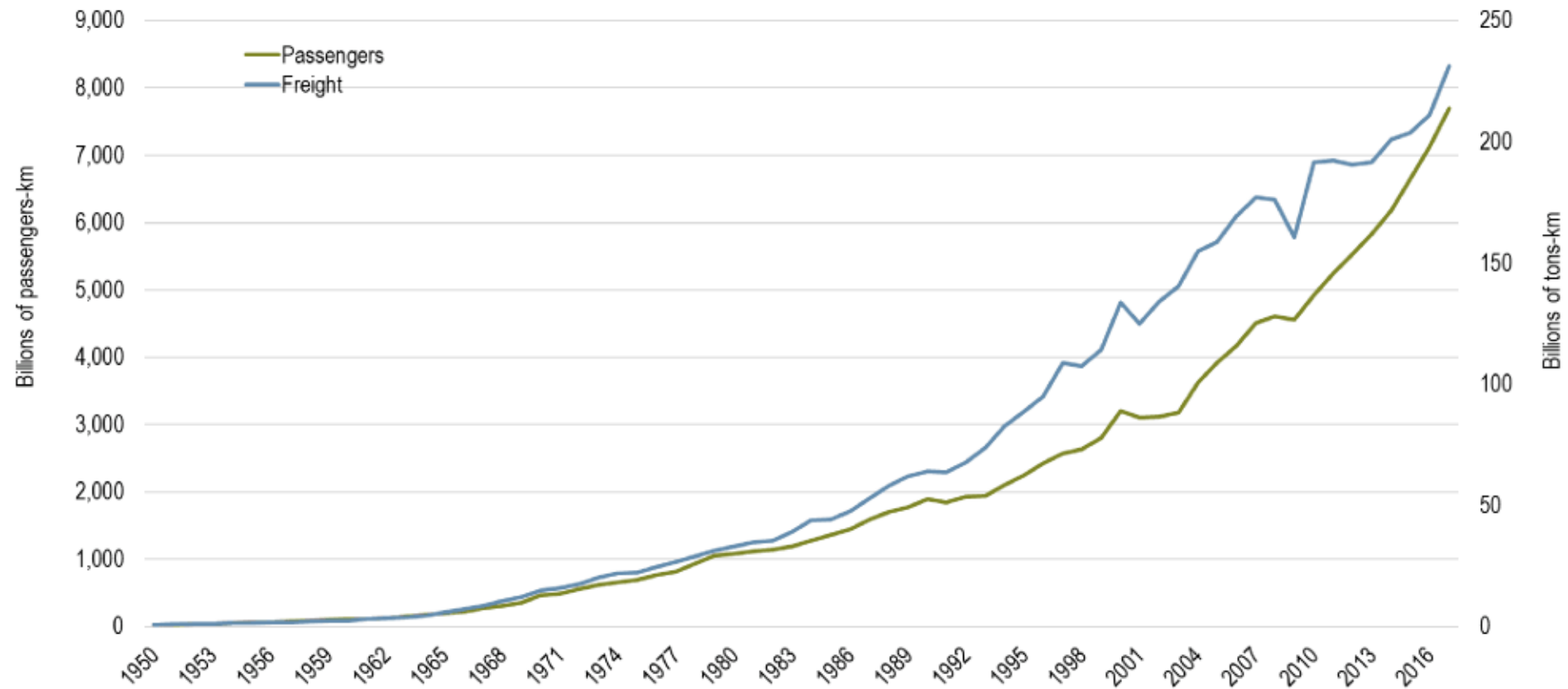
- **silniční dopravy** - výroba automobilů celosvětově 70+ mil ročně (celkově 90+ mil motorových vozidel) ([European Automobile Manufacturers Association](#))
- **letecké dopravy** - palivo není zdaněno + neexistuje světový systém obchodování s povolenkami. Nový systém CORSIA v EU by měl vzniknout v roce 2021.

[https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation_en)

<https://www.transportenvironment.org/what-we-do/flying-and-climate-change/aviation-ets>

Neplatí se za externality - ekologická zátěž - znečištění ovzduší, emise CO<sub>2</sub>, obrovské plochy zástavby - letiště, dálnice, atp.

# Letecká doprava



# Modelování a predikce

World Energy Outlook 2018 „The gold standard of energy analysis“

<https://www.iea.org/weo2018/>

Systémové predikce – např. MEDEAS model

<https://www.medeas.eu/news/medeas-documentary-now-released>

**POZOR: Predikce se často liší a vždy to budou jen predikce!!!**

# Zásoby fosilních paliv k produkci (R/P) na konci roku 2011 (roky)

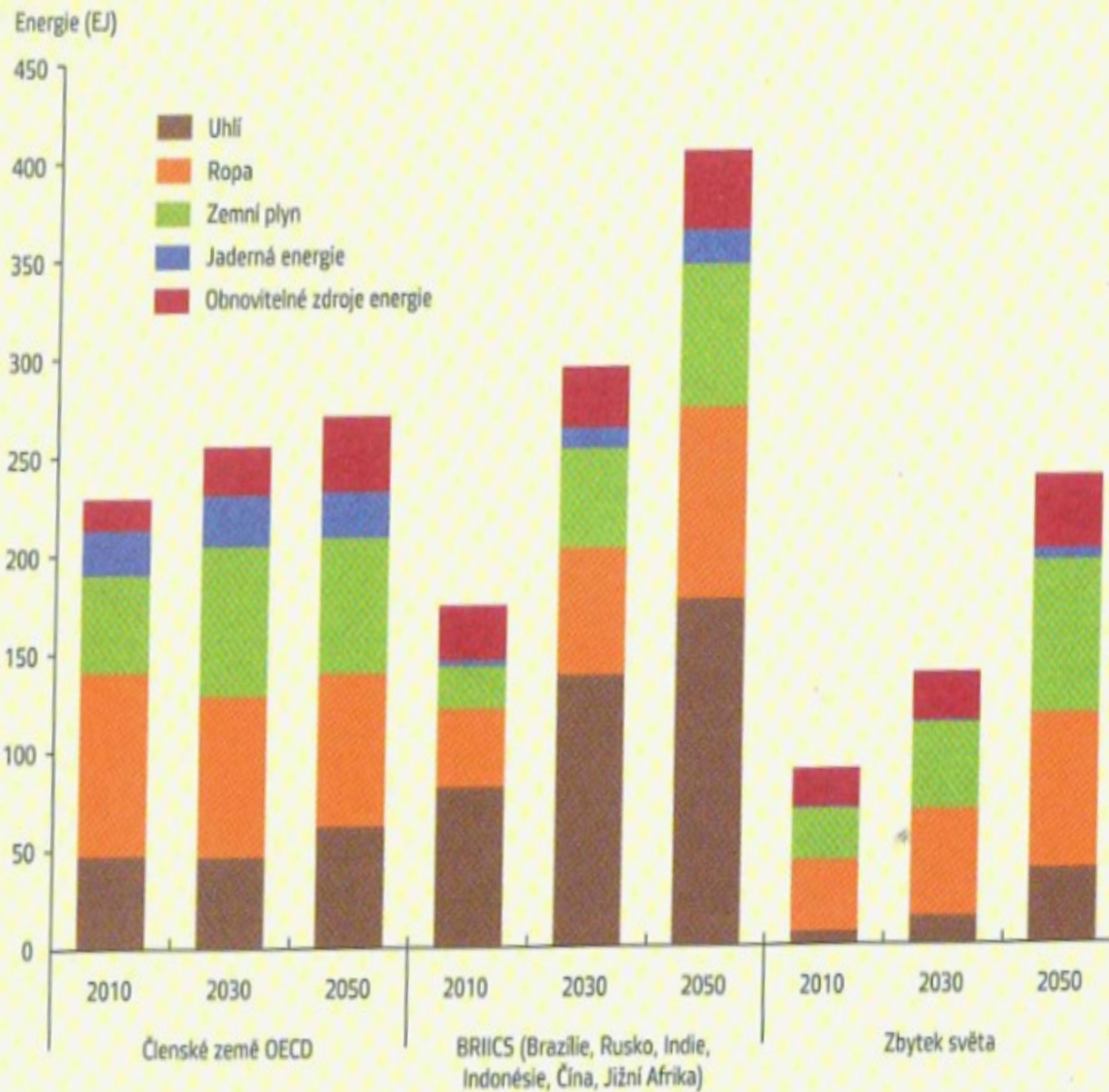
Zdroj: BP, 2012 In Moldan, (2015:73),

***nejnovější data zde:***

<https://ourworldindata.org/grapher/years-of-fossil-fuel-reserves-left>

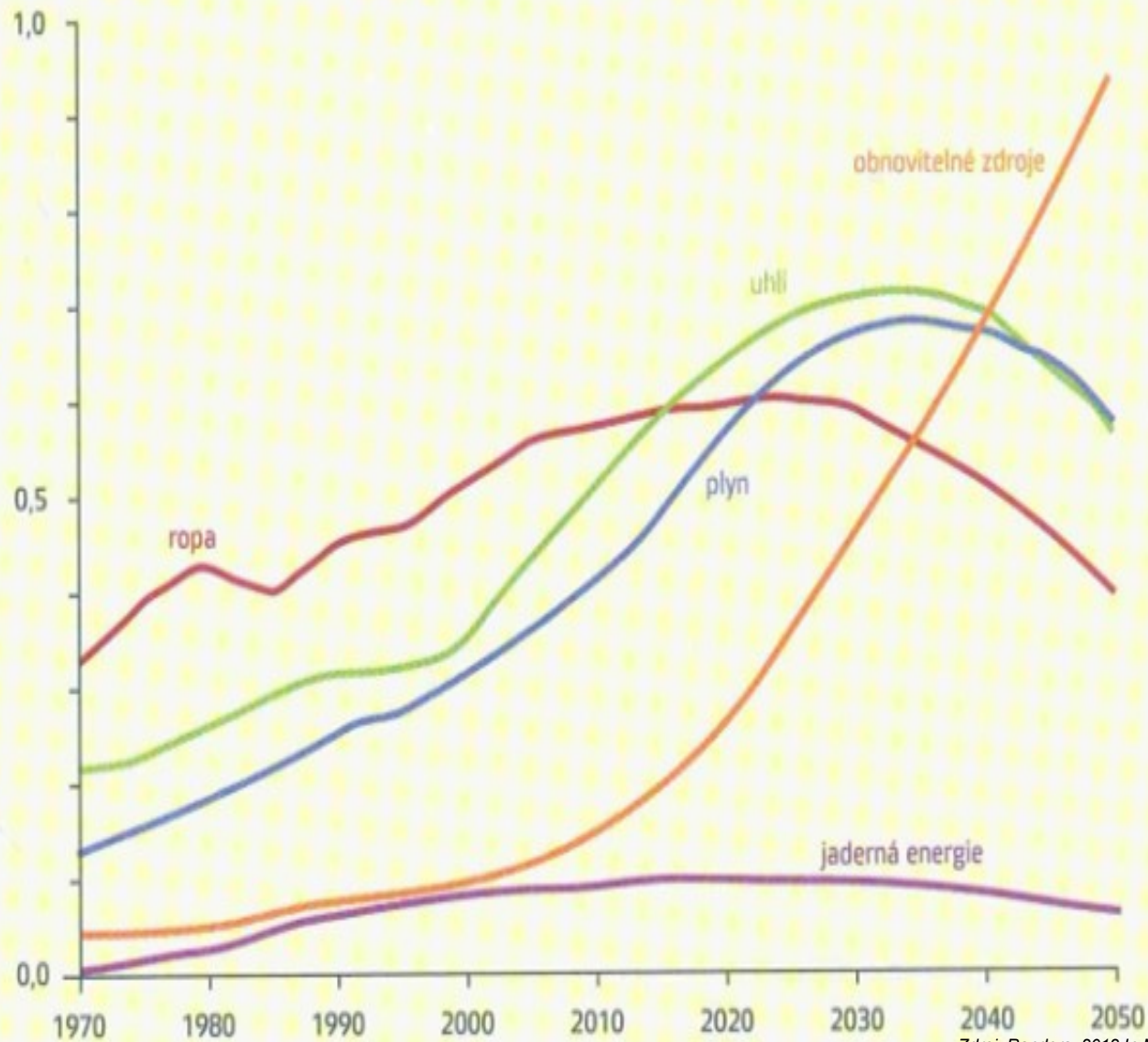


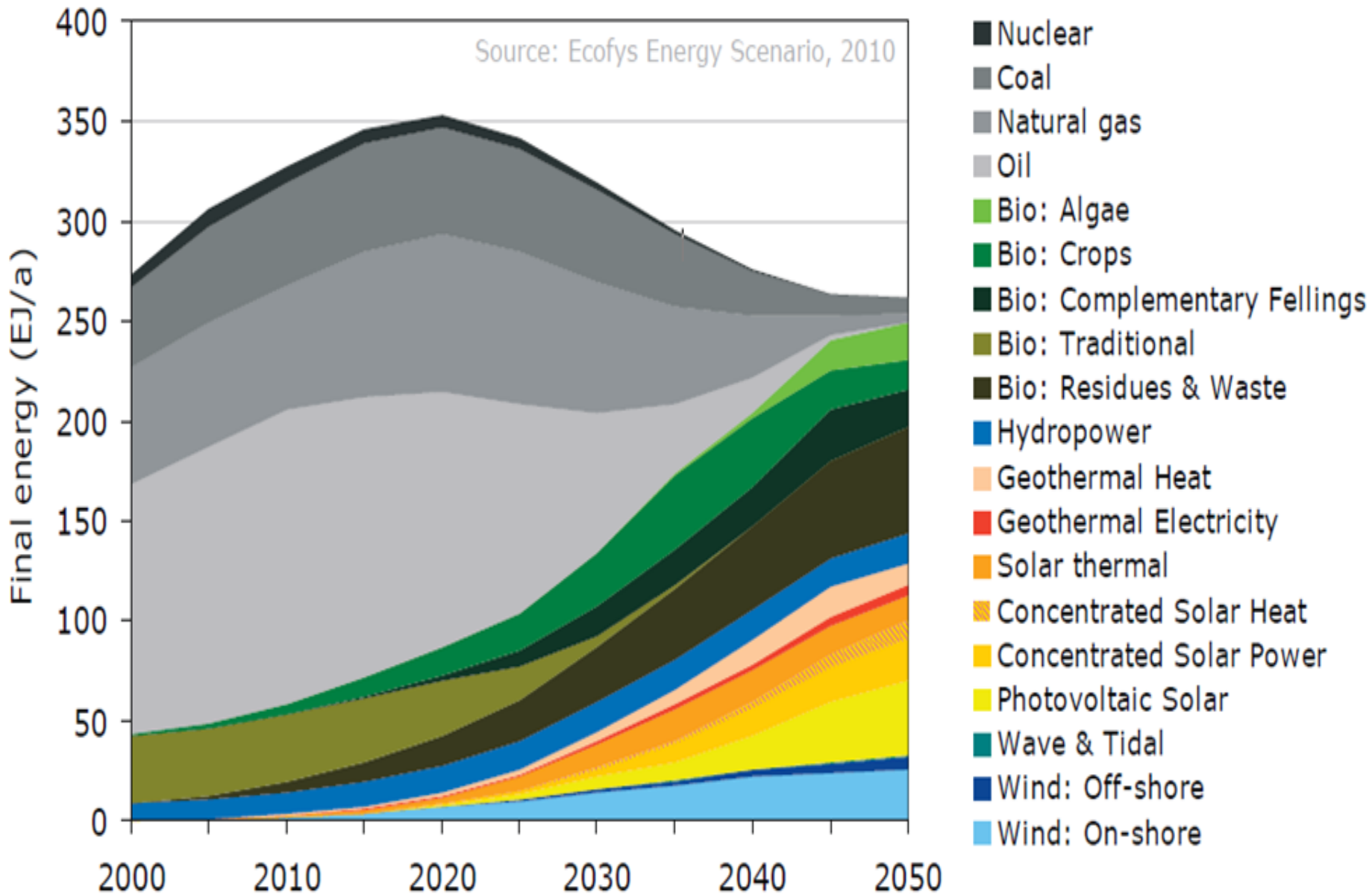
## E8 Produkce energie podle druhů paliv



# E12 Globální využití různých typů energie v období 1970–2050

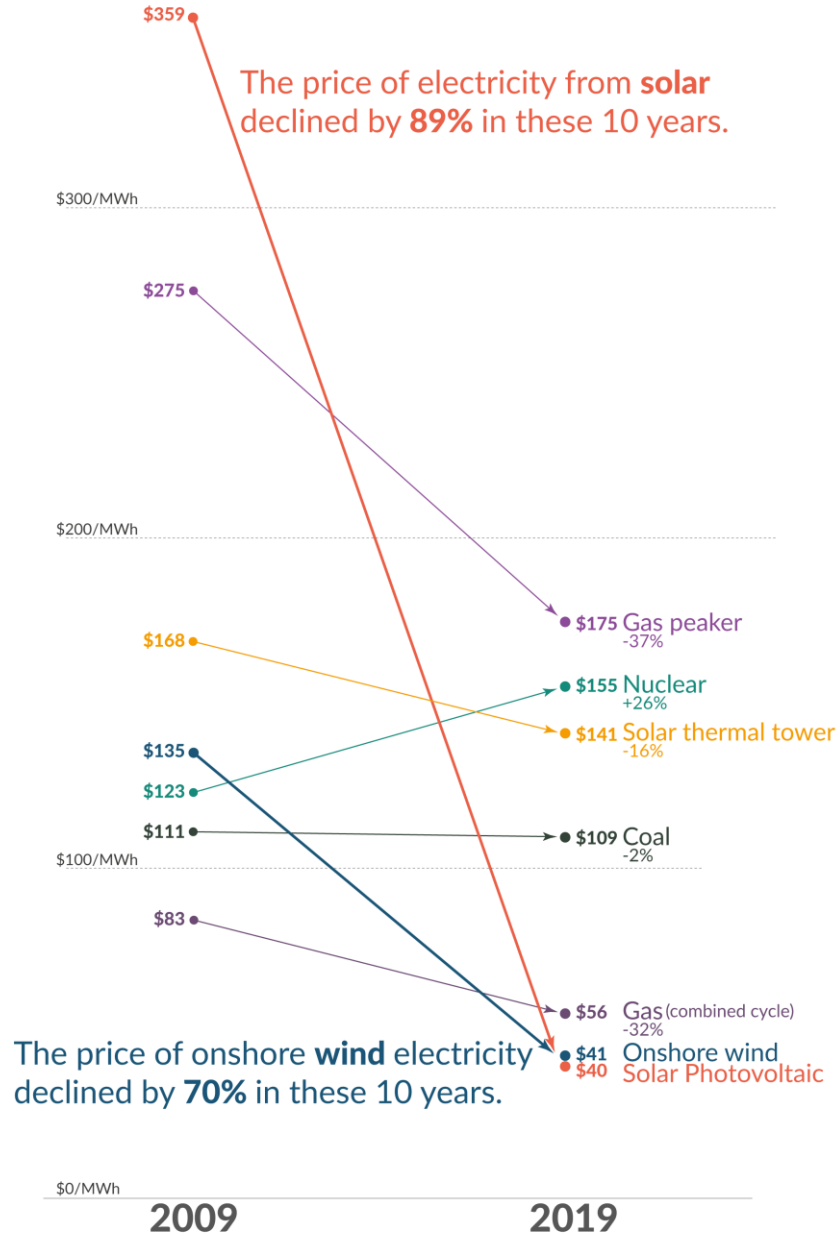
Měřitko: Spotřeba energie (0–7 mld. tun ropného ekvivalentu za rok)





# The price of electricity from new power plants

Electricity prices are expressed in 'levelized costs of energy' (LCOE). LCOE captures the cost of building the power plant itself as well as the ongoing costs for fuel and operating the power plant over its lifetime.





# Zdroje obecně

- A. Je potřeba energie k získání energie - těžit, transportovat, zpracovat, distribuovat
- B. 2. zákon termodynamiky - každá změna energie (např. chemická na pohybovou) vytváří teplo - degraduje se určité množství energie - např. obyčejná žárovka účinnost pouze 5-10% - zbytek až 95 % tepelné ztráty
  - po odečtení A) a B) - čistý energetický výnos daného zdroje
- Př. V USA 84 % energie vyplýváno → 41 % degradací na energii nižšího řádu, 43 % je prostě vyplýváno ve výrobě i spotřebě

# Neobnovitelné zdroje

## Obecně

Nejsou obnovitelné v lidském časovém horizontu

Cca 80 % tržní energetiky světa

800 tis. lidí ročně zemře na následky znečištění ovzduší

Do ceny fosilních paliv nejsou započteny environmentální a zdravotní rizika

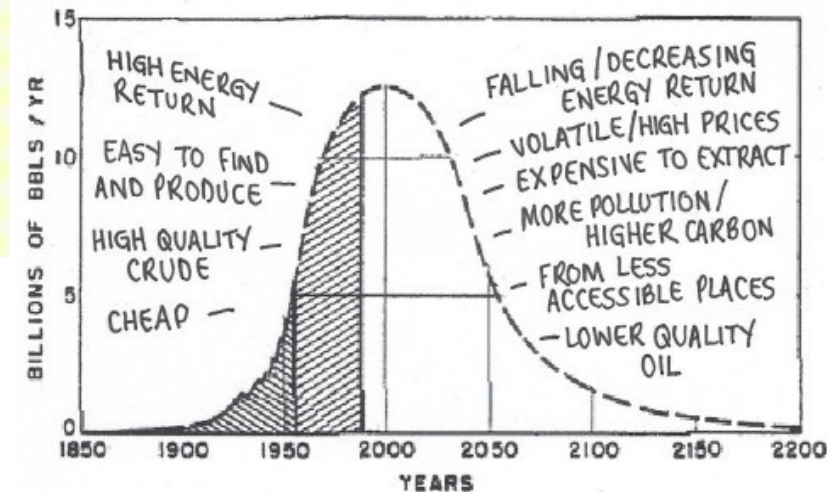
I když se o tom tolik nemluví, fosilní paliva jsou dotována energetickou politikou

# Peak Oil / Peak everything

Zdroje: RWE (2006), Witze (2006), Knoema (2013). In Moldan (2015:97)



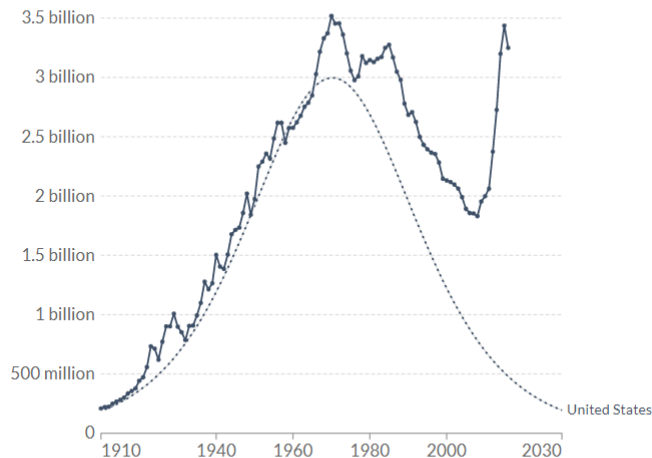
Zastánci „peak oil“ se domnívají, že jsme již dosáhli nebo brzy dosáhneme historického maxima těžby ropy (červená čára), zatímco jiní argumentují, že „peak oil“ nás nečeká dříve než v roce 2030 (modrá čára).



Zdroj: <https://integralpermaculture.files.wordpress.com/2012/07/the-oil-age-a-game-of-two-halves-490x303.jpg>

## Hubbert's peak prediction vs. actual oil production in the United States

Hubbert's hypothesis of peak oil production in the United States, alongside actual oil production trends in the United States, both measured in barrels per year.



Source: Cavallo (2004) & EIA OurWorldInData.org/how-long-before-we-run-out-of-fossil-fuels/ • CC BY

▶ 1910 ○ 2030

Nejdůležitější energetický zdroj - zejména pro dopravu - např. V ČR 70 % dovozu primárních surovin, 22 % spotřeby energie

Třetina globálních emisí CO<sub>2</sub>

Světové trhy jsou silně závislé na cenách ropy - ropné krize 1973, 1979, atd. Důsledky - např. růst cen potravin - potravinová krize 2008

Různá cena po světě (proč např. v USA se používají auta s vyšší spotřebou?)

V roce 2017 mělo 12 zemí OPEC 82 % rezerv konvenční ropy

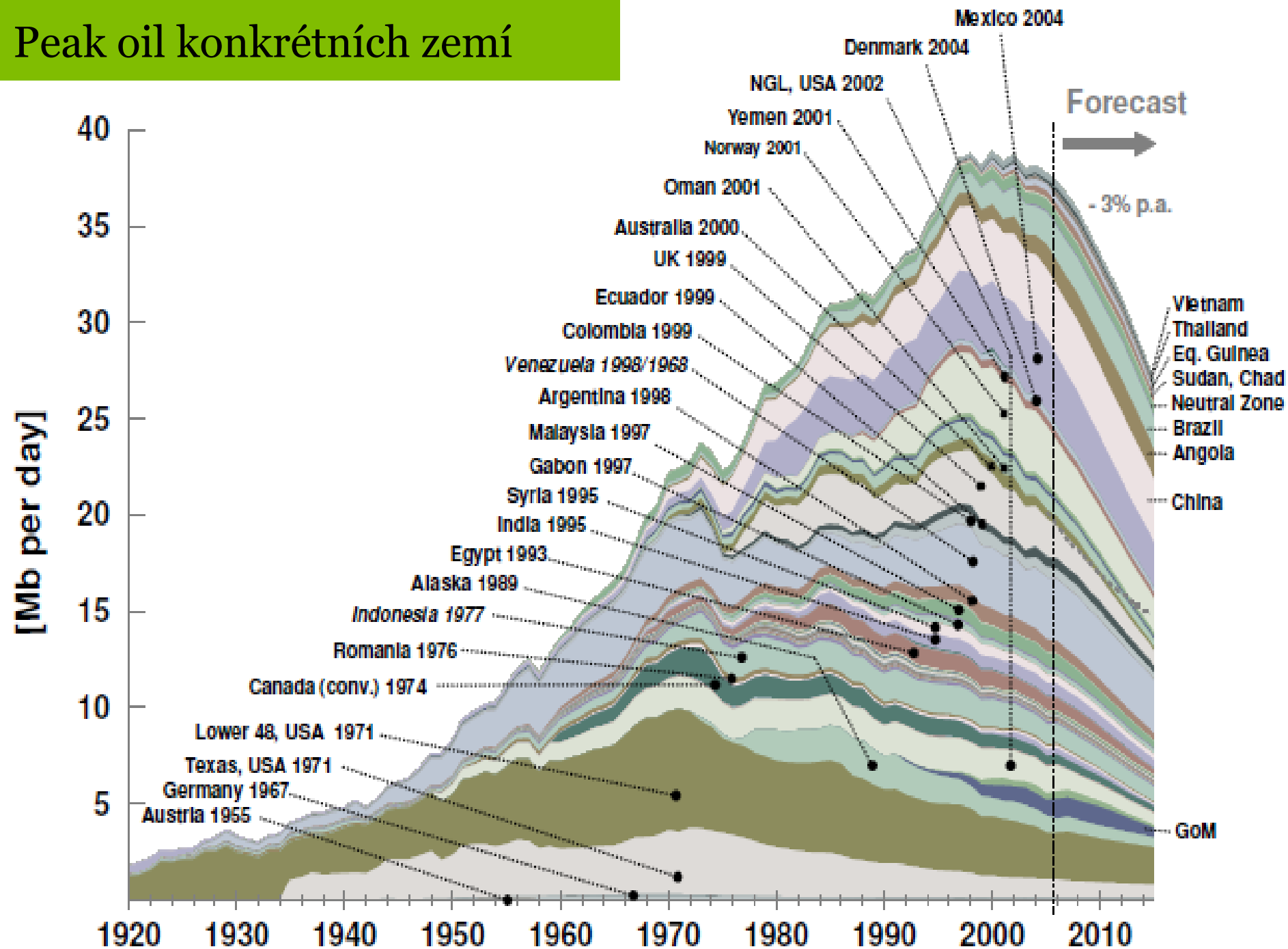
ČR více než 50 % dovozu z Ruska (ČSÚ)

Ropný zlom (není potvrzené zda již nastal, záleží na metodice, zájmech).

Optimisté - zvýšená cena dovolí vrátit se k dnes opuštěným ložiskům.

Realisté - nová ložiska tzv. sekundárních zdrojů mají stále menší energetický výnos

# Peak oil konkrétních zemí



# Ropa

## Z konvenčních ložisek

pevninské vrty

hlubokomořské vrty

fracking - horizontální pumpování mezivrstev horninové podloží

## Ze sekundárních zdrojů:

Bitumen v dehtových píscích -  $\frac{3}{4}$  v Albertě, Kanada

Kerogen v ropných břidlicích – Rusko, USA, Chile - asi 11x více než kanadských písků a 4x více než konvenční ropy v Saudské Arábii

# Ropa - environmentální problémy

Spalování - znečištění ovzduší - smog + kyselé deště

Větší hloubky vrtů v oceánech (až 10 km) → riziko havárií

Př. katastrofa plošiny Deepwater Horizon v Mexickém zálivu (r. 2011). Uniklo 10x více ropy, než ze ztroskotaného tankeru Exxon Valdez (r. 1989). Větší problémy však činí tisíce malých úniků spojených s nedbalostí, sabotážemi, zastaralostí techniky.

Dehtové písky - odlesnění, odklon řek, povrchová těžba, znečištění vod, hodně energie (zemního plynu) je použito k „uvaření“ finálního ropného produktu, o 82 % větší emise CO<sub>2</sub> než u konvenční ropy

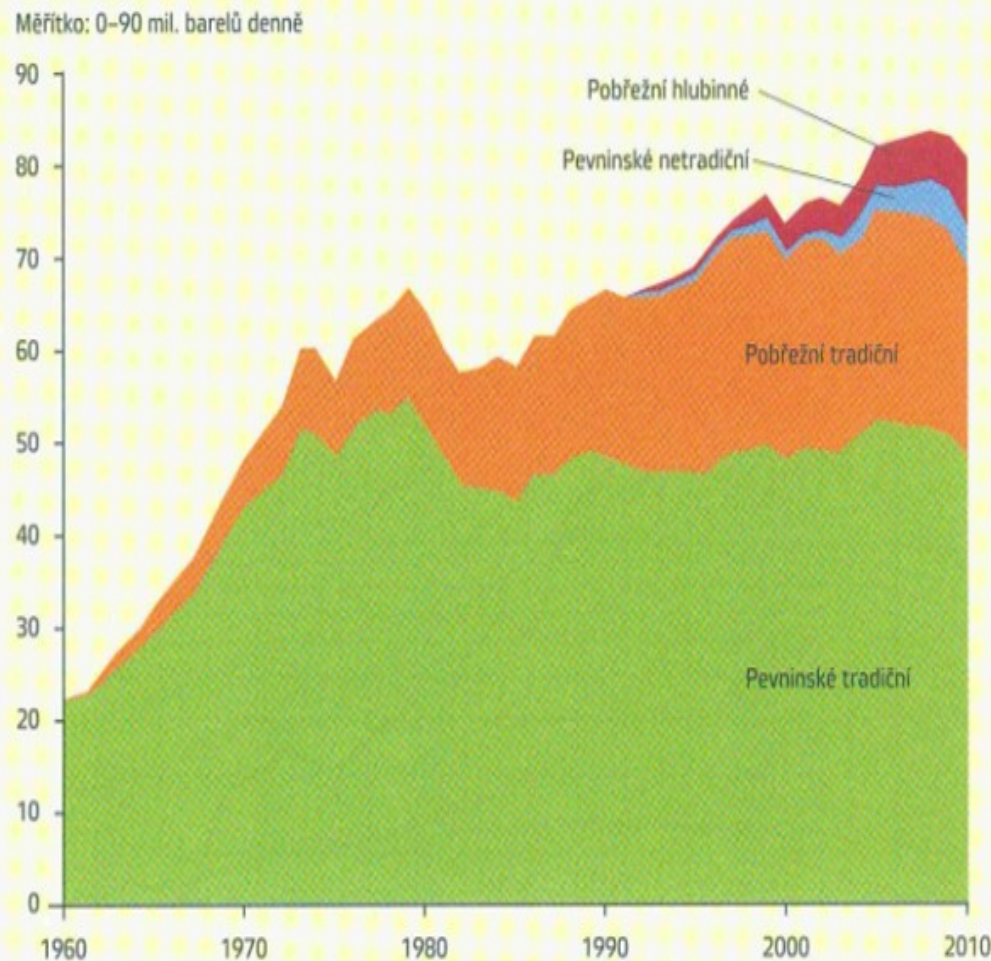
Ropné břidlice - ještě horší, nižší energetický výnos, velká spotřeba vody při produkci - nedostatek vody v nalezištích, emise CO<sub>2</sub> o 50 % vyšší



# Produkce ropy

Zdroj:

Randers (2012) In Moldan (2015:99)



Graf znázorňuje výsledek vývoje světové produkce ropy z tradičních a netradičních zdrojů během let 1960 až 2010. Produkce ropy z tradičních zdrojů v sedmdesátých letech stagnovala, tuto mezeru postupně zaplnily zdroje netradiční. Nejprve to byla ropa získávaná z mělkých pobřežních oblastí, poté z hlubších vod. Světové hospodářství na nedostatek tradičních zdrojů ropy reagovalo zvýšením cen ropy.

# Opakování - ropa (*Myers, Spoolman, 2014*)

- Ample supply for several decades

- High net energy yield (but decreasing)

- Low land disruption

- Releases air pollutants and CO<sub>2</sub> when produced and burned

- Oil spills can severely pollute water

- Relies on a vulnerable international supply system

Pros

Cons

Conventional Crude Oil

- Large potential supplies in some countries (Canada and U.S.)

- Easily transported within and between countries

- Can provide domestic supplies for North American countries

- Low net energy yield

- Releases air pollutants and CO<sub>2</sub> when produced and burned

- Severe land disruption and high rates of water use

Pros

Cons

Heavy Oil from Tar Sands and Oil Shale

# Zemní plyn

Často v místech nalezišť ropy

Střední Východ (Írán) a Rusko - 35 % těžby

ČR závislá na importu z Ruska - 70%

Dnes také fracking - břidlicový plyn (USA) - těžba z geologických formací až 3 km pod povrchem

Obecně nejmenší environmentální dopady, nejmenší emise z fosilních paliv (celkově ale 18% světových emisí CO<sub>2</sub>), menší znečištění při těžbě

# Zemní plyn - problémy

Úniky plynu a znečištění vod (hlavně při metodě fracking)

Devastace krajiny a nebezpeční vyvolání zemětřesení při frackingu

Hoření plynu v ropných ložiscích (emise CO<sub>2</sub>, palivo není využito)

Distribuce ve formě LPG (liquified petroleum gas) nebo LNG (liquified natural gas) - pod velkým tlakem a nízké teplotě - vysoce hořlavý, energeticky náročný proces - 1/3 energie se spotřebuje na mezikontinentální přepravu, riziko sabotáží

# Uhlí

Největší zásoby mezi fosilními palivy. Může vydržet i stovky let.

Rezervy - 27 % USA, Rusko 17 %, Čína 13 % (ČR 0,6%)

Čína - 50 % těžby v roce 2013

*(Zdroj: BP)*

45 % tepelné energie v USA, 80 % v Číně

V ČR polovina emisí, účinnost elektráren pouze 33 % (svět 40-45%)

# Uhlí - problémy

“Nejšpinavější” zdroj (42 % emisí CO<sub>2</sub> je ze spalování uhlí). CO<sub>2</sub> na jednotku 3x více než ropa, 5x než zemní plyn, 17 x než jádro.

→ pokud bychom zahrnuli do ceny → nejdražší palivo

Totální devastace krajiny při povrchové těžbě - doly, haldy s hlušinou. →  
Kontroverzní rekultivační projekty

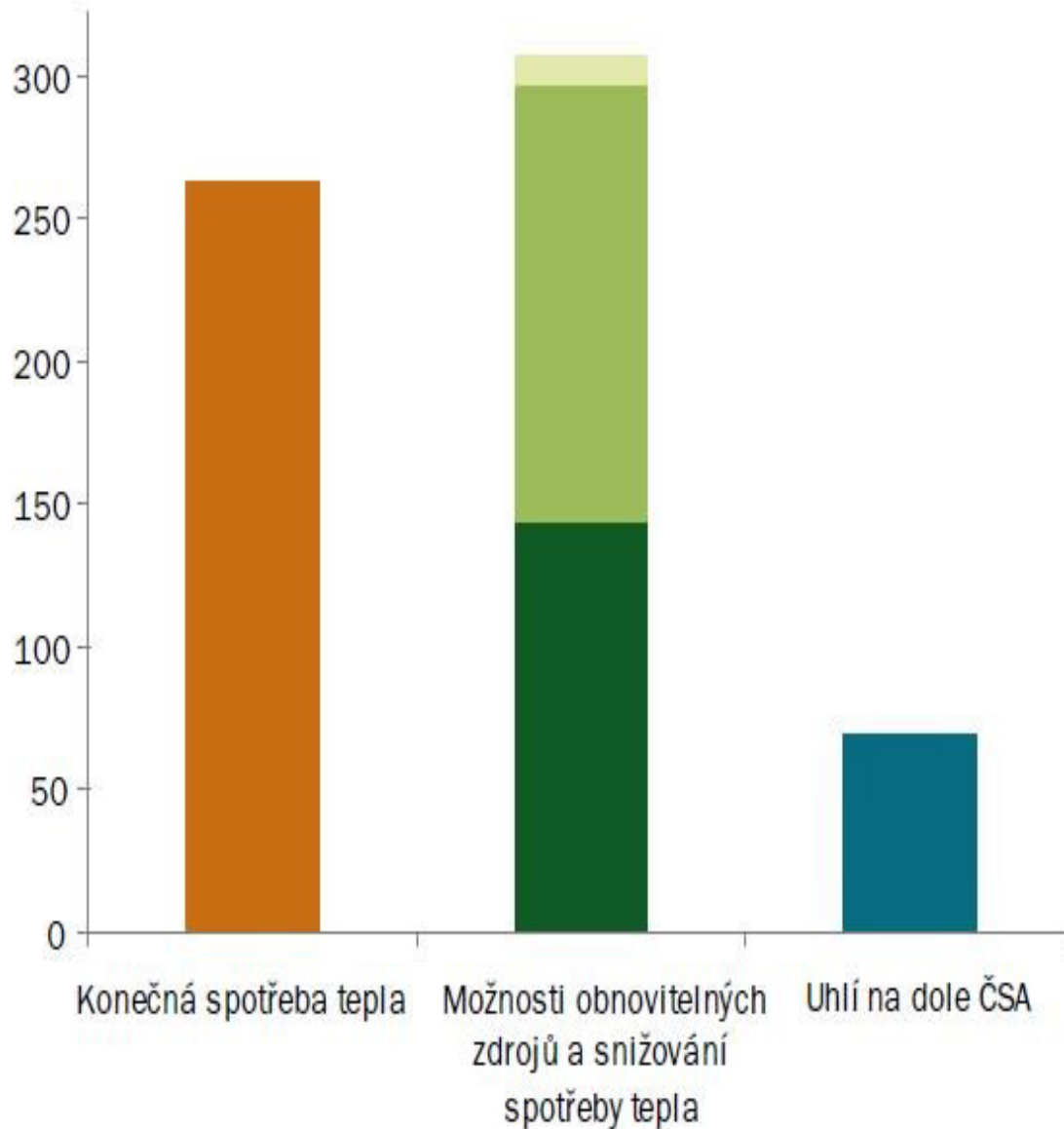
Propady zemského povrchu při hlubinné těžbě

Kaly - tekutá forma toxických zbytků vzniklých spalováním uhlí -  
kontaminace půd a vod

Zdravotní rizika - horníci, obyvatelé - zabíjí ročně stovky tisíc lidí

Sociální rizika spojená s ukončením těžby v konkrétních regionech

## Je produkce uhlí v ČR potřeba?



- Teplo vyrobené z roční těžby uhlí na dole ČSA
- Potenciál snížení spotřeby energie při přípravě teplé vody
- Potenciál výroby tepla z obnovitelných zdrojů (v konečné spotřebě energie)
- Potenciál snížení spotřeby tepla k vytápění budov
- Konečná spotřeba tepla

# Opakování - zemní plyn a uhlí

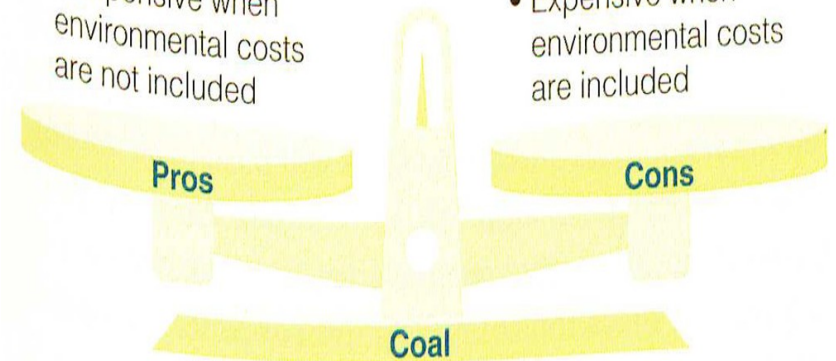
- High net energy yield
- Emits less air pollutants and CO<sub>2</sub> than other fossil fuels when burned
- Ample supplies in the U.S. and in some other countries

- Low net energy yield for liquefied natural gas (LNG)
- Releases air pollutants and CO<sub>2</sub> when produced and burned and extraction can pollute groundwater
- Difficult and costly to transport from country to country



- High net energy yield
- Very large potential supplies in many countries
- Inexpensive when environmental costs are not included

- Mining it severely disturbs land and pollutes water
- Emits large amounts of air pollutants and CO<sub>2</sub> when produced and burned
- Expensive when environmental costs are included





# Jaderná energie

Štepením jader radioaktivních prvků - primární zdroj uranová ruda

60 000 tun ročně → Kazachstán, Kanada, Austrálie, Niger, Namíbie,  
Rusko

Největší zásoby Austrálie 30%, Kazachstán 14%, Kanada 8%,  
Rusko 8%

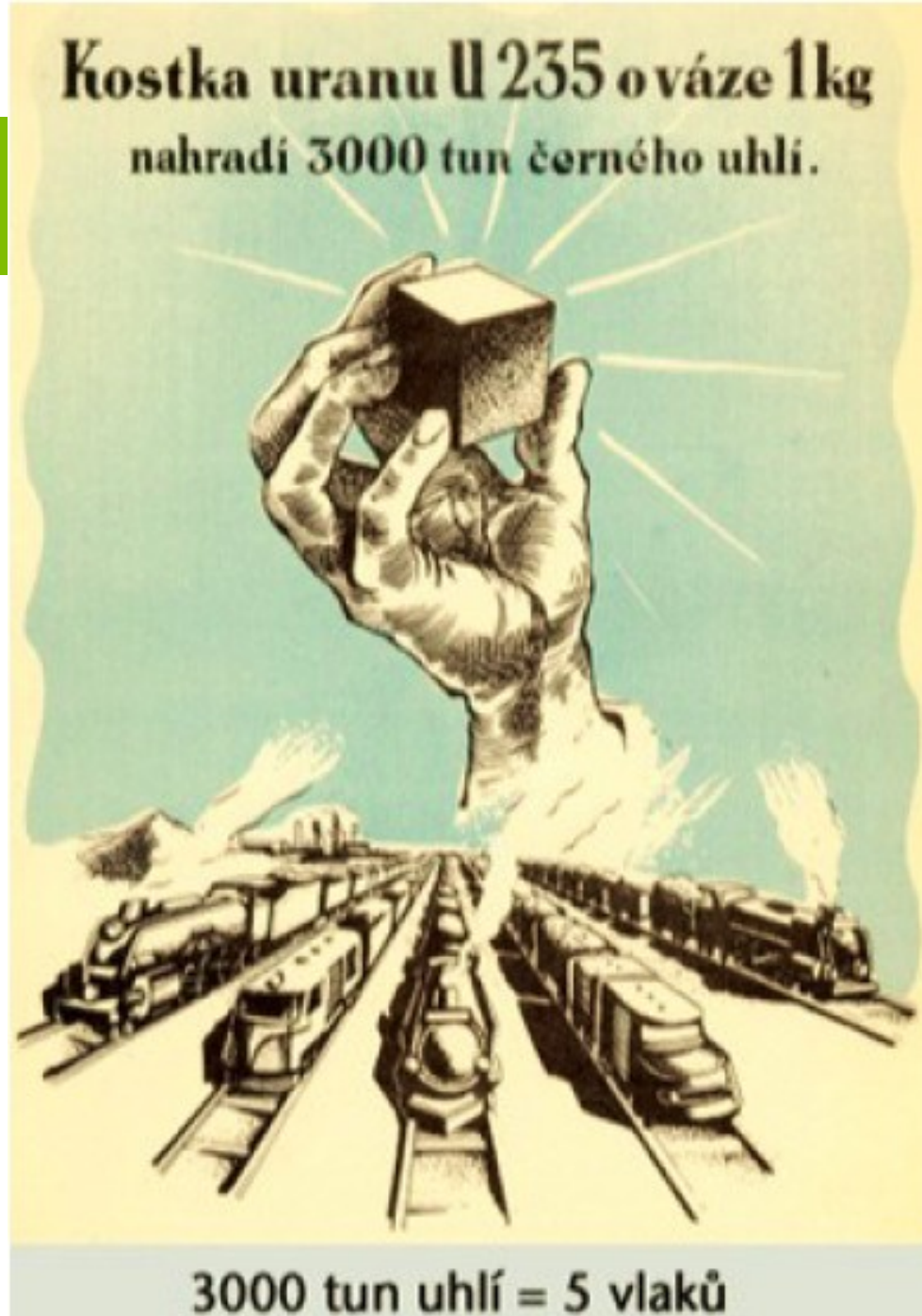
ČR závislá na importu - především z Ruska

Jaderné elektrárny – 441 v roce 2020, 10 % tržní elektřiny (očekávání byla ale mnohem větší). Nově budované reaktory v budoucích letech ani nestihnou nahradit ty odstavené

Nízký energetický výnos - až 82 % je ztraceno jako odpadní teplo, navíc další energie je potřeba vložit do demontace elektráren a ukládání radioaktivního odpadu

## Jaderná propaganda

Pozorujte mediální rámec  
v ČR spojený s  
rozšiřováním Dukovan.



# Jaderná energie - problémy

Bezpečnost - Černobyl, Fukušima a mnoho dalších příkladů úniků radioaktivních prvků

Ekonomická náročnost provozu včetně náročnosti výstavby infrastruktury (a monitoringu) úložišť odpadu

Radioaktivní odpad vzniká již při samotné těžbě - odkalovací nádrže

Tepelné znečištění - ochlazování reaktoru vodou - odváděna buď zpět do blízkého toku nebo do atmosféry - chladicí věže

# Jaderná energie - řešení?

**Jaderná fúze** - bezpečné, nevytváří odpad, velké množství energie, za 60 let výzkumu a mnoha miliard USD se nepodařilo technologicky zajistit, aby dávalo více energie, než je vloženo

# Radioaktivní odpad

## Nízkoaktivní odpad

Opuštěné doly, štoly (i v ČR)

## Středněaktivní odpad

Hlouběji - např. bývalý solný důl  
Gorleben

## Vysokoaktivní odpad

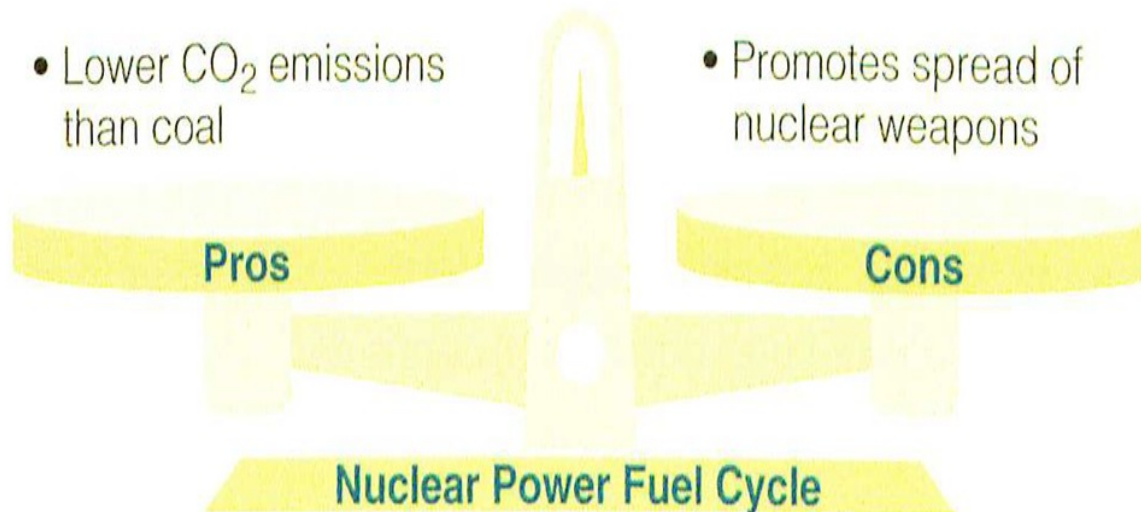
Komplexní systémy uskladňující  
odpad na 100 000 let - ve fázi  
budování - Francie, Švédsko,  
Finsko. V ČR ve fázi vytipování  
lokalit. Nejprve potřeba ochladit  
→ přesun dočasná úložiště →  
přesun trvalá úložiště



Obr. 1 rok provozu JE Temelín  
*Zdroj: Dostál (2011)*

# Opakování - jádro

- Large fuel supply
- Low risk of accidents in modern plants
- Lower CO<sub>2</sub> emissions than coal
- Very low net energy yield and high overall cost
- Produces long-lived, intensely radioactive wastes
- Promotes spread of nuclear weapons



# Obnovitelné zdroje

# Vodní energie

Nejvíce používaný obnovitelný zdroj - zejména velká vodní díla + přečerpávací elektrárny

Čína, Brazílie, Kanada, USA, Rusko, 99 % energie v Norsku

Dle OSN je využito pouze 13 % potenciálu vodní energie

Čína chce zdvojnásobit, USA je na max kapacitě

## Environmentální a sociální dopady výstavby vodních děl

Velké změny v krajině (klimatické dopady, vliv na vodní koloběh a biodiverzitu - může být i pozitivní)

Přesídlení místních komunit

Není navždy - vodní nádrže se postupně usazují

Možnosti - mikrořešení - malé vodní elektrárny

Přilivové elektrárny



# Solární energie

Na vaření, ohřev vody, na výrobu elektřiny

**Pasivní tepelné systémy domů** - absorpce tepla přes den

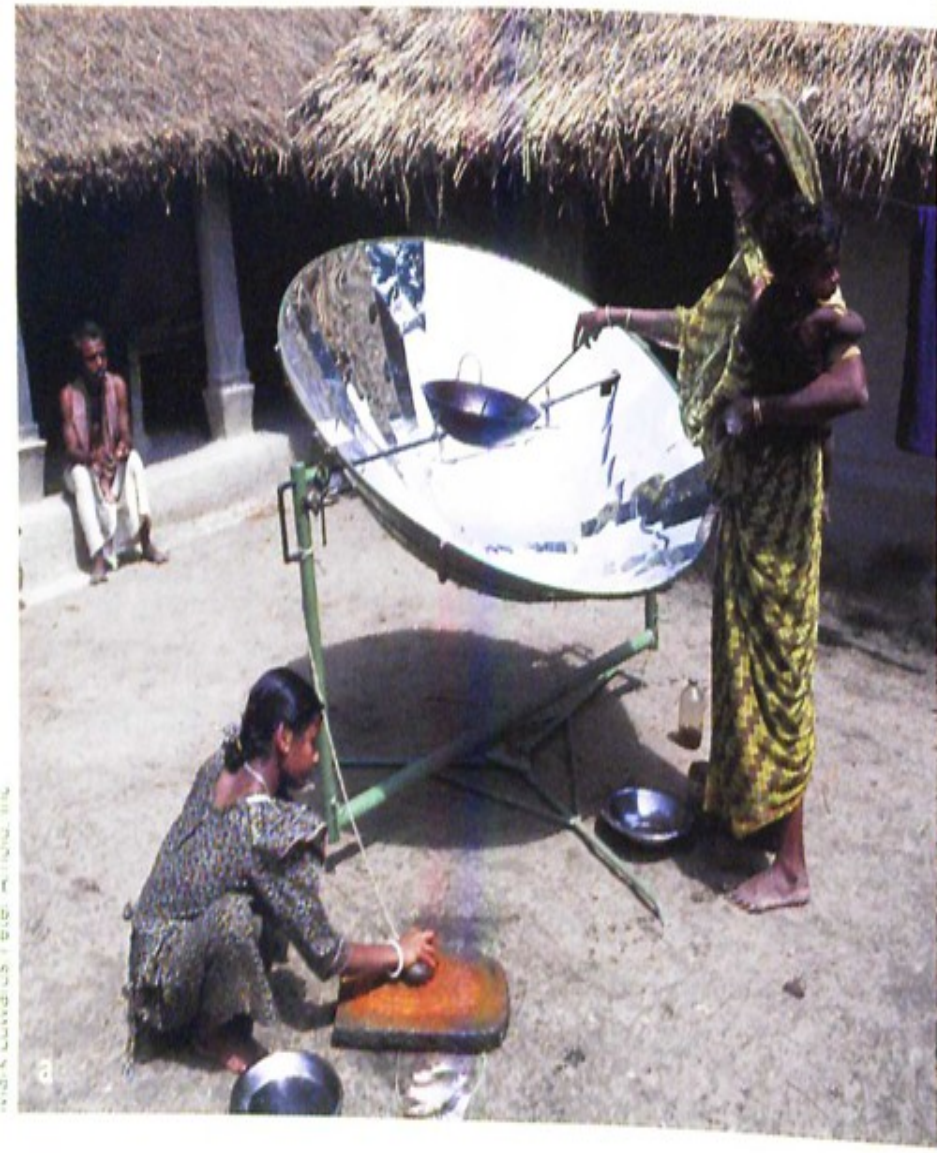
**Aktivní tepelné systémy domů** - cirkulující voda ohřev topení

**Termální systémy** - zrcadla - ohřev vody na 100 stupňů

**Fotovoltaické panely** - pohyb elektronů křemíků - elektřina

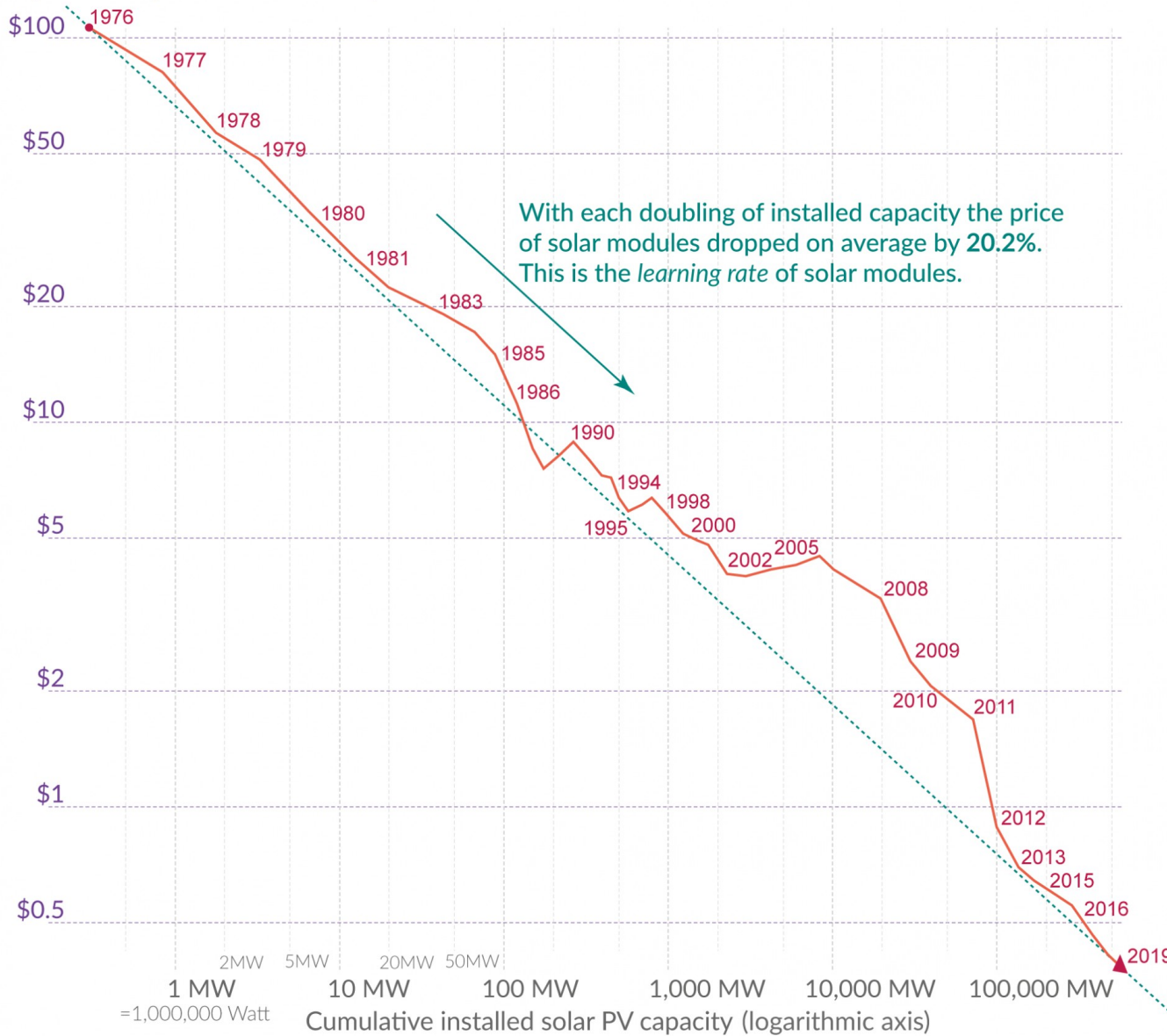
Nárůst solární energie globálně o 55 % ročně v posledních 10 letech

Energetický výnos solární energie není vysoký + sluneční energie je nepravidelně rozmístěna (ALE: solární energie je nejtrvalejší)



# The price of solar modules declined by 99.6% since 1976

Price per Watt of solar photovoltaics (PV) modules (logarithmic axis)  
The prices are adjusted for inflation and presented in 2019 US-\$.



Data: Lafond et al. (2017) and IRENA Database; the reported learning rate is an average over several studies reported by de La Tour et al (2013) in Energy. The rate has remained very similar since then.

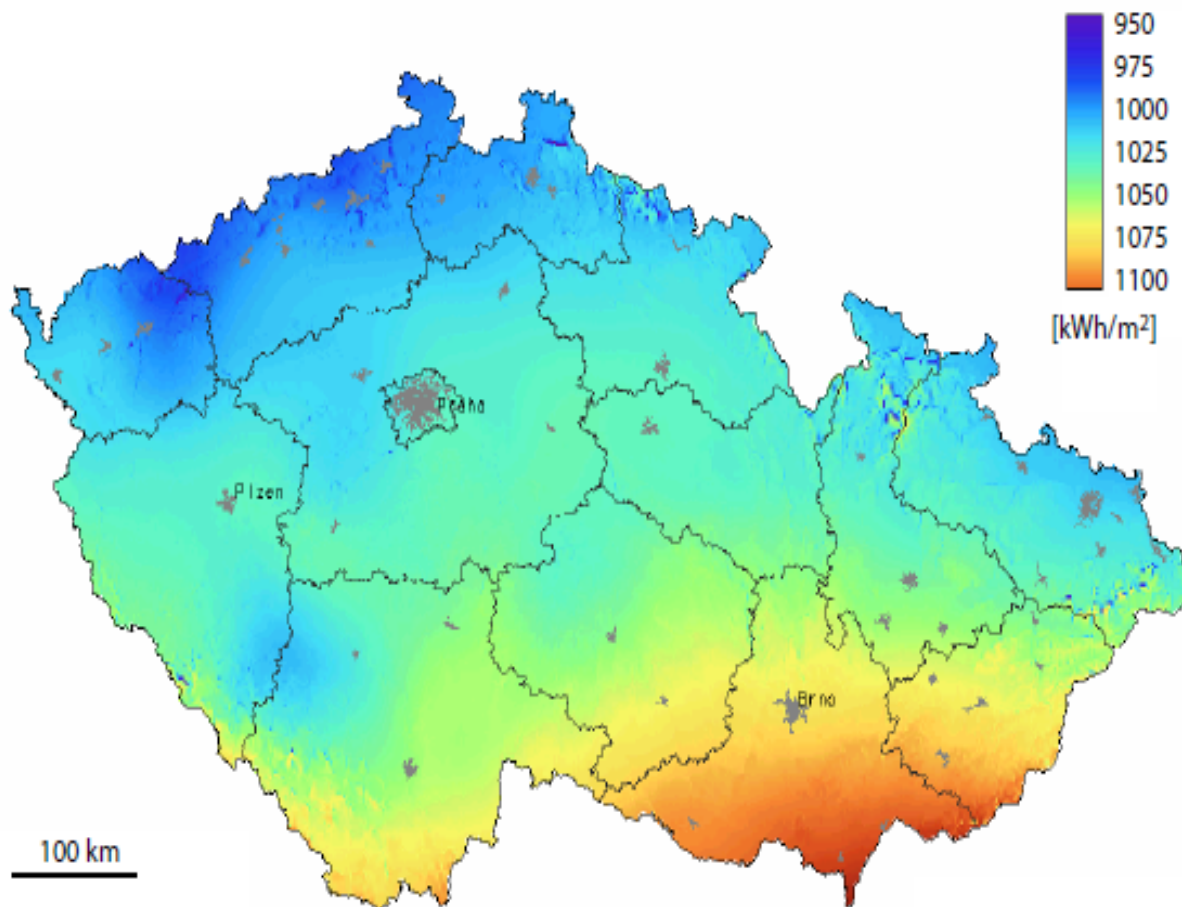
OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY  
by the author Max Roser

# Solární energie - ČR

Pokud využijeme všechny střechy k výrobě energie ze slunce, pokryjeme více než 40% naší celkové spotřeby

Celkové roční sluneční záření na území České republiky (kWh/m<sup>2</sup>) [8]



# Opakování - vodní a solární energie

- Low-cost electricity with high net energy yield

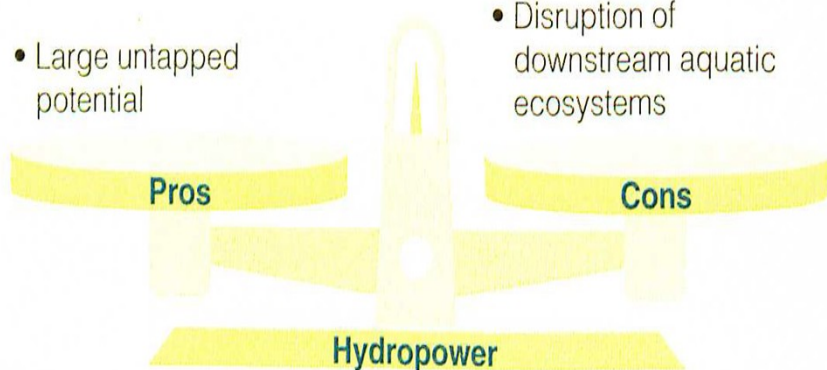
- Low emissions of air pollutants and CO<sub>2</sub>

- Large untapped potential

- Severe land disturbance and displacement of people

- High greenhouse gas emissions of methane from reservoirs in tropical regions

- Disruption of downstream aquatic ecosystems



- Medium net energy yield for some systems

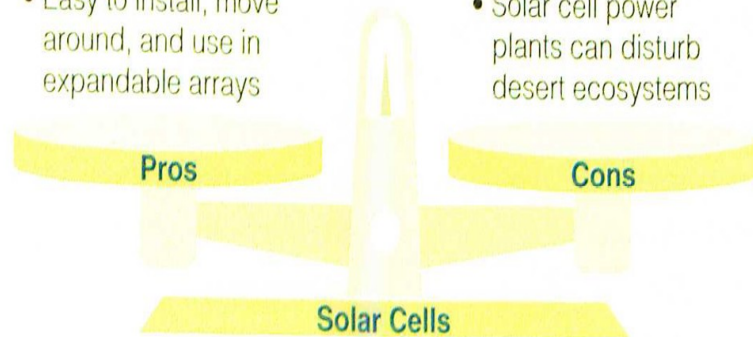
- Little or no direct emissions of air pollutants and CO<sub>2</sub>

- Easy to install, move around, and use in expandable arrays

- Expensive for the near term

- Need a backup or storage system when sun does not shine

- Solar cell power plants can disturb desert ecosystems



- Little or no direct emissions of air pollutants and CO<sub>2</sub>

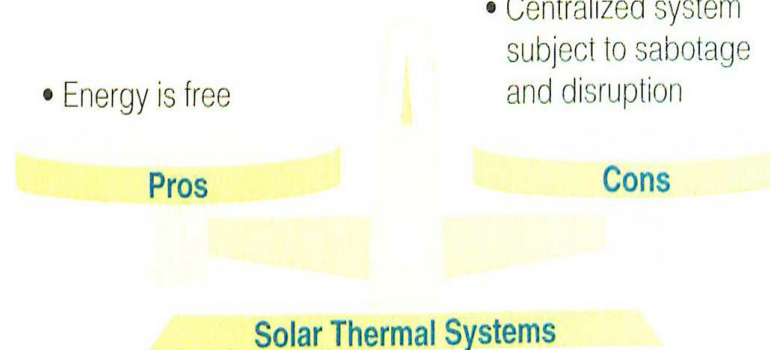
- Moderate land disturbance

- Energy is free

- Low net energy yield and high cost

- Need a backup or storage system when sun does not shine

- Centralized system subject to sabotage and disruption



# Větrná energie

Nejlevnější obnovitelný zdroj

Turbíny velikosti až 40 patrových budov - vyšší stálejší a silnější

Problémy - nepravidelnost větru, potřeba velkých generátorů pro distribuci do sítě, síťové pokrytí z míst, kde fouká (hory, pole) do měst/obcí

Mikrořešení - větrníky na střechách domů

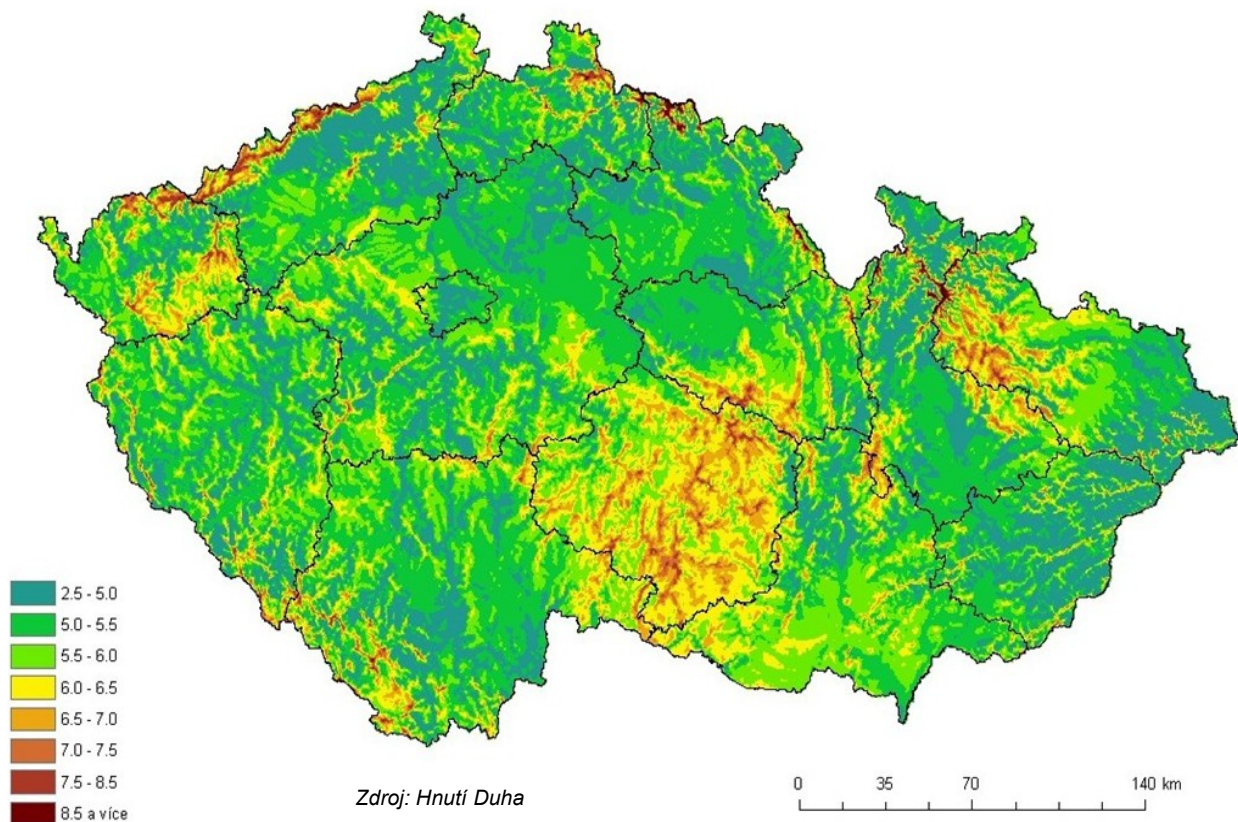
# Větrná energie - ČR

Potenciál 2750 MW =  
ročně cca 6000 GWh  
(cca jeden temelínský  
reaktor)

výroba větrných elektráren výhled k r. 2050

období	současnost	2010	2020	2030	2040	2050
TWh	0,2	0,60	2,55	4,71	5,5	6

Výsledné pole průměrné rychlosti větru v m/s ve výšce 100 m



# Biomasa - biopaliva

Chemická energie - vaření, ohřev vody, elektřina, pohonné hmoty,  
bioplyn

Zdroj s největším potenciálem

Zdroj s velkými environmentálními dopady, pokud se biomasa pěstuje ve  
velkém na plantážích, navíc není CO<sub>2</sub> neutrální pokud se používají  
chemická hnojiva

Biopaliva 1., 2. a 3. generace



# Biomasa - ČR

Celková energie v biomase 276 PJ, možnosti:

zemědělství: pěstování dřevin, bylin a sláma (70 %)

lesní biomasa (18 %)

zbytková biomasa (12 %)

Možnosti odpovídají kombinaci:

13 TWh elektřiny (roční výroba Temelína)

150 PJ teplo

# Opakování - větrná energie + biopaliva

- Low-cost electricity with high net energy yield
- Widely available and relatively easy to harness
- Low environmental impact and low CO<sub>2</sub> emissions

Pros

- Backup or storage system needed when winds die down
- Can kill some birds and bats if not located carefully
- Aesthetically unpleasant for some people

Cons

Wind Power

- Moderate net energy yield (except for low net energy yield for corn and soybean biofuels)
- Potentially renewable and sustainable
- Can help reduce overall greenhouse gas emissions if produced sustainably

Pros

- Contributes to global climate change if produced unsustainably
- Clearing natural areas to make biofuel crop plantations degrades biodiversity
- Biofuel crops can compete with food production and raise food prices

Cons

Biofuels

# Geotermální energie

Ohřívá a chladí domy - speciální pumpy - potrubí v pozemku → využívá rozdílů teplot těsně pod povrchem a několik decimetrů níže. Problém - potřeba velké plochy pozemku

Teplé (horké) prameny - pára - turbína - elektřina

Obojí zejména v severských zemích

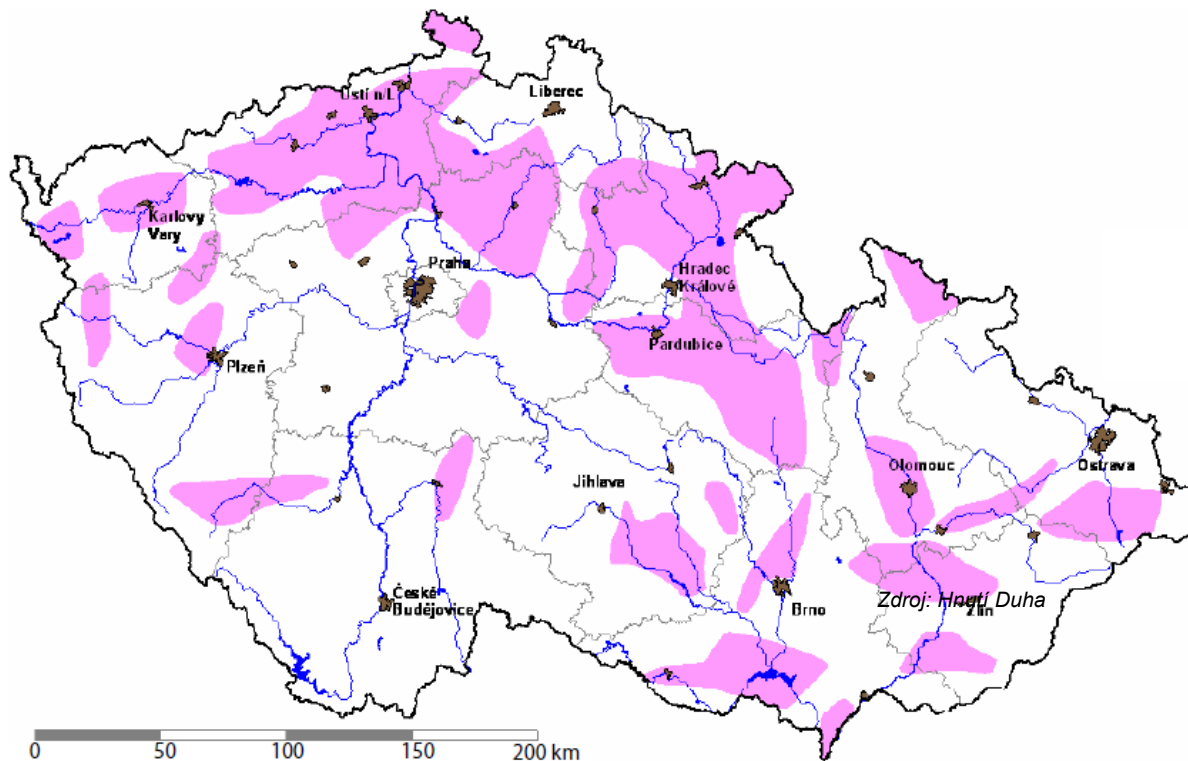
Potenciál - snaha využít teplo hornin pod povrchem - 3-5 km. Otázka, jaké bude mít geologické důsledky

# Geotermální energie - ČR

Potenciál 10 TWh elektřiny a 26,9 PJ tepla

Dosud není v Česku provozu žádná elektrárna

Obr. 11.6: Příhodné oblasti pro využití geotermální energie v České republice



# Hydrogen - vodíková energie

Není zatím technicky možné s kladným energetickým výnosem

Potenciál - bezemisní palivo - pouze vodní pára

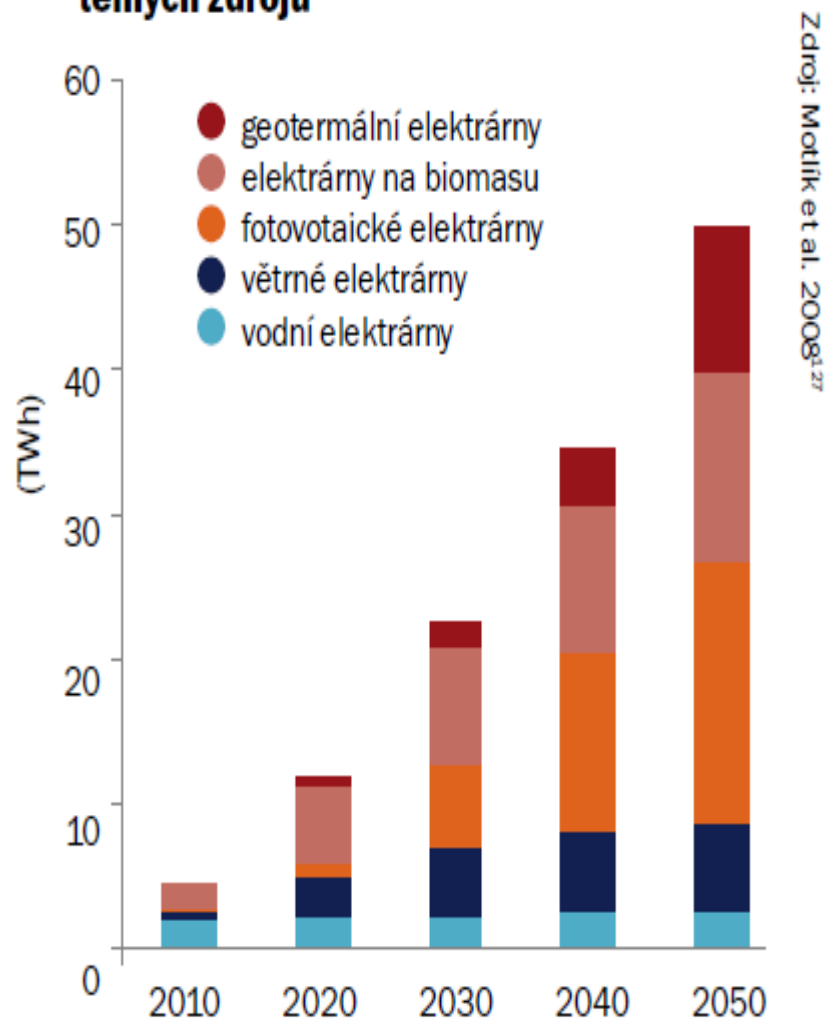
Použití v dopravě – již možné

# Energetický mix ČR

Celkový potenciál obnovitelných zdrojů, až 50TWh - 69 % současné spotřeby

Zdroj: Hnutí Duha

**Graf.: Potenciál výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů**



# Zdroje

MOLDAN, Bedřich. *Podmaněná planeta*. 2015,

MYERS, Norman a Scott SPOOLMAN. 2014. *Environmental issues & solutions: a modular approach*. Kap. 5 a 6

SEDLÁK, Martin. *Zelená energie: šance pro modernizaci energetiky*. Hnutí Duha. Přednáška FSS MU, 13. 4. 2011

DOSTÁL, Václav. *Environmentální aspekty JE*. Přednáška FSS MU, 2011

Renewable Energy in Cities, International Renewable Energy Agency (IRENA), October 2016

<<https://www.irena.org/publications/2016/Oct/Renewable-Energy-in-Cities>>

Připojte se k výzvě na podporu komunitní energetiky. Frank Bold <https://frankbold.org/pripojte-se-k-vyzve-na-podporu-komunitni-energetiky/>

European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

International Energy Agency <https://www.iea.org/statistics/>

U.S. Energy Information Administration <https://www.eia.gov/>

Europe Beyond Coal <https://beyond-coal.eu/data/>

Our World in Data <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>